

Lærebok Drift og vedlikehold av veger

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 365



Tittel

Lærebok
Drift og vedlikehold av veger

Undertittel**Forfatter**

Se innholdslista (side 9) for forfattere av de enkelte kapitler

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Vegteknologi

Prosjektnummer

602993

Rapportnummer

Nr. 365

Prosjektleder

Jon Dahlen

Godkjent av

Øystein Larsen

Emneord

Drift og vedlikehold, lærebok, kompetanseutvikling

Sammendrag

Boka samler grunnleggende kunnskap om drift og vedlikehold av veger og gater. Første utgave av denne læreboka kom i november 2011.

Denne utgaven har tatt sikte på å inkludere oppdatert kunnskap og ny kunnskap. En rekke spesialister innen ulike fag har bidratt, fra både i og utenfor Statens vegvesen. Boka er primært beregnet på bruk ved høyskoler og tilsvarende (bachelornivå). Men den vil også være av interesse for alle som ønsker innsikt i moderne drift og vedlikehold av veger og gater.

Title

Textbook
Maintenance and operations of roads

Subtitle**Author**

See table of contents (page 9) for authors for each chapter

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Road technology

Project number

602993

Report number

No. 365

Project manager

Jon Dahlen

Approved by

Øystein Larsen

Key words

Maintenance and operations, textbook, enhancement of skills

Summary

This textbook contains basic information on road maintenance and operations, and represents state of the art within its field. First edition of this textbook was published in November 2011.

This edition includes updating of knowledge and new knowledge. Skilled persons, both within and outside the Norwegian Public Roads Administration, have been contributors.

This textbook is primarily meant for academy/university/college level (bachelor). But it will also be useful for all interested in modern road maintenance and operations.

Forord

Første utgave av Lærebok: Drift og vedlikehold av veger ble utgitt i november 2011, kalt VD rapport nr. 53. Hensikten er å samle grunnleggende kunnskap om drift og vedlikehold av veger og gater i en lærebok som kan brukes til undervisning på høyskoler og universitet.

Det har skjedd mye i de senere år som gjør at det er behov for en revisjon. Spesielt gjelder det at Statens vegvesen har revidert Standard for drift og vedlikehold av veger. Ny utgave kom i august 2012. Dessuten har alle håndbøker, normaler, retningslinjer m.m. fått ny nummerering. Dvs. at det som var Håndbok 111, nå kalles Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger.

Statens vegvesen har i sitt etatsprogram ”Kompetanseutvikling drift og vedlikehold 2007-2010” sterkt vektlagt kompetanseoppbygging og rekruttering. Sentralt her har vært utvikling av undervisningsstoff og kurstilbud tilpasset ulike nivå, fra operatørene ute på vegen til spesialister, PhD-studenter osv. Denne læreboka er primært utarbeidet for bruk på høyskoler og tilsvarende (bachelor-nivå). Men det vil også være aktuelt å bruke stoffet, enten direkte eller i litt bearbeidet form, også på andre nivåer og for andre målgrupper i bransjen.

Boka har kommet i stand med bidrag fra en rekke fagspesialister, både i og utenfor Statens vegvesen. De enkelte delforfatterne framgår av innholdslista til hvert kapittel. Se også liste på side 4 over kapitlene i første utgave med bidragsytere. Ny kunnskap og erfaringer fra den første utgaven har også gjort at en del tekst har blitt endret. Likeledes er det tatt inn tre nye kapitler, nemlig:

Kapittel 17 Drift og vedlikehold av elektriske anlegg

Kapittel 18 Belysning

Kapittel 22 Skred og skredsikring

I første utgave var hvert kapittel nummerert separat. Nå er nummereringen fortløpende gjennom hele boka. Nummerering av kapitlene er også endret. I så stor grad som mulig har man søkt å følge rekkefølgen i prosesskoden. Se tabell på side 3 som viser gammel og ny nummerering av kapitlene.

Denne læreboka vil bli ajourført med jevne mellomrom etter hvert som behovet melder seg. Det er derfor viktig med tilbakemelding fra brukerne. Kommentarer kan sendes til:

N100@vegvesen.no

Vi vil få takke alle bidragsyterne, uten deres innsats hadde ikke denne læreboka vært mulig å få i stand.

Jon Dahlen, Statens vegvesen (leder/redaktør)

Oslo/Trondheim, 30. juni 2015

Fotos og illustrasjoner er kreditert med opphavspersoner, Statens vegvesens arkiver og håndbøker eller andre institusjoner.

Fotos på 1. omslagsside: Knut Opeide (gangbru, oppmerking og brøyting) og Bjørn Erik Storstein (fjellsikring), begge Statens vegvesen

Oversikt over endring i kapittelrekkefølge

Hp.	Navn	Gamle nr.	Nye nr.	Tittel
	Generelt	1	1	Drift og vedlikehold – innledning
		2	2	Standard for drift og vedlikehold
1	Forberedende tiltak og generelle kostnader	20	3	Kontraktstyper
		21	4	HMS
		22	5	Ytre miljø
		17	6	Trafikkberedskap og trafikantinformasjon
3	Tunneler	14	7	Vegtunneler
4	Grøfter, kummer og rør	7	8	Drenering
5	Vegfundament	9	9	Dimensjonering og forsterkning
6	Vegdekke	3	10	Skademekanismer
		4	11	Tilstandsregistrering
		5	12	Friksjon
		6	13	Planlegging av dekkevedlikehold
		8	14	Vedlikehold av vegdekker
7	Vegutstyr og miljøtiltak	10	15	Grøntarealer
		16	16	Trafikkskilt og oppmerking
		-	17	Elektro
		-	18	Belysning
8	Bruer og kaier	13	19	Bruer og kaier
9	Til bruk for drift og vedlikehold	11	20	Beslutningsstøtte og meteorologi
		12	21	Vinterdrift
		-	22	Skred
		18	23	Drift og vedlikehold i byer og tettsteder
		19	24	Andre drift og vedlikeholdsoppgaver
		15	6 og 20	Beredskap fordelt på to kapitler.

Oversikt for første utgave vedr. kapitler og forfattere

Kap. Tittel	Forfattere
1 Drift og vedlikehold – innledning	<i>Tor-Sverre Thomassen</i>
2 Standard for drift og vedlikehold	<i>Ole Peter Resen-Fellie, Øystein Larsen</i>
3 Skademekanismer	<i>Inge Hoff, Geir Refsdal</i>
4 Tilstandsregistrering	<i>Dagfin Gryteselv, Jostein Aksnes, Bård Nonstad</i>
5 Friksjon	<i>Alex Klein-Paste, Bård Nonstad</i>
6 Planlegging av dekkevedlikehold	<i>Rolf Johansen</i>
7 Drenering	<i>Geir Berntsen</i>
8 Vedlikehold av vegdekker	<i>Joralf Aurstad</i>
9 Dimensjonering og forsterkning	<i>Geir Refsdal</i>
10 Grøntarealer	<i>Ingjerd Solkjeld, Elisabet Kongsbakk, Astrid Skrindo</i>
11 Beslutningsstøtte og meteorologi	<i>Stine Mikalsen</i>
12 Vinterdrift	<i>Øystein Larsen, Åge Sivertsen, Kai Rune Lysbakken, Bård Nonstad, Skuli Thordarson</i>
13 Bruer og kaier	<i>Eva Rodum</i>
14 Vegtunneler	<i>Harald Buvik</i>
15 Beredskap	<i>Tore Humstad, Skuli Thordarson</i>
16 Trafikkskilt og vegoppmerking	<i>Bjørn Skaar</i>
17 Trafikkberedskap og trafikant-informasjon	<i>Kjersti Leiren Boag</i>
18 Drift og vedlikehold i byer og tettsteder	<i>Terje Lindland</i>
19 Andre drifts- og vedlikeholdsoppgaver	<i>Øystein Larsen</i>
20 Kontraktstyper	<i>Torgeir Leland, Gisle Fossberg</i>
21 HMS	<i>Jan Erik Lien</i>
22 Ytre miljø	<i>Jørn Ingar Arntsen</i>

Summary in English

The purpose of this textbook is to maintain and enhance basic knowledge of road maintenance and operations. The 24 chapters present a basic overview of standard requirements and practical aspects of the different fields of road maintenance and operations.

The Norwegian Public Roads Administration (NPRA) as a client organisation, has a clear policy of providing comprehensive technical literature within their sphere. This literature is meant both for in-house personnel and other professionals, such as consultants, contractors, technical schools and universities.

This is the second edition. The first was issued in November 2011. The Standard Requirements for Road Maintenance and Operations were changed in August 2012, and these changes as well as new knowledge, especially within winter maintenance, made it necessary to rewrite parts of this textbook. Also the numbering system for all standards issued by the NPRA was changed on 1 June 2014. It is the intention of the NPRA to revise this book when needed.

The textbook contains 24 chapters embracing everything from standard requirements and their practical applications to what factors are wearing down the roads and to what has to be done to mend them. Computer systems used for collection of data and their practical applications in carrying out work are also accounted for. Here is a list of the chapters:

1. Maintenance and operations – Introduction
2. Standard for maintenance and operations of main roads
3. Maintenance contracts
4. Health/Environment/Safety for road workers
5. Environmental issues for the surrounding areas
6. Information to road users
7. Road tunnels
8. Drainage
9. Road dimensioning and strengthening of bearing capacity
10. Factors breaking down roads
11. Registration of road condition
12. Friction
13. Planning of road surface maintenance
14. Maintenance of road surfaces
15. Maintenance of green areas
16. Road signs and road marking
17. Maintenance and operation of electronic equipment
18. Road lights
19. Bridges and quays
20. Meteorology
21. Winter maintenance
22. Avalanches
23. Maintenance and operations in built-up areas
24. Other maintenance and operational tasks

Forkortelser

- A:** Ab = Asfaltbetong
ABS = Antiblokkeringsystem
Agb = Asfaltgrusbetong
AID = Automatic Incident Detection (automatisk oppdagelse av hendelser)
AMK = Akuttmedisinsk kommunikasjonsentral
AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials
ATK = Automatisk Trafikkontroll
- B:** BA = Bygg og Anlegg
BRUTUS = BRU og TUnell System
- C:** CEDR = Conference of European Directors of Roads
CLO = Constant Light Output = konstant lysytelse i levetida
CLP = EUs forordning om klassifisering, merking og emballering av stoffer og stoffblandinger
CO = Karbonmonoksid
- D:** DATEX = standard format for utveklings av sanntids veg- og trafikkdata
DSB = Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap
DTI = Dekketilstandsindikator
- E:** EKP = elektrokjemiske potensialmålinger
ELRAPP = Elektronisk rapportering for driftskontrakter
EPS = Ekspandert polystyren
- EMAS = Eco-Management and Audit Scheme
EMC = EU-direktiv som gjelder elektromagnetisk kompatibilitet innenfor Europa
EN = Europeisk standard
- F:** FDV = Forvaltning, Drift og Vedlikehold
FDVU = Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling
FEF = Forskrift om elektrisk forsyningsanlegg
FEK = Forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid knyttet til elektriske anlegg og elektrisk utstyr
FEL = Forskrift om elektrisk lavspenningsanlegg,
FEU = Forskrift for Elektrisk Utstyr
FOA = Forskrifter om offentlige anskaffelser
FOBTOT = Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn
FOU = Forskning og Utvikling
FSE = Forskrift om Sikkerhet ved arbeid i og drift av Elektriske anlegg
FWD = Falling Weight Deflectometer
- G:** GPROG = Dataprogram for anbuds- og prosjektstyringsprosesser
- H:** HMS = Helse, Miljø og Sikkerhet
Hp. = Hovedprosess

- I:** IKT = Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
 ISO = International Organization for Standardization
 ITV = Interaktiv televisjon
- K:** KLIF = Klima- og forurensningsdirektoratet
- L:** LED = Light Emitting Diode (halvleder-diode)
- M:** mA = milliampere
 MET = Meteorologisk institutt
- N:** NaH = Natrium høytrykk
 NEK = Norsk Elektroteknisk Komite
 NO = Nitrogenmonoksid
 NO₂ = Nitrogendioksid
 NPRA = Norwegian Public Roads Administration
 NS = Norsk Standard
 NVDB = Nasjonal Vegdatabank
 NVE = Norges Vassdrags- og Energidirektorat
- P:** PE = Polyetylen
 pH = Surhetsgrad
 PmB = Polymermodifisert bitumen
 PMBE = Polymermodifisert bitumenemulsjon
 PMS = Pavement Management System
 PN = Pressure Nominal (betegnelse for rørklasse)
 PP = PolyPropylen
- R:** RDS/TA = Radio Data System Traffic Announcement
- (talemeldinger som bryter inn i radiosendinger og når man spiller CD)
- RDS/TMC = Radio Data System Traffic Message Channel (kodete meldinger som brukes i navigasjonssystemer etc.)
- ROS = Risiko og Sårbarhetsanalyse
- RS = Rundsum
- S:** SAMROS = Overordnet risiko- og sårbarhetsanalyse i samferdselssektoren
- SHA = Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø
- SI = StyrkeIndeks
- SJA = Sikker-Jobb-Analyse
- Ska = Skjelettasfalt
- SPS = Spesifikk piggdekkslitasje
- SRO = Styling/Regulering/Overvåking
- T:** T = Temperatur
 T_d = Duggpunktstemperatur
 T_v = Vegbanetemperatur
- U:** UPS = Uninterruptible power source
- V:** VTS = Vegtrafikksentralen
- X:** EP = Ekstrudert Polystyren
- Y:** YM-plan = Ytre Miljøplan
- Å:** ÅDT = Årsdøgnstrafikk

Innholdsliste

Kapittelinndeling	Forfattere	Side
Forord		1
Oversikt over endring av kapittelrekkefølge		3
Oversikt for første utgave vedr. kapitler og forfattere		4
Summary in English		5
Forkortelser		7
Innholdsliste		9
1 Drift og vedlikehold – Innledning	Liv Inger Duaas	11
2 Standard for drift og vedlikehold	Øystein Larsen	15
3 Kontraktstyper	Torgeir Leland, Gisle Forsberg	25
4 HMS – Helse, miljø og sikkerhet	Jan Erik Lien	37
5 Ytre miljø	Jørn Ingar Arntsen	55
6 Trafikkberedskap og trafikantinformasjon	Kjersti Leiren Boag	73
7 Vegtunneler	Harald Buvik	83
8 Drenering	Geir Berntsen	99
9 Dimensjonering og forsterkning	Geir Refsdal	117
10 Skademekanismer	Inge Hoff	131
11 Tilstandsregistrering	Dagfin Gryteselv, Jostein Aksnes, Bård Nonstad	143
12 Friksjon	Bård Nonstad	155
13 Planlegging av dekkevedlikehold	Rolf Johansen, Dagfin Gryteselv	189
14 Vedlikehold av vegdekker	Joralf Aurstad	203
15 Grøntarealer	Astrid Skrindo, Ingjerd Solfeld, Elisabet Kongsbakk	229
16 Trafikkskilt og oppmerking	Bjørn Skaar	247
17 Drift og vedlikehold av elektriske anlegg	Gunnar Gjesdal	257
18 Belysning	Per Ole Wanvik	271
19 Bruer og kaier	Eva Rodum	277
20 Meteorologi og beslutningsstøtte	Stine Mikalsen	289
21 Vinterdrift	Åge Sivertsen, Kai Rune Lysbakken, Bård Nonstad, Rudi Thomassen	303
22 Skred og skredsikring	Gunne Håland	331
23 Drift og vedlikehold i byer og tettsteder	Joakim Hjertum, Terje Lindland	361
24 Andre drift og vedlikeholdsoppgave	Øystein Larsen	373

Kapittel 1 Drift og vedlikehold – Innledning

Liv Inger Duaas, Statens vegvesen

1.1	Hva er drift og hva er vedlikehold	12
1.2	Sammenhengen mellom planlegging, bygging og drift av veier	13
1.3	Forvaltning av vegkapital	13
1.4	Generelt om arbeid på veg, sikkerhet og miljø	14

1 Drift og vedlikehold – Innledning

Drift og vedlikehold av veger er et særdeles bredt fagområde. En lærebok i drift og vedlikehold vil derfor bli svært omfattende hvis den i full dybde skal ta for seg alle oppgaver som inngår. Omtalen av de ulike tema må derfor i praksis begrenses. Det finnes flere kilder for å skaffe seg ytterligere kunnskap, herunder de mange håndbøker, rapporter og annet læremateriell som er utgitt av Statens vegvesen.

Driftsoppgavene kjennetegnes ved at arbeidet må gjentas og gjentas. Det er ikke noe bestemt tidspunkt da en endelig kan avslutte, slik tilfelle er for anleggsarbeider. Innen vedlikehold er gjentakelsesfrekvensen vesentlig lavere, for eksempel vedlikehold av vegdekker. Her avslutter en arbeidet, men må komme tilbake etter 5 - 15 år.

1.1 Hva er drift og hva er vedlikehold

Med drift mener vi innsats og aktiviteter som er nødvendig ute på vegnettet for at trafikken skal komme fram på en trygg og effektiv måte fra dag til dag. Dette er med andre ord 7/24/365 tjenester. Utfordringene for å få dette til er størst om vinteren de fleste steder i landet fordi det krever rettidig innsats for snørydding/brøyting og tiltak for å bedre friksjonen. Værvarsling og andre systemer for å gi prognoser for utviklingen på kort og lang sikt er av stor betydning for de som er ansvarlig for tjenesten slik at (preventive) tiltak kan iverksettes.

Med vedlikehold av veier forstås innsats og aktiviteter som ivaretar infrastrukturen på en måte som muliggjør trygg og effektiv transport i et lenger perspektiv. Det vil alltid oppstå behov for anleggsarbeider i det eksisterende vegnettet utover vanlig vedlikehold. Anleggsarbeidet skal ivareta behov for kapasitetsøkning og skal heve standarden på vegen og vegeobjektene.

Alt vedlikehold har til hensikt å sørge for at vegsystemet skal fungere som tiltenkt, i dag, i morgen og i lang tid framover. Hvor lenge skal i prinsippet fastsettes ut fra det som er fastsatt som normal levetid for de enkelte elementer. Erfaringene fra vegsystemet er likevel at vi holder liv i mange elementer mye lenger enn forutsatt. For vegholder kan dette i mange tilfeller føre til unormalt høye årlige kostnader, samtidig som nye funksjoner ikke bringes inn. Dette fører til økte kostnader for brukerne og samfunnet.

Til vedlikehold av veger regnes normalt ikke tiltak som er nødvendig for å sikre økt kapasitet som følge av at trafikken har vokst. I vegforvaltning skilles det mellom *investeringer* og *drift og vedlikehold* når det gjelder arbeider på vegnettet. Dette er termer som knytter seg til budsjetteringsopplegg og rutiner, hvor nyanlegg og andre anleggsarbeider finansieres over investeringsbudsjettet, mens drift og vedlikehold får sine midler fra drift og vedlikeholdsbudsjettet. For trafikantene er det likegyldig hvor pengene kommer fra bare arbeidet blir utført når det er behov for det.

Oppsummert:

Driften av vegnettet omfatter alle oppgaver og rutiner som er nødvendig for at vegene skal fungere godt for trafikantenes daglige bruk. Dette er aktiviteter som brøyting, strøing med salt og sand, vegoppmerking, vask og rengjøring, oppretting av skilt, skjøtsel av grøntarealer, trafikkstyring og trafikantinformasjon.

Vedlikehold av vegnettet omfatter tiltak for å ivareta den fysiske infrastrukturen. Med dette forstås tiltak for å opprettholde standarden på vegdekker, grøfter, bruer, tunneler, vegutstyr og tekniske anlegg/installasjoner i tråd med fastsatte kvalitetskrav.

1.2 Sammenhengen mellom planlegging, bygging og drift av veier

I en vegs livsløp inngår tre viktige faser. Dette er plan-, bygge- og driftsfasen. Det er i driftsfasen samfunnet får nytten av vegen. Sett i forhold til planleggings- og byggefasen er driftsfasen lengst. Ofte skal et veganlegg fungere i 30 - 40 år uten nevneverdige endringer forutsatt at trafikken utvikler seg normalt.

Skal nytten av et nytt vegprosjekt bli god må anleggets utforming bli slik at trafikken ikke forstyrres unødvendig gjennom vegens funksjonstid. Det er derfor viktig at vegen planlegges og bygges på en slik måte at behovet for senere vedlikehold er minst mulig, og at nødvendig vedlikehold kan utføres på en effektiv måte uten å forstyrre trafikken i særlig grad. Det må også være lagt opp til at driften kan gjennomføres effektivt.

Et konkret eksempel på forhold som det må tas hensyn til i plan- og byggefasen, er det behov driften av vegen har når det gjelder snølagring, isdannelse i sideterreng og behov for snuplasser og underganger for det operative opplegget. Hvis slike forhold ikke ivaretas i byggefasen vil en måtte gjøre slike tiltak senere, med betydelige merkostnader for vegholder. Trafikantene vil i tillegg bli påført ulemper og kostnader mens forbedringsarbeidet pågår. Dersom vegen ikke tilpasses driftens spesielle behov, får en økte driftskostnader. Planleggerne, utbyggerne og driftsansvarlige må komme fram til løsninger som er de beste teknisk og økonomisk.

Oppsummert:

Det er viktig å se sammenhengen i alle faser av en vegs livsløp og velge løsninger som optimaliserer nytte og kostnader. Erfaringer fra driftspersonell må inn i de to første fasene (planlegging og bygging) dersom en skal sikre gode løsninger i vegens bruksperiode.

1.3 Forvaltning av vegkapital

Det offentlige vegnett som eies av kommuner, fylker og stat har samlet sett en betydelig verdi. Anslag viser at kostnadene for å bygge vegnettet i dag ville ligge et sted mellom 700 til 1000 mrd. kr. Grovt regnet er det derfor investeringsbehov på 7 - 10 mrd. hvert år til fornyelse hvis horisonten for slike tiltak er 100 år. Men vegene som ble anlagt i begynnelsen av 1900 – tallet ville i dag ikke ha egnet seg for moderne biltrafikk og er erstattet for lengst. Hvis vi doubler investeringene til 15 - 20 mrd. årlig får vi en gjennomsnittlig utskiftingstakt på 50 år, noe som virker mer rimelig i forhold til behovet.

I dag er ikke takten på langt nær så høy, og dette gir etterslep når det gjelder vegnettets evne til å kunne avvikle trafikken på en sikker og effektiv måte.

Forvaltning av vegkapital kan defineres som en systematisk fremgangsmåte for drift, vedlikehold og videreutvikling av vegnettet, hvor man kombinerer ingeniørfaget med sunne økonomiske vurderinger. I denne framgangsmåten tilrettelegger man for å etablere et grunnlag for å ta de beslutningene som på en best mulig måte innfrir brukernes forventninger. Brukspolitikk som tillatte aksellaster og totalvekter inngår i en slik definisjon.

I tidligere tider har forvaltningen av vegkapitalen vært fragmentert i den forstand at den har vært gjenstand for separate vurderinger og separate budsjetter til bygging (investeringer) og vedlikehold. I tillegg har ikke alltid de administrative forhold som for eksempel endring i

brukspolitikk vært etterfulgt av nødvendige fysiske tiltak over investerings- og vedlikeholdsbudsjettene. Innføring av nye krav i vegnormaler er også ofte gjort ut fra separate vurderinger. Separate vurderinger gir nødvendigvis ikke et galt resultat, men det gir iallfall ikke mulighet til å avveie investeringer mot for eksempel vedlikehold eller mot endret bruk.

Ifølge OECD skal et *forvaltningssystem for vegkapital* inneholde alle ressurser som inngår. I denne læreboka konsentrerer vi oss om den fysiske infrastrukturen, dvs. vegens overbygning, bruer, skilt, etc. Vi må imidlertid ikke glemme at et slikt forvaltningssystem også omfatter veggrunn, menneskelige ressurser (kompetanse), utstyr og materialer. I tillegg kommer andre verdier som data om vegnettet og systemene rundt disse.

Oppsummert:

Forvaltning av vegkapital kan defineres som en systematisk fremgangsmåte for drift, vedlikehold og videreutvikling av vegnettet hvor man kombinerer ingeniørfaget med sunne økonomiske vurderinger av nytte og kostnader. I denne fremgangsmåten tilrettelegger man for å etablere et grunnlag for å ta de beslutningene som på en best mulig måte innfrir brukernes forventninger. Brukspolitikk med hensyn til tillatte aksellaster og totalvekter inngår i en slik definisjon. Koordinering av investering og drift og vedlikehold er nødvendig for å kunne oppnå best mulig resultat av den samlede innsats så vel økonomisk som fysisk ute på vegnettet. Det er bruken av vegnettet som gir avkastning av vegkapitalen.

1.4 Generelt om arbeid på veg, sikkerhet og miljø

Når det skal utføres drifts- og vedlikeholdstiltak på vegnettet må dette gjøres på en måte og til tider som medfører minst mulig forstyrrelser for brukerne av vegene. En må ta hensyn til sikkerheten for de som er delaktig. Dette innebærer at trafiksikkerheten ikke må reduseres ved slike arbeidssteder og vegarbeidernes sikkerhet skal være ivaretatt. Det er derfor nødvendig å gjennomføre sikker jobbanalyser og innføre de tiltak som viser seg nødvendig for å ivareta helse, sikkerhet og miljøforholdene. Aktivitetene må heller ikke påvirke det ytre miljø i unødig grad.

Dette er nærmere behandlet i egne kapitler.

Kapittel 2 Standard for drift og vedlikehold

Øystein Larsen, Statens vegvesen

2.1	Innledning – mål og hensikt	16
2.2	Gyldighet	17
2.3	Kapittelinnndeling	17
2.4	Struktur	19
2.5	Beskrivelse av standardkravene	20
2.6	Spesielle beskrivelser og instruksjer	21
2.6.1	Spesielle beskrivelser	21
2.6.2	Instruksjer	22
2.7	Operativ standard for vegruter	22
2.7.1	Generelt	22
2.7.2	Spesielle vurderinger	23
	Referanser	24

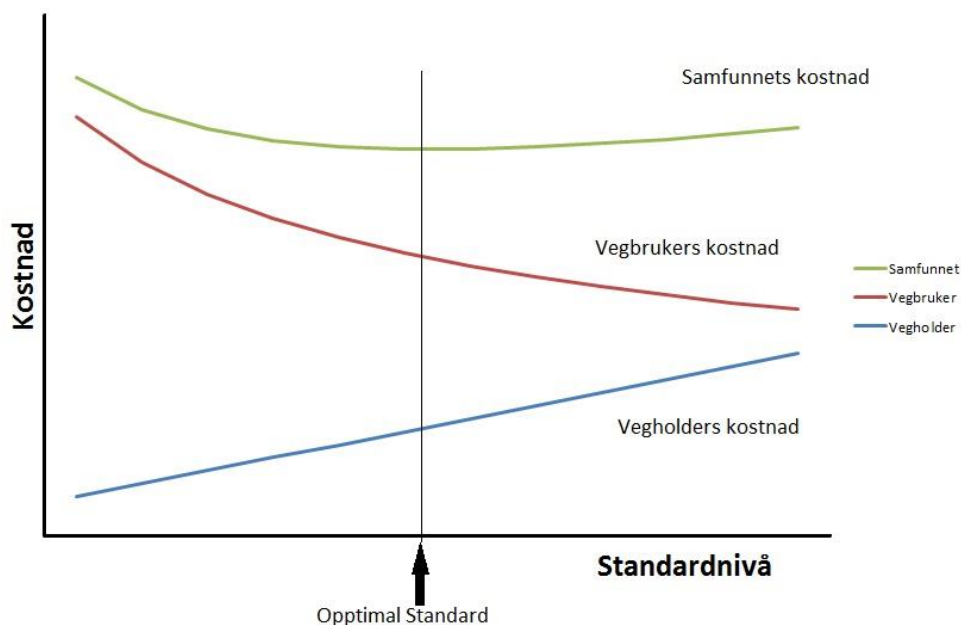
2 Standard for drift og vedlikehold

2.1 Innledning – mål og hensikt

Statens vegvesens Håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* gir retningslinjene for hvordan riksvegene i Norge skal driftes og vedlikeholdes, herunder krav til funksjon og tilstand for de ulike objektene i vegnettet.

Hensikten med Håndbok R610 er å oppnå en mest mulig jevn og optimal standard på vedlikeholdet. Trafikantene skal oppleve ensartet vedlikeholdsstandard på vegruter av samme viktighet, uavhengig av administrative grenser mellom fylker eller kontraktområder.

Standarden angir den samfunnsøkonomisk optimale tilstand ut fra en nytte/kostnadsvurdering hvor vegholders og vegbrukers kostnader vektet likt. Dette innebærer også at standardkravene på noen områder differensieres avhengig av trafikkmengde, fartsgrenser og vegens viktighet. Optimal standard er standarden som gir lavest kostnad for samfunnet, jfr. figur 2.1.



Figur 2.1 Den samfunnsmessig optimale standarden for drift- og vedlikeholdsoppgaver er summen av vegholders og vegbrukers kostnader

Standardkravene brukes til flere formål:

- Styring fra bevilgende myndigheter (departement og fylkeskommuner) til SVV
- Styring internt i SVV: Vegdirektoratet => regioner => fylkesavdelinger
- Krav i kontrakter mellom Statens vegvesen som byggherre og private entreprenører
- Kommunikasjon med brukere (trafikanter)

2.2 Gyldighet

Måten standarden er bygget opp på gir mulighet for å bruke store deler av den også på fylkesveger og kommunale veger, men standarden har noen mangler når det gjelder objekter og situasjoner som er typiske for bymessige strøk og som ikke er særlig utbredt på riksvegnettet. Fylkeskommunene bruker i stor grad R610 som grunnlag for å fastsette standardkrav på fylkesvegene, mens kommunene har etablert egne standardkrav for kommunale veger.

Standardkravene er ikke juridisk bindende for vegholder, da oppnåelig standard er avhengig av budsjett. Dersom bevilgningene ikke er store nok til å holde alle kravene, må det foretas en prioritering slik at konsekvensen blir minst mulig for trafikanter, omgivelser og vegkonstruksjonen. Standardreduksjoner som kan være trafikkfarlig eller til stor ulempe må varsles med skilt eller på annen måte for å redusere uheldige konsekvenser.

Krav som gjelder i en driftskontrakt skal skrives inn i kontraktdokumentet. Kravene som er beskrevet i driftskontraktene er bindende for entreprenørene dersom de har forpliktet seg til å gjennomføre oppgavene med avtalt standard til fastsatte priser.

Siste reviderte utgave av vedlikeholdsstandard, Håndbok 111 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* kom i 2012, men denne ble utgitt med ny nummerering som Håndbok R610 i juni 2014. Faglig er innholdet likt i versjon 2012 og 2014. De nye kravene ble gjort gjeldene ved overgang til ny NTP-periode i 2014, og ble tatt inn i driftskontraktene som startet 1. september 2013.

Forrige versjon, Håndbok 111 *Standard for drift og vedlikehold* versjon mai 2003 brukes i alle kontrakter med oppstart fram t.o.m. høsten 2012.

Innføring av de nye standardkravene i R610 vil skje gradvis over en 5-års periode med ca. 20% nye kontrakter hvert år. Det betyr at standardkravene i en periode vil være ulik avhengig av kontraktstart.

Videre beskrivelse av standardkravene er basert på siste versjon av Håndbok R610 som ble utgitt i 2014.

2.3 Kapittelinndeling

Håndbok R610 er oppdelt i ti kapitler:

1. Felleskrav

Det som står her gjelder alle objekter. Dersom det er noe som gjelder for et spesielt objekt så er det skrevet inn på det spesielle objektet, som for eksempel fysiske krav til tilstand.

2. Vegbane og sideområde

Dette omfatter vegdekker/faste dekker på vegbaner, fortau, gs-veger, spesielle belegninger på bruer og kaier, grusdekker og steindekker. Videre beskrives krav til trafikkskiller, kantstein, avvannings- og drens-system, vanngjennomløp, sideområder (stabilitetssikring, skråningsbeskyttelse), erosjonsikringer, skredsikring, faunapassasjer, trapper m.m.

3. Bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner

Her inngår krav i forbindelse med drift og vedlikehold av konstruksjoner i vegnettet, dvs. bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner.

4. Tunnel og tunnelustyr

Omhandler drift- og vedlikehold av tunnelvegger og tak, fuktisolering, bergrensk, strømfor- syning, tunnelbelysning, ventilasjonsanlegg, utsmykking, luftrenseanlegg osv.

5. Vegutstyr

Vegutstyr omhandler skilt, vegoppmerking, ledelys, vegbelysningsanlegg, trafikksignalanlegg, overvåkningsanlegg, gjerder, kantstolper, rekkverk, støtputer, leskur, indikatorer, snøskjermer m.m.

6. Sideanlegg (plasser) med utstyr

Omfatter rasteplasser og toaletter, døgnhvileplass, ferjeleie landområde, kollektivknutepunkt, godsterminal, omlastingsplass, parkeringsplass, kjettingplass, kontrollplass m.m.

7. Vegetasjonsskjøtsel

Her angis krav til stell og skjøtsel av naturområder, grasbakker, grasplener, blomsterfelt, busker og trær.

8. Renhold av vegområde

Renholdskravene omfatter vegbane (kjørefelt, sykkelfelt, sperreområde, lommer, parkeringsfelt, skulder, kantsteinklaring, kantstein), gang- og sykkelveg, sykkelveg med fortau, fortau, trapp og rampe, trafikkskille (trafikkdeler, midtdeler, trafikkøy og sentraløy med fast dekke, grusdekke eller vegetasjonsdekke), sideområder, faunapassasjer samt areal under og inntil konstruksjoner.

Hvordan graffiti og tagging (uønsket påført lakk, maling, tusj m.m. på vegobjekter) skal behandles er også nevnt eksplisitt.

9. Vinterdrift

Her angis krav til drift av alle brøyte- og strøarealer (veg og gang-/sykkelarealer):

- *Veg:*
Brøyteareal omfatter kjørefelt, sykkelfelt, sperreområde, lommer, parkeringsfelt og skulder.

Strøareal omfatter kjørefelt, sykkelfelt, lommer og parkeringsfelt.
- *Ferdselsareal for gående og syklende:*
Brøyte/strøareal omfatter fortau, gang- og sykkelveg, sykkelveg med fortau, gangfelt med tilhørende arealer på fortau og trafikkøy, venteareal ved leskur samt trapper og ramper (inkludert definert ferdselsareal på fortau i by og tettbygd strøk).

For fortau hvor det er etablert veggzone, ferdselsareal og møbleringssone skal det foreligge instruks for brøyting, strøing og rydding av veggzone og møbleringssone.

10. Spesielle bestemmelser

Her omtales bl.a. håndtering av

- *fremmede skadelige organismer* som kan true stedegent biologisk mangfold
- *fremmedinstallasjoner* i form av ledninger/kabler med føringsveger (høyspentledning, vann- og avløpsledning, fjernvarmeledning, telekabel, antenneanlegg o.a.), reklame-finansierte leskur, bomstasjoner samt andre installasjoner
- *vernede kulturminner*; fredete kulturminner, vegminner (veger, bruer, bygninger), kulturmiljøer samt veghistoriske miljøer

2.4 Struktur

Håndbok R610 omfatter alle krav knyttet til drift og vedlikehold av veger, byggverk (konstruksjoner), tunneler, sideområde og sideanlegg samt utstyr og installasjoner.

Kravene er beskrevet dels som felles krav som gjelder alle vegobjekter og dels som krav for det enkelte vegobjekt eller aktivitet.

Dette er noen eksempler på felles krav:

- Tiltakstid for utbedring av avvik (avhengig av trafikkmengde, tilstand og konsekvens)
- Trafikkberedskap (utrykningstid avhengig av trafikkmengde og tid på døgnet)
- Inspeksjon (type og hyppighet avhengig av hensikt og viktighet)
- Krav til sikt (avhengig av fartsgrense, type kryss og regulering)

Disse kravene gjelder hele vegnettet dersom ikke annet er beskrevet.

Kravene til drift og vedlikehold av det enkelte objekt tar utgangspunkt i objektets tiltenkte funksjon. Gjennomføring av drift og vedlikehold i henhold til kravene sikrer at objektets funksjon ivaretas til enhver tid, både på kort og lang sikt. Kravene bygges vanligvis opp med en kombinasjon av funksjonskrav, funksjonsrelaterte krav og tiltakskrav (materialkrav og metode/utførelseskrav).

Kravene til hvert objekt er bygd opp slik:

- Objekt/Aktivitet (skrevet som overskrift)
Navn på objektet/aktiviteten eller på den aktuelle samlingen av objekter/aktiviteter
- Gyldighet med angivelse av
 - Hva inngår i objektet - hvilke fysiske objekter gjelder kravet for
 - Hvor gjelder kravet (område, areal, geografi etc.)
 - Når gjelder kravet (tid på døgnet, ukedag, sesong, årstid etc.)
- Formål og funksjon (skrevet på grå bunn)
Angivelse av samfunnets, brukers eller omgivelsenes behov samt hvordan objektet tilfredsstiller dette behovet.
- Krav, måleregler og grenseverdier
 - Standardens krav, uttrykt som funksjonskrav, funksjonsrelaterte krav og tiltakskrav (fysisk tilstand, tiltakstid, frekvens, metode, utførelse og materialer)
 - Regler for måling og fastlegging av status i forhold til krav
 - Grenseverdier for kravene inkludert eventuelle toleranser

Figuren nedenfor viser eksempel på krav for trær.

Trær omfatter trær i parklike arealer og definerte trær i naturlike arealer, både lauvfellende og vintergrønne trær.

Trær omfatter enkeltstående trær, trær i en tregruppe, lund, allé eller trekke.

Trær skal bidra til trivsel og estetisk nytelse, binde sammen veg og omgivelser, samt skape grønne områder eller landskapsrom og skjerming mellom ulike landskapsrom.

Trær vil ha positiv innvirkning på luftkvalitet og værforhold.

Trær skal være del av kultur- og naturlandskap, inngå i og ivareta romdannelse og landskapsform samt arkitektoniske og kulturelle verdier i grøntanlegg/gaterom.

Treet skal ha en sunn vekst som er normal for arten.

Rot- og stammeskudd skal fjernes årlig.

Ugras skal fjernes innenfor en sirkel med 50 cm avstand fra stammen for tre i etablerings- og oppbyggingsfasen. Eventuelt dekkemateriale skal opprettholdes.

Døde og hardt skadede trær, med diameter mindre enn 5 cm, målt i 1 meters høyde, skal erstattes med samme art og størrelse på et hensiktsmessig tidspunkt innen 1 år. Døde og hardt skadede trær med diameter større enn 5 cm, målt i 1,0 meters høyde, skal fjernes og erstattes etter spesiell beskrivelse.

Det skal foreligge skjøtelsesplan for trær i etablerings- og oppbyggingsfasen og for trær med spesiell verdi (landskapsmessig, kulturhistorisk, økologisk, botanisk, e.a.).

Figur 2.2 Eksempel på objektkrav fra R610, Kapittel 7.7

2.5 Beskrivelse av standardkravene

Standardkravene kan beskrives på ulike måter avhengig av formål og aktivitet. Nedenfor vises eksempler på ulike måter.

Formål og funksjon angir samfunnets, brukers eller omgivelsenes behov:

- *Vinterdrift skal sikre forutsigbar og god framkommelighet med god regularitet og sikker trafikkavvikling under vinterforhold for alle trafikanter på en måte som ivaretar miljøhensyn.*
- *Ferdselsareal for gående og syklende skal være farbart og attraktivt for fotgjengere og syklister slik at de foretrekker å ferdes der framfor i kjørebanelen.*
- *Skilt skal bidra til effektiv, forutsigbar/ensartet, trafikk sikker og miljøvennlig avvikling av trafikken ved å informere, varsle, lede og styre trafikantene i veg- og trafikksystemet*

Fysiske krav angir målbare tilstandskrav som skal tilfredsstilles:

- *Maksimalt 1 cm løs snø for godkjent føreforhold*
- *Friksjonskoeffisient større enn 0,25 for godkjent føreforhold*
- *Lesbarhetsavstand 100 m fra skilt ved fartsgrense 70 km/t*



Figur 2.3 Friksjonsmåling på vinterveg. (Foto: Håkon Aurlien, Statens vegvesen)

Tiltakstid angir maksimal tid for å utføre tiltak når behov oppstår:

- *Maksimal syklustid for strøing 2 timer*
- *Skilt skal gjøres lesbare innen 1 døgn*
- *Hull større enn 10 cm i vegdekke skal repareres innen 1 uke*

Hyppeghet og frister angir hvor ofte eller når tiltak skal utføres:

- *Tunnel helvask 2 gang pr. år*
- *Rot- og stammeskudd skal fjernes årlig*
- *Brøytestikk skal være fjernet før 1. mai*

2.6 Spesielle beskrivelser og instruksjoner

2.6.1 Spesielle beskrivelser

Vegdirektoratet eller den direktoratet gir fullmakt, kan beslutte fravik fra bestemmelsene i Håndbok R610. Innføring av lokale bestemmelser og krav kan gjøres uten fraviksbehandling der dette er angitt i standarden med formuleringen "... eller etter spesiell beskrivelse".

Spesiell beskrivelse er en beskrivelse, utarbeidet sentralt og/eller lokalt, som angir:

- Alternativt gyldighetsområde for krav gitt i standarden:
 - Alternative eller supplerende objekter som kravene i standarden gjelder for
 - Alternative geografiske områder for krav gitt i standarden
 - Alternativ tidsperiode eller tidspunkt for krav gitt i standarden

- Alternative krav i henhold til standardens krav basert på lokale forhold
- Oversikter over objekter som skal behandles på særskilt måte

2.6.2 Instruksjer

Standarden krever at det for noen objekter skal utarbeides instruksjer for drift og vedlikehold.

Instruks er en skriftlig, detaljert beskrivelse av hvordan et arbeid skal utføres. Instruksjonen binder den utførende instans eller person til å handle på en bestemt måte. Instruksjonen omfatter en utdyping av forhold som dekkes av standarden og/eller supplerer av forhold som ikke dekkes av standarden.

Krav gitt i standarden skal beholdes/overholdes i instruksjonen. Instruksjonen kan ikke endre eller overstyre krav gitt i standarden utover tillatte variasjoner iht. ”etter spesiell beskrivelse” eller etter fraviksbehandling.

Instruksjoner kan være sentrale, regionale eller lokale. Den enkelte instruksjonen skal inneholde informasjon om hjemmel for instruksjonen, gyldighetsområde, hvem som har utarbeidet instruksjonen og hvem som har godkjent instruksjonen.

Instruksjoner kan også utarbeides for objekter hvor dette spesifikt ikke kreves i standarden. Reglene for instruksjoner gitt ovenfor gjelder også for slike instruksjoner.

2.7 Operativ standard for vegruter

2.7.1 Generelt

Håndbok R610 tar ikke hensyn til alle variasjoner som kan forekomme langs en vegrute og mellom vegruter. Det skal derfor etableres en operativ standard som tar hensyn til faktiske forhold og utfordringer på den enkelte vegrute,

Målet er å tilby ensartede forhold med hensyn til trafiksikkerhet og framkommelighet. Derfor må kravene i håndbok R610 gjennomgås konkret i forhold til den enkelte vegrute for å fastlegge den operative standarden som skal gjelde for ruten. Der hvor forholdene til visse tider kan bli særlig vanskelige for vegbrukerne, kan det være nødvendig med forsterkede standardkrav. Av budsjettmessige grunner kan det også bli aktuelt å senke kravene for noen drift- og vedlikeholdsarbeider.

Operativ standard skal fastlegges ut fra vegens viktighet, trafikk, klima og miljø. Det skal gjennomføres spesielle vurderinger for å identifisere særlige behov og nødvendige tilpasninger av kravene.

I arbeidet med å fastlegge operativ standard for vegrutene kan det benyttes ulike tilnæringsmåter og metoder. Det anbefales å inkludere risikovurderinger i dette arbeidet. Dette begrunnes med at risikovurderingene kan tilpasses det informasjons- og kunnskapsgrunnlag som til enhver tid foreligger.

2.7.2 Spesielle vurderinger

For å sikre ensartet standard langs en strekning eller lenger rute hvor ÅDT eller andre forhold varierer, samt for å ta hensyn til lokale forhold, skal det gjennomføres strekningsvis eller rutevis fastlegging av standard for følgende tema:

- Universell utforming
- Trafikkberedskap
- Sikt
- Avvannings- og dreneringssystem
- Vinterdrift

Disse vurderingene skal utføres av vegmyndigheten og legges til grunn for drift- og vedlikeholdsentreprisene.

Dersom maksimal syklustid for brøyting gitt i standarden antas å gi for dårlige forhold for trafikantene, kan krav til syklustid for brøyting justeres basert på statistiske data om nedbørsintensitet.

Strekninger med forsterket krav til vinterfriksjon pga. framkommelighets- eller trafikksikkerhetsmessige problemer beskrives spesielt. Dette kan være strekninger med kurver, bakker, kryss, uoversiktlige avkjørsler, skoler, bussholdeplasser o l.

Referanser

- 1 Statens vegvesen Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold
Mai 2003
- 2 Statens vegvesen Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger
Juni 2014

Kapittel 3 Kontraktstyper

Torgeir Leland og Gisle Fossberg, Statens vegvesen

3.1	Innledning	26
3.2	Byggherrefunksjonen	26
3.3	Entrepriseformer og kontraktstyper	27
3.4	Prosjektdokumenter for drift og vedlikeholdskontrakter	28
3.4.1	Innledning	28
3.4.2	Struktur	28
3.4.3	Konkurranseregler	30
3.4.4	Krav til tilbyders kvalifikasjoner	30
3.4.5	Krav til tilbud og spesielle konkurranseregler	31
3.4.6	Kontraktsbestemmelser	31
3.4.7	Beskrivelse	31
3.4.8	Entreprenørens svardokumenter	32
3.4.9	Spesielle utfordringer knyttet til driftskontrakter	33
3.4.10	Andre kontraktstyper for drifts og vedlikeholdsarbeider	35

3 Kontraktstyper

3.1 Innledning

Når det offentlige skal inngå en kontrakt, er det store gevinstmuligheter for entreprenør og tilsvarende store muligheter for innsparinger for den som lyser ut kontrakten. Dette krever at en setter strenge regler for hvordan man opptrer – dvs. det som ofte omtales som ”fair play”. De som leverer anbud og senere inngår kontrakter med det offentlige, må stole på at byggherren følger de regler som er kunngjort for konkurransen og for kontraktsvilkårene, og dessuten at disse reglene er balanserte og sikrer rettferdig behandling av tilbyderne. På denne bakgrunn er det naturlig at partene i størst mulig grad benytter standarder som er kjente og aksepterte i bransjen. Dette kapitlet vil gi en innføring i slike standarder.

I dette kapitlet er det lagt vekt på å presentere gjennomføring av en anskaffelse for en drifts-kontrakt.

3.2 Byggherrefunksjonen

En offentlig byggherre må gjennomføre prosjektene på en mest mulig tjenlig måte for samfunnet og den målgruppen som det aktuelle prosjektet er tiltenkt. For dette formålet er det vanlig å ha en byggherrestrategi som dekker viktige områder, som for eksempel kompetanse, organisering, stillingsbeskrivelser, beredskap, HMS, ytre miljø, marked og konkurranse, entreprisformer og kontraktstyper samt FOU. Alle disse områdene påvirker utformingen av konkurransegrunnlagene og de bestemmelser som legges til grunn for gjennomføring av anskaffelsene og prosjektene.

Byggherren er den part som skal ha utført et arbeid. I dette ligger samtidig at det er byggherrens plikt å beskrive arbeidet klart og entydig slik at entreprenøren kan kalkulere hva prisen vil bli. Derfor må byggherren foreta bevisste valg ved utforming av konkurransegrunnlaget, ikke minst når det gjelder plassering av risiko. Plassering av risiko skjer veldig tydelig i valg av entreprisform og kontraktstyper som omtales nedenfor.

Entreprenøren er den part som påtar seg utførelsen av et arbeid. Han har dermed ansvaret for utførelsen av arbeidet, også inkludert avtalt kvalitet og rettidighet i samsvar med krav. Dette innebærer også at han priser sitt tilbud for å ta høyde for leveransen som kontrakten krever.

Et viktig ansvar for begge parter er å legge til rette for at helse, miljø og sikkerhet blir ivaretatt i gjennomføringen av kontraktsarbeidet.

Arbeidsmiljøloven og Internkontrollforskriften pålegger enhver arbeidsgiver (for eksempel entreprenøren) plikt til å sørge for fullt forsvarlig arbeidsmiljø for de tilsatte. Arbeidsmiljøloven pålegger også byggherren til å bidra til fullt forsvarlig arbeidsmiljø. Denne plikten fremgår av Arbeidsmiljølovens forskrift: ”FOR 2009-08-03 nr. 1028: Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (Byggherreforskriften)” hvor byggherren plikter å sørge for at et prosjekt planlegges og følges opp i kontraktsperioden. Hør bør en merke seg at det er forbundet med straffeansvar hvis bestemmelsene i denne forskriften ikke blir fulgt.

Ett eksempel på hvordan straffeansvar kan gjøres gjeldende, er når byggherren lar være å foreta en risikovurdering i planleggingsfasen knyttet til arbeider som medfører risiko for liv og helse for de som utfører arbeidet. Byggherren er gjennom forskriften pålagt å gjøre tilbyderen oppmerksom på slike forhold i konkurransegrunnlaget slik at en entreprenør i tilbudsfasen kan kalkulere aktuelle sikkerhetstiltak, og slik at en i gjennomføringsfasen har et best mulig grunnlag for å fastslå at aktuelle rutiner for sikkerhetstiltak foreligger – og at de aktuelle

rutinene følges opp i praksis.

3.3 Entrepriseformer og kontraktstyper

Når en i det offentlige gjør anskaffelser innen drift og vedlikehold, har en ofte både funksjonskrav og utførelseskrav innen samme kontrakt, og en har oppgjør med fastpris, enhetspriser og regningsarbeid. Innen byggherrefunksjonen må en derfor ha kompetanse på å kunne utarbeide konkurransegrunnlag innen et bredt spekter av krav og oppgjørsformer – og kontraktsbestemmelser.

Vi har to hovedformer for entreprise. Entrepriseformer dreier seg om rollefordelingen, og ikke minst risikofordeling.

Utførelsesentreprise beskriver en utførelse, mens *Totalentreprise* brukes der byggherren har spesifisert krav til resultat og overlater detaljert planlegging av produktet eller arbeidet til entreprenøren.

I tillegg har vi en rekke kontraktstyper, som vi kan si regulerer både gjennomføringen og oppgjøret for arbeidet.

I begge tilfeller foretar byggherren en risikofordeling mellom partene. En totalentreprise vil overlata større risiko til entreprenøren enn en utførelsesentreprise, fordi entreprenøren skal planlegge løsningen, og får selv svi hvis han har planlagt dårlig. En utførelseskontrakt legger større risiko på byggherren fordi byggherren beskriver utførelsen mer i detalj. Det slår dermed også tilbake på byggherren hvis angitt beskrivelse var feil, eller beskrivelsen var mangelfull.

Tilsvarende er det for valg av kontraktstyper. En fikssumkontrakt, dvs. en omforent sum for en hel kontrakt overlater stor risiko på entreprenøren fordi han må gi en pris uten å vite alt om hva som kan komme til å inntreffe av uforutsette forhold under gjennomføringen.

Statens vegvesen bruker enhetspriskontrakten i alt overveiende grad for bygging, fordi det pålegger entreprenøren å fastsette pris pr. m³, m², stk. osv., mens mengder måles opp. Dette er praktisk når f.eks. grunnforholdene er annerledes enn hva en trodde i planleggingsfasen.

Denne type vurdering foretar en hele tiden som byggherre for alle typer kontrakter, og ikke uten grunn. Hvis byggherren tar risikoen for mengdene, vet entreprenøren at han ikke tar denne risikoen og kan dermed redusere sin pris. Han kan derfor fokusere på sin kostnad pr. enhet uten å bry seg for mye om mengder fordi denne blir målt og blir betalt deretter.

Det er verdt å merke seg at der byggherren tar risikoen, betaler byggherren for det som faktisk måles opp eller inntreffer, mens hvis dette blir entreprenørrisiko, betaler byggherren uansett for den risikomarginen som entreprenøren må legge inn allerede i tilbudet sitt for å gardere seg.

På noen spørsmål rundt driftskontrakter vet byggherre og entreprenør nøyaktig like mye, eller like lite, om hva som kommer, for eksempel om hvordan neste vinter og de påfølgende fire vintre vil arte seg. I slike tilfeller har Statens vegvesen som byggherre valgt å overlata mye risiko til entreprenøren. Dette resonnerer ut fra at over kontraktsvarigheten, som gjerne er 5 år på slike kontrakter, vil risiko fra år til år jevne seg ut, slik at det er mulig for entreprenøren å gi en pris som over tid vil dekke hans utgifter selv om han skulle gå på en et stort tap en enkelt vinter.

3.4 Prosjektdokumenter for drift og vedlikeholdskontrakter

3.4.1 Innledning

I løpet av de siste årene har Statens vegvesen tatt i bruk de nyeste standardene for alle typer kontrakter som omfatter drift og vedlikehold. Dette gjelder *driftskontrakter-veg* (tidligere ”funksjonskontrakter”), *utbedringskontrakter* hvor en bruker de samme kontraktsstandarder som for *byggektrakter*, *driftskontrakter-elektro*, *asfaltkontrakter* og *vegmerkingskontrakter*.

Kontraktstypen *driftskontrakter-veg* er heretter omtalt som *driftskontrakter* og gitt den mest utfyllende omtalen i dette kapitlet.

3.4.2 Struktur

Oppbygningen eller redigeringen i en kontrakt er ikke tilfeldig. Statens vegvesen følger NS 3450:2006 som beskriver hvordan dokumentene skal bygges opp. Dette sikrer at tilbyderne raskt finner de opplysningene som er viktige, og at alle opplysninger har ”sin knagg” og ikke blir uteglemt. I kapittel 4 i denne standarden er det gitt en tabell som viser hvordan dokumentene skal bygges opp. Hovedstrukturen for de aktuelle dokumentgruppene er (standarden er mer utfyllende enn det som er gjengitt under):

- A: Prosjektinformasjon (Dokumentliste, kunngjøring og orientering)
- B: Konkurranseregler og kvalifikasjonskrav (Konkurranseregler, krav til tilbyder og krav til tilbud)
- C: Kontraktsbestemmelser (Alminnelige kontraktsbestemmelser, spesielle kontraktsbestemmelser og avtaledokument)
- D: Beskrivende del (Beskrivelse samt tegninger og supplerende dokumenter)
- E: Svardokumenter (Dokumentasjon fra tilbyder, utfylt beskrivelse, tilbudsskjema)

I den siste utgaven av Håndbok R763 har en valgt en struktur i samsvar med NS 3450:2006 som vist under. Konkurranser grunnlaget bygges av dokumenter på tre nivåer:

Nivå 1:	Bestemmelser som skal gjelde for alle prosjekttyper og entreprisekontrakter	Omfatter dokumentene B1, C1 og C2 i tabellen under
Nivå 2:	Bestemmelser som skal gjelde for alle kontrakter for en gitt prosjekttipe (utbyggingsprosjekt, driftsprosjekt, vedlikeholdsprosjekt, m. fl.)	Omfatter en gruppe dokumenter som kan variere mellom ulike prosjekttyper (utbyggingsprosjekt, driftsprosjekt, vedlikeholdsprosjekt, m. fl.)
Nivå 3:	Bestemmelser som er kontrakts-spesifikke, dvs. gjelder for den enkelte konkrete kontrakt	Omfatter alle øvrige dokumenter med bestemmelser som tilpasses den enkelte kontrakt

For ulike prosjekttyper i Statens vegvesen fordeler dokumentene seg på nivåer som vist i følgende tabell:

Dokument		Utbyggings- kontrakt	Drifts- kontrakt
A0	Forside og innholdsliste		
A1	Dokumentliste		
A2	Innbydelse til anbudskonkurranse		
A3	Orientering om prosjektet		
B1	Konkurranseregler		
B2	Krav til tilbyders kvalifikasjoner		
B3	Krav til tilbud og spesielle konkurranseregler		
C1	Alminnelige kontraktsbestemmelser		
C2	Spesielle kontraktsbestemmelser for Statens vegvesen		
C3	Spesielle kontraktsbestemmelser		
C4	Avtaledokument		
D1	Beskrivelse		
D2	Tegninger og supplerende dokumenter		
E1	Dokumentasjon fra tilbyder		
E2	Firmaopplysninger for vurdering av tilbyders kvalifikasjoner		
E3	Beskrivelse med utfylte priser		
E4	Prisskjema: Timepriser for mannskap og maskiner		
E5	Tilbudsskjema		

Dokumentene som inngår i kategoriene A t.o.m. D er dokumenter som byggherren utarbeider. Kategori E er dokumenter som er entreprenørens svardokumenter. I tilbudsgrunnlaget har byggherren gitt føringer om hvordan disse svardokumentene skal utarbeides og hva de skal inneholde.

Håndbok R763 omfatter flere kontraktstyper innen drift og vedlikehold. Dette gjelder foruten Driftskontrakter-veg og Driftskontrakter-elektro, Asfaltkontrakter og Oppmerkingskontrakter. Innen vedlikehold har en også andre typer kontrakter som for eksempel forsterknings- og utbedringsarbeider. Som regel velger en her å utarbeide disse kontraktene på samme måte som for byggekcontrakter. Av dette følger at kolonnen for ”Utbyggingskontrakter”

i tabellen foran i praksis vil omfatte de fleste typer vedlikeholdsarbeider når man ser bort fra asfalt-, vegmerkings- og driftskontrakter-elektro.

I tabellen foran ser en at dokumentene B1, C1 og C2 skal være like for alle kontraktstyper. B1 er Konkurranseregler hvor en har bindinger til Lov og Forskrift om offentlige anskaffelser, og derfor har Statens vegvesen valgt å ha like regler for samtlige kontrakter som en byggherre lyser ut.

3.4.3 Konkurranseregler

Disse er beskrevet i kapittel B1. Her ivaretas forhold som Statens vegvesen er forpliktet til å ivareta i henhold til gjeldende lover og forskrifter, bl.a. forskrift om offentlige anskaffelser (FOA) og Arbeidsmiljøloven.

Dessuten er det angitt ”kjøreregler” for hvordan endringer i konkurransegrunnlaget håndteres før innleveringsfristen, krav om skatteattester, innsendelse av HMS-erklæring mv og hvordan tilbyderen får tilbakemelding om hvordan tilbudet har blitt vurdert og behandlet.

3.4.4 Krav til tilbyders kvalifikasjoner

Disse finnes i kapittel B2. Hjemmel for å stille minimumskrav til tilbyders kvalifikasjoner finnes i forskrift om offentlige anskaffelser §§ 8-4 og 17-4.

Retningslinjer og veiledning for skjønnsutøvelsen ved vurdering av kvalifikasjoner har Vegvesenet gitt i et rundskriv. Kvalifikasjonskravene skal sikre at tilbydere som ønsker å inngå kontrakt med Statens vegvesen har det tekniske, finansielle og økonomiske grunnlag som er nødvendig for å utføre og ferdigstille arbeidene i overensstemmelse med kontraktens forutsetninger.

Krav til faglig, teknisk og økonomisk grunnlag skal ikke være strengere enn nødvendig. Både kriterier og nivået på krav skal stå i forhold til kontraktens størrelse og Statens vegvesens risiko. Kriteriene og nivået på kravene til egnethet settes ut fra en vurdering av hvilken risiko Statens vegvesen ønsker å ta når en velger en entreprenør. En må passe på at kravene ikke virker avvisende på potensielle deltakere i en konkurranse, men bidrar til å stimulere etablering, mangfold og konkurranse i markedet, og utvikle firmaer som ønsker å inngå kontrakter med Statens vegvesen. Hovedhensikten er å finne den rette balanse mellom risiko og konkurranse.

En skal først og fremst vurdere byggherrens risiko for framdriftsmessige og økonomiske konsekvenser dersom arbeidene ikke blir gjennomført som planlagt. Hvis for eksempel en driftsentreprenør går konkurs midt i kontraktsperioden, vil dette ha meget store konsekvenser for både Statens vegvesen og trafikantene. En er derfor nødt til å stille forholdsvis strenge krav tilpasset blant annet dette risikomomentet.

Utvelgelse av tilbyder skjer i to trinn; først tar en stilling til om tilbyderen er kvalifisert, og deretter skjer utvelgelsen på grunnlag av de kriteriene som byggherren har satt i forbindelse med utvelgelsen. Det en må være påpasselig med, er at en unngår å ”gjenbruke” de samme kriteriene i utvelgelsen som en allerede har vurdert når en har tatt stilling til om tilbyderen er kvalifisert. Dette er å anse som et brudd på anskaffelsesforskriften og kan som ytterste konsekvens medføre erstatningsansvar overfor den eller de tilbyderne som anser seg vurdert på et feilaktig grunnlag og derfor ikke når opp i konkurransen.

3.4.5 Krav til tilbud og spesielle konkurranseregler

Disse finnes i kapittel B3. Byggherren krever at tilbudet gis inn på en bestemt måte for at det skal være mulig å vurdere og sammenligne tilbudene på enhetlig og rettfærdig måte. Det som skal leveres inn som tilbud av entreprenøren, er beskrevet som kapittel E i tilbudsgrunnlaget, og konkurransegrunnlaget gir en beskrivelse av hvordan dette kapitlet skal utformes. I tillegg har Statens vegvesen valgt å innføre spesielle bestemmelser for hvordan entreprenøren kan tilby en rabatt hvis tilgrensende kontrakter lyses ut og entreprenøren tilbyr en rabatt under forutsetning av at han tildeles begge kontrakter samtidig.

3.4.6 Kontraktsbestemmelser

Kapittel C1 inneholder de alminnelige kontraktsbestemmelsene. I mange år har en i Statens vegvesen og hos andre offentlige byggherrer benyttet NS 3430:1994 "Alminnelige kontraktsbestemmelser om utførelse av bygg- og anleggsarbeider" når en inngår kontrakter. I 2004 ble standarden NS 8405 "Norsk bygge- og anleggskontrakt" utgitt første gang, og den var ment å erstatte NS 3430. I 2006 ble NS 8406 "Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt" utgitt. Denne erstattet NS 3408 "Alminnelige kontraktsbestemmelser med formular om utførelse av enkle bygg og anlegg". Statens vegvesen har valgt å la NS 8406 erstatte NS 3430, og NS 8406:2009 er derfor dokument "C1 Alminnelige kontraktsbestemmelser" i tabellen foran. I tillegg har Statens vegvesen utarbeidet et dokument "C2 Spesielle kontraktsbestemmelser" som skal være likt for alle kontrakter som lyses ut.

Da Håndbok R763 ble utgitt første gang som Håndbok 066 på slutten av 1970-tallet, brukte en NS 3401 som alminnelige kontraktsbestemmelser. Denne standarden var forløperen til NS 3430. Her gjorde man endringer til NS 3401, bl.a. for å tilpasse seg bestemmelsene i regelverket for offentlige anskaffelser. Denne praksisen ble videreført i Håndbok 066, senere R763, da man tok i bruk NS 3430 gjennom såkalte "kursivtekster" som var i bruk fram til 2010. Kursivteksten er endringer man har gjort inne i standardteksten. Denne praksisen er det nå slutt på, og de endringer som er spesielle for Statens vegvesen i forhold til NS 8406, er nå synliggjort i dokument C2 som egne bestemmelser i stedet for å bli innarbeidet i de alminnelige kontraktsbestemmelsene. Dokument C1 er således det som står i NS 8406 uten endringer av noe slag, og innholdet i dokument C1 er kun et kort avsnitt hvor det står: "Som alminnelige kontraktsbestemmelser gjelder NS 8406:2009 Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt."

I dokument C3 har man bestemmelser som enten er spesielle for den aktuelle kontraktstypen eller spesielle for den aktuelle kontrakten. Gjennom føringer i Håndbok R763 er det angitt hvilke endringer den enkelte byggherre kan gjøre i standardteksten for dokument C3 som er utgitt som en del av Håndbok R763. For driftskontrakter er det aller meste av innholdet i C3 tekster som den lokale byggherre ikke har lov til å endre.

3.4.7 Beskrivelse

Prosjektets beskrivelse er i kapittel D1, og tegninger samt vedlegg i kapittel D2.

Utgangspunktet for å lage beskrivelser for drift og vedlikeholdsprosjekter i vegsektoren, er Statens vegvesens håndbøker R761 og R762, hhv " Prosesskode 1 - Standard

beskrivelsestekster for vegkontrakter - Hovedprosess 1 – 7” og ” Prosesskode 2 - Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier - Hovedprosess 8”. Imidlertid har ikke disse håndbøkene prosesser og beskrivelser tilpasset driftskontrakter, hverken for veg eller elektro. For driftskontraktene (veg) er det laget en egen mal som inneholder prosesser med beskrivelsestekstene som passer for slike kontrakter. Gjeldende mal for driftskontrakter er publisert på internett på adressen <http://www.vegvesen.no/s/bransjekontakt/R763/Drift-veg/>. Her finnes også en mer detaljert beskrivelse for kapittel D1.

For å forenkle utarbeidelsen av beskrivelsestekster som inngår i kapittel D1 i Statens vegvesen, brukes programmet GPROG-Beskrivelse. Dette er et program hvor etaten har gjort avtale med Norconsult Informasjonssystemer AS når etaten lager konkurransegrunnlag.

I Driftskontraktene er kapittel D2 svært omfattende. Kapittel D2 omfatter følgende deler (se adressen på internett foran):

- D2-H GPROG -plan. Inneholder plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø.
- D2-I ”Drifts-/vedlikeholdsinstrukser og annen supplerende og utdypende grunnlagsinformasjon og/eller kravspesifikasjon”. Denne delen inneholder gjerne en rekke instruksjoner, enten sentrale instruksjoner som er bestemt skal brukes i alle kontrakter, eller lokale instruksjoner.
- D2-K Krav til kvalitetssystem. I kapittel C3 er det angitt at entreprenøren skal ha et kvalitetssystem som er i samsvar med NS-EN ISO 9001 og en kvalitetsplan med krav som er nærmere beskrevet i kapittel C3. For å være sikker på at entreprenøren tilfredsstiller disse kravene, er det bestemt i kapittel C3 at partene skal gjennomføre en samhandlingsfase før kontrakten starter opp den 1. september. I kapittel D2-K er det en sjekkliste som skal brukes og gjennomgås før arbeidene starter opp slik at kvalitetssystemet og kvalitetsplanene er i samsvar med kontraktens krav. Denne sjekklisten finnes også på internett hvor malen er publisert.
- D2-P. Denne vedleggsdelen er fotografier langs vegnettet som inngår i kontrakten. Vanligvis sendes programvare (ViaPhoto) og bilder ut på en minnepinne som en del av konkurransegrunnlaget.
- D2-R. Denne vedleggsdelen gir en oversikt over data som skal rapporteres i kontrakten. For det meste er dette data som skal rapporteres via systemet ELRAPP som er internettbasert.
Se <http://www.vegvesen.no/elrapp>
- D2-S. Dette vedlegget gir detaljert informasjon om vegnettet.
- D2-T. Denne inneholder en oversikt over objekter med tilhørende registrering av tilstand. (I kapittel D1 finnes det beskrivelser av hvilke krav som gjelder for tilstand for ulike typer objekter.)
- D2-V. Dette er oversikter over vegnett og hvilke objekter som inngår i funksjonskontrakten.

3.4.8 Entreprenørens sverdokumenter

For driftskontrakter er denne dokumentgruppen delt inn i 5 kapitler; kapittel E1 t.o.m. E5.

Kapittel E1 er en oversikt over alle dokumenter som tilbyder må sende inn. I konkurransegrunnlagets kapittel B2 og B3 er det stilt en rekke krav som entreprenøren må dokumentere at han innfrir. Dette gjelder erfaring som entreprenøren har fra tilsvarende prosjekter og prosjekter som entreprenøren har utført for Statens vegvesen. I tillegg må entreprenøren gi opplysninger om sitt HMS system og bekrefte gjennom en egenerklæring at de vil oppfylle lovbestemte krav

på området, han må sende inn skatteattester fra kemner (i kommunen) og skattefogden (i fylket), økonomiske nøkkeltall (egenkapital, omsetning, soliditet), nøkkelpersoners kompetanse, priser samt utfylt tilbudsskjema.

Kapittel E2 er et skjema som skal fylles ut med de opplysningene som er nevnt ovenfor og som gjelder erfaring, HMS, økonomi og gjennomføringsevne.

Kapittel E3 er i praksis kapittel D1 med utfylte priser. Dette gjør entreprenøren vanligvis i sine kalkylesystemer, eller de kan benytte et program som heter "Linker" og som entreprenørene har gratis tilgang til via internett hos Norconsult Informasjonssystemer AS på adressen <http://www.nois.no/nedlasting/isy-g-prog/#Linker> .

Kapittel E4 er priser for mannskap og maskiner som tilbys i forbindelse med tilleggsarbeider eller arbeider det ikke finnes priser for i tilbudet, som for eksempel ved opprydding og skadeutbedring etter ras og flom.

Kapittel E5 har en oppstilling hvor prisene oppsummeres til en total tilbudssum, og i tillegg er det en egen linje for spesifisering av evt. rabattsats hvis samme entreprenør blir tildelt en nabokontrakt.

3.4.9 Spesielle utfordringer knyttet til driftskontrakter

Da Statens vegvesen startet opp med å konkurranseutsette alle arbeider som før ble utført av etatens egenproduksjon (omdannet til Mesta AS), var man svært opptatt av at en skulle utnytte de fordeler som lå i at de samlede kunnskapene og ressursene som de private aktørene disponerte, skulle utnyttes på en optimal måte. En var også opptatt av å overføre større ansvar og risiko til bransjen samtidig som en ønsket å redusere bemanningen innen Statens vegvesen på den administrative siden.

Som et virkemiddel i en slik prosess, ble flest mulige oppgaver beskrevet som funksjonsbaserte oppgaver. Hvordan disse oppgavene skal ivaretas, er beskrevet på denne måten gjennom de spesielle kontraktsbestemmelsene:

Entreprenørens funksjonsansvar utløses når det oppstår eller vil oppstå avvik fra kontraktens krav. Entreprenøren må på eget initiativ planlegge, identifisere behov og iverksette tiltak.

Entreprenøren skal selv sørge for at han har tilgjengelig utstyr, mannskap, kompetanse og informasjon som er nødvendig for å utføre arbeidet i henhold til kontrakten. Dette gjelder også vaktberedskap og mannskaps-/ maskinberedskap. Entreprenøren skal innenfor kontraktens krav selv velge metode, tiltak og ressurser.

Det ble også lagt vekt på at hovedansvaret for å dokumentere forholdene på vegnettet også lå på entreprenøren og at byggherrens ansvar på området skulle begrense seg til stikkprøvekontroll.

Entreprenørene har sin styrke på å være en utførende aktør. Denne måten å jobbe på, krever også at entreprenøren har gode kvalitetssystemer med tilhørende systemer for dokumentasjon av den kvaliteten som leveres. Med dette utgangspunktet antok en at de mellomstore og store entreprenørene var best skikket til å ta et helhetsansvar slik som en funksjonskontrakt legger opp til, og at disse entreprenørene ville ha egnede systemer for kvalitet, oppfølging og dokumentasjon. En antok også at disse entreprenørene var i stand til å påta seg den risikoen som funksjonsansvar innebærer.

En har sett i ettertid at entreprenørene i større grad enn opprinnelig er opptatt av å begrense sin eksponering mot risiko, særlig gjelder dette vinterarbeider. Det er også et ordspråk som sier at ”det kreves god moral for å selge strikk i metervis”, og det oppstod en rekke konflikter om forståelsen av hva som var god nok utførelse av noen funksjonsbaserte oppgaver. En så også at entreprenørene ikke hadde så gode kvalitetssystemer og rutiner som det en antok i starten.

Disse erfaringene har gjort at en for en del oppgaver har måttet beskrive oppgavene mer detaljert gjennom instruksjer, og det har skjedd en overgang fra oppgjør gjennom RundSum (RS) til enhetspriser for å sikre at oppgavene blir gjort slik som byggherren forventet i utgangspunktet. En har også stilt strengere og mer detaljerte krav til kvalitetssystemet hos entreprenørene for å være sikker på at de virker slik som forventet.

Når det gjelder vinterdriften, har en avgrenset og konkretisert risikoen som er knyttet til hva som betegnes som ”ekstraordinære værforhold” i kontraktsbestemmelsene, og hvordan man opptrer når dette inntreffer. Og det viktigste er at en har foretatt en overgang fra å prise vinterdrift som RS arbeider til å prise dette som en kombinasjon av RS (som entreprenøren priser slik han ønsker) og en viss variabel tilleggs godtgjørelse bestemt av byggherren på forhånd. Nivået på denne godtgjørelsen er ment å ligge på ca. 75 % av nivået for selvkost slik at byggherren tar den største delen av risikoen for variasjoner i værforhold, som er en risiko som i utgangspunktet er vanskelig å prise for en entreprenør.

Et vanlig utgangspunkt for å plassere risiko, er at risikoen plasseres hos den som har de beste forutsetningene for å ta hånd om risikoen. Når det gjelder vær og klima, sier det seg selv at entreprenøren ikke kan påvirke dette. Det er derfor naturlig at denne risikoen plasseres hos byggherren som i så fall enten må skaffe mer midler eller velge å kutte standarden på utvalgte områder. I vegsektoren har en tradisjon for å kutte budsjetter for asfaltering hvis det blir en kostbar vinter, og omvendt.

Sett fra entreprenørens ståsted beskrives utviklingen slik at byggherren har utvidet omfanget på oppgavene i forhold til da konkurranseutsettingen startet i 2003. Sett fra byggherrens ståsted har den utførelsen som en har fått levert ikke vært i samsvar med den en forventet, og av den grunn har byggherren måttet spesifisere mer i detalj for å sikre sine leveranser.

Som en følge av overgangen til variabelt oppgjør for vinterarbeider, har en også måttet innføre strengere krav til dokumentasjon av utført arbeid. En må nå samle inn elektronisk driftsdata løpende, mens arbeidet pågår, for å sikre at avregningen blir korrekt. Dette innebærer økte kostnader for entreprenørene, og som i etterkant medfører høyere priser for byggherren.

Utgangspunktet i 2003 var at en ut fra idegrunnlaget i ”New Public Management” skulle overføre oppgaver og risiko til private basert på forutsetningen om at jo lenger en i offentlig sektor går i retning av å være markedsorientert, jo bedre oppnår en kostnadseffektivitet og jo bedre utnyttes offentlige ressurser. Det har vist seg at dette ikke er like enkelt i praksis.

Det er fortsatt et ønske hos mange om å gå i retning av å prøve ut andre kontraktsregimer hvor

en overfører oppgaver og risiko til private. Når det gjelder erfaringene med drifts-/funksjonskontrakter, har en erfart at de private entreprenørene ikke ønsker å bli tildelt så mye risiko som det en hadde tenkt opprinnelig. Det har vært en stor utfordring å oppnå bedre kostnads-effektivitet enn før, samtidig som en ivaretar kvaliteten og dermed nivået på de tjenestene som ytes samfunnet.

3.4.10 Andre kontraktstyper for drift og vedlikeholdsarbeider

Asfaltkontrakter

Kontraksstandardene som ligger til grunn for denne kontraktstypen, er NS 3450:2006 og NS 8406:2009.

Asfaltkontraktene har samme struktur som driftskontraktene, se tabell på side 28:

Spesielt for asfaltkontrakter er at kapittel D1 med beskrivelse og mengdefortegnelse genereres fra dekkeforvaltningssystemet PMS ("Pavement Management System"). I dette systemet gjøres vurderinger omkring hvilke strekninger som bør prioriteres når det gjelder reasfaltering, og det er dessuten funksjonalitet for å generere innholdet i det som inngår i kapittel E.

Ytterligere informasjon om slike prosjekter er publisert på www.vegvesen.no via lenken <http://www.vegvesen.no/Fag/Veg+og+gate/Drift+og+vedlikehold/Vedlikehold+av+vegdekke>

Her finnes det også en oversikt over all litteratur som er relevant for slike prosjekter og som også inngår som en del av konkurransegrunnlaget.

Vegmerkingskontrakter

Disse kontraktene har samme struktur som de øvrige kontraktene og med samme innhold i kapitler A-E. Mer utfyllende informasjon om hvordan slike kontrakter er bygd opp og litteratur som inngår i kontraktene og konkurransegrunnlaget finnes også på www.vegvesen.no via lenken:

<http://www.vegvesen.no/Fag/Veg+og+gate/Drift+og+vedlikehold/Vedlikehold+av+vegdekke/Vegoppmerking+tilbudsoversikt>

Driftskontrakter-elektro («Elektrokontrakter»)

Dette gjelder drift og vedlikehold av eksisterende anlegg – ikke nyanlegg. Utgangspunktet for slike kontrakter har vært praksis for driftskontrakter-veg. De som er vant med driftskontrakter for veg, vil kjenne seg igjen i den malen som er laget for disse kontraktene, se tabell med dokumentstruktur.

En viktig del av en elektrokontrakt, er arbeidet med inspeksjon som er beskrevet i prosess 38.8 «Internkontroll og øvrige inspeksjoner». Dette omfatter det forebyggende arbeidet som utføres med periodiske inspeksjoner, kontroll og funksjonstest.

For elektriske anlegg som eies eller driftes av Statens vegvesen, utføres internkontroll som beskrevet i prosess 18.6 og i henhold til kap. D2-ID0a.

Alle måleresultater skal føres i tabellform i henhold til kap. D2-ID0b. Etter utført internkontroll skal det utarbeides og leveres en rapport der anleggets tilstand vurderes, og beskrives. Anlegg eller deler av anlegg der det blir vurdert behov for spesiell oppfølging skal beskrives spesielt i rapporten.

Disse kontraktene har fått en del kritikk fordi det er for få prosesser knyttet til arbeider som følger av det som oppdages under inspeksjonsrundene. Som følge av dette, gir denne kontraktsformen mye endrings- og tilleggsarbeider samt regningsarbeider. Av den grunn har det gjennom oppdateringer av kontraktsmalen blitt beskrevet flere typer arbeider på en slik måte at kontrakten gir en større forutsigbarhet for entreprenøren når han kalkulerer sitt tilbud.

Se gjeldende kontraktsmal som er publisert her:

<http://www.vegvesen.no/s/bransjekontakt/R763/Drift-elektro/>

Kapittel 4 HMS – Helse, miljø og sikkerhet

Jan Erik Lien, Statens vegvesen

4.1	Sentrale lover og forskrifter	38
4.2	HMS-begrepet	39
4.3	Målsetting	39
4.4	Entreprenørens og Statens vegvesens oppgaver og plikter	40
4.5	HMS-egenerklæring	43
4.6	Krav til opplæring og kompetanse	45
4.7	Kartlegging av farer – risikovurdering	46
4.8	Hensyn til omgivelsene	40
4.9	Kjemikalier	49
4.10	Avfallshåndtering/Miljøplan/Gjenbruk av materialer	49
4.11	Sikring av arbeidsplassen	51
4.12	Arbeidstid	51
4.13	Avviksbehandling	51
4.14	Dokumentasjon	52
4.15	Rapportering av uønsket hendelse/Yrkessykdom	52
4.16	Føring av oversiktslister	52
	Referanser	53

4 HMS

Dette kapitlet er skrevet med utgangspunkt i Statens vegvesens bestemmelser, men mye av det som omtales i forholdet byggherre – entreprenør, vil også gjelde generelt.

4.1 Sentrale lover og forskrifter

Følgende lover og forskrifter er mest aktuelle i tilknytning til drifts- og vedlikeholdsarbeid:

- *Vegtrafikkloven/1/*
Vegtrafikkloven har generelle regler som gjelder alle bilførere, f. eks overholdelse av skilt, fart, forbud mot trafikk, parkering og trafikkregulering. Lovens § 3 omtaler at enhver skal ferdes hensynsfullt og være aktpågivende og varsom så det ikke kan oppstå fare eller voldes skade og slik at annen trafikk ikke unødig blir hindret eller forstyrret. Lovens § 11 gir kjøretøy som nyttes til arbeid på eller ved veg anledning til å fravike de generelle reglene, men det oppfordres til ikke å benytte seg av denne muligheten med mindre det er absolutt nødvendig. Dersom man må fravike de generelle reglene, bør man skilte eller stenge vegen for trafikk.
- *Forskrift om krav til kjøretøy (før 1. jan 1996) og Kjøretøyforskriften (fra 1. jan 1996) /2/.* Denne forskriften omtales i tilknytning til brøyte- og strøtstyr.
- *Arbeidsmiljølovgivning* (Arbeidstilsynet har internettadressen: www.arbeidstilsynet.no). De mest aktuelle lovene og forskriftene i tilknytning til drift og vedlikehold er:
 - Arbeidsmiljøloven /3/
 - Arbeidstilsynets bestillingsnr. 522 – Maskiner /4/
 - Arbeidstilsynets bestillingsnr. 544 – Systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften) /5/
 - Arbeidstilsynets bestillingsnr. 589 Forskrift om identitetskort (id-kort) på bygge- og anleggsplasser /6/
 - Arbeidstilsynets bestillingsnr. 599 – Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- og anleggsplasser, (Byggherreforskriften) – trådte i kraft 1. januar 2010 /7/
 - Arbeidstilsynets bestillingsnr. 701 – Organisering, ledelse og medvirkning /8/
 - Arbeidstilsynets bestillingsnr. 703 – Utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav (forskrift om utførelse av arbeid) /9/
- *Forskrift om offentlige anskaffelser* /10/
- *NS 3430 Alminnelige kontraktsbestemmelser om utførelse av bygg- og anleggs-arbeider* /11/
- *Forurensningsloven* /12/
- *Avfallsforskriften* /13/
- *Brann- og eksplosjonsloven* /14/
- *Forskrift om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff* /15/
- *Forskrift om bruk av kjøretøy med vedlegg (Veglistene)* /16/

4.2 HMS-begrepet

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter, også kalt Internkontrollforskriften /5/ fra Arbeidstilsynet stiller krav til at Statens vegvesen som byggherre har et internkontrollsystem som ivaretar de helse-, miljø- og sikkerhetskrav de er pålagt i tilknytning til byggeaktivitetene og forholdet til entreprenørene. Disse kravene er spesifisert i Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- og anleggsplasser (Byggherreforskriften) /6/.

Statens vegvesen som byggherre må innarbeide systematiske tiltak i etatens HMS-system for å ivareta kravene i Byggherreforskriften. Man er bl. a forpliktet til å påse at det før oppstart av arbeidet på bygge- eller anleggsplassen utarbeides en skriftlig plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA-plan).

Forhold som er beskrevet i kapitlet om Ytre miljø er ikke omfattet av byggherreforskriftens krav. Statens vegvesen som byggherre må ha et internkontrollsystem som også omfatter ytre miljøforhold, slik at disse blir håndtert i henhold til gjeldende regelverk. I Statens vegvesen vil forhold knyttet til ytre miljø bli ivare tatt gjennom en ytre miljøplan (YM-plan) i henhold til håndbok R760 Styring av vegprosjekter /17/. YM-planen er et dokument som byggherren utarbeider i prosjekteringsfasen basert på erfaringer fra tidligere kontrakter og som danner grunnlaget for prosessbeskrivelsene i konkurransegrunnlaget.

Støy og bruk av kjemikalier er eksempler på arbeidsmiljøfaktorer som påvirker både arbeidsmiljø og ytre miljø.

4.3 Målsetting

HMS-erklæringen som Statens vegvesen har vedtatt gir overordnede føringer for HMS-arbeidet både som arbeidsgiver og byggherre:

Statens vegvesen har som arbeidsgiver og byggherre det mål, at all virksomhet i etaten skal gjennomføres uten at mennesker, materiell og miljø påføres skade.

Denne målformuleringen er konkretisert i følgende delmål:

- helse, miljø og sikkerhet prioriteres i all vår virksomhet, fra planlegging starter til oppgaven er utført
- hensynet til fremdrift og økonomi aldri skal gå på bekostning av HMS
- alle tilsatte har et forpliktende ansvar for egen og arbeidskameratenes sikkerhet og trivsel

Byggherrevirksomhetens HMS-arbeid er hovedsakelig knyttet opp mot følgende mål:

- Vi skal fremstå som en aktiv, profesjonell, inkluderende og fremtidsrettet premissgiver i bransjen. Dette omfatter også å forebygge og avdekke arbeidslivskriminalitet (sosial dumping) på våre prosjekter.
- Vi skal bidra til utvikling av kompetanse, videreutvikle systemer og verktøy for effektiv, sikker og miljøvennlig produksjon, og sørge for at dette tas i bruk i alle ledd

- Etaten skal ha et godt omdømme både i bransjen og i samfunnet for øvrig.
- Vi skal legge til rette for god ressursutnyttelse og erfaringsdeling på tvers i bransjen
- Vi skal utføre et forbilledlig HMS-arbeid som sikrer at det ikke skjer arbeidsulykker og at ytre miljø ivaretas

Det skal fastsettes konkrete mål for HMS-arbeidet i byggherrevirksomheten på kontraktsnivå i SHA-planen.

4.4 Entreprenørens og Statens vegvesens oppgaver og plikter

Entreprenøren er forpliktet til å:

- Overholde gjeldende lover og forskrifter
- Rette seg etter de verne- og sikkerhetsregler som gjelder for kontraktsarbeidet

Entreprenøren er ansvarlig for at egne arbeidstakere har fått nødvendig opplæring i henhold til kravene i kontrakten og gjeldende regelverk. Det stilles bl.a. egne krav som entreprenørene må forholde seg til når maskiner eller utstyr skal brukes.



*Figur 4.2 Det stilles krav til bruk av utstyr som f.eks. veggøvel
(Fotograf: Steinar Svendsbakken, Statens vegvesen)*

I henhold til Internkontrollforskriften har entreprenøren plikt til å påse at forskriftene følges. Entreprenøren er ansvarlig for overholdelse av alle krav til sikkerhet og forskriftsmessig opptreden ved utøvelse av kontraktsarbeidet. Internkontrollforskriften retter seg mot den enkelte virksomhet eller arbeidsgiver.

Det stilles krav til bruk av ledebil ved dekkelegging og en del andre vedlikeholdsarbeider.



*Figur 4.3 Bruk av ledebil ved rassikringsarbeid
(Fotograf: Reidun Øverland, Statens vegvesen)*

Det er krav om bruk av byggekort eller id-kort for alle som utfører bygge- og anleggsarbeid, jfr. Forskrift om identitetskort (id-kort) på bygge- og anleggsplasser /6/. Det er arbeidsgivers ansvar å sørge for at arbeidstakerne har id-kort. Id-kort utstedes sentralt for arbeidsgivers regning. De har en gyldighet på 2 år regnet fra den utstedelsesdatoen som er påført.

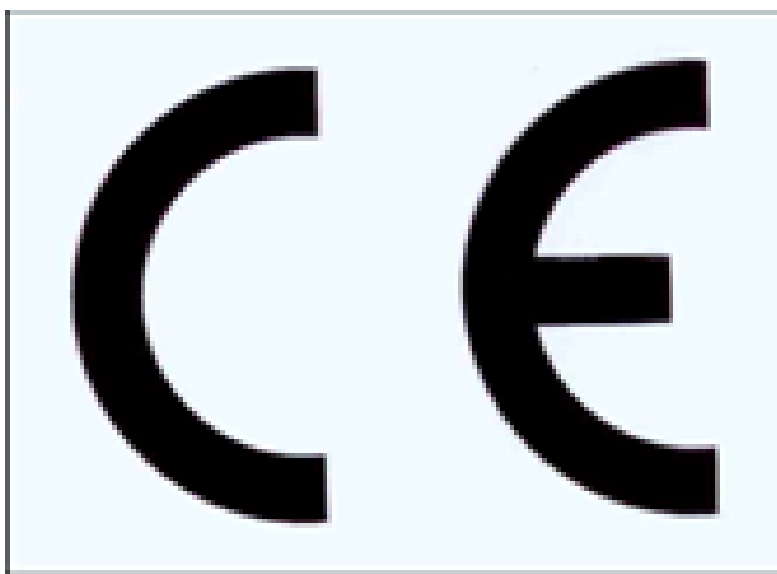


Figur 4.4 Eksempel på byggekort eller id-kort (hentet fra www.arbeidstilsynet.no).

I henhold til Byggherreforskriften har Statens vegvesen plikt til å påse at forskriften følges, for derved å sikre et fullt forsvarlig arbeidsmiljø ved gjennomføringen av drifts- og vedlikeholdsoppgaver. Statens vegvesen utpeker HMS-koordinator innenfor sin organisasjon.

Entreprenøren er selv ansvarlig for kostnader og forskriftsmessig bruk av sikkerhetsutstyr for arbeid utført for Statens vegvesen.

Alt verneutstyr skal være CE-merket. For alt arbeid på eller ved trafikkert veg skal det benyttes vernetøy som er CE-merket og som tilfredsstiller kravene til verneklasse 3 i *NS-EN ISO 20471:2013 Svært synlig vernetøy – Prøvetakingsmetoder og krav*.



Figur 4.5 Vernetøy og verneutstyr skal være CE-merket

I nye kontrakter som utarbeides etter kontraktsmalen fra juni 2014 er det krav til bruk av arbeidsbukse i minst verneklasse 1 og vernevest, vernejakke eller tilsvarende i verneklasse 3 (alternativt kan kjeledress i verneklasse 3 benyttes), hjelm, vernesko, arbeidshansker og vernebriller eller øyevern.

Følgende unntaksbestemmelser gjelder:

- Dersom bruk av arbeidshansker, vernebriller eller øyevern medfører økt risiko, kan kravet fravikes under forutsetning av at det er gjennomført en dokumentert risikovurdering og sikkerheten er ivaretatt på andre måter.
- Arbeid inne: Kravene om bruk av svært synlig vernetøy, hjelm, vernesko, arbeidshansker og vernebriller eller øyevern kan fravikes på kontorer/brakkjer og inne i maskiner eller kjøretøy med lukkede førerhytter.

- Arbeid ute: Ved registreringsarbeid, befaringer mv. kan krav til bruk av arbeidshansker, vernebriller eller øyevern, hjelm, vernesko og arbeidsbukse fravikes, dersom ikke andre forhold på eller ved arbeidsstedet tilsier krav til bruk av dette verneutstyret.

Statens vegvesens plikter etter Byggherreforskriften fritar ikke entreprenøren for sine forpliktelser etter Internkontrollforskriften. Både byggherre og entreprenør har oppgaver og plikter som må følges.

Entreprenøren, som har kontrakten med Statens vegvesen, utpekes vanligvis gjennom kontrakten til å være hovedbedrift med samordningsansvar etter *Arbeidsmiljølovens* § 2-2 /3/. Dette innebærer ansvar for å organisere verne- og miljøarbeidet i henhold til *Arbeidsmiljøloven* dersom det er flere virksomheter til stede på arbeidsstedet. Dette betyr f. eks at dersom Statens vegvesens egne arbeidstakere i kortere perioder oppholder seg innenfor det naturlige arbeidsområdet, er det entreprenøren som er ansvarlig for samordning av verne- og miljøarbeidet også for disse folkene.

I kontraktsmalen fra juni 2014 er vår kontraktspart forpliktet som en del av samordningsansvaret til å utføre inntakskontroll som avtalt med byggherren i samhandlingsfasen før oppstart av kontraktsarbeidet.

4.5 HMS-egenerklæring

Det stilles krav om at samtlige leverandører skal fremlegge en HMS-egenerklæring i henhold til *Forskrift om offentlige anskaffelser* § 5-16 (del II) / § 12-10 (del III) /10/.

Entreprenøren plikter også å kreve egenerklæring fra underentreprenører. Egenerklæringen fra underentreprenøren som dokumenterer at han har et internkontrollsystem for HMS i samsvar med kravene i Internkontrollforskriften, skal forelegges Statens vegvesen før arbeidene starter. HMS-egenerklæringen fra hovedentreprenøren skal foreligge ved tilbudsfristens utløp.

Figur 4.6 viser en mal for egenerklæring om helse, miljø og sikkerhet.

Denne bekreftelsen gjelder:

Firma

Adresse

Postnr./-sted

*Land**

Det bekreftes med dette at denne virksomheten arbeider systematisk for å oppfylle kravene i helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen og ved det tilfredsstiller kravene i forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheten (Internkontrollforskriften) fastsatt ved kgl.res. av 6. desember 1996 nr. 1127 i medhold av lov av 4. februar 1977 nr. 4 om arbeidervern og arbeidsmiljø m.v.

Det bekreftes at virksomheten er lovlig organisert i henhold til gjeldende skatte- og arbeidsmiljøregelverk når det gjelder ansattes faglige og sosiale rettigheter.

Det aksepteres at oppdragsgiver etter anmodning vil bli gitt rett til gjennomgåelse og verifikasjon av virksomhetens system for ivaretagelse av helse, miljø og sikkerhet.

Daglig leder

Dato:

(sign.)

Det bekreftes med dette at det er iverksatt systematiske tiltak for å oppfylle ovennevnte krav i helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen.

Representant for de ansatte

Dato:

(sign.)

** For utenlandske oppdragstakere gjelder følgende: Det bekreftes med dette at det ved utarbeidelse av tilbudet er tatt hensyn til helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen som følger av forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften), fastsatt ved kgl. res. av 6. desember 1996 i medhold av lov av 4. februar 1977 nr. 4 om arbeidervern og arbeidsmiljø mv. Det aksepteres at oppdragsgiver etter anmodning vil bli gitt rett til gjennomgåelse og verifikasjon av virksomhetens system for ivaretagelse av helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid.*

Forpliktende underskrift

Daglig leder

Dato:

(sign.)

Figur 4.6 Mal for HMS-Egenerklæring

4.6 Krav til opplæring og kompetanse

I henhold til *Arbeidsmiljølovens* § 3-2 /3/ skal det gis opplæring i risiko og helsefarer ved utførelse av arbeid som kan innebære særlig fare for liv og helse. Dette ansvaret påhviler arbeidsgiver. Entreprenøren skal utarbeide prosedyrer som sikrer at den enkelte arbeidstaker/enkeltmannsforetak gis nødvendig sikkerhetsopplæring både av generell karakter, og opplæring i risikomomenter ved aktuelle arbeidsoperasjoner for kontraktsarbeidet.

Entreprenøren skal utarbeide prosedyrer som sikrer at all bruk av maskiner, utstyr og lignende utføres av kvalifisert personell som har fått nødvendig opplæring.

Kvalifikasjoner skal dokumenteres. Kopi av slik dokumentasjon skal oppbevares av hovedentreprenør som en del av inntakskontrollen.

I Håndbok R763 Konkurransesgrunnlag /18/ har Statens vegvesen stilt følgende minimums-krav til dokumentert opplæring:

- Sikkerhetsopplæring tilpasset kontrakten
- Kurs i arbeidsvarsling iht. Håndbok N301 *Arbeid på og ved veg* /19/
 - Kurs for alle som skal utføre arbeid på veg
 - Kurs for ansvarshavende
 - Kurs i manuell trafikkdirigering for de som dirigerer
- Førstehjelpskurs

Den enkelte arbeidsgiver eller entreprenør er ansvarlig for at arbeidstakerne får nødvendig opplæring/kursing. Det er ingenting i vegen for at de store entreprenørene kan tilby kursplasser til underentreprenører og eventuelt andre mindre entreprenører når de selv skal avholde kurs. Førstehjelpskurs avholdes på mange måter. Norsk Folkehjelp Sanitet og Norges Røde Kors lokale Hjelpekorps avholder for eksempel gratis 30 timers førstehjelpskurs.



Figur 4.7 Arbeidsvarsling må gjennomføres etter retningslinjene (Fotograf: Knut Opeide, Statens vegvesen)

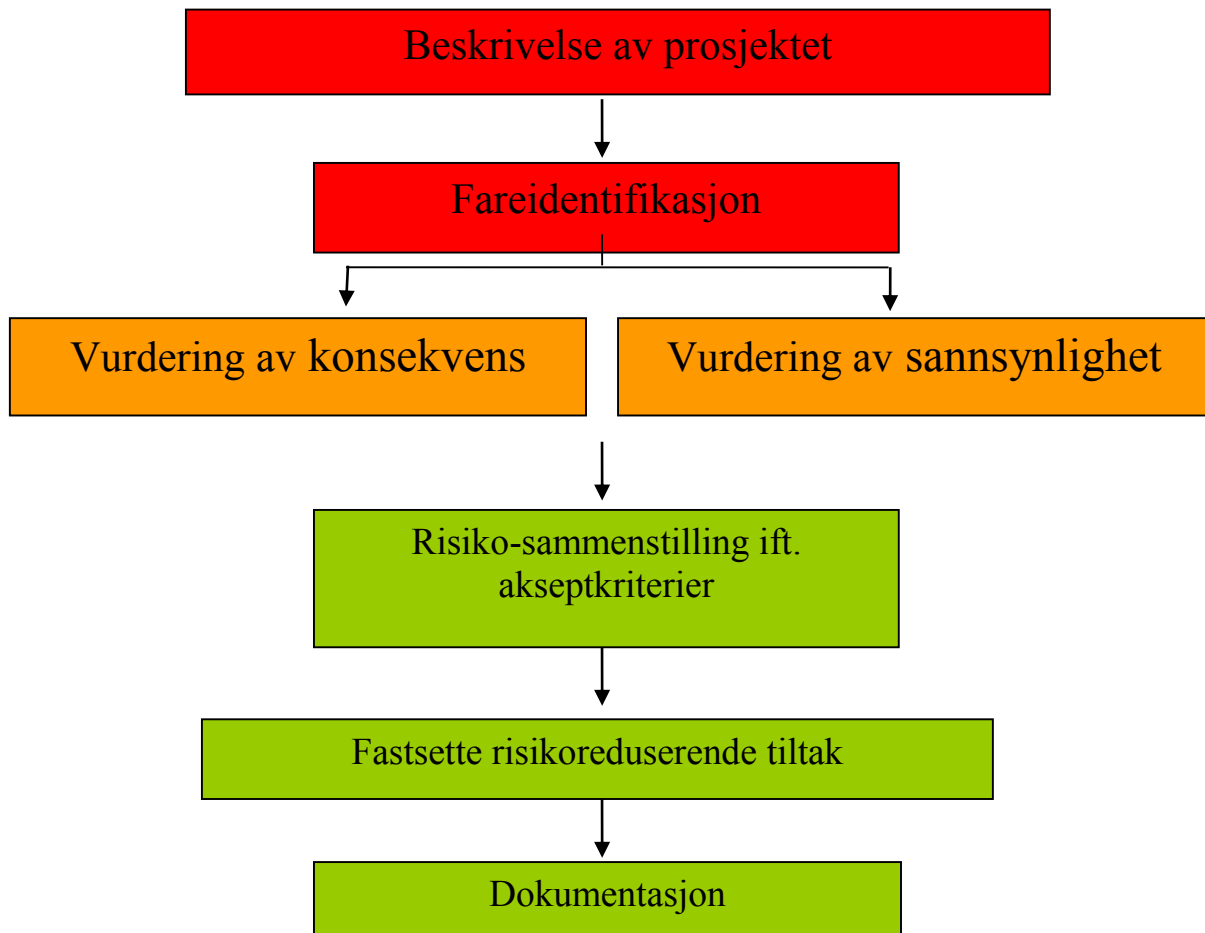
4.7 Kartlegging av farer – Risikovurdering

En risikovurdering skal gjennomføres som en kartlegging av farer ved ulike aktiviteter med fokus på

- konsekvens hvis noe galt skulle skje
- sannsynlighet for at noe galt skal skje

Risikofylte arbeidsoperasjoner skal identifiseres og beskrives ved kartlegging av farer.

En risikovurdering kan skjematisk fremstilles som i figuren nedenfor. Hele systematikken som figuren beskriver, kalles risikovurdering i henhold til standarden. Gjennomføring av de tre første trinnene (røde og gule bokser) utgjør en risikoanalyse. Dette innebærer at en risikoanalyse er mindre omfattende enn en risikovurdering. Denne systematikken ligger til grunn for *NS 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid /20/*.



Figur 4.8 Trinnene i en risikovurdering, jf. NS 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid

Etter at kartlegging av farer er utført, skal det vurderes om risikoen er akseptabel. Dette bør forankres i en risikomatrise med graderte tiltaksgrenser.

Statens vegvesen som byggherre utarbeider en overordnet risikovurdering og påpeker de mest sentrale risikofaktorene i kontraktsarbeidet, basert på tilgjengelig informasjon og erfaring. Byggherrens risikovurdering inngår i SHA-planen som ligger som vedlegg til konkurransegrunnlaget.

Byggherrens risikovurdering er beheftet med usikkerhet siden den er utarbeidet lenge før kontraktsarbeidet skal utføres, og før man vet svaret på følgende spørsmål:

- Hvem skal utføre arbeidet?
- Hva slags utstyr og metoder skal benyttes?
- Hvilken erfaring har mannskapene som skal utføre arbeidet?

Entreprenøren skal sørge for at det finnes sikkerhetsprosedyrer for aktiviteter som medfører risiko, jfr. Arbeidsmiljøloven § 3-2 nr. 3. Der Statens vegvesen allerede har utarbeidet sikkerhetsprosedyrer (for eksempel i håndbøker), skal disse følges med mindre hovedbedriftens eller entreprenørens egne prosedyrer er strengere.

Entreprenøren har ansvar for å gjøre en risikovurdering i forhold til om planer, prosedyrer eller instruksjoner er gode nok for ulike drifts- og vedlikeholdsoppgaver. Har f. eks. alle entreprenørene gjennomført risikovurderinger i forhold til dimensjonene på brøyteutstyret for de aktuelle vegrutene? Er det utført Sikker-Jobb-Analyser (SJA) for brøyterodene? Har også vikarer deltatt på utarbeidelsen av SJA? Dette skal dokumenteres skriftlig. Alle som deltar ved utarbeidelsen av SJA skal skrive under på den. Det skal også vurderes om det er andre arbeidsoperasjoner som kan være risikofylte, og disse skal eventuelt meldes Statens vegvesen så snart som mulig, slik at SHA-planen kan oppdateres.

For at kravet til risikovurdering i byggherreforskriften skal være oppfylt, må byggherrens risikovurdering «kalibreres» mot entreprenørens selvstendige risikovurdering. Dette vil vanligvis skje i forbindelse med samhandlingen i forkant av kontraktsarbeidet. Detaljerte prosedyrer, arbeidsinstruksjoner og/eller SJA for risikofylte arbeidsoperasjoner blir en del av dokumentasjonen som byggherren har bestilt gjennom kravene i kontrakten.

For eksempel må rasfarlige områder angis med type ras (snø/is/jord) samt sted. Det bør også angis noe om rashyppighet, værforhold som øker rasfaren, hvilke rasforebyggende tiltak som allerede er gjort osv. basert på byggherrens viten og erfaring.

Prosedyrer og instruksjoner skal forelegges Statens vegvesen en uke før oppstart av de aktuelle arbeidsoppgavene. Prosedyrer og instruksjoner skal også være underskrevet av det stedlige verneombudet. SJA kan med fordel forelegges byggherren på et senere tidspunkt enn innen en uke før oppstart av arbeidet siden det er avgjørende at den utføres så tett opp til utførelse av arbeidet som mulig i tid. SJA skal utføres av de som skal gjøre jobben og signeres av de som har deltatt i utarbeidelsen. Komplette prosedyresamlinger for risikoutsatte arbeidsoperasjoner for den aktuelle kontrakten – ikke alle entreprenørens prosedyrer – skal oppbevares hos hovedbedrift (entreprenør) og hos HMS-koordinator og er en viktig del av dokumentasjonen i SHA-planen for kontrakten. Den enkelte virksomhet skal oppbevare alle aktuelle prosedyrer og instruksjoner, og gjennomgå og informere alle aktuelle arbeidstakere om hvordan de skal utføre disse arbeidsoppgavene på en sikker måte.

For drifts- og vedlikeholdsarbeid kan eksempelvis følgende forhold være spesielt risikofylte (listen er ikke uttømmende):

- Arbeid spesielt utsatt for vegtrafikk (f.eks. tungt trafikkert veg, høyt fartsnivå, uoversiktlig/ svingete veg)
- Arbeid langs rasutsatt strekning, eller fare for fallende gjenstander (f.eks. fjellrensk)
- Arbeid i tunnel
- Arbeid under eller ved høyspentledning
- Arbeid på verksted/riggområde
- Arbeid på bruer og kaier
- Arbeid med fare for drukning
- Manuell trafikkdirigering
- Utsetting, flytting og nedtaking av arbeidsvarsling
- Bevegelige arbeidsoperasjoner langs veg
- Bruk av kjemiske produkter
- Anvendelse av helse- og miljøfarlige stoffer og materialer
- Arbeidsprosesser med særlig risiko som nødvendigvis skal utføres i områder som samtidig skal være arbeids-, ferdsels- eller oppholdsområde for andre
- Andre arbeidsoperasjoner som kan være risikofylte - disse skal eventuelt meldes Statens vegvesen så snart som mulig
- Andre forhold som Statens vegvesen gjør oppmerksom på i overordnet risikovurdering eller i konkurransegrunnlaget

Punktene må vurderes separat for hver enkelt kontrakt. Bare de punktene som er aktuelle for den enkelte kontrakt tas med i kontrakten.

Risikovurderingene skal dokumenteres skriftlig. Det er ikke tilstrekkelig med en slik oppstilling. Statens vegvesen som byggherre må vurdere hvilke forhold som er relevante i den enkelte kontrakt. Byggherren er ansvarlig for at entreprenøren får tilstrekkelig informasjon til å kunne lage gode rutiner som sikrer arbeidstakerne.



Figur 4.9 Kantslåttn er eksempel på risikofylt arbeid som må vurderes ut fra stedlige forhold

(Fotograf: Knut Opeide, Statens vegvesen)

4.8 Hensyn til omgivelsene

Det skal tas hensyn til omgivelsene, slik at ikke naboer og berørte parter sjeneres unødige av støv, støy, rystelser, utslipp, avfall osv. Entreprenøren skal i samarbeid med Statens vegvesen bidra til løpende informasjon til berørte parter. Entreprenøren skal sette seg inn i støvforskriftene og om nødvendig kontakte ansvarlig kommunal myndighet (kommunelege eller lignende), dersom det er behov for å innhente dispensasjon fra bestemmelsene.

4.9 Kjemikalier

Det skal brukes kjemikalier som er så lite helse- og miljøskadelige som mulig. Det skal utarbeides en komplett oversikt med HMS-datablad og informasjonsark (stoffkartotek) over de kjemikalier som kan bli oppbevart eller brukt. Oversikten skal være ajourført og skal oppbevares i eget produktregister. HMS-datablad for de kjemikalier som er i bruk skal være tilgjengelig i papir på brukerstedet eller arbeidsstedet. Verneombudet skal ha et eget stoffkartotek for sitt ansvarsområde.



Figur 4.10 Kjemikalier skal merkes på denne måten fram til 1. juni 2015. Fra det tidspunkt tas nye merkesymboler i bruk i henhold til EUs CLP-forordning nr. 1272/2008 om klassifisering, merking og emballering av stoffer og stoffblandinger.

De nye merkesymbolene er vist i linken nedenfor:

<http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Kjemikalierregelverk/Klassifisering-og-merking/Faresymboler-og-farebetegnelser/>

Det skal utarbeides rutiner som sikrer korrekt håndtering av kjemikalier som skal benyttes, fra inntransport fra leverandør, mottak, håndtering og internt transport, lagring, uttak fra lager og bruk.

Andre kjemiske strømidler enn salt (natriumklorid) kan bare benyttes etter godkjenning av Statens vegvesen.

4.10 Avfallshåndtering/miljøplan/gjenbruk av materialer

Strøsand og snø som må fjernes fra vegnettet, og avfall som samles inn fra rasteplasser, buss-holdeplasser og lignende, skal klassifiseres i en av følgende klasser:

- **Rene, naturlige masser**
Rene, naturlige masser kan deponeres utenom deponi, men etter avtale med gjeldende kommune i samsvar med plan- og bygningsloven.

- **Vanlig avfall**
Avfall skal kildesorteres i henhold til mottakssystemet i kommunen, og når det er mulig skal det gjenvinnes eller gjenbrukes. I den grad avfallet ikke kan gjenvinnes eller gjenbrukes, må det gis forskriftsmessig sluttbehandling.
- **Farlig avfall**
Rutiner skal sikre at farlig avfall håndteres på korrekt måte. Det farlige avfallet skal deklarerer på skjema gitt av Miljødirektoratet, se Figur 4.11. Avfallet skal leveres til virksomhet som har tillatelse fra forurensningsmyndighetene til å ta imot eller samle inn farlig avfall. Kopi av deklarasjonsskjemaene skal oppbevares i minst 3 år som dokumentasjon på at avfallet er forskriftsmessig levert.

NORSAS AS
Norsk kompetansesenter for avfall og gjenvinning
Postboks 6412 Etterstad, 0605 Oslo
Telefon: 21 00 94 50

Vær nøyaktig når du fyller ut blanketten. Se retningslinjene på baksiden. Alle felter merket * skal fylles ut.

Deklarasjon av spesialavfall
Se Veiledning på baksiden av siste eksemplar, og lister på baksiden av 1. eksemplar.
DEKLARASJONSNR. 4 200989 008 1

A. Avfallsprodusent
*ORGANISASJONSNUMMER
NAVN
ADRESSE
POSTNUMMER POSTSTED
KONTAKTPERSON TELEFONNUMMER

B. Faktureringsadresse
(fylles ut hvis forskjellig fra A)
ORGANISASJONSNUMMER
NAVN (EVENTUELT AVFALLSLEVERANDØR)
ADRESSE
POSTNUMMER POSTSTED

*EAK-KODE *AVFALLSTOFFNR. Mengde kilo liter
Fysiske egenskaper ved 20 °C Pulver/Støv Fast Tyktflytende/Pasta Slam Flytende Gass
Fra hus-holdninger Ja Nei Inneholder halogener Ja Nei Inneholder tungmetaller Ja Nei Tåler frost Ja Nei
FLAMMEPUNKT °C AVFALLETS FARGE

Nærmere beskrivelse (MDG - proper shipping name) Transportklassifisering UN NUMMER
ADR ADR-KLASSE EMBALLASJEGR
RID
IMDG IMO-KLASSE MFAK NUMMER
EMS NUMMER
Ikke klassifiseringspliktig
*DAG MND ÅR *UNDERSKRIFT FRA AVFALLSBESITTER

ut av 1. ledd
Fyller aktør
*REG NR AKTØRENS NAVN *DAG MND ÅR *AKTØRENS UNDERSKRIFT
KOMMUNE HVA AVFALLET OPPSTO. FOR SKOP AVFALL FRA OFFSHORE FORES DET OPP KOMMUNE DER AVFALLET BLIR LANDFORT. *KOM NR

Kommentarer fra aktør
EAK-KODE AVFALLSTOFFNR. Mengde kilo liter
ANMERKNINGER/EVENTUELLE AVVIK MELLOM AVFALLET OG BESKRIVELSEN FRA PRODUSENTEN
REG NR AKTØRENS NAVN DAG MND ÅR UNDERSKRIFT

Øvrige aktører
REG NR DAG MND ÅR AKTØRENS NAVN
2. ledd
3. ledd
4. ledd
REF.TANKNR. DAG MND ÅR UNDERSKRIFT

Behandlingsanlegg
REG NR DAG MND ÅR
NAVN
UNDERSKRIFT

Design: BlankettStudio, Oslo. © Copyright Norsas '97 - Godkjent av Statens forurensningsloven

Figur 4.11 Skjema for deklarerer av farlig avfall

4.11 Sikring av arbeidsplassen

Det skal innarbeides rutiner som sikrer at det ikke skjer skader og ulykker på grunn av arbeider på eller langs veg. Det skal tas spesielt hensyn til barn, naboer og myke trafikanter ved utøvelse av kontraktsarbeidet.

Rengjøring av utstyr skal kun skje på en måte og på et sted som ikke utsetter trafikanter, naboer, arbeidere eller andre for fare eller er til sjenanse eller skade for omgivelsene.



Fotograf: Knut Opeide, Statens vegvesen

Figur 4.12 Det er viktig med god merking for å sikre mot skader

4.12 Arbeidstid

Statens vegvesen skal til enhver tid holdes orientert om de arbeidstidsordninger som benyttes. Dersom entreprenøren får dispensasjon/samtykke for endret/utvidet arbeidstid, skal kopi av dispensasjonen/samtykket sendes Statens vegvesen umiddelbart. Arbeidstidsordningen kan ikke tas i bruk før søknaden er innvilget og ordningen godkjent.

4.13 Avviksbehandling

For å forhindre ulykker er det viktig at den enkeltes ansvar i HMS-arbeidet er klarlagt. Brudd på gjeldende HMS-bestemmelser regnes som avvik og skal rapporteres og gjennomgås for å forhindre gjentatte avvik og uønskede hendelser.

Erfaringsoverføring er også et viktig HMS-tiltak. Dette sikrer at andre arbeidstakere innenfor samme bransje får kjennskap til hva som har skjedd, for på den måten å forhindre at en tilsvarende uønsket hendelse kan skje igjen.

Begrepet uønsket hendelse omfatter ulykker og nestenulykker, inklusive farlige forhold som rammer mennesker, materiell og miljø. Ved uønskede hendelser skal det minimum gis den informasjon som etterspørres i Vegvesenets skjema "Melding om uønsket hendelse/farlig forhold innen HMS". Meldingen skal sendes Statens vegvesen.

Årsaksanalyse og hvilke tiltak som skal gjøres, for å unngå gjentagelse av hendelsen, skal også oversendes.

Entreprenøren skal reagere på brudd på sikkerhetsbestemmelsene for egne arbeidstakere, engasjerte enkeltmannsforetak og innleide arbeidstakere. Brudd på verne- og sikkerhetsreglene

påtales på samme måte som for Statens vegvesens ansatte. Arbeidet kan stanses, dersom påpekte forhold ikke rettes opp.

Alle avtaler med underentreprenører skal inneholde likelydende bestemmelser om arbeidets utførelse, forhold på arbeidsstedet og rapportering til Statens vegvesen som beskrevet i kontrakten.

4.14 Dokumentasjon

Relevante dokumenter eller dokumentasjon som skal gjøres tilgjengelig for Statens vegvesen, enten ved kopi eller innsyn, fremgår av SHA-planen.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at dokumentasjon av lønn og arbeidstid for allmenngjorte områder følger av *Forskrift om informasjons- og påseplikt og innsynsrett /21/*. Kravene til dokumentasjon av lønns- og arbeidsvilkår er tilsvarende også for områder som ikke er allmenngjorte gjennom byggherrens kontraktsbestemmelse der det kreves at følgende skal fremlegges:

- Arbeidsavtale
- Timelister
- Lønnslipp

Det er tillitsvalgt hos hovedentreprenør som har innsynsrett i lønns- og arbeidsvilkår.

4.15 Rapportering av uønsket hendelse/yrkessykdom

Det skal utarbeides rutiner for varsling av skader, ulykker, brann og forurensing. Statens vegvesens egen varslingsplan skal inkluderes og være en del av denne beredskapsplanen.

Hovedbedriftens/hovedentreprenørens rapportering av arbeidsulykker/yrkessykdommer skal utover egen rapportering også inkludere underentreprenører, og skal utføres som beskrevet i kontrakten.

4.16 Føring av oversiktslister

Det skal føres daglige oversiktslister over arbeidstakere som befinner seg på bygge- eller anleggsplassen. Dette er en liste over alle som utfører arbeid på bygge- og anleggsplassen. Oversiktslisten skal føres og kontrolleres daglig og inneholde en del gitte opplysninger, jf. Byggherreforskriften § 15.

Oversiktslister skal føres på alle bygge- og anleggsplasser hvor det er to eller flere arbeidsgivere (virksomheter) til stede samtidig. Statens vegvesen stiller krav om at det alltid skal føres oversiktslister på drifts- og vedlikeholdskontrakter.

Kravet er innført som en av byggherrens plikter. Statens vegvesen bestiller oppgaven med føring av oversiktslister fra entreprenøren. For å gjøre det mest mulig enkelt å føre disse listene, har Statens vegvesen utviklet en modul i dataprogrammet ELRAPP (ELRAPP Oversiktslister).

Referanser

- /1/ Vegtrafikkloven av 18. juni 1965.
- /2/ Forskrift om krav til kjøretøy (før 1. januar 1996) og Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (kjøretøyforskriften) av 1. januar 1996.
- /3/ Arbeidstilsynet: Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven) av 17. juni 2005 nr. 62.
- /4/ Arbeidstilsynet: Forskrift om maskiner. Forskrift 522. Oslo august 1994.
- /5/ Arbeidstilsynet: Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (internkontrollforskriften). Forskrift nr. 1127 av 6. desember 1996.
- /6/ Arbeidstilsynet: Forskrift om identitetskort (id-kort) på bygge- og anleggsplasser. Forskrift nr. 366 av 30. mars 2007.
- /7/ Arbeidstilsynet: Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- og anleggsplasser (byggherreforskriften). Forskrift nr. 1028 av 3. august 2009.
- /8/ Arbeidstilsynet: Forskrift om organisering, ledelse og medvirkning. Forskrift nr. 1355 av 6. desember 2011.
- /9/ Arbeidstilsynet: Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav (forskrift om utførelse av arbeid). Forskrift nr. 1357 av 6. desember 2011.
- /10/ Forskrift om offentlige anskaffelser av 15. juni 2001 (Nærings- og handelsdepartementet).
- /11/ NS 3430 Alminnelige kontraktsbestemmelser om utførelse av bygg- og anleggsarbeider. 2. utgave 1994.
- /12/ Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) av 13. mars 1981.
- /13/ Statens forurensningstilsyn: Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften). FOR 2004-06-01. Oslo 2004. Se spesielt kap. 11 Farlig avfall.
- /14/ Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven) av 14. juni 2002.
- /15/ Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap: Forskrift om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff (eksplosivforskriften) Nr 922. Oslo juni 2002.
- /16/ Forskrift om bruk av kjøretøy av 25. januar 1990 med vedlegg (Veglistene).
- /17/ Statens vegvesen, Vegdirektoratet: Håndbok R760 Styring av vegprosjekter. Oslo 2012.
- /18/ Statens vegvesen, Vegdirektoratet: Håndbok R763 Konkurransgrunnlag. Oslo 2014.
- /19/ Statens vegvesen, Vegdirektoratet: Håndbok N301. Arbeid på og ved veg. Oslo 2012.
- /20/ NS 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid. 2006.
- /21/ Forskrift om informasjons- og påseplikt og innsynsrett av 14. mars 2008.

Kapittel 5 Ytre Miljø

Jørn Ingar Arntsen, Statens vegvesen

5.1	Innledning	56
5.2	Samfunnets forventninger	57
5.3	Systematisk miljøarbeid	59
5.4	Hvilke miljøhensyn må tas i driftskontrakter?	60
5.4.1	Støy	61
5.4.2	Luftforurensning	62
5.4.3	Naturmiljø, inkludert vegetasjon og dyreliv	62
5.4.4	Landskapsbilde/bybilde	66
5.4.5	Vannforurensning og jordforurensning	67
5.4.6	Nærmiljø og friluftsliv	68
5.4.7	Kulturminner og kulturmiljø	69
5.4.8	Energiforbruk	71
5.4.9	Materialvalg og avfallshåndtering	71

5 Ytre miljø

Grunnen til at begrepet *ytre miljø* brukes er at man gjerne ønsker å skille mellom miljøhensyn som tas for omgivelsenes skyld (ytre miljø) og miljøhensyn som tas internt i et prosjekt (relatert til sikkerhet, arbeidernes helse osv., jfr. kapittel 4 HMS).

5.1 Innledning

Helt siden 900-tallet har det offentlige stilt krav om at veger skal vedlikeholdes slik at fremkommeligheten sikres (Gulatings- og Frostatingsloven). I Magnus Lagabøters landslov fra 1274 slås det fast at vegen skal være fremkommelig både sommer og vinter. Vedlikeholdet skulle utføres tre ganger i året, om våren når telen var gått, midtsommer før slåttonna, og om høsten når avlingen var i hus. Det var grunneierne (i praksis bønder og leilendinger) som hadde plikt til å vedlikeholde vegene.

I Christian den IV's lov fra 1604 er det fortsatt bøndene som har ansvaret for å vedlikeholde vegene. Arbeidet med vedlikeholdet ble mer tyngende etter som kongen krevde at vegene skulle utbedres til kjøreveger. I denne loven finner vi kanskje forløperen til dagens Håndbok R610, når det slås fast at fogder, sorenskrivere og bondelensmenn skulle vise bøndene hvordan vedlikeholdsarbeidet skulle gjøres.

Det som er nytt etter at massebilismen vokste fram er at både vegbyggeren, vegbrukerne og de som drifter vegene nå må gjøre tiltak for å ikke bare fremme sikkerhet og fremkommelighet, men også opprettholde en god miljøtilstand langs vegene.

Vegdriften påvirker mange forskjellige miljøforhold som vi kommer inn på etter hvert i dette kapitlet, for eksempel:

- Naturmiljø, dyreliv, vegetasjon
- Forurensning av jord, vann og luft
- Støy
- Landskap og arkitektur
- Nærmiljø
- Kulturmiljø

I de gamle lovene var det kongens forventninger til vegstandard som skulle innfris. I dagens samfunn er det regjeringen, stortinget, fylkestinget eller kommunen som bestemmer standarden, avhengig av hvem som eier vegen. For eksempel står det mye om miljøforventninger i stortingsmeldingen om nasjonal transportplan som kommer hvert fjerde år. I det årlige statsbudsjettet bevilges penger til de statlige vegene og i Samferdselsdepartementets årlige tildelingsbrev til Statens vegvesen presiseres hva regjeringen legger særlig vekt på. Nasjonens forventninger vises også gjennom lovene og forskriftene stortinget vedtar. I tillegg kommer innspill fra brukerne av vegen og vegens naboer (f.eks. huseiere langs vegen), næringsinteresser som kan påvirkes av vegen, interesseorganisasjoner (miljøvernorganisasjoner, lokale velforeninger m. fl.), presse etc.

Det bærende prinsippet i miljøarbeidet til alle regjeringer siden midten av 1990-tallet har vært at:

Alle sektorer i samfunnet har en selvstendig plikt til å ta miljøhensyn innenfor sine ansvarsområder.

Dette innebærer at alle som representerer vegsektoren skal:

- Legge miljøhensyn til grunn for sin virksomhet
- Ha oversikt over miljøtilstanden langs vegnettet
- På eget initiativ gjøre tiltak for å bedre miljøtilstanden
- Rapportere hva som gjøres og hvordan tilstanden er

Så selv om mange av forventningene fra samfunnet rundt oss oppsummeres i lover og politiske dokumenter, er vegsektoren forpliktet til å tenke selv og på eget initiativ gjøre de nødvendige tingene for å oppnå god miljøstandard.

5.2 Samfunnets forventninger

Samfunnets krav til miljøvennlig drift av vegnettet har blitt mye sterkere i løpet av de siste tiårene. Lover og forskrifter er skjerpet, vegeier og vegdrifter (entreprenør) har fått større selvstendig miljøansvar, og naboer og interesseorganisasjoner har fått tydeligere rettigheter.

I tillegg slår § 6 i *Lov om offentlige anskaffelser* fast at det offentlige ved alle innkjøp skal vurdere innkjøpets livssyklus-kostnader, hensynet til universell utforming og miljø.

Det er viktig at byggherren og entreprenørens byggeleder kjenner lover og forskrifter og forstår hvilke forventninger samfunnet har.

Her kommer en kort framstilling av noen lover og forskrifter som har innvirkning på hvordan vegdriften skal gjennomføres. Disse lovene er sidestilte, slik at den ene ikke overprøver den andre:

Naturmangfoldloven

Loven skal sikre bærekraftig bruk av naturen. Det er forbudt å utrydde eller bidra til utryddelse av vernede plante- og dyrearter, enten det skjer gjennom utslipp av kjemikalier, feil kantklipp eller andre tiltak som gjøres i de vernede plante- og dyreartenes leveområde. Det er forbudt å spre skadelige og/eller fremmede planter og dyr til nye områder. Loven sier blant annet at man skal ha godt kunnskapsgrunnlag før man iverksetter noe som har potensiale for å skade naturen, at føre-var-prinsippet skal følges der kunnskapen er mangelfull, og at miljøforsvarlige teknikker og driftsmetoder skal legges til grunn ved utøving av offentlig myndighet.

Forurensningsforskriften (støy, luft, vann, avløp/påslipp)

Det er forbudt å forurense omgivelsene slik at det har vesentlig betydning på menneskers helse og trivsel, eller på naturområder på land eller i vann. Det er fastsatt grenseverdier for støy og luftkvalitet. Miljømyndighetene kan stille krav til kvalitet på vannet som tilføres kommunalt overvannsnett.

Vannforskriften

Der hvor det er gjort fysiske inngrep i en vannforekomst eller den er forurenset av en eller flere aktører, skal alle som påvirker vannet samarbeide om å gjenopprette naturlig tilstand i vannforekomsten der det er praktisk og økonomisk mulig. Der hvor miljøtilstanden er god skal alle aktører bidra til å opprettholde tilstanden.

Drikkevannsforskriften

Det er forbudt å forurense vannforsyningssystem. For noen typer forurensende stoffer er det satt grenseverdier som gjelder for vannforsyningssystemer som forsyner mer enn 50 personer. Opprettholdelse av god kvalitet på vannet er vannverkseierens ansvar. Mattilsynet kan legge restriksjoner på aktiviteten i forskjellige avstander fra vanninntaket.

Naboloven

Man skal ikke påføre vegens naboer ulemper utover det man kan forvente når man bor ved en veg. Det kan kreves kompensasjon hvis slike ulemper fører til økonomisk tap (f. eks. støy eller forurensning av private drikkevannsbrønner som gjør eiendommen mindre verd ved salg).

Avfallsforskriften (kap. 9 vedlegg II)

Det er forbudt å håndtere avfall på en måte som utgjør fare for miljøet gjennom spredning til jord, luft eller vann. Alt avfall skal samles inn og deponeres, og avfallsproduzenten skal beskrive hva avfallet inneholder. Det gjelder spesielle regler for deponering av farlig avfall.

Produktkontroll-loven

Det er forbudt å bruke mer miljøskadelige kjemikalier enn nødvendig (hvis det finnes brukbare miljøvennlige alternativer skal de brukes).

Kommunehelsetjenestelovens kapittel om miljørettet helsevern og lokale støyforskrifter

Det er noen steder laget lokale forskrifter som regulerer støyen i bebygde områder.

Dersom det gjøres noe som kan ha akutt påvirkning på liv og helse kan kommunelegen beordre retting eller stansing av aktiviteten.

Plan- og bygningsloven

Ved planlegging av et veganlegg kan det gjøres bestemmelser i tidlige planfaser (før vegen bygges) som har konsekvenser for hvordan vegen kan driftes. Hvis slike bestemmelser er vedtatt i en reguleringsplan kalles de reguleringsbestemmelser og er juridisk bindende.

Kulturminneloven med forskrifter om fredning av veganlegg, bygninger og bruer

Det er forbudt å skade kulturminner som er fredet. Dette kan gjelde bruer, bygninger langs vegen, stabbesteiner, vegdekketype og andre objekter som er fredet på grunn av sin veghistoriske verdi, eller objekter som ligger langs vegen som er fredet av andre historiske hensyn.

Denne opplistingen er på ingen måte fullstendig og det er ikke en juridisk korrekt fremstilling, men det gir en viss ide om hva lovene og forskriftene handler om.

5.3 Systematisk miljøarbeid

Fordi temaet ”Miljø” spenner over veldig mange fagfelt og reguleres i mange lover og forskrifter, er det nødvendig å jobbe systematisk med oppfyllelsen av samfunnets krav. De overordnede krav til miljøhensyn i drift og vedlikeholdsarbeidet er at man:

1. Sikrer at lover og forskrifter overholdes
2. Sikrer at andre forventninger til miljøstandard oppfylles
3. Bruker ressursene (mennesker, materiell og penger) mest mulig effektivt

For å sikre at man gjør drift og vedlikehold av vegen riktig er det blitt mer og mer vanlig å bruke miljøstyringssystemer. Miljøstyringssystemene kan være sertifiserbare, slik som ISO 14001, EMAS og lignende, eller de kan være mindre systemer som er laget for enkeltbedrifter med bakgrunn i Internkontroll-forskriften.

Kort fortalt innebærer et miljøstyringssystem (eller kvalitetssikringssystem) disse aktivitetene:

1. Fortell hva du skal gjøre (beskriv målene eller miljøkravene og de tiltakene som er nødvendig)
2. Gjør det
3. Bevis at du har gjort det
4. Lær av dine feil og gjør det bedre neste gang

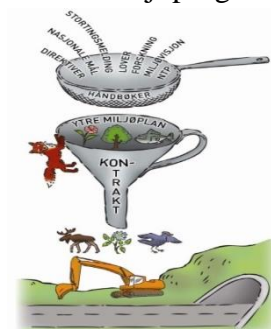
Statens vegvesen har flere håndbøker som forteller om hvordan miljøkvaliteter langs vegen kan sikres. De mest sentrale i vegdriften er:

- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger
- Håndbok R760 Styring av vegprosjekter (med veileder om ytre miljø-planer (YM-planer))

Håndbok R610 gir beskrivelser knyttet til saltbruk, vedlikehold av støyskjermer, fjerning av tagging, vedlikehold av grøntanlegg, vask av tunneler, feiing av vegnettet, bruk av sprøytemidler og mye annet som har miljøkonsekvenser.

Håndbok R760 stiller krav om at alle prosjekter, herunder driftsprosjekter, skal utarbeide en Ytre Miljøplan (YM-plan). Håndboken sier videre at prosjekter med komplekse miljøforhold kan ha en egen Ytre Miljø-koordinator og at ytre miljø skal være tema på alle byggemøter. I praksis kan Håndbok R760 med Ytre miljø-plan ses på som et enkelt miljøstyringssystem. En Ytre miljø-plan tilfredsstiller kravene i NS3466:2009 om miljøprogram og miljøoppfølgingsplan.

Figur 5.1 En god kontrakt er nøkkelen til et godt miljø. Statens vegvesens håndbøker og Ytre miljø-planen er gode føringer og hjelpemidler som sikrer at de riktige miljøhensynene blir beskrevet i kontrakten.



Overordnede føringer i lover, stortingsmeldinger og lignende er ofte formulert på en måte som ikke egner seg i kontrakter. YM-planen hjelper til med å få oversikt over miljøkravene i kontrakts-området, samtidig som den hjelper til med å finne tiltak og beskrive tiltakene på en måte som fungerer i en driftskontrakt. Det er viktig at både byggherre og entreprenør forstår hva som skal gjøres og at dette er formulert på en måte som sikrer gjennomføring og som går an å prissette på en presis måte.

Ytre miljøplanen er oppbygd slik:

- Oversikt over kontrakten, inkludert oppsummering av miljømål (kapittel 1 om prosjektet/kontrakten)
- Hvem gjør hva? (kapittel 2 om organisering)
- Hvilke miljøkrav er satt? (kapittel 3 om miljømål)
- Hvor farlig er aktiviteten for miljøet? (kapittel 4 om risikovurdering)
- Hva skal gjøres for å unngå miljøskader? (kapittel 5 om tiltak)
- Når skal det gjøres? (kapittel 6 om tids- og fremdriftsplan)
- Hvilken beredskap har du? (kapittel 7 om forhold på anleggs-/kontraktsområdet)
- Hvordan håndterer du avvik? (kapittel 8 avviksbehandling)
- Hvordan beviser du hva du har gjort? (kapittel 9 dokumentasjon)

Ytre miljøplanen er foreløpig (i 2014) byggherrens dokument som hjelper ham å skrive et godt konkurransegrunnlag, men på litt sikt kan den bli et vedlegg til konkurransegrunnlaget på samme måte som SHA-planen (se også kapittel 4 HMS).

5.4 Hvilke miljøhensyn må tas i driftskontrakter?

Vi kan dele miljøhensynene inn i fire hovedpunkter:

1. Beskytte helse (støy, forurensning, trivsel)
2. Beskytte naturmiljøet inkludert dyr og planter (forurensning, vandringsveger, skjøtsel)
3. Beskytte kulturminner/kulturmiljøer (skader og reparasjoner som endrer verdien)
4. Ivareta estetiske hensyn (riktig skjøtsel og reparasjoner)

I de følgende avsnittene beskriver vi hovedproblemstillingene ved de forskjellige miljøtemaene, og gir noen eksempler på noen momenter som må vurderes før man inngår en driftskontrakt.

5.4.1 Støy

Hovedproblemstilling:

Støy kan gi søvnforstyrrelser og andre helseplager (stress, høyt blodtrykk, nervøse lidelser etc.) og vurderes i forhold til støyfølsom bebyggelse langs vegen, for eksempel boliger, sykehus, barnehager, skoler og lignende.

Hva skal du tenke på?

- Enkeltepisoder med støy og skramling om natta ødelegger søvnen.
- Støyskjermer fungerer bare når de er tette. De må være tette helt ned til bakken og sprekker i skjermen (for eksempel vridde planker) må tettes.
- Skjermene må males/vedlikeholdes for å holde dem pene og for å beskytte mot råte og forfall.
- Det stilles krav til hvor raskt skader på skjermene skal utbedres.
- Rumlefelt, skjøter og slag hull i vegen kan gi mye støy når kjøretøy (spesielt tunge) kjører over dem. Det stilles krav til hvor raskt hull skal repareres. Rumlefelt må lages slik at de forstyrrer vegens naboer minst mulig.
- Brøyting og brøyteutstyr:
 - Vi brøyter når det snør, men kan vi velge mer støysvakt utstyr for ikke å forstyrre nattesøvnen mer enn nødvendig?
 - Kan vi fjerne så mye snø som mulig fra boligområder på dagtid?
- Kan vi bruke støysvak asfalt?



Figur 5.2 Støyskjermer skal være tette. Effekten av en støyskerm med slike sprekker er sterkt redusert og dermed kan det hende at skjermen ikke oppfyller støyregeverkets krav. (Foto: Statens vegvesen)

5.4.2 Luftforurensning

Hovedproblemstilling:

Frisk luft er en avgjørende helsefaktor for alle. Luftforurensning irriterer luftveiene og kan forverre sykdommer som astma, kols og hjertesykdommer. I tillegg kan stoffer i forurensningen være kreftfremkallende. Det sistnevnte gjelder først og fremst avgasser fra bilene og er dermed noe man ikke får gjort veldig mye med i en driftskontrakt. I driftskontrakter er det først og fremst slitasjepartikler i byer og tettsteder man må være oppmerksom på. Slitasjepartikler fra asfalt og strømidler kan være skarpe og sette seg fast i lunger og luftveier og bidra til betennelser, astmaanfall, forverre hjertelidelser m.m.

Hva skal du tenke på?

- Luftforurensninger skal måles (drift av målestasjoner er sjelden tema i ordinære driftskontrakter, men nevnes her likevel).
- Hvordan redusere forurensningen?
 - Velg riktig strømiddel – knust steinmateriale bør være hardt og bør vaskes før det spres i byer med støvproblemer. Natursand og svake kalkrike bergarter gir ofte mye støv når de blir knust/slitt av bildekkene.
 - Velg riktig feiemetode. Finstøvet skal samles opp, ikke spres.
 - Støvproblemet kan reduseres ved nedsatt hastighet på vegnettet.
 - Støvproblemet kan reduseres ved støvdemping, for eksempel med magnesiumklorid-løsning som fukter vegen og binder støvet før feiing.
 - Støvtiltakene iverksettes for å redusere innbyggernes helseplager, og må ha et stort nok omfang til å kunne redusere forurensningen der folk bor og oppholder seg.

5.4.3 Naturmiljø, inkludert vegetasjon og dyreliv

Hovedproblemstilling:

Viltet vandrer på tvers av vegen. Veger kan være barrierer som stenger for viltet. Dyrene må hjelpes fram til sikre krysningspunkter. Kulverter kan stenge for fisk og andre vannlevende organismer. Vegetasjonen langs vegene ("Norges lengste hage") er variert og har ulik verdi. Noen steder finnes arter som er sjeldne og som derfor er vernet etter Naturmangfoldloven. Andre steder er det arter som er fremmede i norsk natur og som kan spre seg ukontrollert og ødelegge store naturverdier. Vegetasjonen langs vegene kan skades av saltbruk og den kan skades av feil opplegg og rutiner for kantklipp.

Hva skal du tenke på?

- Viltoverganger og viltunderganger skal vedlikeholdes slik at viltet både vil og tør å bruke dem. Viltunderganger skal ikke brukes til lagringsplass for materiell og utstyr, eller tørkeplass for ved e.l.

- Viltgjerdet må vedlikeholdes slik at store dyr ikke klarer å rive dem ned og slik at små dyr ikke klarer å smyge seg igjennom.
- Der det ikke er viltgjerdet må det opprettholdes trygge kryssinger over vegene ved å rydde vegetasjon eller tilrettelegge vegetasjonen slik at viltet foretrekker å krysse på ett sted. Dette stedet merkes med skilt. I tillegg kan det lages siktsoner i områder der det er mye vilt slik at bilisten ser dyret før det er i ute i vegene.
- Kulverter som leder bekker under vegene må holdes ryddige og åpne slik at de ikke hindrer fiskevandring. Der det er laget kunstig bunn for å hjelpe fisken å svømme mot strømmen, må denne vedlikeholdes.
- Fisk søker ofte til skygge under vegetasjon ved elvebredden, og røtter, kvister og greiner som står/faller ned i vannet kan tjene som skjul og beskyttelse. Vegetasjonen kan også forsyne småfisk med mat, for eksempel insekter som faller ned. Dette må man tenke på før man foretar vegetasjonsrydding der vegene og elvebredden ligger tett.
- Man må unngå at driftsaktiviteter bidrar til å spre parasitter og sykdommer, f.eks. krepsepest og *Gyrodactylus salaris*. Vann fra et infisert vassdrag må ikke brukes i vedlikeholdsarbeidet langs et friskt vassdrag. Hvis utstyr flyttes fra et infisert vassdrag til et friskt vassdrag må man sikre at utstyret ikke sprer parasitter og sykdommer ved rens eller ved at det står i "karantene" lenge nok til at alle organismer er døde før det flyttes.



Figur 5.3 Viltgjerdet er i ferd med å brytes ned, sannsynligvis på grunn av en kombinasjon av mye snø og dårlig fundament. Dette kan på sikt gjøre det lettere for store dyr å forville seg inn på vegene. (Foto: Statens vegvesen)

- Amfibieunderganger må holdes fri for rusk og rask slik at amfibiene kommer gjennom. Ledegjerdene ned mot amfibieundergangen må også gjøre det lett for amfibiene å vandre i riktig retning. Ledegjerdene må ikke fylles så mye med blader og jord at frosker og padder kan hoppe over gjerdet.
- For å opprettholde villreinvandring over fjellviddene må man noen steder fjerne brøytekantene slik at dyra får muligheter til å krysse, samt muligheter for å komme seg vekk hvis de har kommet ned på vegen. Dette tiltaket har altså to funksjoner; sikkerhet og miljø.



Figur 5.4 Skadet kulvert som kan hindre fiskevandring. (Foto: Statens vegvesen)



Figur 5.5 Høye brøytekanter kan være et problem for viltet som skal krysse vegen. Viltet vil bruke lenger tid på å krysse vegen og brøytekanterne kan dermed øke faren for viltpåkjørrel. (Foto: Statens vegvesen)

- Saltskader på vegetasjonen er et problem som øker i takt med mengdene salt som brukes. Saltskadene kan opptre i to former; ”sviskader” etter salt som har sprutet fra vegen og lagt seg på knopper og blader på den siden av planten som vender mot vegen, eller skader som fordeler seg jevnt over hele planten som følge av at vannet røttene står i er salt. Skader er vanligvis begrenset til de nærmeste 10 – 20 meterne fra vegen, men i sjeldne tilfeller er det registrert saltskader opptil 250 meter fra saltede motorveger.
- Fremmede arter spres i norsk natur. Det er laget handlingsplaner for bekjempelse av slike arter. Bekjempelse er vanskelig, skal det bli effektivt må det gjøres samtidig av alle aktører i et område hvor bestander har slått rot. Dette krever koordinering av kommuner, industri, landbruk, vegeiere m. fl.
Noen arter er det bestemt skal bekjempes, andre skal man bare begrense videre spredning av. Det er viktig å være klar over at bekjempelsen må tilpasses hver enkelt art.
Noen arter er slik at hver enkelt plantedel kan bli til en ny plante. Tenk på hvor mange nye planter man kan få hvis man klipper slike planter med mekaniske klippere, og tenk på hvor lett det er å spre dem til nye områder når man flytter en klipper som har planterester på seg! Slike arter må bekjempes med gift.
Noen andre arter bekjempes best med klipping før de setter frø. Hvis en plante klippes hvert år før den rekker å spre frøene vil bestanden dø ut etter noen år. Planlegging av klipperuter og klippetidspunkt er derfor viktig. Noen arter må klippes flere ganger i løpet av sommersesongen/høsten.



*Figur 5.6 Busken midt i bildet er parkslirekne, en art som skal bekjempes. Plantedeler kan bli til nye planter. Bruk av vanlig klippeutstyr kan dermed forverre problemet, her må det brukes sprøytemidler. Men hva gjør du hvis vannet i bakgrunnen er et drikkevann? Kan du fortsatt bruke sprøytemidler, eller må hele forekomsten graves opp og deponeres forsvarlig?
(Foto: Astrid Brekke Skrindo, Statens vegvesen)*

- Tidspunkt for kantslått er viktig. Det er viktig å klippe før frøspredningen for å begrense spredning av fremmede og uønskede arter. På samme måte er det viktig å klippe etter frøspredningen for å hjelpe de artene man ønsker å bevare. I Norge er det en ”svarteliste” over fremmede uønskede arter som man bør begrense, og en ”rødliste” over truede arter som skal vernes.
- Sprøytemidler skal brukes så lite som mulig. Sprøytemidler kan brukes til bekjempelse av fremmede arter der det ikke er nok med klipping, og der det er vanskelig å komme til med mekanisk utstyr, for eksempel i fjellskjæringer, under lave rekkverk og annet vegutstyr. Ugrasmidler kan brukes i den første tiden etter planting av et nytt grøntanlegg, inntil plantene har etablert seg skikkelig.

Se for øvrig kapittel 15 Grøntarealer.



Figur 5.7 Norges lengste hage trenger riktig stell. (Foto: Astrid Brekke Skrindo, Statens vegvesen)

5.4.4 Landskapsbilde/bybilde

Hovedproblemstilling:

Temaet landskapsbilde/bybilde handler om de visuelle kvalitetene i omgivelsene. Landskapsbilde omfatter omgivelsene, fra det tette bylandskapet til det uberørte naturlandskapet. I byområder kan det være aktuelt å bruke begrepet bybilde istedenfor landskapsbilde.

Det er et mål å utforme veganleggene slik at vegen og konstruksjonene er tilpasset stedet og landskapets karakter. God arkitektonisk kvalitet er kjennetegnet ved en bevisst utforming der funksjon og form er forent. Mange steder er det lagt mye arbeid og penger i å gjøre vegen og vegens omgivelser pene. Dette har betydning både for bilisten og vegens naboer. God estetisk kvalitet omfatter også detaljene der varige materialer og formgivning er sentralt.

Valg av vegetasjon i by- og tettstedsgater krever god planlegging og kunnskap. Det er viktig å planlegge anlegg som er robuste og varige. Grøntanleggene utvikles over tid og skjøtsel skal utføres i tråd med intensjonen for anlegget. I naturområder bør naturlig vegetasjon tilstrebes ved f.eks. at metoden naturlig revegetering benyttes.

Viktige prinsipper er:

- Vegetasjonen skal være tilpasset landskap og omgivelser
- Eksisterende vegetasjon bør bevares
- I by og tettsted bør parkmessig vegetasjon tilstrebes
- I naturområder bør naturlig vegetasjon tilstrebes
- Spredning av fremmede arter bør unngås

Hva skal du tenke på?

- Oppretthold grøntanleggene slik at deres planlagte form og utseende bevares
- Vurder om enkle tiltak som vegetasjonsryddig og tynning kan forbedre situasjonen
- Viderefør intensjonen for utforming av anlegget
- Velg solide løsninger og materialer ved reparasjon av anlegget
- Nye elementer skal være tilpasset de eksisterende
- Små detaljer er viktige for helheten
- Kontakt faglig kompetanse dersom noe skal endres

5.4.5 Vannforurensning og jordforurensning

Hovedproblemstillinger:

Avrenning fra vegen inneholder salt, metaller og andre potensielt skadelige stoffer. Om vinteren brukes det salt på om lag 9000 kilometer statlig og fylkeskommunal veg og det totale forbruket er på om lag 200.000 tonn. Saltet kan påvirke innsjøer, grunnvann, drikkevann, jordstruktur samt dyr og organismer i vann og jord. Også kjemikalier brukt til vask, maling etc. kan renne av vegen og ut i sårbare miljøer.

Miljøkonsekvensene kan reduseres ved å redusere saltbruken, redusere kjemikaliebruken og å drifte sandfang og rensebasseng slik at de fungerer mest mulig effektivt.

Hva skal du tenke på?

- Noen innsjøer og grunnvannsforekomster har høye saltkonsentrasjoner forårsaket av vegsalt. Vegsalt kan føre til sjiktdannelse i innsjøer, fordi det salte, tunge vannet synker og legger seg som et stabilt bunnlag. Dette kan føre til at innsjøen ikke sirkulerer som normalt vår og høst, og bunnen får ikke tilført frisk, oksygenrikt vann. Vegsalt kan også føre til skade på biologiske samfunn og enkeltorganismer.

- Salt kan påvirke drikkevannsbrønner. Private drikkevannsbrønner har varierende grad av beskyttelse mot inntrengning av overvann fra veger og grøfter. De høyeste konsentrasjonene av salt i brønnen kommer ikke alltid i saltsesongen, hvis saltet beveger seg med grunnvannet kan de høyeste konsentrasjonene i brønnen opptre om våren, midt på sommeren eller til og med tidlig på høsten. Statens vegvesen har prosedyrer for hvordan erstatningssaker ved vegsalt i drikkevannet skal håndteres.
- Noen større vannverk forsynes av vann fra innsjøer eller grunnvannskilder nær vegen. Her er det viktig å holde oversikt over situasjonen. Å forurense store vannverk slik at grenseverdiene i drikkevannsforskriften brytes er ikke akseptabelt, og det kan være forferdelig dyrt for samfunnet å bytte vannkilde. Ved noen vannverk er det laget løsninger for å redusere saltinntrengningen, f.eks. kantstein og dreneringssystem som samler vann og leder det forbi vannkilden, tette membraner i grøftene e.l. Membraner kan punkteres ved reparasjoner på vegutstyr (lamper, rekkverk) eller ved oppryddinger etter ulykker, det er viktig at driftskontrakten er tydelig på hva som kan gjøres og ikke gjøres i slike områder.
- Avrenning fra veger inneholder metaller og miljøgifter. Der hvor det finnes renseløsninger (rensebassenger, rensegrøfter) for fanging av partikler må disse tømmes til rett tid. Hvis renseløsningen har ventiler må de stå i riktig posisjon. Vegetasjonen må fjernes der det ikke skal være vegetasjon, og opprettholdes der hvor vegetasjonen er en del av renseløsningen.
- Ved tunnelvask i tunneler med rensedbasseng må man sikre at vaskevannet samles opp i bassengene og at det blir stående der lenge nok til at såpen brytes ned og både de tunge og lette partiklene synker ned til bunnen av bassenget. Sandfang og rensedbasseng må tømmes regelmessig, og der hvor det er fare for at slammet kan være sterkt forurenset må det deponeres på rett måte og på rett sted (spesialavfallsmottak).
- Massene som graves bort ved grøfterensk og sandfangtømming er som regel ikke veldig forurenset, men ved høytrafikkerte veger kan innholdet av tungmetaller og miljøgifter overstige de lovlige grensene for vanlig deponering.
- Vær forsiktig med kjemikaliebruken til vask og vedlikehold, bruk små mengder og unngå søl og uhellsslipp. Velg det mest miljøvennlige middelet dersom det er fare for spredning til naturen.

5.4.6 Nærmiljø og friluftsliv

Hovedproblemstillinger:

Nærmiljø og friluftsliv er temaer som er viktige for vegens naboer. Fysisk aktivitet er en viktig helsefaktor, nærmiljøet bør være tilrettelagt slik at folk kan bevege seg ute uavhengig av vær og føreforhold. For eksempel vil brøyting og strøing av fortau gjøre at flere er i bevegelse også om vinteren. Det er vedtatt i Nasjonal transportplan for 2014-2023 (Meld. St. 26 (2012-2013)) at veksten i persontransport i de store byene skal tas ved kollektivtransport, gange og sykling. Dette stiller store krav til drift av gang/sykkelveger, fortau og holdeplasser.

Hva skal du tenke på?

- Hvordan man brøyter og hvor snøen legges har betydning for fremkommeligheten langs og på tvers av vegene. Det kan også ha stor sikkerhetsmessig betydning (for eksempel må ikke brøytekanterne være for høye nær steder hvor fotgjengere krysser vegen).
- Brøyting av gangveger, bussholdeplasser etc. er viktig for å gi myke trafikanter mulighet til å bevege seg trygt i nærmiljøet, og kan være et viktig bidrag til trivsel og trygghet.
- Strømidler må feies opp før sommersesongen for å redusere støvplage. Knuste steinmaterialer kan være skarpe og forårsake sykkelpunktering. Strøsand på tørr asfalt kan gi lav friksjon og være til fare for syklist.
- Riktig tidspunkt for kantslipp i forhold til pollensesongen varierer for ulike arter, dette kan ha betydning for allergikere.

5.4.7 Kulturminner og kulturmiljø

Hovedproblemstillinger:

Kulturminner og kulturmiljøer er definert i Lov om kulturminner. *Kulturminner* er alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til. *Kulturmiljøer* er områder hvor kulturminner inngår som en del av en større helhet eller sammenheng.

Langs vegene finnes mange verdifulle kulturminner. Dette kan være bygninger, gravhauger, bruer, alleer eller selve vegen. Statens vegvesen har utarbeidet en egen landsverneplan der et representativt utvalg av veger, bruer og andre vegrelaterte kulturminner representerer veghistorien.

Hvilke kulturminner som er verdifulle, er ikke alltid like lett å tolke. En bygning kan for eksempel være verdifull selv om den ser falleferdig ut. Det anbefales å bruke ”føre var”-prinsippet ved å anta at anlegget selv eller elementer i nærheten kan ha kulturhistorisk verdi som ikke bør skades.

De fleste kulturminner trenger jevnlig vedlikehold. Større utbedringer kan i mange tilfelle redusere verneverdien til et kulturminne dersom dette er utført uten kulturminnefaglig kunnskap. Utskiftning av rekkverk eller bygningsdeler, vinduer, feil maling, farge eller puss etc. kan virke bagatellmessig for den som utfører det, men kan medføre varige skader på kulturminner.

Hva skal du tenke på?

Objektene skal forvaltes på en slik måte at de definerte kulturhistoriske verdiene i kulturminnet blir opprettholdt med minst mulig tap av autentisitet. Med autentisitet menes det som er ekte eller opprinnelig.

Viktige momenter er:

- Et kulturminne er ofte tilpasset en annen tid og andre krav. Dersom det endres for å tilfredsstille våre standarder kan kulturminnets verdi gå tapt.
- Forvaltning, drift og vedlikehold skal skje på en måte som er tilpasset objektets egenart.

- Enkle reparasjoner eller vegetasjonsrensing kan være tilstrekkelig.
- Større utbedringer og utskifting av originaldeler kan medføre tap av verneverdi.

Når det gjelder fredete kulturminner må følgende gjøres:

- Alle tiltak utover ordinært vedlikehold på fredete kulturminner skal varsles riksantikvaren eller fylkeskommunen.
- Det må ikke igangsettes tiltak som kan motvirke formålet med vernet.
- Ingen må rive, flytte, påbygge, endre, forandre materialer eller farger eller foreta andre endringer som går lenger enn vanlig vedlikehold.

Tiltak på objekter i nasjonal verneplan for veger og bruer skal meldes til Vegdirektoratet v/ Miljøseksjonen først.



Figur 5.8 Berbyveien i Østfold er en mellomriksveg fra Unionstiden og ble anlagt i 1880 og inngår i Nasjonal verneplan for veger, bruer og vegrelaterte kulturminner. Den er fredet etter kulturminneloven. Det øverste fotoet viser vegen slik den så ut da vegen ble fredet. Det nederste fotoet er eksempel på utbedring der det har vært manglende kunnskap om vegens verneverdi. Det er viktig at kulturminnefaglig kompetanse vurderer hvordan hensynet til kulturminnet kan ivaretas før et såpass omfattende tiltak gjennomføres. I dette tilfellet hadde det vært mulig å utbedre vegen med mye enklere tiltak enn det som er gjennomført (vegetasjonsrensing, grøfting, utbedring av rekkverk etc.). (Foto: Statens vegvesen, 1999 og 2011)

5.4.8 Energiforbruk

Hovedproblemstillinger:

Redusert energiforbruk er et viktig steg mot et mer bærekraftig samfunn. Det er viktig å redusere bruken av energibærere som gir direkte klimagassutslipp (f.eks. kull, olje og gass). Energi i form av elektrisitet fra vannkraft kan i noen tilfeller erstatte fossile brensel og dermed redusere klimagassutslippene.

Hva skal du tenke på?

Energiforbruk er et relativt nytt tema innenfor drift og vedlikehold. Entreprenørene har ofte en egen økonomisk interesse av å bruke lite energi til kjøring og maskinbruk, men også vegeier skal vurdere om det kan gjøres grep for å redusere energibruken. Ved valg av elektrisk utstyr bør man tenke på når utstyret står på, hvor lenge det brukes og hvor mye strøm det trekker. Når det gjelder gatebelysning er det f.eks. mye å spare på å velge riktig armatur, riktige pærer, og ikke minst at lyset slås av når det ikke er mørkt.

5.4.9 Materialvalg og avfallshåndtering

Hovedproblemstillinger:

Materialvalg har betydning for fremtidig vedlikehold og dermed også for kjemikaliebruk og avfallsmengder. Avfallet fra vegen og vegdriften kan inneholde miljøgifter som kan spres i naturen og må derfor behandles på en miljømessig god måte.

Hva skal du tenke på?

- Avfall som inneholder miljø- eller helsefarlige stoffer som er så farlige eller forekommer i så store mengder at det kan gi fare for skade skal leveres på spesialavfallsmottak. Det skal dokumenteres hvilke mengder farlige stoffer avfallet inneholder, og det skal i ettertid kunne dokumenteres at avfallet har blitt behandlet på en forsvarlig måte.
- Vegeier og entreprenør har ansvar for å hindre spredning av avfall og hindre ”produksjon” av avfall ved å velge materialer med god kvalitet og lang levetid.
- Dersom det finnes flere kjemikalier som kan benyttes til samme type jobb og som ikke er svært mye dyrere, er du etter produktkontroll-loven pliktig å velge det minst miljøskadelige stoffet.

Kapittel 6 Trafikkberedskap og trafikantinformasjon

Kjersti Leiren Boag, Statens vegvesen

6.1	Innledning	74
6.2	Samarbeid mellom etatene – roller og ansvar	76
6.3	Trafikkberedskapsplaner og omkjøringsruter	77
6.4	Vegtrafikksentralene (VTS)	79
6.5	Overvåking, trafikkstyring og varsling	80
6.6	Trafikantinformasjon – vegmeldingstjenesten	81

6 Trafikkberedskap og trafikantinformasjon

Trafikkberedskap = planlegging, organisering og virksomhet som må til for effektiv håndtering av hendelser på og langs vegen

6.1 Innledning

Hendelser på veg defineres som en situasjon som påvirker trafikkavviklingen og som kan medføre forsinkelser eller en forhøyet ulykkesrisiko.

Trafikkberedskap omfatter planlegging, organisering og gjennomføring av tiltak for effektiv håndtering av hendelser på veg. Statens vegvesen har som mål å opprettholde høy trafiksikkerhet, god framkommelighet og regularitet på vegnettet. Ved en hendelse er det viktig å skjerme arbeid på hendelsesstedet for å unngå følgeulykker, redusere varigheten av trafikkforstyrrelsen og informere trafikantene om forsinkelser, omkjøringsmuligheter og andre viktige forhold.

Det norske vegnettet karakteriseres ved sine mange tunneler, bruer og ferger, fjelloverganger og ras- og værutsatte strekninger, ofte med lange, få eller ingen omkjøringsmuligheter. I tillegg medvirker urbanisering og trafikkvekst til økte utfordringer tilknyttet høytrafikkerte veger i byområder.



Figur 6.1 Hendelser på vegnettet, Foto: Statens vegvesen

I Europa er hendelser årsaken til 10-25 % av køer og forsinkelser på vegnettet, mens i Norge og Sverige er dette anslått til 10-15 % (ref. CEDR-rapport "Traffic Incident Management", 2009). Forsinkelsene koster samfunnet betydelige beløp i tillegg til at de påfører trafikantene store ulemper og ergrelser.

Hendelser er enten uforutsette, slik som for eksempel trafikkuulykker, ras og flom eller de er planlagte, som for eksempel vegarbeid og arrangementer.

Uansett hendelsens natur, er det viktig å håndtere hendelsene på en effektiv måte slik at man i størst mulig grad reduserer skadeomfanget og konsekvensene.

Mål og hensikt med trafikkberedskap er å:

- Sikre liv og helse
- Redusere risiko for sekundær-/ følgeulykker
- Sørge for effektiv adkomst og arbeidsforhold for redningsetater
- Sørge for at trafikantene er informert
- Opprettholde best mulig kapasitet for vegtrafikken

Trafikkberedskap kan deles inn i følgende faser:

Oppdagelse hendelse => verifisere hendelse => varsle => tiltak og oppfølging => reparere og utbedre => gjenopprette normalsituasjonen

Tiden som brukes på hver fase må være kortest mulig og det er også naturlig at noen av fasene utføres parallelt, for eksempel varsling og informasjon samtidig med at man stenger en veg eller et felt på vegen ved hjelp av kjørefeltsignaler (for eksempel i tunneler og på motorveger), eller iverksetter omkjøring.



Figur 6.2 Visualisering av faser i hendeshåndtering (Kilde: Highways Agency, UK)

6.2 Samarbeid mellom etatene – roller og ansvar

Effektiv trafikkberedskap krever et tett samarbeid mellom Statens vegvesen, politiet og redningsetatene. Det avholdes derfor jevnlig møter mellom disse etatene og også regelmessige øvelser for å sikre at samarbeidet fungerer og at ansvar og roller er avklart.

I de tilfeller hvor politiet er på hendelsesstedet vil de være innsatsleder. Politiet har også det overordnede ansvaret for trafikkregulering når hendelser oppstår. Statens vegvesen har likevel et selvstendig ansvar for at trafikken avvikles på en mest mulig effektiv og sikker måte, og skal stille sin kompetanse og sine ressurser til disposisjon for politiet for å ivareta trafikkavviklingen.

Statens vegvesen skal gjennom sine entreprenører og/eller med egne ressurser utføre følgende aktiviteter ved hendelser på veg:

- Sikre og skilte hendelsesstedet
- Skilte omkjøringsrute – styre variable skilt og kjørefeltsignaler eller sette opp midlertidige omkjøringsskilt
- Informere trafikanter som er eller blir påvirket av hendelsen, samt trafikanter som er på veg mot hendelsesstedet og som kan benytte alternative ruter
- Opprydding og reparasjonsarbeid på hendelsesstedet
- Bistå politi og havarikommisjonen med kjøretøytekniske og veg- og trafikkfaglige undersøkelser med tanke på senere avklaring av årsaksforhold og skyldspørsmål

Håndbok R611 Trafikkberedskap (2015) beskriver Statens vegvesens rolle og ansvar for trafikkberedskap, inkludert etablering av omkjøringsruter og utarbeidelse av trafikkberedskapsplaner. Statens vegvesen skal etablere rutiner for håndtering av hendelser på vegnettet, inkludert informasjon til trafikantene slik at sikkerheten opprettholdes og ulemper for trafikkavviklingen blir minst mulig.

Håndbok R611 Trafikkberedskap gjelder for håndtering av uforutsette hendelser på og langs vegen. Håndtering av planlagte hendelser, som for eksempel vegarbeid, arrangementer, bilberging og øvelser, planlegges og gjennomføres etter andre forskrifter og håndbøker. Prinsippene fra håndbok R611 Trafikkberedskap kan likevel anvendes også for planlagte hendelser. Håndboken omfatter den daglige håndteringen av uforutsette hendelser på veg. Ved større hendelser og i tilfeller hvor en hendelse viser seg å ha et større omfang enn først antatt, vil Statens vegvesens System for krisehåndtering bli iverksatt.

Håndbok R611 Trafikkberedskap setter krav til regionvegkontorene med hensyn til å utarbeide trafikkberedskapsplaner og planlegge omkjøringsruter. Statens vegvesen skal gjennom sitt nettverk av regionale vegtrafikksentraler og driftskontrakter med entreprenører sørge for at det finnes et apparat som kan ivareta trafikkberedskapen i regionene.

Regionene skal ha rutiner for å håndtere og følge opp uforutsette hendelser hele døgnet. Regionene skal ha døgnkontinuerlig trafikkberedskap med nødvendige fullmakter til å fatte vedtak tilknyttet stengning og åpning av veger, til å iverksette omkjøring og håndtere hendelsen. Statens vegvesen har driftskontrakter med entreprenører som utfører arbeid på vegene. I driftskontraktene pålegges entreprenørene trafikkberedskap for å sikre trafikkavviklingen ved hendelser på vegnettet.

6.3 Trafikkberedskapsplaner og omkjøringsruter

Håndbok R611 Trafikkberedskap stiller krav til at regionene etablerer og oppdaterer regionale og lokale trafikkberedskapsplaner for håndtering av uforutsette hendelser på veg.

Håndboken beskriver hvordan vegnettet skal kategoriseres i trafikkberedskapsklasser. En samlet vurdering av flere ulike forhold som beskriver vegens viktighet ligger til grunn for kategoriseringen. Innenfor hver trafikkberedskapsklasse stilles ulike krav til planer og tiltak for trafikkberedskap.

Som grunnlag for trafikkberedskapsplaner og omkjøringsruter skal det gjennomføres jevnlig ROS-analyser hvor sårbarhetspunkter på vegnettet lokaliseres. Resultater fra sårbarhetsanalysen i SAMROS Veg er et viktig grunnlag for arbeidet med trafikkberedskap.

Trafikkberedskapsplanene beskriver omkjøringsruter med nødvendige tiltak for å etablere dem. Det skal vedtas en skiltplan for viktige vegkryss langs omkjøringsruten. Vegvisningen skal være detaljert nok til at trafikantene blir entydig ledet gjennom omkjøringsruten.

Stengning av vegen, enten ved hendelsesstedet eller ved startpunkt for omkjøringsruten, skal gjennomføres i henhold til godkjente arbeidsvarslingsplaner som er basert på prinsippene fra håndbok N301 Arbeid på og ved veg. Kriterier for å stenge og åpne vegen, samt for å iverksette omkjøringsrute inngår i lokale trafikkberedskapsplaner

Trafikkberedskapsplanene skal blant annet inneholde:

- Beskrivelse av roller og ansvar, varslings- og informasjonsrutiner
- Plan for tiltak når hendelse oppstår
- Plan for omkjøringsruter
- Plan for samband og kommunikasjon

Trafikkberedskapsplaner med beskrivelse av tiltak bør utarbeides i samarbeid med politiet, brannvesen, AMK (akuttmedisinsk kommunikasjonsentral) og berørte kommuner.

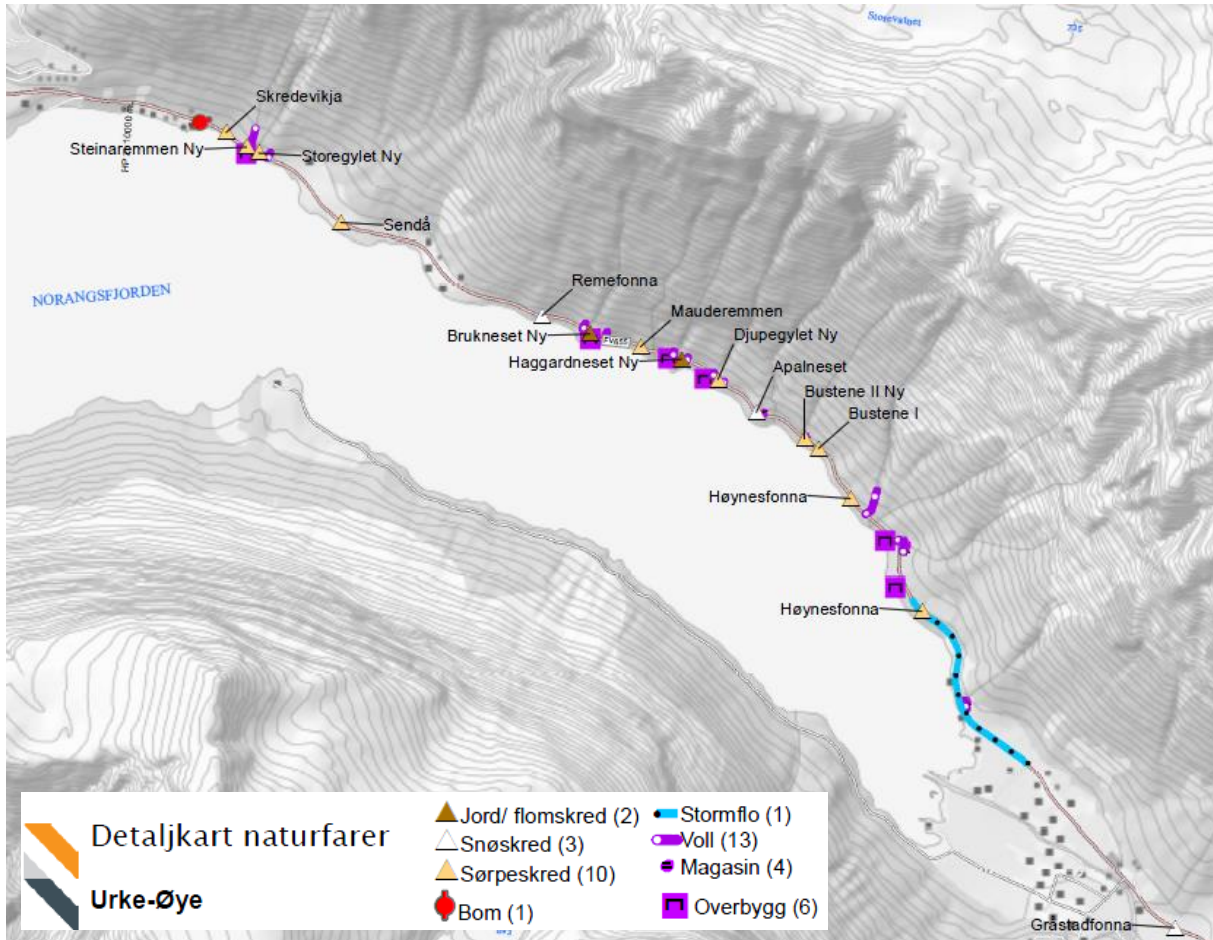
Trafikkberedskapsplanene skal gjøres tilgjengelig for entreprenører med ansvar for trafikkberedskap, slik at disse har nødvendig utstyr og materiell tilgjengelig til å kunne utføre trafikkberedskapen. Entreprenørens ansvar fremgår av driftskontrakten.

Trafikkberedskapsplanene skal være koordinert med andre interne beredskapsplaner i Statens vegvesen. Temavise beredskapsplaner utarbeides av respektive fagområder og i henhold til egne krav, og omfatter blant annet vegtunneler, naturfare, værutsatte strekninger, bruer og fergekaier. Omkjøringsrutene som defineres i de lokale trafikkberedskapsplanene skal også brukes i andre beredskapsplaner i Statens vegvesen.

Beredskapsplan ved naturfarer

I tillegg til generelle trafikkberedskapsplaner finnes maler for temavise beredskapsplaner. Naturfarer er *ett* av temaene som skal dekkes av byggherrens planer. Med naturfarer mener vi f.eks. skred, flom, stormflo, vind, skogbrann og andre værrelaterte farer.

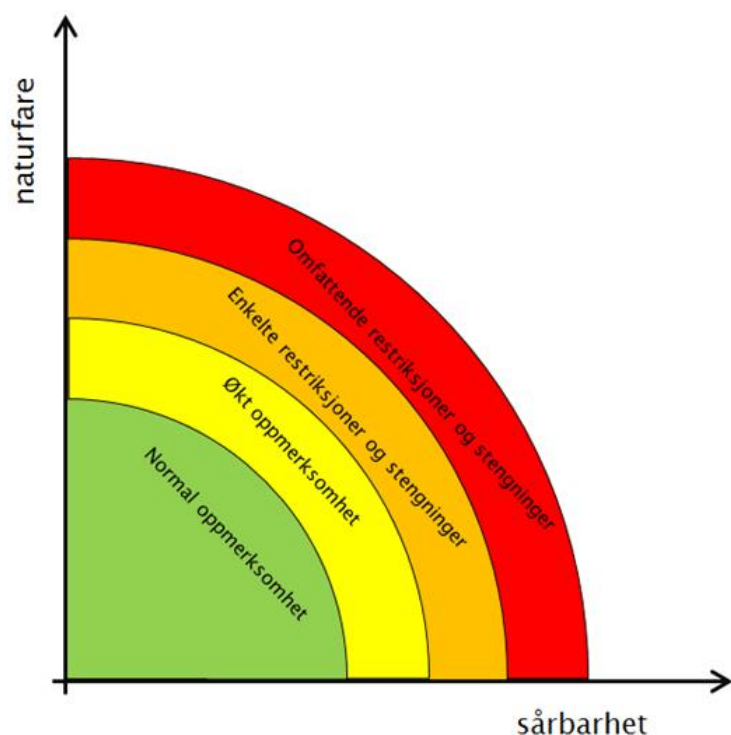
Beredskapsplanen for naturfarer er delt i to deler, én generell del som tar for seg generelle sider ved naturfareberedskapen i Statens vegvesen og én spesiell del som tar for seg den konkrete sårbarheten og spesielle beredskapshensyn for vegnettet i det enkelte området som beskrives. Som vedlegg til planene finnes dessuten oversiktlige naturfarekart som sammenstiller stedfestet sårbarhets- og beredskapsinformasjon (se eksempel på kartutsnitt i Figur 6.3).



Figur 6.3: Utsnitt fra detaljert naturfarekart for fv. 655 Øye-Urke i Ørsta kommune

Beredskapsplanene beskriver roller og ansvar for de som kan tenkes å bli involvert i en beredskapssituasjon. Det er gitt beskrivelser av prosedyrer for daglig håndtering av mer eller mindre kjente hendelser knyttet til skred og flom. Det er også gitt noen rammer for håndtering av mer uoversiktlige situasjoner som kan utvikle seg til kriser.

God naturfareberedskap krever at aktørene har oversikt over både vegnett, sårbarhet, beredskapsmateriell, farenivå, metoder, verktøy og roller. Alt dette skal derfor dekkes av beredskapsplanene. Et av verktøyene som brukes i dialogen om mellom byggherre og entreprenør, er skjemaet Elrapp R13. Dette finnes både på web og som app. Gjennom å følge med på naturfaretegn, lese regionale flom- og skredvarsler og kjenne sårbarhetsinformasjonen i området, gjøres det lokale vurderinger av aktsomhetsbehov (se Figur 6.4). Valg av aktsomhetsklasser i Elrapp R13 bestemmer hvem som blir involvert i dataflyten fra skjemaet. Generelt gjelder det at jo større aktsomhetsnivå som velges, jo flere aktører blir involvert.



Figur 6.4 - Ulike aktsomhetsklasser og tiltak mot naturfarer som følge av både farenivå (f.eks. skred- og flomfare) og sårbarhet for nettopp disse farene

6.4 Vegtrafikksentralene (VTS)

Statens vegvesen har siden 1992/93 hatt 5 regionale døgnåpne vegtrafikksentraler (VTS) i drift.

Region	Dekker følgende fylker *)	VTS er lokalisert i
Øst **)	Østfold, Oslo, Akershus, Hedmark og Oppland	Oslo
Sør	Buskerud, Vestfold, Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder	Porsgrunn
Vest	Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane	Bergen / Lærdal
Midt	Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag	Trondheim
Nord	Nordland, Troms og Finnmark	Mosjøen

*) Ansvar for Vegmeldingstjenesten følger ikke alltid regiongrensen

**) Har også ansvar for landsdekkende funksjon for Vegmeldingstjenesten

Figur 6.5 Lokalisering av vegtrafikksentralene (fra Håndbok R612 Vegmeldingstjenesten)

VTS har en viktig rolle i Vegvesenets håndtering av hendelser og forhold på vegnettet gjennom at de har ansvar for:

- **Kontinuerlig overvåking av vegnettet => oppdage og verifisere hendelser**
- **Trafikkstyring**
- **Intern og ekstern varsling om hendelser**
- **Informasjon til trafikantene**

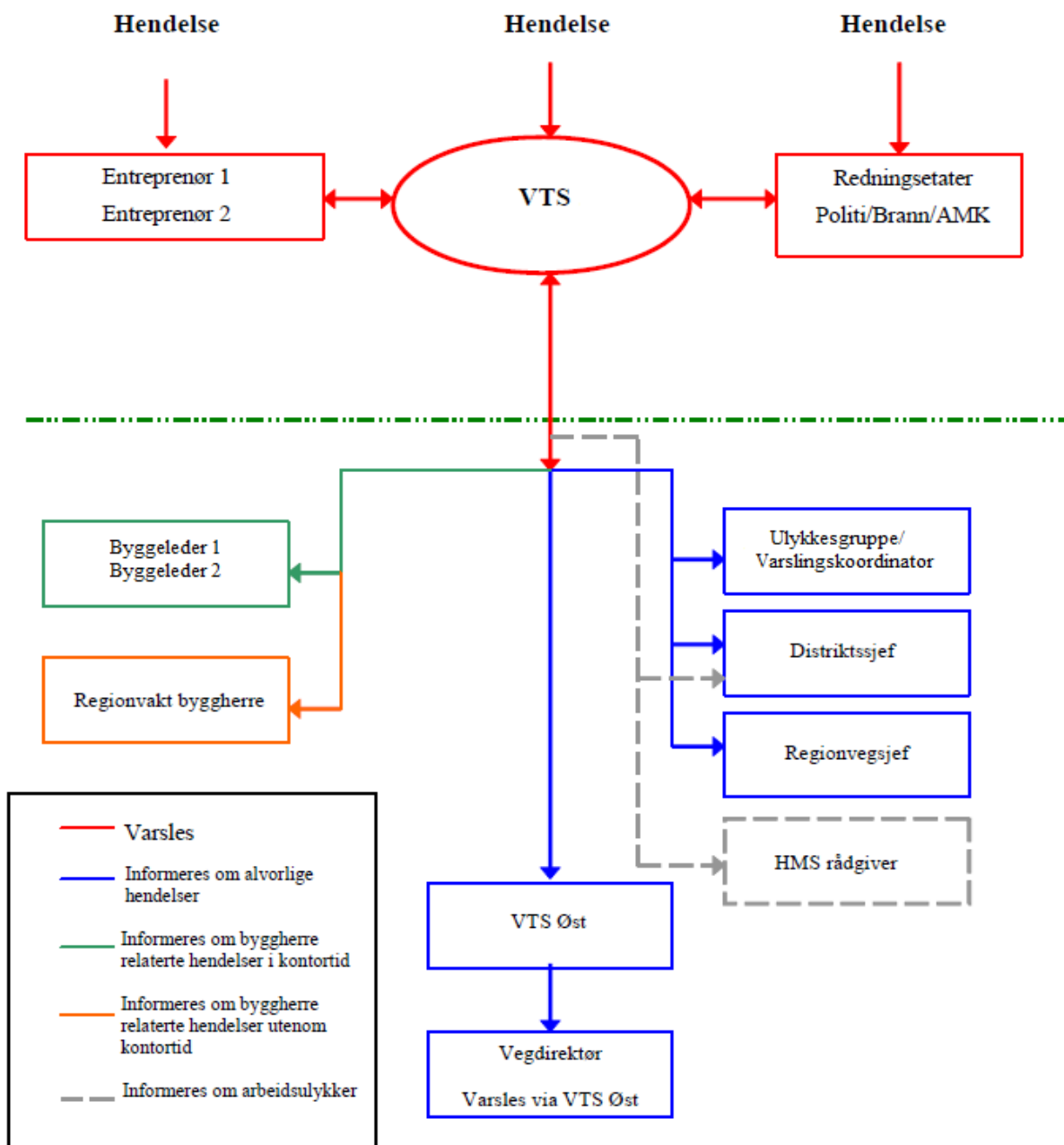
6.5 Overvåking, trafikkstyring og varsling

VTS overvåker vegnettet og samler informasjon fra ulike kilder. Ved hjelp av automatisk hendelsesdetektering, AID (*Automatic Incident Detection*), som er installert i tunneler over 3 km og med en årsgjennsnitttrafikk (ÅDT) på over 8000 kjøretøy (ref. *Håndbok N500 Vegtunneler*), kan de oppdage hendelser veldig tidlig og iverksette tiltak umiddelbart for å sikre hendelsesstedet samt liv og helse for de trafikantene som befinner seg i nærheten.

I tillegg er det kameraer for visuell overvåking fra VTS av viktige punkt og strekninger i vegnettet. Der det ikke finnes kameraovervåking er VTS avhengig av å få melding om hendelser fra politiet, redningsetatene, trafikantene, radiostasjoner eller andre. Det er ofte politiet, AMK eller brannvesenet som først mottar melding om en hendelse på vegen. Disse har rutiner som ivaretar intern varsling seg imellom (trippelvarsling). Politiet har hovedansvar for videre varsling ut fra hva som synes nødvendig i den gitte situasjonen. Politiet bør alltid varsle VTS om hendelser som har betydning for framkommelighet og sikkerhet på vegene.

VTS er sentral når det gjelder intern varsling i Statens vegvesen og også ut mot trafikantene. Hvis VTS er den første som mottar melding om en hendelse er det viktig at de varsler politiet og berørte redningsetater. VTS har rutiner for hva som skal varsles til hvem internt i Statens vegvesen (byggherre, ledelsen i regionen og i Vegdirektoratet) samt til entreprenørene.

På figur 6.6 på neste side vises et eksempel på varslingsplan for VTS i Region sør.



Figur 6.6 Varslingsplan ved hendelser på veg, Region sør

Kjørefeltsignaler, variable omkjøringsskilter og friteksttavler styres fra VTS. Disse er viktige virkemidler i forhold til hendelsehåndtering og dynamisk trafikkstyring for å stenge veger helt eller delvis og lede trafikken dit man ønsker. Der dette ikke finnes, må stengning og omkjøring skiltes manuelt.

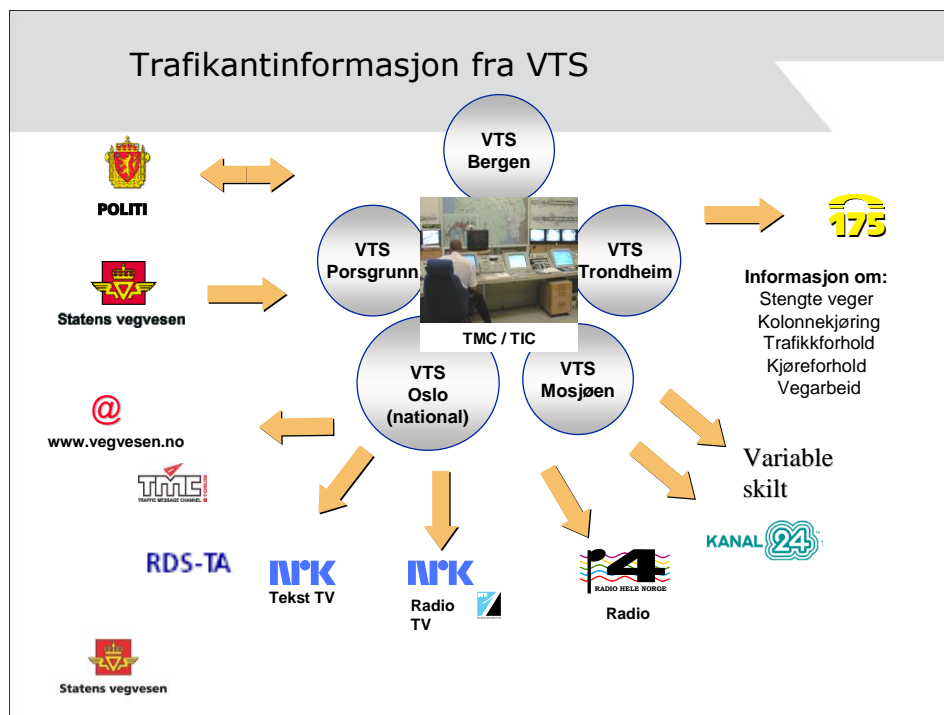
6.6 Trafikantinformasjon - vegmeldingstjenesten

I tillegg til informasjon om hendelser, mottar også VTS informasjon om stengninger og redusert framkommelighet på grunn av vanskelige værforhold, informasjon om føre, trafikk og vegarbeid. Statens vegvesens Håndbok R612 Vegmeldingstjenesten angir retningslinjer for

innsamling, bearbeiding og videreformidling av veg- og trafikkmeldinger til trafikantene og avklarer roller og ansvar til involverte aktører.

I årene som kommer vil man øke bruk av automatisk innsamlede data om vær, føre og trafikk. Vegvær er et system for innsamling og presentasjon av dynamiske værdata og prognoser som er tatt i bruk av entreprenører og VTS (se kapittel 20 om Meteorologi og beslutningsstøtte). Statens vegvesen har også etablert et system for innsamling og presentasjon av reisetider basert på data fra AutoPass brikker, og i tillegg jobbes det med forbedrede løsninger for å kunne utnytte kameraer og trafikktelepunkter bedre enn i dag. Dette vil gradvis medføre at den manuelle innrapporteringen vil kunne reduseres.

Informasjon fra VTS spres gjennom et stort antall kanaler som radio, internett, variable skilt, telefon 175, RDS-TA og RDS-TMC for å nå ut til trafikantene både under reisen og før reisen starter. Fra 2014 er sanntids værdata, reisetider, kameraer, vegmeldinger (hendelser, stengninger, vegarbeid) samt luftkvalitetsdata tilgjengelig fra Statens vegvesens DATEX II-tjeneste for media, eksterne tjenestetilbydere av trafikkinformasjon (f.eks. leverandører av navigasjonssystemer) og utenlandske vegmyndigheter. DATEX er en europeisk standard for utveksling og overføring av veg- og trafikkinformasjon som også er språkuavhengig.



Figur 6.7 Oversikt over hvilke kanaler VTS benytter for å spre informasjon om veg- og trafikforhold

Kapittel 7 Vegtunneler

Harald Buvik, Statens vegvesen

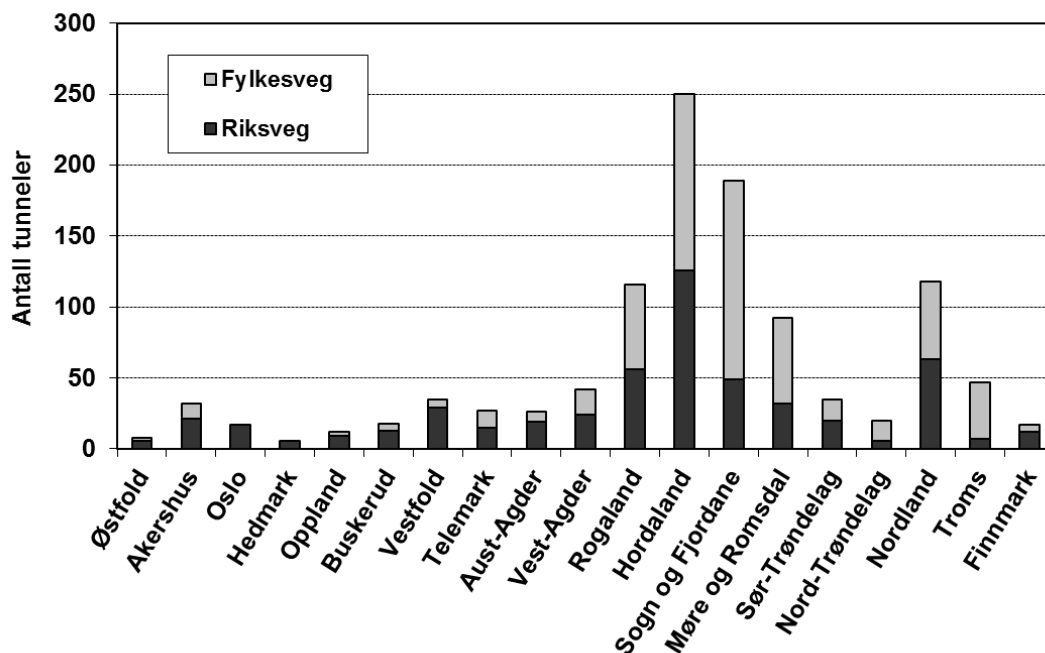
7.1	Innledning	84
7.2	Forvaltning av vegtunneler	85
7.3	Forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdssystem	86
7.3.1	Generelt	86
7.3.2	Plania	86
7.3.3	Brutus (for betongkonstruksjoner)	87
7.3.4	Vegdatabanken NVDB	87
7.4	Sikkerhet i vegtunneler	87
7.4.1	Generelt	87
7.4.2	Konstruksjonssikkerhet	88
7.4.3	Trafikksikkerhet	89
7.4.4	Driftssikkerhet for teknisk utstyr	90
7.5	Teknisk utstyr/installasjoner	90
7.5.1	Generelt	90
7.5.2	Elektriske anlegg – elektro	91
7.5.3	Belysning	91
7.5.4	Ventilasjon	92
7.5.5	Pumpestasjoner	92
7.5.6	Trafikkskilt og vegoppmerking	93
7.5.7	Overvåking og styring	93
7.5.8	Tunnelrenhold	94
7.6	Tunnelens oppetid	94
	Referanser	96

7 Vegtunneler

7.1 Innledning

Det er en generell trend i samfunnet å ønske stadig mer tunnelbygging. Det gjelder både for å løse trafikk- og miljøproblemer i byer, som vegutløsning og som rassikring. Men bygging av tunnel representerer ikke bare en løsning, det innebærer også utfordringer knyttet til sikkerhet, trafikkavvikling når tunnelen må stenges og framtidige drifts-, vedlikeholds- og rehabiliteringskostnader, inkludert energibruk. Dette gir ofte en motsetning mellom Statens vegvesens faglige vurderinger og lokale tunnelønsker. Lokalt legges det mest vekt på gjennomføringstempo, framkommelighet, inngrep, nærføring og arealbruk. Hensyn til kostnader, mulige ulykker og energibruk blir lite vektlagt i lokale planprosesser. I de kommende år vil det bli bygd flere nye høytrafikkerte tunneler i byer og tettbygde strøk for å løse lokale trafikk- og miljøproblemer.

Det finnes noe over 1100 vegtunneler på riks- og fylkesvegnettet i Norge pr. 2014. Fordelingen på fylker er som vist nedenfor.



Figur 7.1 Vegtunneler i Norge, fylkesvis fordeling

Hovedtyngden av tunneler finnes i vestlandsfylkene Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal, samt i Nordland. Tunnelbyggingen i disse områdene er stort sett begrunnet i sikkerhet og framkommelighet på vegen. Det medfører at størstedelen av tunnelmassen er lokalisert til geografiske områder med relativt liten trafikk når man ser bort fra bytunnelene i Oslo, Bergen og Trondheim. Bare omlag 20 % av tunnelene har ÅDT større enn 5000. Omlag halvparten av tunnelene er kortere enn 500 meter, mens i underkant av 100 tunneler er lengre enn 3000 m.

Tunnelene inndeles i tunnelklasser, A til F, basert på trafikkmengde og tunnellengde [ref. 1]. Trafikkmengde angis som årsgjennomsnittlig årsgjennomsnittlig trafikk (ÅDT). Tunnelklasse velges ut fra den trafikkmengde som kan forventes 20 år etter at tunnelen er åpnet for trafikk, ÅDT (20).

Tunnelklassene er utgangspunktet for å bestemme tunnelprofil, antall tunnellop, behov for havarinisjer, snunisjer, gangbare tverrforbindelser, nødutganger samt sikkerhetsutrustning, dvs. utstyr for trafikk- og brannsikkerhet.

Spesifikasjoner for drift og vedlikehold av tunneler med utstyr er gitt av Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger [ref. 2].

7.2 Forvaltning av vegtunneler

Vegtunneler omfatter tunneler bygget i berg, men også tunneler bygget som nedgravde eller nedsenkede konstruksjoner, dvs. løsmassetunneler og senketunneler. Også skredoverbygg regnes som tunneler dersom utformingen innebærer at vegen lukkes helt på begge sider i hele eller deler av konstruksjonen.

Forvaltning av vegtunneler omfatter virksomhet med flere forskjellige, men til dels overlappende, aktiviteter. Disse aktivitetene er:

1. Tunnelforvaltning som del av generell vegforvaltning, sikre at lover og forskrifter overholdes, sette standard for tunneldriften, overvåke tilstand og fastlegge behov, budsjettere og planlegge tiltak, mm.
2. Trafikkavvikling, det vil si virksomhet knyttet til overvåking av trafikken, trafikkstyring og informasjon til trafikantene.
3. Drift/vedlikehold inkludert inspeksjoner av berg og bergsikring, betongkonstruksjoner, andre konstruksjoner samt tekniske installasjoner.
4. Sikkerhetsforvaltning [ref. 4] som delvis hjemlet i brannvernloven og tunnelsikkerhetsforskriften [ref. 5]. Dette omfatter også kontakt og samarbeid med nød- og utrykningsetater, samt andre etater med myndighet som omfatter vegtunneler (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Statens bygningstekniske etat, Klima- og forurensningsdirektoratet, m. fl.)
5. Forvaltning av bærende konstruksjoner: Dette omfatter konstruksjoner av betong, stål, tre m.m., det vil si hvelvkonstruksjoner og portaler, men også løsmassetunneler, senketunneler og skredoverbygg.

Av disse aktivitetene er det tunnelforvaltning, trafikkavvikling og drift/vedlikehold som står for den kontinuerlige driften (daglig drift). Sikkerhetsforvaltning og forvaltning av bærende konstruksjoner har spesielle oppgaver innenfor inspeksjon, kontroll og godkjenning.

Forvaltning av vegtunneler reguleres av en rekke lover og forskrifter, de viktigste av disse er følgende:

- Tunnelsikkerhetsforskriften (innarbeidet i Håndbok R511 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler og Håndbok N500 Vegtunneler)
- Plan- og bygningsloven
- Forurensningsloven
- Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)
- Kulturminneloven
- Naturmangfoldloven
- Brann- og eksplosjonsvernloven
- Lover og forskrifter som omhandler elektriske anlegg og elektrisk utstyr
 - Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr
 - Lov om elektronisk kommunikasjon
 - Forskrifter
- Forskrift om maskiner
- Andre lover og forskrifter

7.3 Forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdssystem

7.3.1 Generelt

Drift og vedlikehold av vegtunneler skal som hovedregel utføres som forebyggende drift og vedlikehold etter rutiner som inkluderer hva som skal utføres på de forskjellige objekter til hvilke tider og med hvilke metoder. Rutinene skal fortrinnsvis avbalansere innsatsen for drift og vedlikehold i henhold til en antatt optimal levetid på det enkelte objektet.

Målet for drift og vedlikehold av tunnelen er:

- Å ivareta sikkerhetsnivået som er bygget inn i tunnelen med hensyn til driftssikkerhet, trafikksikkerhet og konstruksjonssikkerhet, inkludert brannikkerhet
- Å oppnå lavest mulige kostnader over tid
- Å oppnå riktig teknisk levetid på konstruksjoner og utstyr
- Å ha kort stengetid, det vil si lang oppetid for tunnelen
- Å oppnå god driftstilgjengelighet og driftssikkerhet

Som hjelp i arbeidet med å fastlegge og gjennomføre optimal drift og vedlikehold av vegtunneler, nyttes IKT-baserte forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdssystemer (FDV-systemer). For tunnelvirksomheten står systemet Plania sentralt for den løpende virksomheten. For betongkonstruksjonene (portaler m.m.) i bergtunneler samt betongtunneler benyttes BRUTUS som opprinnelig er utviklet som et bruforvaltningssystem. For å lagre overordnede tunneldata og gjøre disse lett tilgjengelige benyttes vegdatabanken NVDB (Nasjonal vegdatabank).

7.3.2 Plania

For å kunne gjennomføre systematisk drift og vedlikehold er det behov for et system der alle tunnelene, installasjonene i hver enkelt tunnel, leverandører, arbeidsordrene, ressursene, aktivitetsplanene, hendelsene og avvikene blir registrert. Opplysninger og data om alt som kan knyttes til den enkelte tunnel må systematiseres og benyttes på en slik måte at det forenkler prosessen med å drifte og vedlikeholde tunnelene. I tillegg skal systemet gi tilgang på erfaringsdata, som kan danne grunnlaget for å finne frem til stadig bedre drifts- og vedlikeholds-rutiner, og i tillegg danne erfaringsgrunnlag for investeringsprosjekter med planlegging og bygging av nye tunneler.

Statens vegvesen har vedtatt at FDVU-systemet Plania skal anvendes i alle vegtunneler som Statens vegvesen har forvaltningsansvaret for. Betegnelsen FDVU (Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling) benyttes fordi Plania i denne sammenhengen også nyttes for utvikling (dvs. rehabilitering, oppgradering m.m.) av objektet, dvs. vegtunnelen.

Plania er et system som ivaretar alle nødvendige funksjoner som naturlig tilhører et FDV-system. Systemet nyttes også for planlegging og registrering av inspeksjoner, bergrensk og bergsikring. Planias bruksområder omfatter:

- Oversikt over tunnelene / bygg og tekniske anlegg (innholdsoversikt)
- Kvalitetssystem for entreprenøren
- Tiltak / prosjekter
- Bestillinger (disponerte kostnader)
- Periodiske vedlikeholdsrutiner / serviceavtaler
- Reservedelsadministrasjon, hvem kan levere deler
- Avvikskontroll og Internkontroll
- Dokumentasjon
- Internkontroll ved eksterne tilsyn (plan, brann, fag)

- Kontrakter / utleie / intern husleie
- Planlegging og oppfølging av befaringer
- Arealoversikter

Systemet er bygd opp av flere moduler som til sammen tilfredsstillende behovet for styring og oppfølging av drift og vedlikehold av vegtunneler.

Tunnelforvalteren beslutter rutiner og intervaller, dette skal være likt i Plania og i entreprisekontraktene med de utførende entreprenørene. Entreprenøren henter selv ut sine arbeidsordrer med oppgavene som skal utføres. Etter at arbeidet er utført skal det kvitteres som utført i Plania med eventuelle merknader. Byggherren har en oppfølgingsdel som viser hvilke oppgaver som er utført og oppgaver hvor tidsfristene er utløpt. Oppgaver som ikke er utført innen tidsfristen skal følges opp i de faste møtene som holdes med entreprenøren.

7.3.3 Brutus (for betongkonstruksjoner)

Brutus er Statens vegvesens informasjons- og planleggingsverktøy for forvaltning, drift og vedlikehold av bruer og andre byggverk i vegnettet. Informasjonsdelen består av en database hvor relevante data fra planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av byggverkene registreres og lagres. Planleggingsdelen brukes til å planlegge gjennomføringen av inspeksjoner og vedlikehold på byggverkene. For tunneler benyttes Brutus for portaler og betongtunneler (løsmassetunneler, senketunneler, skredoverbygg), men ikke for utstøpte partier i tunnelen eller sprøytebetongbuer.

7.3.4 Vegdatabanken NVDB

Vegdatabanken NVDB inneholder data om statlige, kommunale, private, fylkes- og skogsbilveger. NVDB skal inneholde opplysninger om selve vegnettet, trafikken på vegnettet, vegutstyr som rekkverk, skilt, signalanlegg, kummer og sluk, samt konsekvenser av vegtrafikken som støyforhold og forurensing. Hovedmålet med NVDB er å etablere datasett og verktøy for å understøtte arbeidet med å utvikle, forvalte, drifte og vedlikeholde det offentlige vegnettet på en samfunnsnyttig måte.

NVDB ajourholder vegnettets referansesystem og benyttes til å lagre aggregerte data, inkludert utvalgte data fra fagsystemene. Plania leverer data om vegtunneler, som byggeår, stedsangivelse, lengde, antall løp, tunnelprofil samt andre sentrale tunneldata. Data om tunnelutstyr, typer med mengder og stedsangivelse, blir også lagret i NVDB sammen med overordnede data om sikringstiltak for stabilitetssikring og vann- og frostsikring.

7.4 Sikkerhet i vegtunneler

7.4.1 Generelt

Samlet sikkerhet i vegtunneler er avhengig av riktig sikkerhetsnivå på flere områder som:

- **Konstruksjonssikkerhet inkludert brannsikkerhet:** Sikkerhetstiltak knyttet til konstruksjonene og enkelte installasjoner i tunnelen inkludert berget, omfatter sikkerhet mot brudd og nedfall, motstand mot brann m.m.
- **Trafikksikkerhet:** Sikkerhetstiltak som skal forhindre at trafikkulykker oppstår samt redusere skadeomfanget for de ulykkene som allikevel oppstår.
- **Driftssikkerhet:** Tiltak for å sikre funksjonaliteten for utstyr og tekniske installasjoner samt for å oppdage når visse funksjoner faller ut.

Alle tunneler med lengde større enn 500 m skal ha en sikkerhetsgodkjenning. Sikkerhetsgodkjenning skal foretas i forbindelse med planlegging av tunnelen, ved åpning for trafikk samt minst hvert 6. år i driftsperioden og ved større oppgraderinger av tunnelen.

Sikkerhetsgodkjenning er avhengig av at nødvendig sikkerhetsdokumentasjon foreligger. Sikkerhetsdokumentasjon som skal foreligge før åpning av en tunnel, skal omfatte beskrivelse av tunnelen samt den organisasjonen som har ansvar for drift og vedlikehold, opplæringsplan for driftspersonell og redningstjeneste, samt beredskapsplan. Dette planverket skal være basert på risikoanalyser av tunnelen og mulige hendelser samt sikkerhetsvurderinger utført av nøytrale sakkyndige eksperter. Sikkerhetsdokumentasjonen for tunneler som er åpne for trafikk, skal ajourføres med analyse av betydelige hendelser og ulykker, samt gjennomførte øvelser og opplæring.

7.4.2 Konstruksjonssikkerhet

Konstruksjonssikkerhet omfatter sikkerhetstiltak knyttet til berg og bergsikring, vann- og frostsikring og enkelte installasjoner i tunnelen. Tiltakene retter seg mot å hindre brudd i konstruksjoner og nedfall i tunnellop, sikre motstand mot brann o.l.

Dokumentasjon av geologi og bergsikring foretas i IKT-verktøyet Novapoint Tunnel [ref. 15]. Novapoint Tunnel kobler tunnelprofilen til veggen og terrenget, og er derfor godt egnet for registrering og lagring av slike data for hele tunnelens levetid, som bygget, driftsdata og rehabilitering. Systemet kan registrere geologiske data som har betydning for stabilitet og stabilitetsutvikling og data for utført bergsikring (bergarter, strukturer og svakhetssoner, bergklasser, driving og sikring, registrerte vannlekkasjer), samt tilknyttede dokumenter. Novapoint tunnel inneholder også en modul for visualisering av skannerdata for tunnelprofilen, noe som er nyttig både som kontroll ved bygging og som hjelpemiddel ved rehabilitering av tunneler.

Det skal foreligge inspeksjonsplan og inspeksjonsprogram for berg og bergsikring i hver enkelt vegtunnel [ref. 19]. Hovedinspeksjon med registrering og vurdering av tunnelens geologiske forhold og installerte sikringstiltak skal gjennomføres minst hvert 5. år. Dersom det ikke er utført registrering og vurdering av tunnelens geologiske forhold og installerte sikringstiltak, skal det gjennomføres inspeksjon hvert år.

Brannsikkerhet i vegtunneler er hjemlet i Brann- og eksplosjonsvernloven, den tilhørende Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn (FOBTOT), og i Internkontrollforskriften (HMS). Det er utarbeidet retningslinjer om saksbehandling og ivaretagelse av brannsikkerhet i vegtunneler [ref. 14] som beskriver samarbeid mellom Statens vegvesen og brannvernmyndighetene, gjennomføring av risikoanalyser, ansvar og samarbeid ved øvelser, beredskapsplaner og innsatsplaner.

Brannsikring av vegtunneler kan gjennomføres som aktiv sikring eller passiv sikring. Aktiv sikring innebærer bruk av vanntåkeanlegg, sprinkleranlegg e.l. for å bidra til slukking av brann eller hemme utviklingen av brann. Ulempen med dette prinsippet for brannsikring er at anleggene ikke alltid kan plasseres eller rettes inn slik at de er effektive mot de branner som kan oppstå. Derfor har man i Norge valgt passiv brannsikring som hovedprinsipp i vegtunneler. Dette innebærer valg av materialer samt beskyttelse av konstruksjoner og objekter for å hemme brannutvikling eller beskytte konstruksjonene og objektene mot skade ved brann i tunnelen.

Konstruksjoner sikres mot brann ved å dimensjonere konstruksjonen mot en gitt branneffekt over en viss tid. Betongkonstruksjoner støpes med polypropylenfibre (PP-fibre) i betongen for å hindre store avskallinger ved varmepåkjønning ved brann. Sprøytebetong for brannsikring av

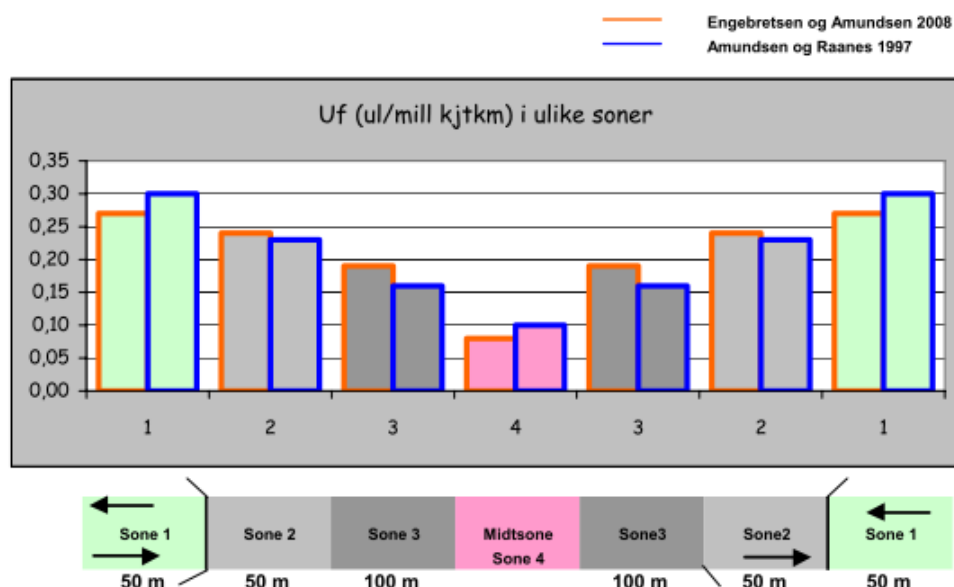
PE-skum tilsettes også PP-fibre for samme formål. Kabler sikres mot brann ved å legge dem i egne kabelgrøfter. For kabler i åpen forlegning velges kabeltyper som kan fungere i en brannsituasjon.

Ventilasjonsanlegget utgjør en viktig forutsetning for å kunne kontrollere røyken ved brann. Dimensjonering av lufthastighet og ventilasjonsretning skal gjøres slik at røyken fra brann kan styres vekk fra innrykkingsveg for redningstjenesten og evakueringsveger.

7.4.3 Trafikksikkerhet

Generelt skjer det færre ulykker i tunnel enn på veg i dagen, men ulykkenes alvorlighetsgrad er høyere [ref. 10 og 11]. Denne forskjellen kan i hovedsak tilskrives at en rekke ulykkestyper nesten ikke forekommer i tunneler, mens de vanligste ulykkene i tunnelene ofte er alvorligere.

Ulykkesrisikoen er størst like utenfor tunnelen og i inngangssonen, dvs. 50 meter utenfor tunnelen og de første 150 meterne i tunnelen. I midtsonen er risikoen lavest, se figuren nedenfor [ref. 13].



Figur 7.2 Ulykkesfrekvens i tunneler

Dette ulykkesmønsteret medfører at ulykkesfrekvensen for lange tunneler blir lavere enn for korte tunneler.

Trafikksikkerhet i vegtunneler ivaretas gjennom en lang rekke tiltak. Basis for god trafikksikkerhet legges gjennom utformingen av tunnelen med valg av tunnelprofil og antall løp. Dernest gjennomføres sikkerhetstiltak som havarinisjer, snunisjer, gangbare tverrforbindelser og nødutganger. Videre installeres sikkerhetsutrustning som strømforsyning med nødstrømsanlegg, belysning, ventilasjon, inkludert brannventilasjon, nødstasjoner, skilting og avstandsmarkering og radio- og kringkastingsanlegg. I tillegg kommer trafikkovervåkings- og styringsystemer, samt systemer for å gi informasjon til trafikantene. Disse drives normalt av vegtrafikksentralene (VTS). Dessuten etableres det beredskapsplaner for hendelser i tunnelen og gjennomføres beredskaps- og redningsøvelser sammen med redningsetatene.

Prinsippet for evakuering i tunneler er i dag basert på selvredningsprinsippet, det vil si at trafikantene skal ta seg til sikkert oppholdssted, enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy.

En viktig detalj er knyttet til stengning av tunnel eller tunnellop. Erfaring viser at rød vekselblink ikke er tilstrekkelig til å stoppe trafikantene fra å kjøre inn i tunnelen. Rød vekselblink må suppleres med fysisk sperre med bom samt informasjon om hvorfor tunnelen er stengt (på fastmontert variabelt skilt eller annet skilt/informasjonsstavle).

Statistisk er vegtunneler minst like sikre som eller sikrere enn tilsvarende vegstrekninger i dagen, men dersom det oppstår brann har vegtunnelene et mye større katastrofepotensiale enn veg i dagen. Dette skyldes i hovedsak de reduserte rømnings og redningsmulighetene. I tillegg kan en brann utvikle seg på en annen måte i en tunnel enn i friluft, også pga. dårligere tilgjengelighet for slokkemannskaper.

Det gjennomsnittlige antallet branner i norske vegtunneler er 21,25 per år per 1000 tunneler [ref. 23]. Det gjennomsnittlige antallet tilløp er 12,5 per år per 1000 tunneler. Dette tilsvarer om lag 25 branner pr. år og 15 branntilløp pr. år. Undersjøiske vegtunneler med stor stigningsgrad er betydelig overrepresentert i statistikken over branner og tilløp i kjøretøy i norske vegtunneler. Tunge kjøretøy er overrepresentert i brannene i undersjøiske vegtunneler, og tekniske problemer (blant annet varmgang i bremses) er den hyppigste årsaken, langt større enn trafikkulykker.

7.4.4 Driftssikkerhet for teknisk utstyr

For at sikkerhetsnivået i tunnelen skal opprettholdes som planlagt, må teknisk utstyr i tunnelene fungere som forutsatt, det vil si sikre høy funksjonssikkerhet. Dette ivaretas ved å velge driftssikre løsninger ved installasjon, samt gjennomføre systematisk drift og vedlikehold som reduserer muligheten for at det oppstår kritiske feil på installasjoner og systemer, og sikrer at avvik blir korrigert til rett tid.

Teknisk utstyr i vegtunneler består i stor grad av elektriske anlegg og elektrisk utstyr. Derfor blir elektrofaget viktig for å oppnå god drift av det tekniske utstyret. Elektrovirksomheten må organiseres og drives slik at krav i lover og forskrifter kan overholdes, dvs. slik at elektriske anlegg og elektrisk utstyr til enhver tid er i forskriftsmessig stand, og slik at virksomheter og personell som utfører elektroarbeid oppfyller kravene til kompetanse (autorisasjon og registrering) [ref. 17 og 18].

7.5 Teknisk utstyr/installasjoner

7.5.1 Generelt

Teknisk utstyr og installasjoner i tunnel har flere formål:

- Ivareta trafikksikkerhet
- Bidra til god kjørek komfort for trafikantene
- Sikre driftstilgjengelighet for drifts- og vedlikeholdsoperatørene

Bygging av tunneler medfører et langsiktig vedlikeholdsansvar. Det er derfor nødvendig at valg av løsninger og teknisk utstyr blir gjort på bakgrunn av levetidsbetraktninger der også drifts- og vedlikeholdskostnader er vurdert.

Det foreligger omfattende erfaringer fra vegtunneler bygd på 1980- og 1990-tallet vedrørende materialvalg og bestandighet for konstruksjoner. Man har derfor i dag kunnskap til å velge materialkvaliteter (syrefast stål m.m.) og konstruksjonsløsninger som kan tilfredsstille framtidens krav til levetider og levetidskostnader.

7.5.2 Elektriske anlegg - elektro

Det er eiers og brukers ansvar at de elektriske anleggene til enhver tid er i forskriftsmessig stand og at de kun håndteres og benyttes av personell med kompetanse i henhold til forskriftene.

Elektrofagene er meget detaljregulert av lover, forskrifter, normer og standarder. Det betyr at regelverket bestemmer hvem som får gjøre hva, med hvilket materiell, på hvilken måte og til hvilken kvalitet og sikkerhetsnivå. Dette regelverket er overordnet Statens vegvesens interne regler (håndbøker, rundskriv, m.m.) og angir et minimumsnivå. Eier kan sette strengere interne krav til anleggene sine. For elektriske anlegg foreligger med andre ord krav iht. regelverket (lovpålagt) og interne krav (ikke lovpålagt).

Statens vegvesen skal gjennomføre internkontroll av sine elektriske anlegg. Internkontrollen omfatter verifisering av at de elektriske anleggene er kontrollert i henhold til gjeldende regelverk, og at de tilfredsstiller kravene i regelverket. Statens vegvesen oppnevner fagansvarlige (elektroledere) som skal ha overordnet faglig ledelse og påse at anlegg planlegges, bygges, driftes og avvikles etter regelverket.

Virksomheter som påtar seg prosjektering, utførelse, drift eller vedlikehold av elektriske anlegg skal være registrert og godkjent iht. forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid knyttet til elektriske anlegg og elektrisk utstyr. Prosjektleder har ansvar for at slik registrering dokumenteres før kontrakter inngås med prosjekterende eller utførende virksomheter. Tilsvarende regelverk og autorisasjonskrav finnes for virksomheter som utfører installasjon og vedlikehold av elektronisk kommunikasjonsnett.

Vegtunneler har omfattende og komplekse elektriske anlegg som ofte berører hverandre i flere grensesnitt, f. eks. mht. strømforsyning og overvåking/styring med tilhørende kommunikasjonsystem. Hovedtypene elektriske anlegg i en vegtunnel utgjøres av følgende:

- Kraftforsyning, inkludert reservekraftforsyning og nødstrømforsyning
- Belysningsanlegg (veglys i tunnel, samt annen belysning)
- Ventilasjonsanlegg
- Pumper
- Trafikkstyringsanlegg (skilt, bommer, m.m.)
- Ekom-anlegg (styring/regulering/overvåking – SRO, kommunikasjon inkludert kringkasting, nødtelefoner, mm)
- Tekniske rom, nødstasjoner (elektriske installasjoner)
- Andre maskinanlegg (kuldeporter, m.m.)

Noen av disse anleggene omtales nedenfor.

7.5.3 Belysning

Tunnelbelysning skal sikre effektiv og sikker trafikk gjennom tunnelen og bidra til god kjørekomfort for trafikantene. Tunnelbelysningen samvirker med overflaten både på vegbanen og tunnelveggene og valg av overflate (materiale og lyshet), samt drift og vedlikehold, spesielt renhold, av disse elementene har derfor betydning for effekten av tunnelbelysningen. Hvitt lys gir god fargegjengivelse og bedre kontrast og velges derfor som gjennomgående belysning. I tillegg benyttes høytrykk natrium-lyskilder i innkjøringssoner og overgangssone.

Sikkerhetsbelysning arrangeres ved at hver fjerde armatur skal lyse i minimum én time etter at strømmen faller ut (drift fra nødstrømsforsyning).

Viktige forhold for drift og vedlikehold av tunnelbelysning er følgende:

- Standardisert monteringsmetode for lysarmaturer samt plassering i tunnelrommet.
- Lysarmaturene skal ha overflate som er lett å rengjøre. De må tåle høytrykksspyling med gitt trykk fra gitt avstand (tetningsgrad).
- Lysarmaturene må være lette å åpne for lampeskift og innvendig renhold.
- Lang levetid og lavt energiforbruk for lyskildene.

For de fleste moderne lysanlegg vil gjennomføring av systematisk lampeskift for hele anlegget være mer lønnsomt enn lampeskift basert på utfall av enkeltlamper.

I de seinere årene er det utviklet og tatt i bruk LED-belysning på veger og i vegtunneler [ref. 22]. Målet er at LED-armaturene skal ha lengre levetid og være mer energieffektive enn andre lyskilder/armaturer. Erfaringene så langt viser imidlertid at det fremdeles er et stykke å gå før LED-armaturene kan tilfredsstille de målene som produsenter og leverandører har satt, både mht. levetid, lysutbytte og energiforbruk. Prisen for LED-armaturer er også relativt høy, opp til 2 - 4 ganger så høy som for dimbare NaH-armaturer. Men dersom pris og kvalitet utvikles videre som forventet, vil LED-armaturer kunne bli et klart lønnsomt alternativ om kort tid.

7.5.4 Ventilasjon

Ventilasjonsanlegg er i utgangspunktet installert for å sikre akseptabel luftkvalitet i tunnelen mht. gass- og støvforurensning. Moderne ventilasjonsanlegg er i tillegg dimensjonert for å fungere under brann i tunnelen og sikre best mulige forhold for trafikantene og for brann- og redningsmannskapenes innsats ved å styre røyken i gunstig retning i tunnelen.

Ventilasjon er en kostnadstung komponent i driften av tunnelen, spesielt på grunn av kostnadene for elektrisk kraft. Et ventilasjonsanlegg som er effektivt på alle måter er derfor viktig for de totale driftskostnadene for tunnelen. Det bør benyttes standardiserte typer ventilatorer. De bør monteres på montasjeramme framfor direkte i fjellbolter. Ventilasjonsanlegget bør ha et tilknyttet overvåkingssystem som registrerer driftstid og gir feilalarmer, samt mulighet for feilsøking fra styretavle. Forebyggende vedlikehold som renhold, smøring og sikring mot kondens, bidrar til å forlenge ventilatorenes levetid og redusere driftskostnadene.

7.5.5 Pumpestasjoner

Overvann, smeltevann og grunnvann som renner inn i tunnelen fra dagsonene utenfor portalene samt lekkasjevann fra berget som omgir tunnelen fanges opp av dreneringsanlegget i tunnelen og ledes til pumpebasseng. Prinsippet om trinnpumping [ref. 9] bør legges til grunn for håndtering av vannet; vann samles opp for definerte seksjoner av tunnelen og ikke bare i bunnen av tunnelen. Dette reduserer løftehøyden for store deler av vannmengden. Oppsamlingsbassenget for seksjonen i bunnen av tunnelen fungerer også som overløpsbasseng for seksjoner som ligger høyere. Pumpestasjoner pumper vannet via pumpeledning ut av tunnelen og ut i utslippskum. Pumpehøyden mellom seksjonene bør være mindre enn 100 m. Da kan det benyttes pumper og rørmateriell av klasse PN 10 som er enkelt tilgjengelig i markedet og ikke krever spesialbestilling (PN står for fransk "Pressure Nominal", dvs. nominelt trykk. Rørmateriell produseres i ulike trykk-klasser, PN-klasser som PN 6, PN 10, PN 16 osv., hvor tallet

angir maksimalt vanntrykk i bar som røret kan benyttes for). Trinnpumping reduserer energi-forbruket ved pumpingen.

Miljøet som pumpene befinner seg i er meget korrosivt pga. fuktigheten i lufta og innhold av korrosive stoffer i vannet. Det må tas hensyn til dette ved valg av pumpetyper og materialer i pumpene. Pumpeanlegg i undersjøiske tunneler blir utsatt for større arbeidsbelastning og mer aggressivt miljø enn tilsvarende anlegg i oversjøiske tunneler, og krever derfor større drifts- og vedlikeholdsinnsats.

I drift- og vedlikeholdssammenheng er det viktig å ha gode overvåkingssystemer for pumpenes funksjon, dvs. alarmer for utfall samt overvåking av driftstid. Videre utgjør inspeksjonsrutinene med tilhørende drifts- og vedlikeholdstiltak en nødvendig sikkerhet mot havarier og driftsstans. Forhold som spesielt må overvåkes og inspiseres, er:

- Pumpenes driftstemperatur
- Trykktanker og tilbakeslagsventiler
- Korrosjon på rør og sammenkoblinger/flenser

Bruk av vannmåler og vurdering av energiforbruk mot utpumpet vannmengde/løftehøyde gir verdifull informasjon om egnetheten på valgt pumpesystem.

7.5.6 Trafikkskilt og vegoppmerking

Trafikkskilt og vegoppmerking er en viktig del av det systemet som informerer, varsler, leder og styrer trafikantene.

For trafikkskilt betyr valg av materialer mye for levetiden, og dermed for de totale vedlikeholdskostnadene. For innvendige belyste skilt og lyssignal er det viktig å velge løsninger som tilfredsstillende krav til tetthet for støv og fuktighet.

Profilert vegoppmerking i tunnel vil bidra til økt synlighet for kantlinjene. Vegbanereflektorer kan være et alternativ eller supplement til kantlinjer. Dette krever imidlertid systematisk renhold av reflektorene.

Viktigste driftstiltak for å sikre funksjonen på trafikkskilt og vegoppmerking er renhold, med spyling, feiing og eventuell mekanisk vasking.

7.5.7 Overvåking og styring

Overvåking og styring i tunneler er rettet både mot trafikken i tunnelen, mot miljøet i tunnelen og mot de tekniske installasjonene. Overvåkingen skal dekke de behovene driften har for å sikre funksjonen til de tekniske systemene og for å kunne utføre drift og vedlikehold på en optimal måte, samt de trafikkstyringsbehov som oppstår ved uforutsette hendelser eller planlagte arbeider.

Overvåking av trafikken i tunneler blir stadig viktigere etter hvert som trafikken øker. Overvåkingen legger grunnlag for styring av trafikken med informasjon til trafikantene, lyssignal og bommer, for å optimalisere trafikkavviklingen i normalsituasjoner, og for spesiell regulering ved hendelser (planlagte og ikke planlagte). Overvåking gir også mulighet for å få tidlig informasjon om ulykker og dermed sikre rask innsats fra redningsetatene.

Miljøet i tunnelen kan overvåkes med hensyn til gass- og støvkonsentrasjon i lufta (luftkvalitet og sikt). Dette nyttes som grunnlag for å styre ventilasjonsanlegget og eventuelt stenge tunnelen.

Overvåking av de tekniske installasjonene (vifter, pumper, belysning m.m.) i tunnelen er viktig for å kunne oppdage feil og unngå driftsstans eller redusert trafikksikkerhet og framkommelighet.

Den viktigste driftsinnsatsen rettet mot overvåkings- og styringssystemene omfatter rutinemessige inspeksjoner og funksjonskontroller av systemene.

7.5.8 Tunnelrenhold

Et godt og riktig renhold i tunnelen skal bidra til:

- Godt miljø for tekniske installasjoner, med forbedring av funksjon og forlenging av levetid
- Bedre kjørekomfort for trafikantene
- Godt arbeidsmiljø i tunnelen
- Mindre forurensning for omgivelsen

Trafikantene skal sikres et renholds nivå i tunnellop og nisjer hvor nedsmussing av vegbane, skuldre, vegger og utstyr ikke forringer miljøet totalt vesentlig i forhold til en ren tunnel.

Renholdsbehovet påvirkes i betydelig grad av trafikkmengden, tungtrafikkandelen, envegs eller tovegs trafikk, ventilasjonsløsningen og overflaten på tunnelveggene.

Ideelt sett kunne renholdstiltak styres av renhetstilstanden i tunnelen. Det finnes imidlertid ikke gode metoder for å fastlegge renhetsnivå. Derfor vil man for de fleste tunneler benytte faste tidsintervall, eller renholdshyppighet, som grunnlag for styring av renholdsinnsatsen.

Renhold av tunneler utføres som *helvask* som omfatter rengjøring av tak, vegger og utstyr, samt feiing av kjørebane og skulder. *Halvvask* omfatter det samme, men ikke taket, og *teknisk vask* som kun omfatter rengjøring av tunnelutstyret. Kvaliteten på tunnelrenhold (resulterende renhet) skal styres ved å gi spesifikasjoner for vaskemetode (beskrivelse av utførelse) eller ved kontroll av resultatet etter utført vask [ref. 16].

Vaskemetoder for tunnelrenhold er under kontinuerlig utvikling. Det er viktig å nytte beste kunnskap med hensyn til vannforbruk, vanntemperatur og vanntrykk. Vaskeutstyret betyr mye for resultatet, her er forhold som antall dyser og dysetyper samt spyleavstand og spylevinkel avgjørende. Alle disse faktorene samt framdriftshastighet på utstyret må tilpasses type vask og den enkelte tunnel (type konstruksjon, overflater, utstyr).

7.6 Tunnelens oppetid

Tunnelens tilgjengelighet for trafikantene betegnes som tunnelens oppetid. Oppetid, eller det motsatte den tid tunnelen er stengt, er et kjennetegn for kvalitet sett fra trafikantenes og omgivelsenes side. Høy oppetid og liten stengt tid betyr god framkommelighet for trafikantene og lav forstyrrelse (trafikk, støy og forurensning) for omgivelsene.

Årsaker til stengt tid for tunnelen utgjøres av hendelser som kan samles i hovedgruppene planlagt og ikke planlagt hendelse:

- (A) Planlagt stengning
 - Rullerende drift og vedlikehold
 - Rehabilitering/oppgradering av tunnel og/eller tunnelutstyr

(B) Ikke planlagt stengning

Driftsoppgaver

Trafikale hendelser (ulykker, uhell, kjøretøystopp, brann i kjøretøy, m.m.)

Reparasjon/ekstern årsak (påkørsler av kjøretøy, lynnedslag m.m.)

Konstruksjonssvikt (brudd i konstruksjon, nedfall fra tak/vegger m.m.)

Teknisk systemsvikt (feil ved teknisk utstyr, IKT-system m.m.)

Selv om hendelser som trafikkulykker og konstruksjonssvikt mht. konsekvenser er de mest alvorlige hendelsene, representerer disse i snitt en liten andel av den totale stengetiden for en gjennomsnittstunnel. Det som forårsaker mest stengetid over en normal tunnels levetid, er rullende drift og vedlikehold, og gjennomføring av rehabiliterings- og oppgraderingstiltak. Utformingen av tunneler og valgt kvalitet ved bygging og rehabilitering/oppgradering, samt effektive rutiner for drift og vedlikehold har derfor stor betydning for tunnelens totale oppetid.

Vi har et mål om at oppetid skal innføres som kvalitetsparameter med tilhørende mål og rutiner for oppfølging for vegtunneler. Statens vegvesen har ikke definert konkrete krav til oppetider for tunneler eller andre deler av vegnettet. Det er imidlertid gjennomført grunnleggende arbeid knyttet til oppetidsvurderinger og konkretisering av parameteren oppetid [ref. 20, 21]. For den enkelte tunnel må oppetidskrav defineres lokalt, alternativt kan oppetid benyttes som konsekvens for å måle effekten av hendelser og/eller tiltak. En slik angrepsvinkel vil bidra til at det kan tilrettelegges for å utføre drift, vedlikehold og rehabilitering uten å stenge tunnelen for trafikk eller med minimal stengetid.

Det vil også etter hvert være riktig å utvide oppetidskravet fra å gjelde bare den enkelte tunnel til å inkludere rutevise betraktninger. På sikt vil arbeidet med konkrete tunnelprosjekter kunne bidra til å etablere grunnlaget for formelle krav til enkelttunneler og vegruter, på linje med krav til tillatt «oversitting» ved fergeforbindelser og Jernbaneverkets krav til punktlighet, regularitet og oppetid for jernbaneinfrastrukturen og togframføringen.

Referanser

- 1 Vegtunneler
Håndbok N500 Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- 2 Standard for drift og vedlikehold av riksveger
Håndbok R610 Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- 3 Vann- og frostsikring i tunneler
Håndbok R510 Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- 4 Sikkerhetsforvaltning av vegtunneler
Håndbok R511 Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- 5 FOR 2007-05-15 nr. 517
Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften)
- 6 Krav til vedlikeholdsmanual for tunneler
15. desember 2006 Vegdirektoratet
- 7 Samfunnstjenlige vegtunneler
Utforming, drift og vedlikehold av vegtunneler og tilhørende tekniske installasjoner
VEILEDER, Desember 2004
- 8 Kvalitetsoptimering av vgtunnlar under drift
Utskott 32: Broar och tunnlar; Undergrupp tunnlar – NVF Rapport nr. 07/2008
- 9 Trinnpumping i undersjøiske tunneler
Rapport nr. 2402, 2005-08-30 Teknologivdelingen, Vegdirektoratet
- 10 Trafikkulykker i Vegtunneler 2. En analyse av trafikkulykker i vegtunneler på riksvegnettet for perioden 2001 – 2006
Veg og trafikkavdelingen, Trafikksikkerhetsseksjonen
Rapport nr. 7/2008 Vegdirektoratet
- 11 Trafikkulykker i undersjøiske vegtunneler
Veg- og trafikkavdelingen, Trafikksikkerhetsseksjonen
Rapport nr. 5/2005 Vegdirektoratet
- 12 Veileder for risikoanalyser av vegtunneler
Veg- og trafikkavdelingen
Rapport TS 2007-11 Vegdirektoratet
- 13 Sikkerhet i vegtunneler
Marius Hofseth, Trafikksikkerhetsseksjonen, Vegdirektoratet
Tunnel, geologi og betong. Innlegg ved Teknologidagene 2009
- 14 Retningslinjer for saksbehandling ved brannsikring av vegtunneler
Samferdselsdepartementet – Kommunal- og regionaldepartementet, juli 2000

- 15 Novapoint Tunnel: Geologi og bergsikring
Brukerveiledning
Vegdirektoratet 2011
- 16 Renhold i tunneler: Prosjektrapport
97-3615 Driftsteknisk avdeling, Vegdirektoratet
- 17 Lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr
www.lovdatab.no
- 18 Forskrift om kvalifikasjoner for elektrofagfolk
www.lovdatab.no
- 19 Inspeksjon av berg og bergsikring i vegtunneler
Statens vegvesens rapporter, nr. 199
- 20 Samfunnstjenlige vegtunneler Delprosjekt I:
Forslag til Krav til åpne tunnel – tilgjengelighet
Intern rapport 2222 (06.04.2002), Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet
- 21 Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 – 2010: Vegtunnelers oppetid
Statens vegvesens rapporter Nr. 143 August 2012
- 22 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning
Håndbok V124 Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- 23 Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008-2011:
Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2011
Statens vegvesens rapporter Nr. 162 Oktober 2012

Kapittel 8 Drenering

Geir Berntsen, Statens vegvesen

8.1	Overflatedrenering	100
8.1.1	Våt vegbane og friksjon	101
8.1.2	Vannplaning	101
8.1.3	Siktforhold/sprut	102
8.1.4	Fremkommelighet - Rullemotstand/drivstoffforbruk	102
8.1.5	Erosjon på sideareal og grusveger	103
8.1.6	Overvann i bymessige strøk	103
8.1.7	Infiltrasjon av vann inn i vegkonstruksjonen	104
8.2	Drenering av vegkonstruksjonen	104
8.2.1	Finstoff, vanninnhold og bæreevne	104
8.2.2	Grunnvannstand	106
8.2.3	Teleløsning	107
8.3	Ulike dreneringselementer og aktuelle tiltak	109
8.3.1	Krav i vedlikeholdsstandarden	109
8.3.2	Avrenning fra kjørebane	109
8.3.3	Overvannsgrøfter	110
8.3.4	Drensgrøfter	110
8.3.5	Terrenggrøfter og overvannsgrøfter utenfor vegområdet	112
8.3.6	Stikkrenner/kummer	112
8.3.7	Lukket drens- og overvannsanlegg	115
8.4	Drenering i forbindelse med dekkelegging og rehabilitering	115

8 Drenering

Drenering betyr i denne sammenhengen å lede bort vann fra vegen og fra tilstøtende områder. Hensikten er å forhindre at vann skal påføre vegen, omkringliggende områder eller trafikantene skader.

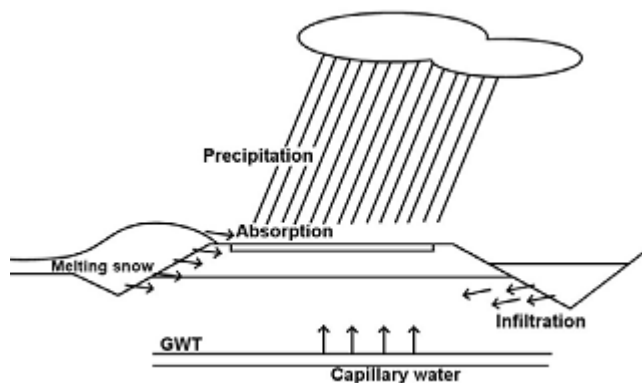
Vannet kommer som nedbør, smeltevann, grunnvann, vann som infiltreres fra grøfter og sideliggende terreng og fra bekker, elver etc. Fukt vil også kunne kondenseres på vegoverflaten ved spesielle værforhold, men dette er ikke behandlet her.

Håndbok R610, Standard for drift og vedlikehold av riksveger, setter krav til drenssystemet for en veg:

Avvannings- og dreneringssystem skal hindre vannansamling på vegbanen, på gang- og sykkelveg og fortau, i vegkropp og konstruksjoner samt samle opp, eventuelt fordrøye, rense og lede vannet bort fra vegbane, gang- og sykkelveg og fortau, vegkropp, konstruksjoner og vegens sideområde til vedtatte resipienter for å:

- opprettholde trafikksikkerhet og framkommelighet for alle trafikanter samt unngå vannsprut på fotgjengere/syklister og eiendommer fra overflatevann på vegen
- unngå akselerert nedbryting av vegkropp og konstruksjoner samt erosjonsskader på vegens sideområde
- unngå forurensning av områder langs vegen og vassdrag

Dreneringssystemet skal med andre ord lede bort vann fra overflaten, fra vegkroppen og fra andre konstruksjoner.



Figur 8.1 Vann på og i vegen kommer fra flere kilder (Illustrasjon og foto: Roadex.org)

8.1 Overflatedrenering

I følge R610, Vedlikeholdsstandarden, skal overflatevann bort fra vegoverflaten p.g.a. hensynet til trafikksikkerhet, framkommelighet og vannsprut. Manglende eller utilfredsstillende overflatedrenering kan forårsake:

- Redusert trafiksikkerheten av følgende årsaker
 - våt vegbane får redusert friksjon
 - fare for vannplaning
 - vannsprut som reduserer sikt
 - vann som fryser til is
- Redusert fremkommelighet og økt drivstofforbruk
- Infiltrering av vann inn i vegkonstruksjonen

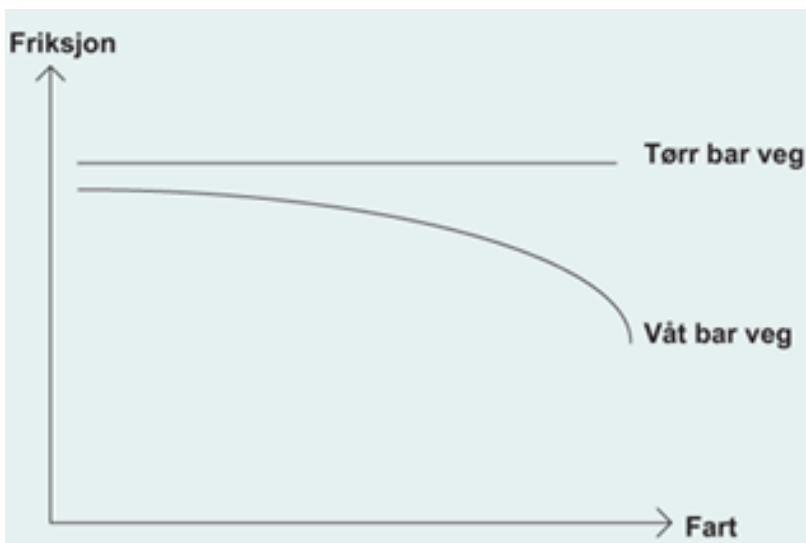
8.1.1 Våt vegbane og friksjon

En fuktig vegoverflate har dårligere friksjon enn tørr. Overflatevann må derfor raskest mulig ledes bort fra vegarealet.

Tørr asfaltflate har normalt en friksjonskoeffisient lik 0,7-0,9, mens friksjonskoeffisienten for våt asfalt bare er 0,4-0,7. Friksjonen på tørr asfalt er tilnærmet upåvirket av kjøretøyenes hastighet, men for våt asfalt vil økt hastighet redusere denne slik som illustrert i figur 8.2.

Risikoen for personskadeulykker på våt bar veg er anslått til å øke med 20 % i forholdt til tørr veg og ca. 40 % om natten da førere har lenger reaksjonstid. Økningen i risiko på våt veg tiltar med nedbørmengden, spesielt på slitte vegdekker. (Trafiksikkerhetshåndboka, Transportøkonomisk institutt - TØI).

I Norge har problemene med friksjon vært mindre enn i andre land da piggdekkene har gitt en ru overflate. Nå er imidlertid piggdekkandelen sterkt redusert slik at denne friksjonsforbedringen har uteblitt i en viss grad.



Figur 8.2 Overflatevannets innvirkning på friksjon (Trafiksikkerhetshåndboka, TØI)

8.1.2 Vannplaning

Ujevnheter i vegoverflaten (spor, setninger, telehiv etc.) gjør at overvann blir stående i vegbanen. Dette medfører fare for vannplaning og dermed svært liten friksjon.

Vannplaning er en betegnelse på at [bilhjul](#) under bestemte forhold mister kontakten med [vegbanen](#). Mekanismen er at ved kjøring på våt veg bygges opp en [vannkile](#) foran hjulet. Avhengig av ulike faktorer (vegens overflatetekstur, vannmengde, kjørehastighet, dekkmønster m.m.) kan denne vannkilen trenge inn under hjulene og føre til at bilen verken reagerer på

styring eller bremsing. Den «flyter» i praksis på en vannpute. Dette er en svært farlig tilstand som lett forårsaker at kjøretøyet mister veggrepet med påfølgende fare for kollisjon eller utforkjøring.

8.1.3 Siktforhold/sprut

Vann på vegoverflaten medfører vannsprut fra kjøretøyer. Dette er til fare og sjenanse for øvrig trafikk og omkringliggende områder.

Vannsprut på frontruter gir dårlig sikt og dermed redusert trafikksikkerhet. I tillegg vil vann som virvles opp, danne en ”sky” med vanndråper som også reduserer siktforholdene. Dette kan være et problem spesielt i forbindelse med forbikjøringer hvor krav til sikt er nødvendig.

Salting av vegene er et ofte debattert tema, også i denne sammenheng. ”Saltsprut” viser seg å kunne forårsake skader på omkringliggende vegetasjon og rustskader på kjøretøyer. Saltet skaper ofte våt vegbane i seg selv (tiner snø, holder på vannet), og gode avrenningsforhold kan slikt sett sies å være ekstra viktige på disse parsellene.



Figur 8.3 Våt vegbane kan gi svært dårlige siktforhold (TRB 09-1913, Rungruangvirojn and Kanitpong)

8.1.4 Fremkommelighet - Rullemotstand/drivstofforbruk

Overvann som blir stående i kjørebane, vil også medføre at drivstofforbruket for kjøretøyene øker.

Dersom det er vann eller snø på vegen øker rullemotstanden, og dermed også drivstofforbruket, med 10-20 %. (Kilde; Volvo Trucks Norway).

Grusveger hvor slitelaget blir oppbløtt, vil også gi betydelig større rullemotstand og dermed øke drivstofforbruket. Ved ekstrem oppbløtning, slik som i teleløsningen, kan gjøre grusveger tilnærmet ufremkommelig.



*Figur 8.4 Fremkommelighetsproblem i teleløsningen
(Foto: Kjell Robertsen, Svv Region Nord)*

8.1.5 Erosjon på sideareal og grusveger

Overflatevann vil kunne medføre erosjon i vegfyllings- og skjærings-skråninger. Avhengig av nedbørmengden kan dette gi omfattende skader.

Erosjon om følge av overflatevann må sees i sammenheng med evt. grunnvannsutsig i skråningen, som også medfører erosjon.

Erosjon i skråninger medfører at dreneringssystemet slammes igjen av finpartikler og mister sin funksjon. Erosjonen kan i verste fall medføre stabilitetsproblemer og utglidning av materialer i skråningen.

I vegfyllinger vil erosjonen kunne medføre at skulder/vegbanekant blir vasket bort.

Overflateerosjon kan også forekomme der vi har grusdekker. Dette er særlig på steder hvor sidegrøftene ikke fungerer, eller der vegen mangler nødvendig tverrfall.



*Figur 8.5 Regn og snøsmelting kan gi omfattende skader på et grusdekke
(Foto: Svv Region Nord)*

8.1.6 Overvann i bymessige strøk

Overflatevann i bymessige strøk må ledes bort på en slik måte at dette ikke skaper problem for trafikkavvikling og skader på veg og bygninger/terreng. I slike områder benyttes som regel et lukket dreneringssystem hvor overflatevannet ledes ned i systemet gjennom sluk, kummer og overvannsledninger.

Hvis sluk, kummer eller overvannsledninger ikke fungerer som forutsatt vil det fort kunne oppstå problemer som vist i figuren under.



*Figur 8.6 Overflatevann skaper ofte problemer for framkommeligheten
(Foto: NCCRoads)*

8.1.7 Infiltrasjon av vann inn i vegkonstruksjonen

En hensikt med et asfaltdekke er å forhindre at vann infiltreres ned i konstruksjonen. Asfaltdekket skal altså fungere som et tak på over vegkonstruksjonen. Hvordan vann påvirker vegkonstruksjonen er beskrevet i kap. 8.2.

Sprekkeutviklingen er raskere og større i en svak veg i forhold til en sterk. Konsekvensen av dette er at en svak veg blir enda svakere som følge av vanninntrenging.



*Figur 8.7 Sprekker i asfaltdekke
(Foto fra ViaPhoto, Statens vegvesen)*

En svak veg får også lettere deformasjonsspor og andre deformasjonsskader. Dette gjør det vanskeligere å fjerne vannet fra overflaten og i kombinasjon med sprekker, vil vannet få god tid til å treng inn i vegkonstruksjonen.

På den annen side vil sprekkene hjelpe til å drenere og tørke ut konstruksjonen etter nedbør.

8.2 Drenering av vegkonstruksjonen

Manglende eller utilfredsstillende drenering av vegoverbygningen vil i første rekke medføre strukturelle problemer med bæreevnesvikt og redusert dekkelevetid. Mangelfull drenering vil også kunne medføre telehiv.

8.2.1 Finstoff, vanninnhold og bæreevne

Grus, sand og pukkk er de viktigste råstoffene som benyttes i vegbygging. Disse benyttes fordi de har god bæreevne og kan fordele lasten mot underliggende lag i overbygningen og undergrunnen.

Dersom materialene inneholder finstoff, vil de kunne få redusert bæreevne når vanninnholdet øker. I håndbok N200 Vegbygging er det satt krav til maksimal mengde finstoff (prosentandelen mindre enn 0,063 mm) for vegbyggingsmaterialer ut fra vannfølsomhet og telefarlighet. Med vannfølsomhet menes at et materiales bæreevne reduseres ved økt fuktighet. Dette vil også være avhengig av typen finstoff, ikke bare mengden. Telefarlighet beskriver materialets evne til å suge opp vann og danne islinser når det fryser, med påfølgende telehiv.

Vanninnholdet i et materiale vil være avhengig av mange forhold, bl. a.;

- Mengden finstoff
- Type finstoff
- Tilførsel av vann fra overflaten (nedbør, sol, tørke etc.)
- Tilførsel av vann fra strømminger i grunnen
- Kapillært porevann over grunnvannsnivå
- Hystereseeffekter i forbindelse med tørking og oppfukning

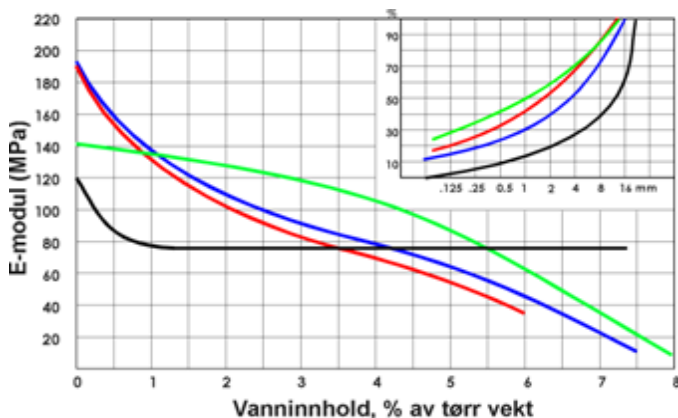
Vann binder seg til overflaten av tilslaget og mengden vann vil dermed være avhengig av det samlede overflatearealet. Denne overflaten er langt større for et fint material enn for et grovt material.

Et materiale med mye finstoff blir også tett og får lav permeabilitet. Dette er en ulempe ved trafikkbelastninger. Når materialet utsettes for en belastning trykkes det sammen. Dersom vannet ikke får tid til å dreneres ut av materialet vil en del av trykkbelastningen bli tatt opp i vannfasen og dette reduserer kontaktrykket mellom mineralkornene (effektivtrykk). Da skjærstyrken ligger i friksjonen mellom mineralkornene, reduseres denne og medfører i sin tur lavere bæreevne og økte deformasjoner.

Desto tettere materialet er, desto større vil dette trykket i vannfasen være. Også økt last vil øke poretrykket.

Finstoff som er karakterisert som plastisk, sveller ved oppfukning og vil medføre at dreneringsmuligheten for vann ytterligere reduseres. Svelling medfører også at friksjonskreftene mellom kornene reduseres.

Figur 8.8 viser et eksempel hvor fire materialer med ulikt innhold av finstoff er undersøkt. Elastisitetsmodulen er bestemt ved ulike vanninnhold, og figuren viser at E-modulen reduseres for materialene med mye finstoff når vanninnholdet øker. Materialet uten finstoff (svart linje i figuren) er omtrent upåvirket av vanninnholdet og dette er en sammenheng som er svært viktig å være klar over i all vegbygging.



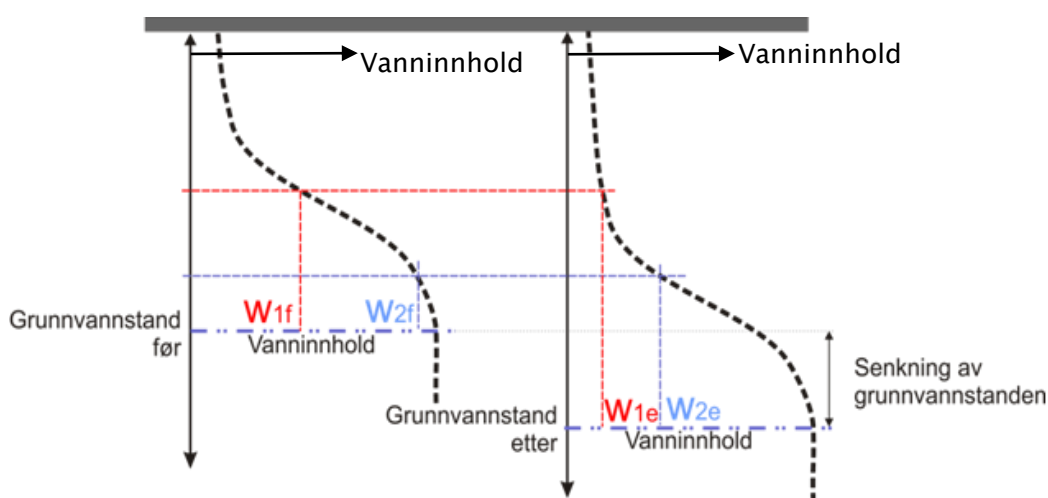
Figur 8.8 E-modulen for granulære materialer varierer med finstoff- og vanninnhold (Illustrasjon: Geir Berntsen)

For materialene med finstoff reduseres elastisitetsmodulen til en sjuendedel når vanninnholdet økes fra 1 til 7-8 %. Dette betyr at deformasjonen øker sju ganger ved samme belastning.

8.2.2 Grunnvannstand

At vann suges opp på grunn av kapillære krefter i en jordmasse er kjent. Figur 8.9 viser hvordan vanninnholdet eller metningsgraden endrer seg over grunnvannsnivået for et typisk jordmateriale. Denne typen kurve kalles poresugskurve. Figuren viser hvordan poresugskurven parallellforskyver seg når grunnvannstanden reduseres.

Formen på kurven vil være avhengig av porestørrelsesfordelingen i materialet. For et grovt materiale med lite kapillært vann vil poresugskurven raskt gå mot null (men vil aldri bli null da det alltid vil være noe vann bundet til steinoverflaten). For et tett materiale, f. eks. leire eller silt, vil vanninnholdet avta langsomt med høyden over grunnvannsnivået.

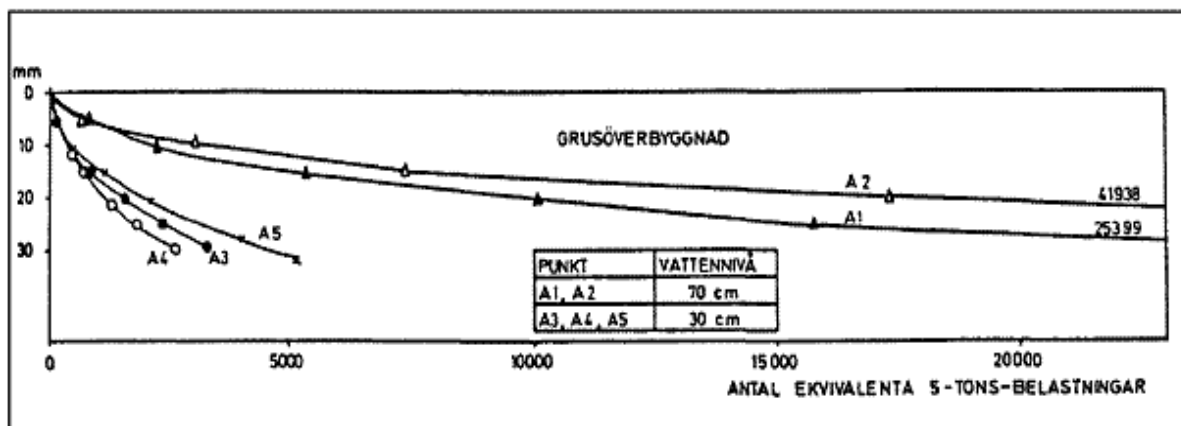


Figur 8.9 Eksempel på poretrykkskurver (Illustrasjon: Geir Berntsen)

Hvis grunnvannstanden senkes under en vegkonstruksjon vil dette redusere vanninnholdet i de granulære materialene og dermed forbedre vegens bæreevne. Vanninnholdsreduksjonen er vist for to nivåer med w_1 og w_2 før og etter grunnvannsreduksjon

Effekten av redusert grunnvannstand kan illustreres vha. et svensk forsøk vist i figur 8.10. Her ble en vegkonstruksjon bygget opp i et betongbasseng slik at vannstanden kunne kontrolleres. Overflaten ble så utsatt for gjentatte belastninger tilsvarende 5 tonns hjullast, og de permanente deformasjonene under lasten ble registrert.

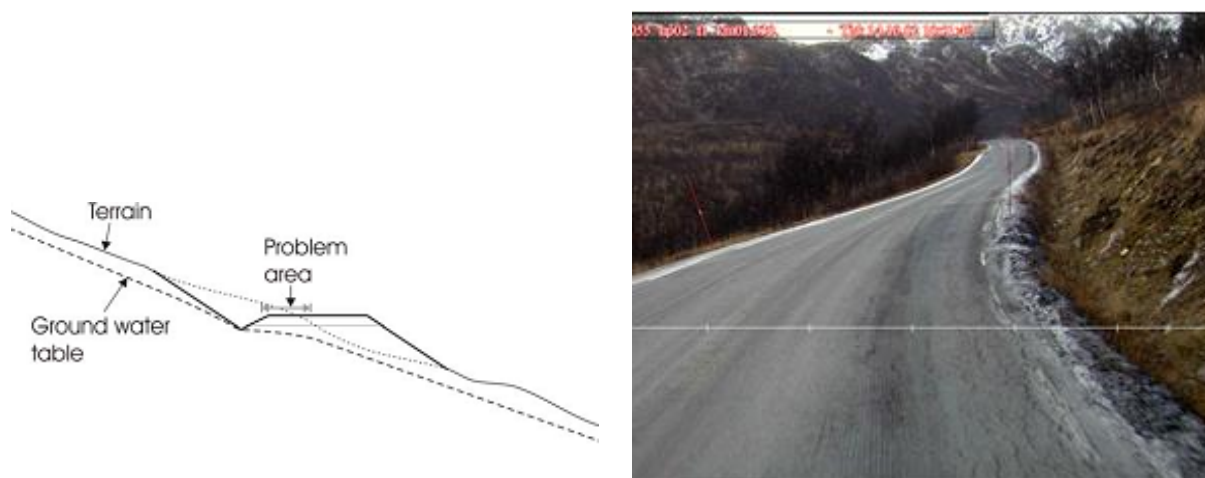
For linjene A3, A4 og A5 er grunnvannstanden 30 cm under overflata. Etter 2500-5000 belastninger deformasjon var deformasjonen 30 mm. Linje A1 og A2 viser deformasjonsutviklingen når grunnvannstanden ble senket til 70 cm under overflaten. Selv etter 25000 belastninger har ikke deformasjonen blitt 30 mm.



Figur 8.10 Deformasjoner under trafikklast avhengig av grunnvannstand

Dette eksemplet viser svært godt effekten av å utbedre grøftene på en veg. Særlig for mange veger på det sekundære vegnettet er grøftetilstanden slik at grunnvannet ligger høyt oppe i konstruksjonen. Nyten av å øke grøftedybden er sannsynligvis den mest kostnadseffektive måten å bedre en slik vogs bæreevne og levetid.

For en veg i skrånende terreng vil grunnvannstanden ligge nærmest vegoverflaten i øvre vegkant (skjæringssiden); se figur 8.11. Undersøkelser av måledata fra slike parseller viser at spor og deformasjoner som oftest utvikler seg langt raskere i det øvre kjørefeltet.



Figur 8.11 Skader kommer ofte først der hvor grunnvannstanden er høyest (Foto fra VidKon, Statens vegvesen)

8.2.3 Teleløsning

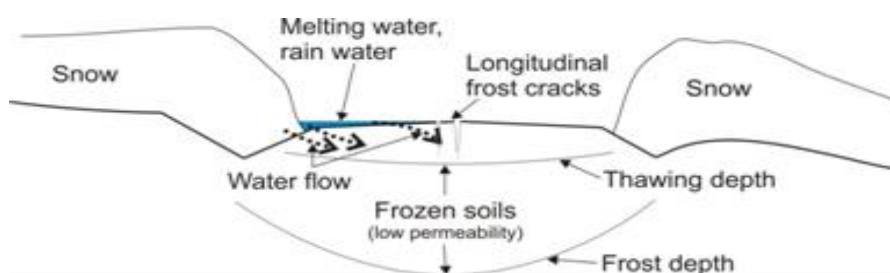
Ved frysing av en telefarlig jordart vil, dersom vann er tilgjengelig, dette bli sugd opp til frysefronten og danne islinsener. Islinsene vil kunne danne telehiv som igjen skaper ujevnheter på vegoverflaten.

I teleløsningen smelter islinsene og gir et overskudd av vann i materialet. Dette vil/kan gi en betydelig reduksjon i materialenes bæreevne. For å redusere skadene på vegnettet har enkelte

land, bl. a. Sverige og Finland, restriksjoner mht. tillatt aksellast i teleløsningsperioden. I Norge ble slike restriksjoner benyttet i stor grad før 1995.

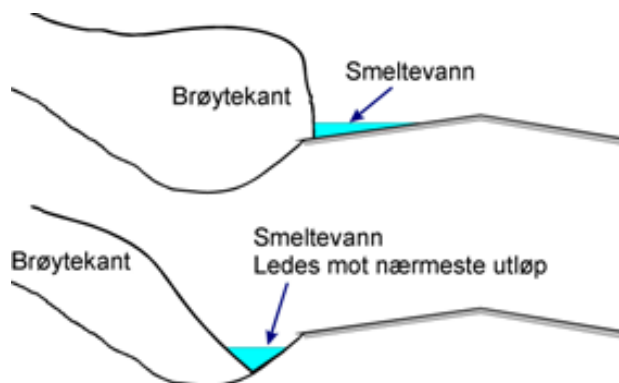
Vanligvis skjer tiningen ovenfra og nedover. Det frosne laget som ligger under den tinte sonen, vil være tilnærmet impermeabelt; dvs. at vann som tiner blir stående fastlåst i vegoverbygningen slik som vist i figur 8.12. I tillegg kan brøyteskavler hindre at smeltevann dreneres ut og dermed samle seg på vegoverflaten. Dette vannet vil gi problemer for trafikantene som beskrevet for overflatevann. I perioder med varierende temperaturer (nattefrost etc.) kan det oppstå svært glatte partier når smeltevannet fryser på overflaten.

Overflatevannet vil også trenge ned gjennom vegskuldrene og gjennom sprekker i vegen, og vil være med å bidra til et høyt vanninnhold i vegkroppen over det frosne jordlaget.



Figur 8.12 Smeltevann kan gi kritiske forhold både på vegoverflate og i overbygningen (Illustrasjon: Geir Berntsen)

Det er derfor av stor viktighet å bli kvitt dette vannet. Dette gjøres normalt ved å fjerne snø fra grøftene slik at vannet får anledning til å dreneres bort.



Figur 8.13 Viktig å fjerne brøytekantene for å skape avløp for smeltevannet (Illustrasjon: Geir Berntsen)

Teleløsningsperioden er kritisk mht. nedbrytning av veger. Denne nedbrytningen kan best bekjempes i forbindelse med bygging av ny veg ved å bruke materialer som ikke er telefarlige, og samtidig sørge for at dreneringssystemet fungerer. I forbindelse med rehabilitering av gamle veger er det viktig å vedlikeholde og eventuelt forbedre dreneringen på steder hvor dette er årsaken til nedbrytningen.

8.3 Ulike dreneringselementer og aktuelle tiltak

8.3.1 Krav i vedlikeholdsstandarden

Planleggings- og byggefasen er avgjørende for om vann vil medføre skader i en veg. Eksempelvis vil bruk av riktige materialer og valg av riktig dekketype ha stor betydning. Dreneringsløsningene må også være slik at systemet har tilstrekkelig kapasitet til å lede vann bort fra og ut av en vegkonstruksjon. I byggefasen er det viktig å sørge for erosjonssikring av skråninger og grøfter. Drenerings- og avvanningssystemet må planlegges og bygges slik at det kan vedlikeholdes.

Her i landet har vi svært mange gamle og nedslitte veger hvor det kan være vanskelig å bestemme hvilke tiltak som er rett mht. utbedring av et dårlig fungerende dreneringssystem. Noen tiltak kan også lett komme i konflikt med andre ønsker mht. vegstandard. Et typisk eksempel her er grøfting kontra vegbredde og stabilitet av vegskulder/vegskråning.

Uansett vil godt planlagte og bygde veger ha behov for vedlikehold. Vedlikeholdsstandarden, Håndbok R610, gir krav til ulike parametere for forskjellige dreneringselementer, men har også følgende generelle krav til dreneringen av en veg som er beskrevet i innledningen av dette kapittelet.

Standarden har videre følgende krav:

- Overflatevann skal renne uhindret bort fra trafikkerte arealer og sideområde.
- Vann skal renne ut av og bort fra vegkropp og konstruksjoner.
- Vann fra omkringliggende områder skal renne forbi eller gjennom vegområdet uten å medføre fare for trafikanter eller skade på vegkropp og konstruksjoner.
- Vann skal til en hver tid være sikret fritt avløp.

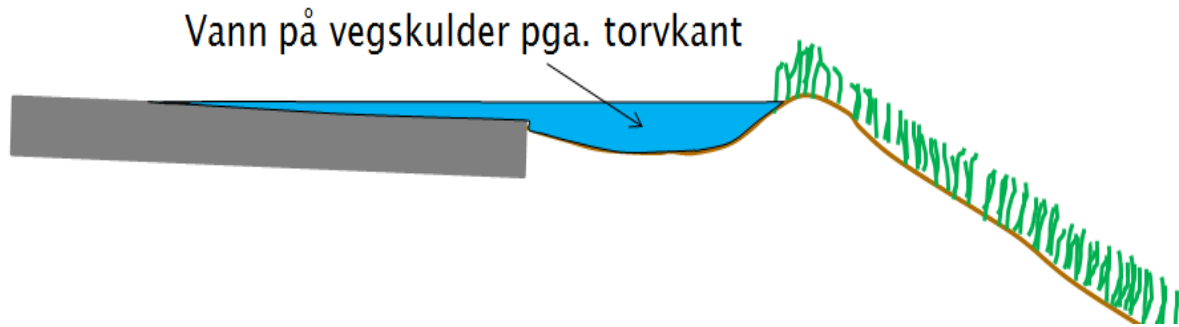
Vedlikeholdsstandarden behandler også kortfattet krav til følgende dreneringselement/punkter:

- Avrenning fra vegbanen
- Overvannsgrøft
- Drensgrøft
- Terrenggrøfter og overvannsgrøfter utenfor vegområdet
- Stikkrenner/kummer
- Lukket drens- og overvannsanlegg
- Veger uten fullstendig drens- og avløpsanlegg
- Tunneler

8.3.2 Avrenning fra kjørebanelen

Hinder utenfor vegbanen som fører til vannansamlinger på vegbanen skal fjernes innen 1 uke dersom vannansamlingen har en utstrekning på 0,7 m 3 timer etter avsluttet regnvær.

Torvkanter, dreneringshull i rekkverk etc. som hindrer vannavrenning skal være fjernet/utbedret innen 4 uker.



Figur 8.14 Torvkanter skal fjernes (Illustrasjon: Geir Berntsen)

Betongrekkverk er som regel kontinuerlig støpt eller betongelementer. Disse har dreneringshull med jevne mellomrom slik at vannet kan slippe gjennom. Det må sørges for at disse holdes åpne i perioder med løv/vegetasjon eller snø/is på veien.

I tillegg er det viktig å opprettholde tverrfallet på veien. Vedlikeholdsstandarden setter krav til minimum tverrfall, og dette skal utbedres i forbindelse med reasfaltering/rehabilitering. Særlig på grusveger ser vi ofte at dette er dårlig. Tverrfallet må korrigeres i forbindelse med oppgrusing og høvling.

8.3.3 Overvannsgrøfter

Overvannsgrøft benyttes til å lede bort overvannet fra vegbanen i de tilfeller hvor man har et lukket drens-system som drenerer selve vegkroppen. Overvannsgrøften skiller seg i utforming fra dyp drensgrøft ved at denne er mye grunnere og har lavere kapasitet mht. vannmengde.

8.3.4 Drensgrøfter

For å drenere vegkonstruksjonen benyttes åpne eller lukkede drensgrøfter. Åpne grøfter er mest vanlig da disse er betydelig billigere enn lukket drenering. Lukket drenering benyttes ofte på høytrafikkerte veier, i bystrøk eller andre steder hvor en åpen grøft tar for stor plass eller er uhensiktsmessig av andre årsaker. Lukket drenering benyttes også i lange skjæringer. Vegnormalene gir retningslinjer for når dette skal benyttes.

Åpen grøft med formål å drenere vegkonstruksjonen, blir ofte kalt dyp sidegrøft for å skille denne fra overvannsgrøft, terrenggrøft og andre grøfter.

Grøfter vil slammes opp av materialer, bl.a. som følge av overflateerosjon i sideskråninger og strøsand fra veien. I tillegg vil vegetasjon lett etablere seg i en åpen grøft, noe som også reduserer grøftens funksjon. Med jevne mellomrom må derfor grøften renskes og vedlikeholdsstandard angir når dette må utføres. På utsatte steder med erosjonsømfintlige materialer vil det være nødvendig med rensk hver vår.



Figur 8.15 Dype sidegrøfter må renskes jevnlig for å opprettholde funksjonen (Foto: Geir Berntsen)

Reglene for grøftevedlikehold i vedlikeholdsstandarden er avhengig av om vegen er bygd etter vegnormalstandard (håndbok N200) eller ikke og er som følger:

Vegbygging (grøfteklasse 1):

Grøftens opprinnelige tverrprofil inkludert dybde og vegens opprinnelige skulder skal opprettholdes.

Oppslamming av grøften skal være mindre enn 20 % i forhold til prosjektert grøftedybde (grøftedybde uten slam).

Andre veger (grøfteklasse 2):

Grunn sidegrøft (lukket drenering):

Grøftedybden, målt som høyde fra vegkant til grøftebunn, skal være større enn 0,2 meter.

Grøfteskråning skal ha helning på 1:4 eller etter spesiell beskrivelse.

Dyp sidegrøft (åpen drenering):

Grøftedybden, målt som høyde fra vegkant til grøftebunn, skal være større enn vegoverbygningens høyde.

Grøfteskråning skal ha helning på 1:2 eller etter spesiell beskrivelse.

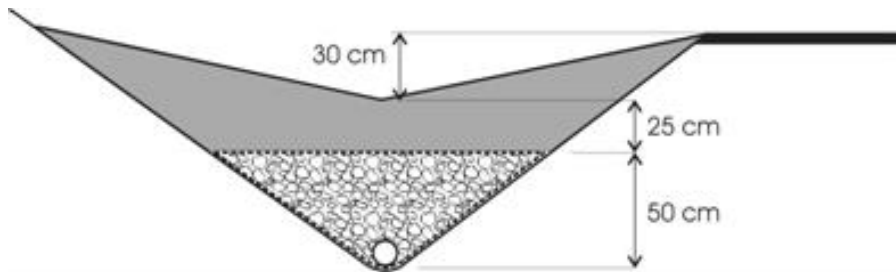
Vegnormalen (Håndbok N200) sier at ved bygging av ny veg skal grøftebunnen ligge minimum 35 cm under vegoverbygningen og vedlikeholdsstandarden (Håndbok R610) sier at grøftedybden skal ligge under vegoverbygningen der vegen ikke er bygd etter vegnormalen. Det tillates altså en dårligere drenering i driftsfasen enn ved nybygging, men hovedproblemet er at vi ofte ikke har kjennskap til tykkelsen av vegoverbygningen.

Grøftene skal ha et mest mulig jevnt fall og dersom det oppstår vanndammer i grøften med utstrekning lengre enn 2 m 3 timer etter avsluttet regnfall, skal grøften utbedres innen 4 uker.

Grøfting kan med fordel utføres i forkant av reasfaltering eller ved oppgrusing av kjørebanelen for grusveger. Det er viktig at arbeidet ikke medfører skader på fyllings- eller skjæringsfot slik at skråningsstabiliteten ødelegges. Skulderkanten må heller ikke skades slik at vegbredde/vegprofil kan beholdes.

Enkelte steder kan grøfting være vanskelig å gjennomføre. Dette gjelder ofte gamle veger, gjerne grusveger eller veger som har vært grusveger i lengre tid før de har fått fast dekke. Her har stadige oppgrusinger og høvlinger over tid flyttet på massene og gjort vegen gradvis bredere. Dette har gitt svake kanter og grøfting vil her ta vekk innspenning og gjøre kantene enda svakere. I slike tilfeller bør helst vegen rehabiliteres fullstendig.

En alternativ løsning kan være som vist i figur 8.16 hvor grøften er fylt med en pukkestreng som er lagt i en fiberduk. Ved større vannmengder vil det være nødvendig med et drenerør i bunnen av pukklaget. Form på pukkestrengen og dimensjoner må tilpasses stedlige forhold.

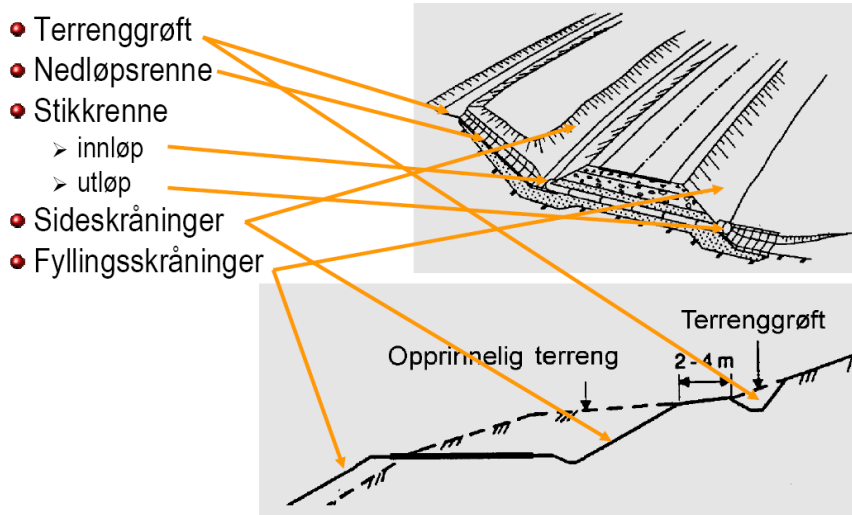


Figur 8.16 Alternativ utforming av sidegrøft ved særlig dårlige innspenningsforhold

8.3.5 Terrenggrøfter og overvannsgrøfter utenfor vegområdet

For å forhindre at vann gjør skade på sideskråninger og vegfyllingsskråninger er det nødvendig å etablere terrenggrøfter, overvannsgrøfter og nedløpsrenner for å ta hånd om vannet før det når vegområdet.

Grøftesystemer utenom vegarealet kan i ettertid ofte være vanskelig tilgjengelige, og det kan derfor være lønnsomt å utforme disse slik at behovet for senere vedlikehold blir minimalt (størrelse, plastring etc.).



Figur 8.17 Drenelementene utenfor vegområdet er også svært viktige

8.3.6 Stikkrenner/kummer

Funksjonen til ei stikkrenne er å lede vann gjennom vegen og ned i det naturlige drenerings-systemet. Med naturlig dreneringsystem menes bekker, elver og områder som kan ta i mot disse vannmengdene. Stikkrennene plasseres i naturlige bekkeleier og i lavbrekk og andre plasser hvor vannet naturlig samler seg. I innløpet av stikkrenna har man ofte en innløpskum.

Fungerer ikke ei stikkrenne som forutsatt vil dette kunne medføre oversvømmelser og store skader. I ytterste konsekvens kan hele vegen vaskes bort.

Følgende skader/problemer er vanlige i forbindelse med stikkrenner:

- Oppslamming med sand og grus
- Gjentetting av inntak
- Skadet rør som gir lekkasjer
- Slitasje og rust
- Erosjon ved utløp

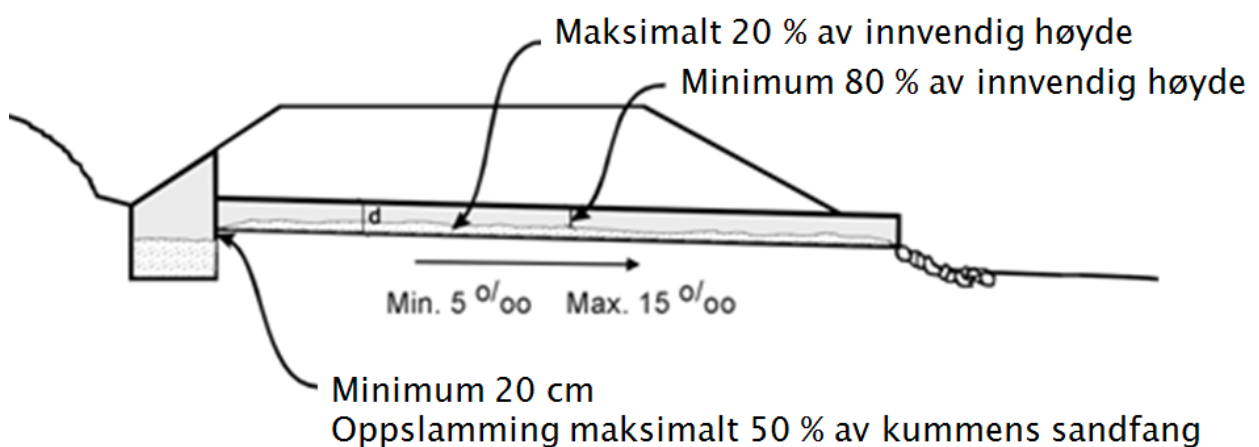


Figur 8.18 Konsekvensene av blokkert stikkrenne kan være store (Foto: Trygve Rullestad)

Oppslamming med sand og grus

Rennende vann fører med seg slam, sand og grus, og noe av dette blir liggende igjen i innløpskummen og stikkrenna. Dette vil redusere rennas kapasitet mht. vanngjennomstrømning og vil være et problem i nedbørsrike perioder og under snøsmeltingen.

Den oppslammede massen må fjernes med jevne mellomrom. Vedlikeholdsstandarden sier at maksimalt 20 % av stikkrennens innvendige høyde kan være fylt med slam og annet materiale. For inntakskummen er maksimal tillatt oppslamming 50 % av kummens sandfang, men maksimalt 20 cm under utløpet slik som vist i figur 8.19.



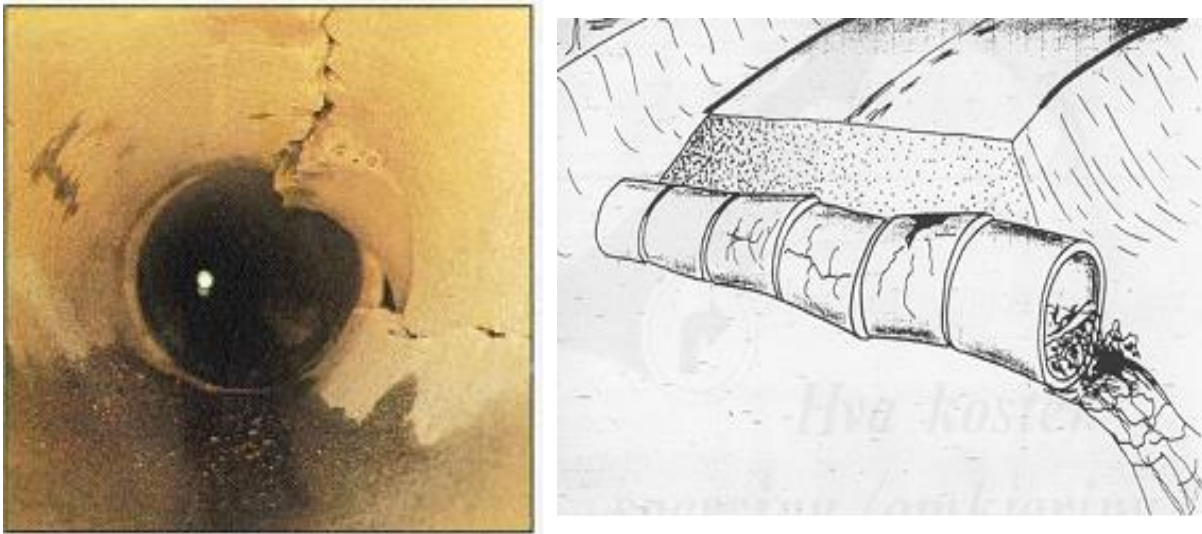
Figur 8.19 Krav til maks oppslamming av stikkrenner

Blokkering av inntak

Kvister, løv, jord og søppel som transporteres med vannet kan medføre tetting av innløpet. Frost kan også føre til at vannet fryser i innløpet, i selve røret eller i utløpet. Det er en viktig oppgave å sørge for at vannet kan strømme uhindret gjennom renna.

Skadede rør

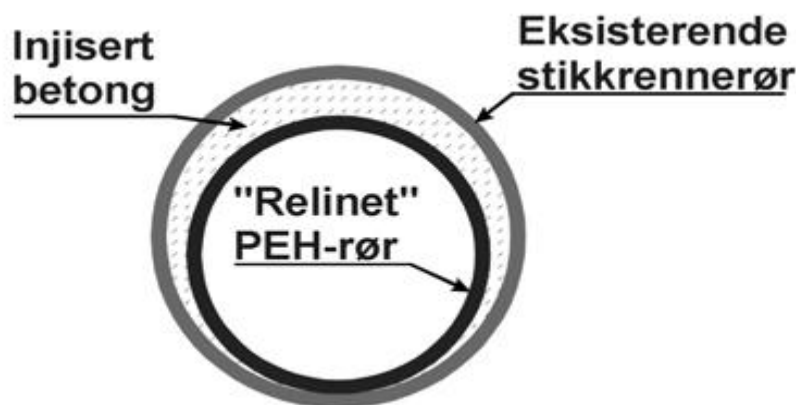
Stikkrenner av gamle betongrør er spesielt utsatt for skader. Disse rørene tåler ikke setninger eller telebevegelser og glir fra hverandre eller sprekker i skjøtene. Hvis kompaktering av massene ved utlegging er for dårlig vil også rørene kunne skades i ettertid som følge av trafikkbelastninger. Betongrør vil sprekke/knuses mens plastrør vil deformeres i slike tilfeller.



Figur 8.20 Typisk skade på stikkrenne (betongrør)

Skader som dette kan medføre at stikkrennenes kapasitet reduseres. Den største konsekvensen er likevel at man mister kontrollen på vannet, og dette kan gi utvasking av materialer under og på sidene av stikkrennen.

Som regel vil det være nødvendig å skifte hele stikkrennen når man har denne typen skader. Det er også mulig å bruke en teknikk hvor man legger et mindre rør inn i eksisterende stikkrenne og injiserer med betong rundt denne. Det må da vurderes om den reduserte rørdiameteren gir tilstrekkelig kapasitet mht. vanngjennomstrømning.



Figur 8.21 Reparasjon av betongstikkrenne

Slitasje og rust

Rennende vann fører med seg grus og stein og der vannet har høy hastighet føres massen gjennom rennen. Denne massetransporten medfører en slitasje på selve stikkrennen som man må være oppmerksom på. Problemet er størst for plast- og stålrenner.

Rust kan bli et problem på stålrenner dersom disse benyttes i et aggressivt miljø. Vannets pH-verdi må kontrolleres om stål skal benyttes.

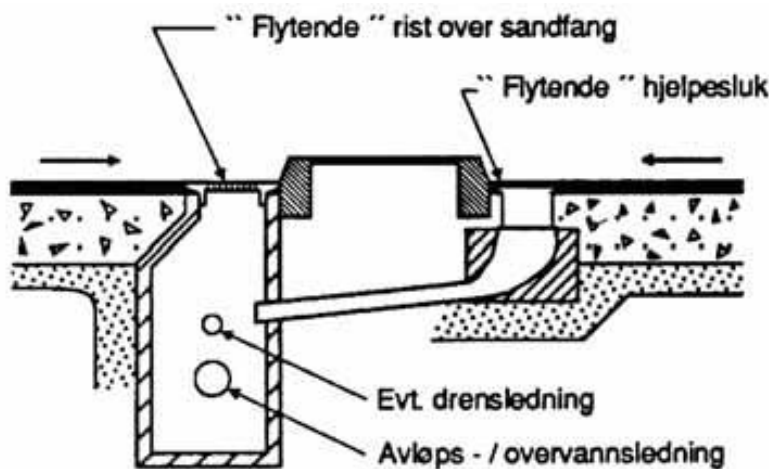
Erosjon ved utløp

Utløpet for stikkrenner må utformes slik at erosjon unngås.

8.3.7 Lukket drens- og overvannsanlegg

Lukket drens- og overvannsanlegg benyttes hovedsakelig i tettbygde områder og på høyt trafikkerte veger. Det benyttes også for veger der åpen drenering ikke er tilstrekkelig.

Et lukket anlegg består av mange ulike elementer; sluk/rister, kummer, drensrør og overvannsrør. For kummer med sandfang må sandfanget tømmes når oppslammingen ligger 20 cm under avløpet og sandfanget skal ikke fylle opp mer enn 50 %. For øvrig skal rørsystemet gi tilstrekkelig avløp for vannet og dette kravet kan medføre behov for spyling av overvannsledninger og drensledninger. Sluk/rist må ikke være blokkert av søppel, løv/kvist eller snø/is.



Figur 8.22 Elementer i et lukket drens- og overvannssystem

8.4 Drenering i forbindelse med dekkelegging og rehabilitering

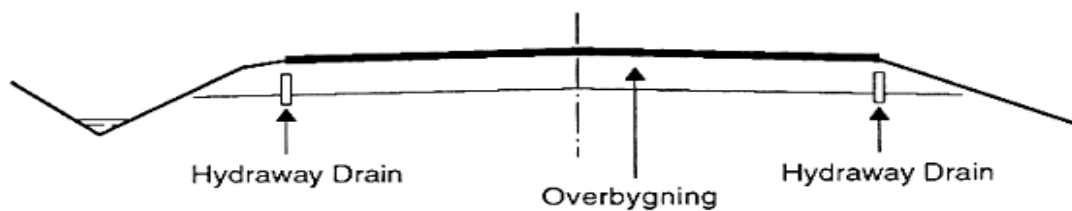
Det er mange veger uten fullstendige drens- og avløpsanlegg og mange av disse har veldig dårlig standard. Dårlig drenering av vegkroppen medfører rask nedbrytning og dermed dekkefornyinger med kortere frekvens enn nødvendig. Det kan da være lønnsomt å foreta utbedringer. Det mest kostnadseffektive er å utbedre dreneringen.

Dreneringssystemet må være oppgradert forut for dekkelegging. Det er en fordel om dette gjøres et år i tidligere. For alle rehabiliterings-/forsterkningsprosjekter må dreneringssystemet

utbedres. Dette må gjøres tidlig slik at vannet dreneres ut før dekkelegging. Dreneringsarbeidet bør utføres 1 - 2 år før dekkeleggingen.

Noen tiltak for å bedre dreneringsforholdene for eksisterende vegnett er allerede vist. Av andre metoder kan nevnes:

- Overbygningen for en gammel veg består ofte av telefarlige forsterkningslag og bærelag. Et tiltak for å gjøre materialet mindre ømfintlig for vann er å stabilisere bærelaget med bitumen (stabiliseringsfreser som bruker skumbitumen eller bitumenemulsjon). Dette er ikke et dreneringstiltak, men et tiltak for at manglende drenering ikke skal ha så store konsekvenser.
- Ved rehabilitering av eldre veger kan det ofte være lønnsomt å benytte åpne og drenerende bærelag som f.eks. forkilt puk, penetrert puk eller asfaltert puk. Vann i overbygningen vil da kunne dreneres opp i konstruksjonen og videre ut i grøftene gjennom dette laget. Dette er spesielt viktig i teleløsningen.
- Hydraway Drain (figur 8.23) er et produkt som har vært brukt en del for å drenere vegkonstruksjonen. Dreneringen består av en plastkjerne av polyetylen (PE-HD) dekket av en geotekstil av polypropylen (PP) som vist i figur 8.23. Dreneringen plasseres på hver kjørebane/ skulder vha. spesielle maskiner. Produktet har vist seg effektivt og krever ingen inngrep i arealer utenom selve vegområdet.



Figur 8.23 Hydraway Drain; prinsippkisse og foto fra utlegging (Foto: Per Syvaldsen)

Kapittel 9 Dimensjonering og forsterkning

Geir Refsdal, Statens vegvesen

9.1	Dimensjonering av ny veg	118
9.1.1	Innledning	118
9.1.2	Utvikling av dimensjoneringssystem	120
9.1.3	Dimensjonering etter N200 Vegbygging (vegnormalene)	120
9.2	Forsterkning av veg	126
9.2.1	Innledning	126
9.2.2	Norsk system for vurdering av forsterkning	126
9.2.3	Forsterkning fra 8 til 10 tonn tillatt aksellast	127
9.2.4	Forsterkning av grusveger	128
9.2.5	Aktuelle forsterkningstiltak	129

9 Dimensjonering og forsterkning

Den som driver med drift og vedlikehold av veger kommer vanligvis inn i bildet etter at en dimensjonering eller en forsterkning er gjort. Likevel er det viktig å ha forståelse for hvordan en veg er bygget opp. Det er også svært nyttig å kunne vurdere når tilstandsutviklingen er så dårlig at det er riktig å gå fra et ordinært vedlikehold til å forsterke vegen eller utføre andre tiltak.

Dimensjoneringen av en ny veg og forsterkning av veg er beskrevet i vegnormalene, håndbok N200 Vegbygging. Det viktigste for den som arbeider med drift og vedlikehold er å forstå grunnlaget for dimensjoneringen. Det er vist i dette kapitlet.

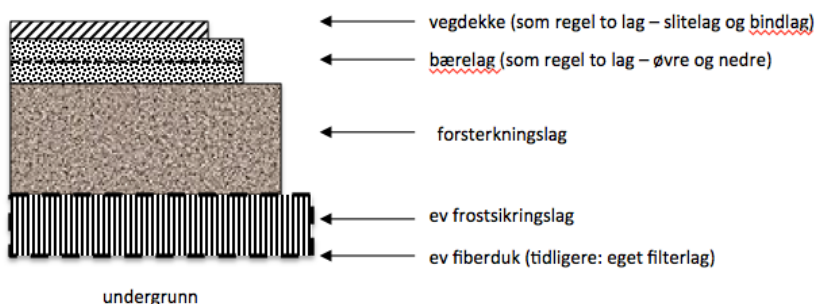
9.1 Dimensjonering av ny veg

9.1.1 Innledning

Vegens oppbygning

En veg må bygges og utformes slik at den tåler både trafikkbelastningene og klimabelastningene (vann, frysing/tining), og slik at den har tilstrekkelig bæreevne i teleløsningen.

Oppbygningen av en veg vil normalt omfatte følgende lag:



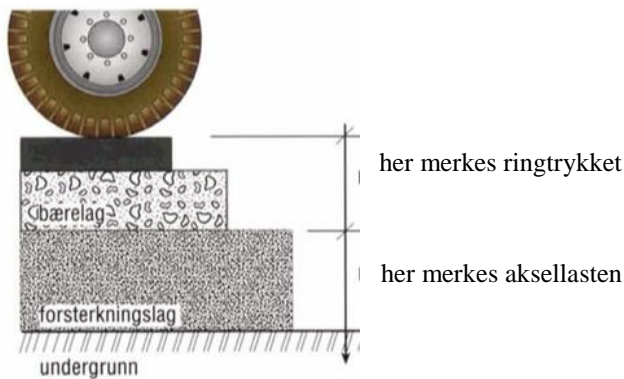
Figur 9.1 Oppbygningen av en veg

Vegens oppbygning kalles ”vegoverbygning”. Materialene i overbygningen legges ut lagvis og slik at kvaliteten og kravene til avvik i utleggingen øker oppover i konstruksjonen.

Vegdekket skal kun gi trafikantene en jevn overflate å kjøre på. Asfalt er det vanligste dekket og typisk totaltykkelse er fra 4 til 8 cm. Dekket består gjerne av et bindlag og et slitelag. På en ny veg legges ofte slitelaget ut et år eller to etter bindlaget, slik at mindre setninger og ujevnheter i vegen kan rettes opp. Betongdekker er en del brukt i andre land og kan ha gode dekkelevetider. Men under våre forhold har totaløkonomien vært tvilsom, og det siste betongdekket ble lagt i Norge i 1988 (E6 ved Gardermoen). *Bærelaget* skal fordele trafikkbelastningene ned til forsterkningslaget. Bærelaget består ofte av bituminøse materialer (asfalt eller materialer som er stabilisert med bitumen). For lavtrafikkveger benyttes også ofte knust stein med et strengt krav til gradering for at laget skal være stabilt. Bærelaget består ofte av to lag (øvre og nedre bærelag). Totaltykkelse er typisk fra 10 til 20 cm.

Forsterkningslaget skal ha en tykkelse som gjør at undergrunnen ikke blir overbelastet, selv etter noen millioner overfarer (dimensjoneringsperioden). Forsterkningslaget består ofte av

knust stein, for eksempel kult 22/180 mm eller mer finknuste steinmaterialer. På en undergrunn av leire kan tykkelsen på forsterkningslaget bli ganske stor, typisk 70-90 cm.



Figur 9.2 Totaltykkelsen på en vegoverbygning skal være slik at undergrunnen tåler aksellasten. I vegdekket og bærelaget representerer ringtrykket (lufttrykket i bildekket) den største påkjenningen

Riktig dimensjonert bærelag og forsterkningslag sikrer bæreevnen, men hindrer ikke nødvendigvis frosten å trenge ned i grunnen. Avhengig av type undergrunn samt trafikkmengde vil det derfor være aktuelt med frostsikring med eget frostsikringslag for å hindre problemer med ujevne telehiv. *Frostsikringslaget* kan bestå av sand- og grusmaterialer, knust fjell, lettklinker, skumglass eller isolasjonsplater av ekstrudert polystyren. Valg av material må gjøres ut fra en stedlig vurdering av kostnader, arbeidsgjennomføring og framtidig vedlikehold.

Filterlag

I figur 9.1 er det ikke vist noe filterlag på tegningen. Det var tidligere vanlig å legge inn et filterlag av grus på ca 15 cm mellom forsterkningslaget og undergrunnen for at ikke undergrunnen og forsterkningslaget skulle blande seg med hverandre. I dag legges det normalt en fiberduk ("geotekstil") på undergrunnen som erstatter funksjonen til dette laget. En fiberduk er som regel en "sterk tekstil" av plast.

Den totale overbygningstykkelsen

For å sikre bæreevnen på en lavtrafikkveg (typisk: fylkesveg) vil den totale tykkelsen på vegoverbygningen ofte ligge på ca. 60 cm. For å sikre bæreevnen på en høytrafikkveg (typisk: riksveg med mye trafikk), er det normalt nødvendig med ca. 100 cm. Trafikkbelastningene og undergrunnstype er den viktigste årsak til forskjellen. På høytrafikkveger vil det imidlertid normalt være nødvendig å frostsikre vegen, slik at totaltykkelsen kan komme opp i 200 cm eller mer, se kap. 9.1.4.

De eksisterende vegene vi vedlikeholder i dag er ofte gamle uten noen egentlig dimensjonering. Da er det ofte heller ikke klare skiller mellom lagene i vegoverbygningen.

Veiplakat.

Med Hjemmel af Veilovene af 15de September 1851 § 58 og af 12te Oktober 1857 § 8 samt Hedemarkens Amtsformandskabs dertil meddelte Samtykke fastsættes følgende

Regler

for Brugen af Kjøreredskeer paa Veien fra Hanestad Jernbanestation til Øvre Rendalens Kirke.

§ 1.

Til al Kjørsel med Læs af større Vægt end 400 Kilogram skal Hjulene have mindst 7,8 Centimeters Fælgbredde.

§ 2.

Paa firehjulede Vogne kan, naar Læssets Vægt ikke overstiger 800 Kilogram, Fælgbredden indskrænkes til 6,5 Centimeter, forsaavidt Hjulene er mindst 94 Centimeter høie.

§ 3.

Sværere Lastvogne for 3 eller flere Heste skulle have Hjul af mindst 1,25 Meters Høide og 9,1 Centimeters Fælgbredde.

Figur 9.3 *Selv på 1800-tallet hadde man detaljerte bestemmelser som begrenset lasten på kjerrene i forhold til felgbredde og hjulhøyde. Det var den tidens "overlastbestemmelser"*

9.1.2 Utviklingen av dimensjoneringsystemet

Det norske dimensjoneringsystemet har utviklet seg forholdsvis lite siden 1960-årene. Systemet er i stor grad basert på erfaringer, og fremstillingen er gjort i en katalogstruktur. Kravene (materialkrav og tykkelser) til vegdekker og bærelag har imidlertid blitt stadig innskjerpet, og en av årsakene er økningen i tillatt ringtrykk, som siden 1960 har økt fra 6 til 9 kg/cm².

Det norske dimensjoneringsystemet for vegoverbygninger er semi-empirisk, det vil si at det både er basert på teoretiske beregninger og på erfaringer.

Grunnlaget for dimensjoneringen ble lagt rundt 1960 ved at man tok utgangspunkt i den vanligste vegklassen (kalt IIB) og bestemte hvilke tykkelser man erfaringsmessig burde ha på vegoverbygningen ved ulike typer undergrunn for å få en veg som kunne tillates for 10 tonn aksellast. For alle andre trafikkbelastninger brukte man resultatene fra AASHO-forsøket i USA (1958-1960) til å bestemme hvilke tykkelser som var nødvendig.

Siden 1940-tallet har dimensjoneringen for nye veger i Norge vært basert på kravet om 10 tonn tillatt aksellast. I dag har alle riksveger 10 tonn tillatt aksellast, men så sent som i 1980 var bare 12 % av riksvegnettet åpent for 10 tonn.

9.1.3 Dimensjonering etter Håndbok N200 Vegbygging (vegnormalene)

Den norske dimensjoneringstabellen sikrer vegens bæreevne gjennom hele året, også i teleløsningen. Når vi har behov for å sikre oss mot ujevnt telehiv også, må vi inn med et ekstra frostsikringslag (sand/grus/stein eller isolasjonsplater eller skumglass-granulat mv.), se kap. 9.1.4.

20 års dimensjoneringsperiode - hva betyr det?

En vanlig dimensjonering etter håndbok N200 sikrer vegens bæreevne. Det vil si at vegen skal kunne funksjonere tilfredsstillende for brukerne med "normalt vedlikehold" gjennom hele dimensjoneringsperioden. Den normale dimensjoneringsperioden i Norge er 20 år. Dette vil *ikke* si at vi etter 20 år må bygge en ny veg, men etter 20 år må vi være forberedt på at vegen har behov for forsterkning. Det betyr heller ikke at vegdekket (asfalten) vil holde i 20 år. En asfalt vil typisk holde i 14 år på en fylkesveg og 11 år på en riksveg, og da må dekket fornyes. At asfaltdekkelevetiden er kortere enn vegens dimensjoneringsperiode er derfor ikke et tegn på at vi har bommet i dimensjoneringen vår.

Indeksmetoden

Det norske dimensjoneringsystemet er basert på indekssystemet. Det betyr at alle materialer er tillagt en lastfordelingskoeffisient (a) som uttrykker materialets evne til lastfordeling ("styrke") sammenlignet med et referansemateriale. Referansematerialet er et grusmateriale som tilfredsstiller kravene til forsterkningslag, dette er gitt lastfordelingskoeffisient 1,0. En god asfalt har til sammenligning en lastfordelingskoeffisient på 3,0. Det betyr at asfalt forutsettes å fordele trafikkklaster tre ganger så godt som et forsterkningslagsmateriale av grus.

Indeksverdier

Dersom en konstruksjon er tenkt bygget opp med et forsterkningslag på 60 cm, kunne vi i prinsippet ha erstattet dette laget med et lag som har samme indeksverdi (styrke):

$$60 \text{ (cm grustykkelse)} \times 1,0 \text{ (lastfordelingskoeffisient)} = 60 \text{ (indeksverdi)}$$

$$20 \text{ (cm asfalttykkelse)} \times 3,0 \text{ (lastfordelingskoeffisient)} = 60 \text{ (indeksverdi)}$$

Dersom lagene i en vegoppbygning for eksempel har tykkelser

t_a (asfaltdekke)

t_b (bærelag)

og t_f (forsterkningslag)

og tilhørende lastfordelingskoeffisienter er a_a , a_b og a_f , så sier vi at konstruksjonens styrkeindeks (SI) er:

$$SI = t_a \times a_a + t_b \times a_b + t_f \times a_f \quad (\text{med tykkelser i cm})$$

For en og samme trafikkklasse, som bestemmes av ÅDT og andelen (%) tunge biler, er det ulike krav til styrkeindeks avhengig av undergrunnens styrke.

Summen av indeksverdiene i dimensjoneringstabellen for lagene i en veg angir den styrkeindeks som er nødvendig for en gitt trafikkbelastning og undergrunnstype.

For å kunne dimensjonere en veg styrkemessig trenger vi i første rekke opplysninger om:

- trafikkbelastningen (i løpet av dimensjoneringsperioden)
- undergrunnens bæreevne

Trafikkbelastningen

Det er de tunge bilene, dvs de bilene som har en tillatt totalvekt over 3,5 tonn, som er avgjørende for dimensjoneringen av en veg. Dersom det for eksempel på en veg antas at ÅDT (årsdøgntrafikken) blir på 1000 må vi i tillegg vite hvor mange av disse bilene som er tunge. Avhengig av om det er en hovedveg (typisk riksveg ev fylkesveg), samleveg (typisk fylkesveg) eller atkomstveg (typisk; kommunal veg), så må man ta stilling til hvor mange av bilene som er tunge. Dette kan variere fra 5 % på en samleveg til 15 % på en hovedveg. På noen tungt

trafikkerte gjennomgangsruter i Norge kan tungtrafikkandelen komme opp i 20-25 %. I mange land foretas det egne trafikktegninger for å fastlegge hvordan trafikken er sammensatt.

Hver enkelt tung bil består av flere aksler med ulik belastning, kanskje fra 5 tonn opp til 10 tonn. En 10 tonns aksel utgjør i belastningssammenheng en "enhet", og kalles "en ekvivalent aksel". Vi tenker da på den nedbrytningen den forårsaker på vegkonstruksjonen. Nedbrytningen fra én enkelt aksel kan i seg selv være liten, men dersom vi har 50 000 10-tonns aksler gjennom et år, så utgjør dette 1 million i løpet av en 20 års dimensjoneringsperiode. Nå er det selvfølgelig slik at det er mange aksler som ikke er på ti tonn, det kan være aksellaster både under og over dette (overlast).

De faktisk opptredende aksellastene kan omregnes slik at vi får deres nedbrytende effekt i forhold til en 10 tonns aksel. Dette gjøres med utgangspunkt i "4-potens-regelen":

$$\text{Nedbrytende effekt} = (\text{faktisk aksellast}/10)^4$$

Effekten av en aksellast på 8 tonn blir etter dette, sammenlignet med en 10 tonns aksel:

$$(8/10)^4 = 0,41$$

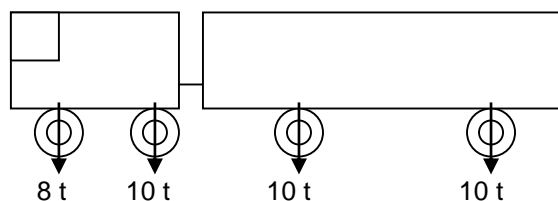
Effekten av en aksellast på 4 tonn blir etter dette, sammenlignet med en 10 tonns aksel:

$$(4/10)^4 = 0,026$$

Det vil si at en 8 tonns aksellast har 41 % "nedbrytende effekt" i forhold til en 10 tonns aksellast. Tilsvarende blir den nedbrytende effekten av en 4 tonns aksel bare 2,6 %, og om vi tar en personbil med en aksellast på 650 kg får vi en faktor på 0,00002.

Vi skjønner ut fra dette at personbiler ikke bidrar veldig mye til nedbrytningen av en veg.

Sammensatt eksempel:



Denne tunge bilen har en nedbrytende effekt som tilsvarer:

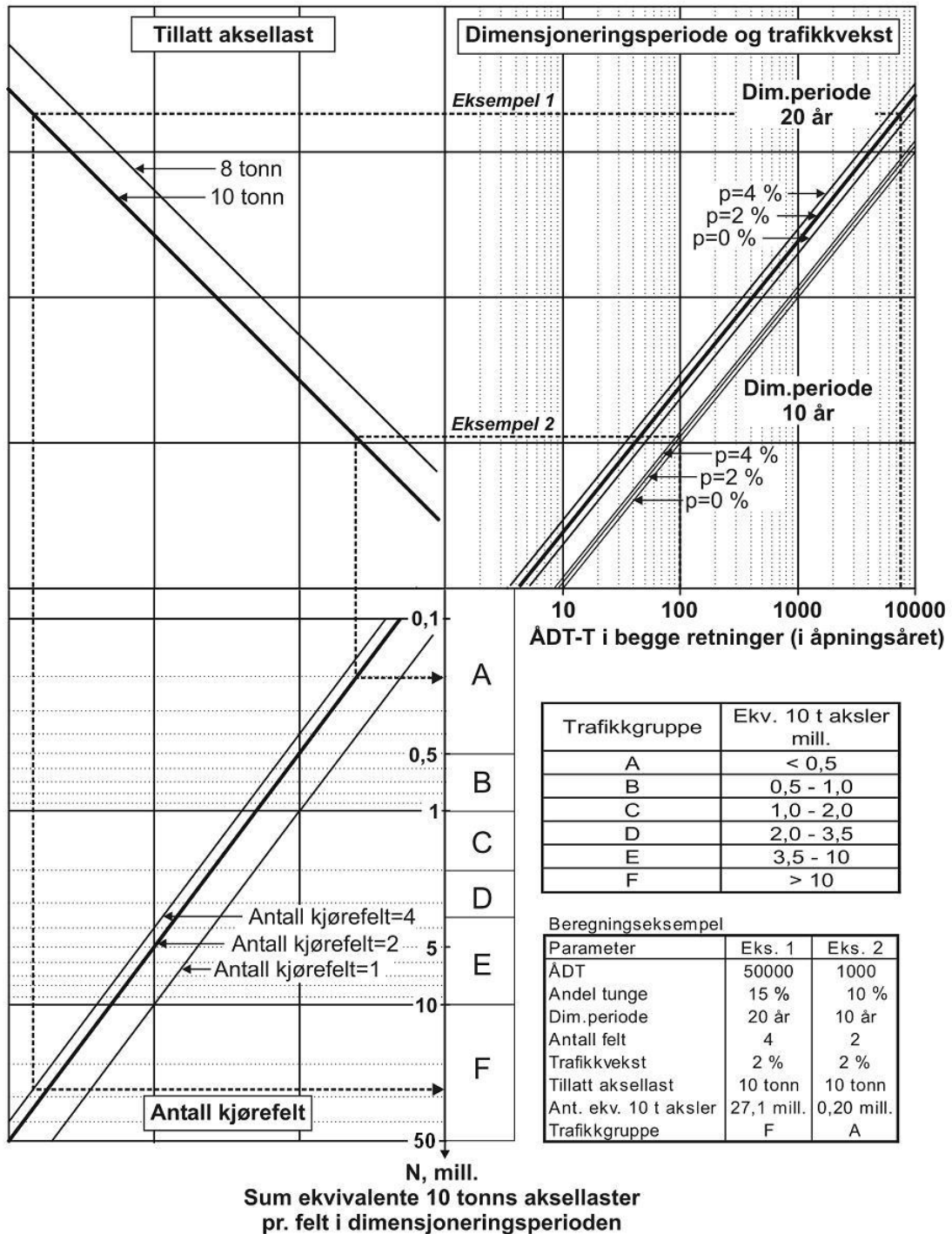
$$0,41 + 1,0 + 1,0 + 1,0 = 3,41 \text{ (antall) } 10 \text{ tonns aksler}$$

Slik kan vi altså gjøre om alle tunge aksler til "ekvivalente 10 tonns aksler" og summere disse over hele dimensjoneringsperioden (20 år). Da får vi et tall (N) som vi kan bruke i dimensjoneringen:

$$\mathbf{N = \text{sum ekvivalente 10 tonns aksler}}$$

For veger med liten trafikk kan N bli "noen hundre tusen". For våre mest trafikkerte motorveger kan N bli over 10 millioner i løpet av dimensjoneringsperioden.

For å bestemme trafikkbelastningen (N) best mulig, må vi gjøre forutsetninger mht trafikkveksten, mht hva som er tillatt aksellast på vegen og hva som er aksellastfordelingen på vegen. Også dimensjoneringsperiode, andel tunge kjøretøyer og antall kjørefelt på vegen må være fastlagt, se figur 9.5.



Figur 9.5 Diagram for beregning av trafikkgruppe i Håndbok N200 Vegbygging

Dimensjoneringstabellen i Håndbok N200 er vist i figur 9.6. Innbakt i valget av trafikkgruppe ligger det her forutsatte normale fordelinger av tunge biler (%) og aksellastfordeling.

<h1>H/S/A</h1>	DIMENSJONERINGSTABELL FOR HOVED-, SAMLE- OG ADKOMSTVEGER (lagtykkelser i cm)						
	TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se pkt 510.2						
	A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)	E (3,5 - 10)	F (> 10)	
DEKKE	Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ÅDT i åpningsåret, se pkt. 512.3 / figur 512.1						
BÆRELAG	Tykkelse (cm), bærelag						
Anbefalte materialer:	9	10	11	12	13	14	
Ag	5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10	
Ag over Ap	5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10			
Ag over Ak	6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10			
Ag over Gja ³⁾	5 over 10	6 over 10	7 over 10				
Ag over Fk	20						
Fk							
FORSTERKNINGSLAG PÅ							
Materialtype i grunnen:	Bæreevne gruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0					
Fjellskjæring, steinfylling, T1 ⁶⁾	1	30	30	30	30	30	30
Grus Cu ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30	30
Grus Cu < 15, T1 Sand Cu ≥ 15, T1 Fjellskjæring, steinfylling T2 ⁶⁾	3	30	30	30	40	50	50
Sand Cu < 15, T1 ⁴⁾ Grus, sand, morene, T2	4 ⁷⁾	40	40	50	60	70	80
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	80	90
Silt, leire, T4, c _u ≥ 50 kPa	6 ⁷⁾	60	70	70	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 37,5-50 kPa	6	60	70	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa ²⁾	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	90+20 ¹⁾	100+10 ¹⁾
BÆRELAGSINDEKS Bl _k ⁵⁾		39	45	50	54	62	65
<p>1) Tall med pluss foran er knyttet til anleggstekniske forhold.</p> <p>2) For undergrunn av leire med c_u < 25 kPa skal forsterkningslagstykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt.</p> <p>3) Tykkelsene forutsetter en lastfordelingskoeffisient på min. 1,75. Ved lastfordelingskoeffisienter mellom 1,35 og 1,75 må tykkelsen økes for å overholde kravene til indeksverdier.</p> <p>4) Sand med Cu < 5 skal vurderes særskilt.</p> <p>5) Definisjon av bærelagsindeks (Bl_k), se vedlegg 4.</p> <p>6) Fjellskjæring omfatter både dyp- og grunnsprengning, for grunnsprengning er det krav om min 0,75 m fra vegoverflate til topp av knøler, se pkt. 226.3.</p> <p>7) Tykkelsen på forsterkningslag over isolasjonslag av XPS, lettklinker og skumglass må også vurderes ut fra anleggstekniske forhold.⁷⁾</p> <p>GRUNNFORSTERKNING: Nødvendig tykkelse av grunnforsterkningslag for at dette skal kunne betraktes som undergrunn ved dimensjonering av overbygning er vist i figur 510.10.</p> <p>FROSTSIKRING: Om bæreevnemessig dimensjonering ved ulike typer frostsikring, se kap. 511.</p> <p>Cu og c_u: For velgraderte og/eller grove masser brukes <i>graderingstall</i> (C_u eller Cu, fra engelsk: Coefficient of uniformity) som er definert som d₆₀/d₁₀, se vedlegg 13. For leire brukes begrepet <i>udrenert skjærfasthet</i> (c_u, engelsk: cohesion, undrained).</p>							

Figur 9.6 Dimensjoneringstabell for vegger med asfaltdekke i Håndbok N200 Vegbygging (lagtykkelser i cm)

Undergrunnen

Det er sju forskjellige undergrunnstyper i dimensjoneringsstabellen:

- fjellskjæring, steinfylling (bæreevnegruppe 1)
- velgradert grus (bæreevnegruppe 2)
- annen grus og sand (bæreevnegruppe 3)
- litt telefarlige materialer (bæreevnegruppe 4)
- middels telefarlige materialer (bæreevnegruppe 5)
- meget telefarlige materialer (silt leire) (bæreevnegruppe 6)
- myr (bæreevnegruppe 7) - her må det spesiell dimensjonering til

De ulike undergrunner trenger ulike tykkelser av forsterkningslaget for at ikke undergrunnen skal bli overbelastet og gi varige deformasjoner. Tykkelsen avhenger også av trafikkbelastningen (antall overfarter).

Er det store variasjoner i undergrunnen, må man i praksis veie hyppige endringer i overbygningstykkelsen opp mot hensyn til en rasjonell anleggsdrift.

Tillatt aksellast

Alle riksveger i Norge har nå 10 tonn tillatt aksellast. Veger som er bygget nye de siste 50 årene er bygget for 10 tonn aksellast. Eldre veger kan ha oppnådd dette gjennom forsterkningsarbeid eller ved stadige dekkefornyelser, som etter hvert har gitt et betydelig bidrag til bæreevnen.

Analytisk dimensjonering

I de siste tiårene har man i deler av verden tatt i bruk såkalt ”analytisk dimensjonering” (også kalt ”mekanistisk dimensjonering”). Dette er en dimensjonering der man med utgangspunkt i kunnskap om trafikkbelastninger, klimaforhold og materialkunnskap (i form av E-moduler mv) benytter avanserte regneprogrammer for å finne ut hvordan vegens tilstand utvikler seg over tid, og hvordan den dermed skal bygges opp for at en dimensjonerende levetid skal oppnås. Slike programmer krever betydelig grunnlagsarbeid med fastleggelse og kalibrering av materialdata og innhenting av forutsetninger for beregningene.

Foreløpig har man ikke mye erfaringer med analytisk dimensjonering i Norge, men metodikken forventes å bli tatt i bruk i økende grad i årene framover, også hos oss.

9.1.4 Frostsikring

En dimensjonering etter vegnormalene (håndbok N200) sikrer at vegen har tilstrekkelig bæreevne, selv i teleløsningen. Selv om bæreevnen er sikret kan tilstanden (jevnheten) på vegen bli uakseptabel i teleløsningen. Vi må derfor i forkant vurdere om (ujevnt) telehiv kan bli et problem, og dersom det er tilfelle, så må vi se på hvordan vi kan frostsikre vegen.



Figur 9.4 Selv om en veg er dimensjonert helt korrekt bæreevnemessig, så er vi avhengig av en frostteknisk vurdering for å sikre at vi får en veg med en tilfredsstillende tilstand

I vegnormalene fra 2014 ble kravene til frostsikring av nye veger betydelig skjerpet. I praksis er det nå nødvendig å frostsikre alle veger med ÅDT > 1500 etter frostmengden F_{10} eller F_{100} , dvs. den frostmengden som statistisk sett oppstår hvert 10. eller 100. år.

Frostsikring utformes normalt ved at det legges inn et ekstra lag mellom forsterkningslaget og undergrunnen som er så tykt at frosten ikke når ned i undergrunnen og kan forårsake telehiv. Som regel er det stein eller grus som legges ut. De fleste motorvegene ut av Oslo er frostsikret, og totaltykkelsen på overbygningen ligger på 150 – 180 cm. I dag ville de fleste av disse vegene fått en overbygningstykkelse på 240 cm.

Det finnes også spesielle frostsikringsmaterialer, som skumplast (ekstrudert polystyren, XPS), skumglass, Leca (ekspandert leire) mv. Disse materialene er isolerende, nødvendig tykkelse blir typisk bare 5 – 10 cm (XPS) eller 20 – 60 cm (skumglass og lettklinker). Dette gjør at den totale overbygningstykkelsen blir betydelig redusert.

9.2 Forsterkning av veg

9.2.1 Innledning

En veg som er bygget etter vegnormalene er dimensjonert for å tåle trafikkbelastningene i en 20-års periode. Som nevnt tidligere er det ingen sammenheng mellom denne dimensjoneringsperioden og vegdekkets levetid. Normalt vil et vegdekke holde i 10 – 15 år. Da er tilstanden slik at dekket må fornyes.

Etter 20 år er det i prinsippet behov for å forsterke vegen, slik at den skal kunne tåle trafikkbelastningen i 20 nye år. I praksis utgjør den *dekkefornyelsen* som skjer med 10 - 15 års mellomrom en tilstrekkelig forsterkning til å ”holde vegen i live” gjennom dens levetid, som typisk kan være 40 - 60 år.

9.2.2 Norsk system for vurdering av forsterkning



Figur 9.7 Tilstandsmålinger av spor og jevnhet utføres med ViaPPS (Foto Torleif Haugødegård)

Dekkelevetid – en indikator på forsterkningsbehov

Siden 1988 er det i Norge foretatt årlig innsamling av tilstandsdata (spor og jevnhet) for alle riks- og fylkesveger. Dataene behandles og presenteres gjennom dataverktøyet PMS (Pavement Management System). Dette har gitt oss muligheten til å hente inn kunnskap om opptredende dekkelevetider.

Hva er dekkelevetid? Dekkelevetid regner vi i antall år fra det året asfaltdekket legges og fram til det ut fra tilstandsmålingene av spor og jevnhet skulle ha vært dekkefornyhet ("funksjonell dekkelevetid"). Med begrensede budsjetter kan det gå enda ett år eller to til den reelle fornyelsen av dekket skjer, men det skal vi ikke ta hensyn til.

Dekkelevetiden kan være en indikator på om vegen er bygget riktig eller ikke. Typisk for norske forhold er at vegen har "blitt til" gjennom tidene, for eksempel ved at en kjerreveg eller en smal grusveg er blitt utvidet og flikket på i mange omganger og har fått mangedoblet trafikkbelastning. Vegen kan også være dimensjonert på vanlig måte, men likevel bygget opp av materialer som er så dårlige at dekkelevetiden blir mye lavere enn det den bør være.

Når dekkelevetiden er kortere enn normalt er spørsmålet om hva som er mest økonomisk; å fortsette med hyppige dekkefornyelser eller å foreta en grundigere forsterkning som sikrer at dekkelevetiden blir normal ("nominell dekkelevetid").

Forsterkning er aktuelt når dekkelevetiden er unormalt kort i forhold til det som anses som akseptabelt for den aktuelle dekketype og trafikkbelastning (ÅDT). Vegdekkets levetidsfaktor (f) er et uttrykk for dette.

$f = \text{forholdet mellom funksjonell (opptredende) dekkelevetid og nominell (forventet) dekkelevetid.}$

En tommelfingerregel er at en forsterkning er lønnsom dersom levetidsfaktoren er 0,5 eller lavere, dvs. at dekkelevetiden er mindre enn halvparten av hva den burde ha vært.

På slike strekninger vil det i det lange løp være mer lønnsomt å foreta forsterkning enn å fortsette med altfor hyppige dekkefornyelser. Den investeringen som gjøres i forsterkningsarbeidet vil derfor hentes inn i en minst like stor besparelse i senere budsjetter for dekkevedlikehold.

MERK!

En dårlig dekketilstand – selv utover det normale - er ikke ensbetydende med dårlig bæreevne og stort forsterkningsbehov. Årsaken kan like gjerne være at dekket har holdt bra, men at den nødvendige dekkefornyelsen ikke er gjennomført som forutsatt.

En kort dekkelevetid betyr heller ikke alltid at vi har et forsterkningsbehov. I noen tilfeller kan årsaken ligge i selve dekkekvaliteten, for eksempel ved at bestandighetsegenskapene er for dårlige. Spesielt store teleproblemer kan også føre til korte dekkelevetider (oppsprekking) uten at det er noe i veien med oppbygningen og styrken i konstruksjonen. Og det klareste eksempelet: Kortdekkelevetid som skyldes høy piggedekkslitasje er åpenbart ikke et signal om forsterkningsbehov. Slike tilfeller må en være i stand til å skille ut før en konkluderer med behov for forsterkning.

I Norge betrakter vi altså dekkelevetiden som et viktig uttrykk for forsterkningsbehovet ved at den er fasiten på hvor god vegoverbygningen er. Dette kan vi gjøre ut fra erfaringene med vårt PMS-verktøy. I andre land er det vanligere å bestemme forsterkningsbehovet ved bruk av bæreevne målinger, vanligvis fallodd.

9.2.3 Forsterkning fra 8 til 10 tonn tillatt aksellast

På fylkesvegnettet er det en stor andel (2010: ca. 45 %) som fremdeles har 8 tonn tillatt aksellast. Som regel skyldes dette mangler ved vegoverbygningen (for tynn overbygning eller bruk av dårlige materialer), men det kan også skyldes at bruene ikke tåler 10 tonn.

Mange asfalterte fylkesveger er fremdeles kun tillatt for 8 tonn aksellast. Etter hvert som 8 tonns vegene får en normal dekkelevetid gjennom gjentatte dekkefornyelser eller gjennom konkrete forsterkningstiltak, blir de skrevet opp til 10 tonn tillatt aksellast.

9.2.4 Forsterkning av grusveger

Dersom det skal investeres i å få lagt et asfaltdekke på en grusveg, er det som regel økonomisk samtidig å foreta en forsterkning som fører til at vegen kan tillates for 10 tonn aksellast.

Det er sjelden gamle grusveger har blitt ”dimensjonert”, og i praksis kan vi regne med at vegen er blitt tillatt for 8 tonn fordi bruene tåler dette. I virkeligheten burde kanskje vegen ha vært tillatt for 6 tonn eller endog bare 4 tonn aksellast. Når dette likevel kan gå bra skyldes det at deformasjonene i en grusveg blir rettet opp med veghøvel flere ganger i året.

En grusveg må altså i de fleste tilfeller ”forsterkes opp” for å kunne tillates for 10 tonns aksellast, som er målet. Man kan derfor ikke legge et asfaltdekke direkte på en grusveg, vegen trenger en betydelig forsterkning for at vegdekket skal få en ”normal” levetid.

Å forsterke en grusveg slik at den får et asfaltdekke og samtidig 10 tonns tillatt aksellast vil normalt koste ca. 1-2 mill. kr per km. Dette inkluderer ikke utbedringer av vegbredder, utretting av svinger mv, arbeider som ofte vil høre med i en slik operasjon.

9.2.5 Aktuelle forsterkningstiltak

Før et forsterkningsarbeid igangsettes er det to vurderinger som må gjøres:

- 1) Er det behov for forsterkning? (dekkelevealder er avgjørende)
- 2) Hvis behovet er der – hvilket forsterkningstiltak er det beste?

Drenering er normalt det beste forsterkningstiltaket

Det billigste og beste forsterkningstiltaket vil alltid være å sørge for at dreneringen er i orden. En god drenering betyr ikke bare gode drensgrøfter, men at en også har kontroll med vannstrømming langs vegen, både i overkant av skjæringer og langs fjellformasjoner, der fjell i grøft og undergrunn kan kanalisere vannet inn i vegen eller demme det inne. Avkjørsler uten gjennomgående kanalisering av vann fra sidegrøft er en annen hyppig årsak til skader. I noen tilfeller kan et drenstiltak alene være det beste forsterkningstiltaket.

Ved et forsterkningsarbeid bør en eventuell drensutbedring fortrinnsvis foretas et år eller to før hovedtiltaket gjennomføres, slik at effekten av dette kan tas med i vurderingen av nødvendig tilleggsforsterkning.

En velfungerende drenering er en forutsetning for at de fleste andre tiltak vil fungere godt. Med mangelfulle drensforhold vil man få lite igjen av et ellers godt forsterkningstiltak.

Forsterkning ved vannømfintlige/telearlige materialer

En vanlig årsak til et forsterkningsbehov (dvs. kort dekkelevetid) vil ofte være at lagene i en eksisterende veg inneholder for mye finstoff, slik at materialene er blitt vannømfintlige og/eller telearlige.

På slike veger har vi tre ulike fremgangsmåter:

- 1) *Nye lag*: Det bygges opp nye lag (ofte; bærelag og dekke) over eksisterende vegoverbygning. Dette forutsetter at materialene i eksisterende veg ikke er altfor langt fra kravene i vegnormalene. Oppbygning bør da gjennomføres med godt drenerende materialer, for eksempel et pukklag eller ved en større forsterkning; med maskinkult. Ulempen ved en slik oppbygning vil være at vi kan miste vegbredde.

- 2) *Fjerne lag*: De finstoffholdige materialene fjernes før vi bygger oss videre opp.
- 3) *Stabilisering*: Finstoffet i de finstoffholdige materialene nøytraliseres ved stabilisering, for eksempel dypfresing med tilsetning av bitumen. For å sette i gang slike arbeider bør det mobiliseres for en større jobb (noen km).

Hva koster forsterkning?

Veger med ÅDT over 5000 har sjelden større forsterkningsbehov, utover helt punktvis behov. Det er særlig lavtrafikkveger med ÅDT under 1500 som har dekkelevetider som er så korte at det er forsterkningsbehov.

Det koster ca. 1-2 mill. kr/km å forsterke en lavtrafikkveg. Når denne investeringen tas kan det være fristende å samtidig foreta noen ”nødvendige” breddeutvidelser, utslaking av kurver eller stigninger osv., men kostnadene kan da komme opp i 2 – 4 mill. kr/km.

Forsterkning av lokale punkter/partier

Ved forsterkning av helt lokale punkter vil det være riktig å bygge opp ny veg på samme måte som tilstøtende veg, selv om dette ikke skulle være ”etter boka”. Dette er en forutsetning for at vegen på det ombygde partiet skal oppføre seg på samme måte som eksisterende veg.

Kantforsterkning

Med smale skuldre (typisk 25 cm) kan belastningene på en veg bli store mot kantene, føre til at hele vegen må dekkefornyes før tiden. En dekkefornyelse alene vil sjelden rette opp disse forholdene, og en kantforsterkning kombinert med en eventuell utbedring av drens-systemet kan være nødvendig.

I forbindelse med dekkefornyelse bør en vurdere om en lokal kantutbedring med armering bør gjennomføres. I figur 9.8 er det vist en strekning som er kantforsterket med stålarmring. Halve kjørefeltet (minst 1 m innenfor sprekken) ble først frest ned 4 cm, deretter ble armering lagt ned i det nedfreste feltet sammen med asfalt før et nytt dekke ble lagt i hele vegbredden.

Slike kantforsterkninger er gjennomført mange steder med meget godt resultat.



Figur 9.8 Kantforsterkning med stålarmring på rv. 4, Oppland – før (2007) og etter (2009) tiltak (Foto Statens vegvesen)

Breddeutvidelser

Ved breddeutvidelser bør vegutvidelsen i de fleste tilfeller utføres ”etter boka”, selv om eksisterende veg mangler en del i bæreevne. Utvidelsen bør spleises inn i eksisterende veg, dette

gjelder også lagene i dekket. Det er også viktig at breddeutvidelsen bygges opp lagvis med gode materialer som komprimeres godt for å unngå ”egensetninger” i utvidelsen.

Det vil alltid være en utfordring å få en breddeutvidelse til å virke sammen med en eksisterende veg uten at det oppstår langsgående sprekker pga. ettersetninger, ulike telehiv eller lignende. Bruk av armering bør derfor alltid vurderes. Armeringen legges inn på samme måte som ved kantforsterkning (se over), og opptredende krefter vil som regel favorisere bruk av stålarmring.



Figur 9.9 Oppsprekking etter breddeutvidelse (Foto Torleif Haugødegård)

Utbedring av større telesprekker

Ved større telesprekker (sprekker over 5 cm) er stålarmring godt egnet. Vegen bør da som regel armeres i full bredde, og for et godt og varig resultat bør det legges minst 150 kg/m^2 asfalt over nettet.

Armeringsnett av basaltfibre har en styrke på linje med stål, og dette er nå under utprøving på flere veger i Norge. Fordelen er at nettet er så fleksibelt at det krever mindre overdekning med asfalt enn stålarmring.

Kapittel 10 Skademekanismer

Inge Hoff, Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU)

10.1	Skader på vegene – som forventet eller mot normalt?	132
10.2	Spor og permanente deformasjoner	133
10.2.1	Piggdekkslitasje	133
10.2.2	Deformasjoner i asfalten	136
10.2.3	Deformasjoner i bære- og forsterkningslag	137
10.2.4	Deformasjoner i undergrunnen	138
10.3	Sprekker	139
10.3.1	Utmattingssprekker	139
10.3.2	Lavtemperatursprekker	139
10.4	Kantskader	139
10.5	Teleskader	140
10.6	Bestandighet/aldring	140

10 Skademekanismer

10.1 Skader på vegene – som forventet eller mot normalt?

Vegen har mange fiender som fører til at tilstanden forverrer seg, og at vegen over tid vil trenge vedlikehold og rehabilitering. Det er mulig å bygge veger som har svært langsom skadeutvikling, og som dermed vil kunne vare lenge med minimalt vedlikehold. Dessverre er slike løsninger meget kostbare og brukes i dag bare ved ekstremt høye trafikkmengder, eksempelvis i Nederland. Der er konsekvensene av å hindre trafikken med vedlikehold så store at det lønner seg å bygge solide løsninger.

I Norge er det forventet at en veg skal få en viss skadeutvikling, men det er viktig at utviklingen ikke er for rask og fører til behov for hyppig og kostbart vedlikehold. Figur 10.1 viser forventet levetid for ulike asfaltdekker i Norge, avhengig av trafikkmengden.

L	NORMERTE DEKKELEVETIDER ¹⁾ FOR ULIKE DEKKETYPER (år)						
	ADT						
	≤ 300	301- 1500	1501- 3000	3001- 5000	5001- 10 000	10 001- 20 000	> 20 000
Dekketype							
Ska				13	10	7	6
Ab			15	12	9	6	5
Agb		15	14	11			
Ma, Egt	16	13	12				
Eo	14	12					

1) Normale utslag i dekkelevetiden vil være ± 2 år, avhengig av klima og andre lokale forhold.

Figur 10.1 Forventet levetid for asfaltdekker for ulike trafikkgupper (Håndbok N200)

Forholdet mellom investeringskostnad og framtidig vedlikeholdskostnad blir i prinsippet vurdert gjennom en levetidsbetraktning der nåverdien av framtidige utgifter blir redusert. I en slik betraktning vil en løsning som koster litt mer, men som er billig å vedlikeholde, ofte komme dårlig ut. Dette er en anerkjent beregningsmåte innen samfunnsøkonomien, men det kan nok stilles spørsmålsteget om dette er den mest fornuftige tankegangen i denne sammenhengen.

I dette kapitlet vil vi se nærmere på noen av de mest vanlige skadene og på årsakene som ligger bak. Veger er kompliserte konstruksjoner, og det kan være flere forhold som fører til samme type skade. Det er derfor ikke alltid enkelt å avgjøre hvilken mekanisme som ligger bak skadene som kan observeres på overflaten.

I tillegg til de naturlige/forventede skadene som utvikler seg over tid, ser man ofte skader som skyldes feil ved dimensjoneringen, materialproduksjonen og/eller utførelsen. Disse kan ta forskjellige former. Det kan være en rask utvikling av skader nevnt i dette kapitlet, men også mer spesielle skader som ikke er omtalt her.

Vedlikeholdet i seg selv påvirker skadeutviklingen i stor grad. Hvis skader ikke blir utbedret, vil skadeutviklingen akselerere. Åpne sprekker vil føre til at vann trenger inn i konstruksjonen. Det gjør at materialene i bære- og forsterkningslag mister noe av sin bæreevne, som igjen fører til at sprekken utvikler seg enda raskere.

Det kan også forekomme mer direkte, mekaniske skader på veggen, blant annet fra vinter-driften. Spesielt er kantsteiner og lignende utsatt for påkjørsel av ploger og høvler.

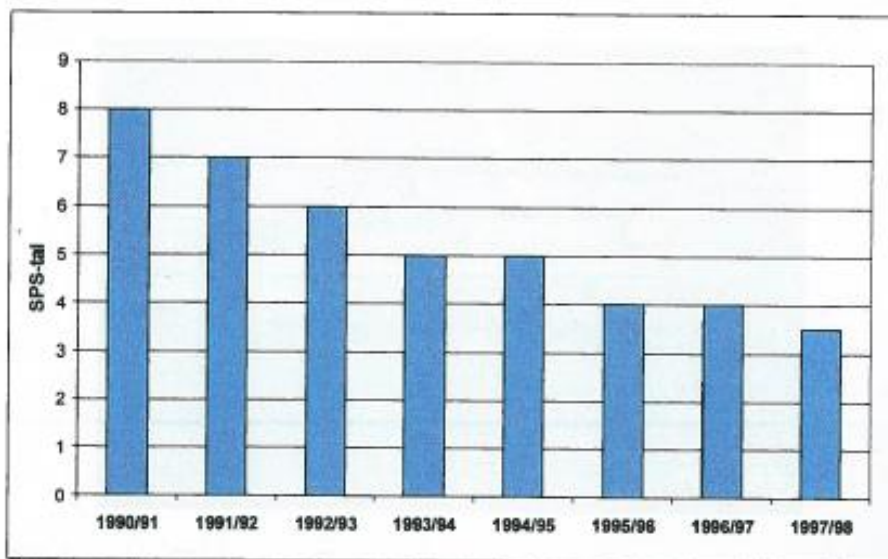
10.2 Spor og permanente deformasjoner

Spordannelse er den skademekanismen som får mest fokus i Norge. Det er som regel dype spor som er utløsende faktor for reasfaltering, og vi benytter store deler av asfaltbudsjettet til å bekjempe sporutviklingen. Vedlikeholdsstandarden (Håndbok R610) setter klare krav til maksimalverdiene. Dype spor vil ha direkte innvirkning på trafikksikkerheten. Ved mye nedbør og vannfylte spor i vegbanen øker faren for vannplaning betydelig.

Tradisjonelt har vi lagt mye av skylden for sporutviklingen på piggdekkslitasje. I de senere år har imidlertid piggdekkbelastningen blitt vesentlig mindre. Det er tydeliggjort at en god del av sporutviklingen også skyldes deformasjoner i vegkonstruksjonen.

10.2.1 Piggdekkslitasje

Norge er et av få land i verden som tillater bruk av pigger i bildekk. På bar veg vil disse piggene slite bort asfaltmateriale og danne spor. Man har gjennom flere år lagt en betydelig innsats i å finne fram til asfalttyper som har bedre slitasjemotstand i forhold til piggdekk. Sammen med reduksjon i andelen som bruker piggdekk, samt innføring av mer miljøvennlige (lettere) pigger, har piggdekkslitasjen gått betydelig ned sammenlignet med situasjonen tidlig på 1990-tallet. Dette er illustrert i figur 10.2. SPS (spesifikk piggdekkslitasje) er den masse i gram som en personbil med 4 piggdekk sliter av vegbanen for hver kjørte kilometer.



Figur 10.2 Utvikling av sporslitasje, her uttrykt som spesifikk piggdekkslitasje (SPS) i Göteborg fra 1990 til 1998

Utvikling i slitestyrke av asfalt fra 1970-2000:

Årstall	SPS (g/km)	SPSV (cm ³ /km)
1970	25 - 30	10 - 12
1980	ca. 20	ca. 8
1990	12 - 15	5 - 6
2000	5 - 10	2 - 4

Dette viser at det har vært en nedgang på 80 % i slitasjen fra 1970-2000.

Valg av type asfalt (slitelag på vegen) gjøres avhengig av trafikkbelastning, dekkets funksjon (ønskede egenskaper), samt kostnad, tilgang på materialer og andre lokale forhold. Ulike asfalttyper har forskjellig motstandsevne mot piggdekkslitasje. Skjelettasfalt (Ska) ble utviklet for å motvirke piggdekkslitasjen, og er den dekketyper som egner seg best ved høye piggdekkandeler. Figuren under viser typiske verdier for slitestyrke:

Asfalttype	SPS (g/km)	SPSV (cm ³ /km)
Ska	5 - 10	2 - 4
Top	< 15	< 6
Ab	15 - 20	6 - 8
Da	18 - 25	7 - 10
Agb	15 - 30	6 - 12

Slitasjen varierer imidlertid mye fra sted til sted avhengig av klima, piggdekkandel, tungtrafikkandel, type steinmaterial i asfalten, vegbredde, geometri osv.

Kvaliteten til steinmaterialet i asfalten har stor betydning for piggdekkslitasjen. I Norge stiller vi krav til at slitasjemotstand skal dokumenteres ved hjelp av den nordiske Kulemøllemetoden (NS-EN 1097-9). Her tromles steinmaterial og vann sammen i en sylinder etter en bestemt prosedyre, og nedknusingen av materialet gjennom forsøket gir et bilde på motstanden mot piggdekkslitasje. Gjentatte undersøkelser har vist at asfaltmaterialer med stein som klarer seg bra i denne testen, får liten slitasje ute på vegen.

Det stilles strenge krav til steinmaterialet i asfalten, og kravene blir strengere jo høyere trafikkmengde. Håndbok N200 Vegbygging gir følgende krav for flisighetsindeks, Los Angeles-verdi (motstand mot nedknusning), mølleverdi (motstand mot piggdekkslitasje), og knusningsgrad.

I tillegg til type steinmateriale er også størrelsen på steinmaterialet (Dmax) viktig med tanke på piggdekkslitasje og svevestøv: jo høyere største steinstørrelse, jo bedre slitestyrke. F.eks. ser vi at en Ska 11 gir halvparten så mye støv som en Ska 8.

Levetid på asfaltdekket påvirkes også av Dmax. Statistikk fra Region Øst i Statens vegvesen viser at for ÅDT>5000 gir asfaltdekker med største steinstørrelse 16 mm ca. 5 års lengre levetid enn asfaltdekker med største steinstørrelse 11 mm.

En ulempe ved å stille krav bare til steinmaterialet er selvsagt at man ikke får med effekten av de andre komponentene i asfalten. Både felterfaringer og laboratorieforsøk har vist at type

bindemiddel og eventuelle tilsetningsstoffer også kan ha stor betydning for slitasjen. I Prall-testen (EN 12697-16) testes hele asfaltmaterialet, sylindriske prøver fra vegdekket utsettes for slagpåkjenninger av stålkuler etter en bestemt prosedyre. Dette antas dermed å gi et bedre bilde på de totale slitasjeegenskapene. Prall-testen har vært i bruk lenge i Sverige og det er rapportert god sammenheng mellom laboratorieresultater og feltobservasjoner fra veger under trafikk.

Krav til Prall-verdi (funksjonskrav) er gitt i Håndbok N200 Vegbygging avhengig av trafikkmengden:

	ÅDT				
	≤1500	1501-3000	3001-5000	5001-10000	>10000
Maks. tillatt Prall-verdi, cm ³		36	28	25	22



Figur 10.3 Kulemølle (Foto: SINTEF)



Figur 10.4 Prall-test (Foto: SINTEF)

I tillegg til de økonomiske konsekvensene knyttet til sporutvikling og forkortet dekkelevetid fører piggdekkslitasje også til et betydelig støvproblem, spesielt i byer med mye trafikk og klimatiske forhold med stillestående luft. Eksempelvis har det i Trondheim på kalde tørre dager uten vind tidvis vært så dårlig luftkvalitet at personer med luftveisproblemer frarådes å bevege seg utendørs.

Tiltak for å redusere støvbelastningen:

- Redusere trafikken og piggdekkandelen. Det er en klar sammenheng mellom slitasje og piggdekkandel, og jo lavere piggdekkandel, jo mindre slitasje. Piggfrie vinterdekk sliter minimalt på asfalten. Vi sier gjerne at tunge kjøretøy med pigg sliter ca. 5 ganger mer enn lette kjøretøy, og tunge kjøretøy med kjettinger ca. 20 ganger mer enn lette kjøretøy.
- Redusere kjørehastighet. Jo høyere kjørehastighet, jo høyere slitasje og større oppvirvling av støv.
- Slitesterke vegdekker. For å motvirke piggdekkslitasje bør skjellettasfalt (Ska) fremfor asfaltbetong (Ab) brukes, spesielt der piggdekkandelen er høy. I tillegg er det viktig å bruke stor stein og sterk stein i hele kornkurva (ikke bare i grovfraksjonen). Bruk av polymermodifisert bindemiddel (PMB) vil også bidra i riktig retning, men er ikke et tiltak som i seg selv løser problemet.
- Rengjøring av vegger og fortau. Støv som ligger på vegen vil under belastning av trafikk slites ned til mindre partikler i tillegg til at det sliter på vegen (sandpapireffekt, virker som et slipemiddel). Vi vet at våte vegger slites 3-5 ganger mer enn tørre vegger, men hvis man fjerner støv som ligger på vegen vil denne verdien trolig gå ned.
- Støvbinding på vegger og sideareal. For å hindre at støv kommer opp i lufta og bindes på vegen er støvdemping et effektivt tiltak. Imidlertid må støvdemping ses i sammenheng med renhold. Støvbinding vil holde vegen fuktig slik at støv bindes på vegen. Mye av støvet vil samle seg opp langs kanten av vegen, så det er viktig å støvdempe hele arealet.
- Minimere sanding. Sanding bør unngås på vegen, og bare brukes ved akutte tilfeller ved dårlig friksjon. Strøanden bør være av god kvalitet (slitesterkt materiale) der 0-fraksjonen er vasket bort.

Klima spiller en stor rolle i forhold til svevestøv fra piggdekkslitasje. Ved fuktig vær vil støvet bindes til vegen, mens ved tørt og kaldt vær vil svevestøvet komme opp i lufta.

10.2.2 Deformasjoner i asfalten

Deformasjoner i asfaltmaterialet kan skyldes både ustabil kornkurve og feil type/mengde bindemiddel. Hvis det benyttes myke bindemidler vil asfalten lett deformeres på varme sommerdager. På den andre siden vil bruk av for stive bindemidler kunne føre til økt oppsprekking om vinteren ved lave temperaturer.

I figur 10.5 er det vist et ekstremt eksempel på skjærdeformasjoner i asfaltmaterialet som sannsynligvis skyldes en feil i asfaltproduksjonen.

Deformasjoner i asfalt er i stor grad avhengig av temperatur og belastningshastighet. Mest kritisk er tung og saktegående trafikk på varme sommerdager. Det er ikke uvanlig at temperaturen i asfalten kan komme opp i 50 °C. Man vil i bystrøk da fort kunne observere økt sporutvikling i kryssområder og busslommer, sammenlignet med der trafikken flyter raskere.



Figur 10.5 Eksempel på asfaltdeformasjon på E6 i Nordland (Foto: Inge Hoff)

Motstanden mot permanente deformasjoner i et asfaltmateriale kan dokumenteres ved hjelp av ”Wheel-track” - forsøket (NS-EN 12697-22). Det er vanlig å stille krav til slik dokumentasjon for spesielt utsatte områder.



Figur 10.6 Wheel-track apparatur og prøve etter testing (Fotograf: Cooper (venstre) og SINTEF (høyre))

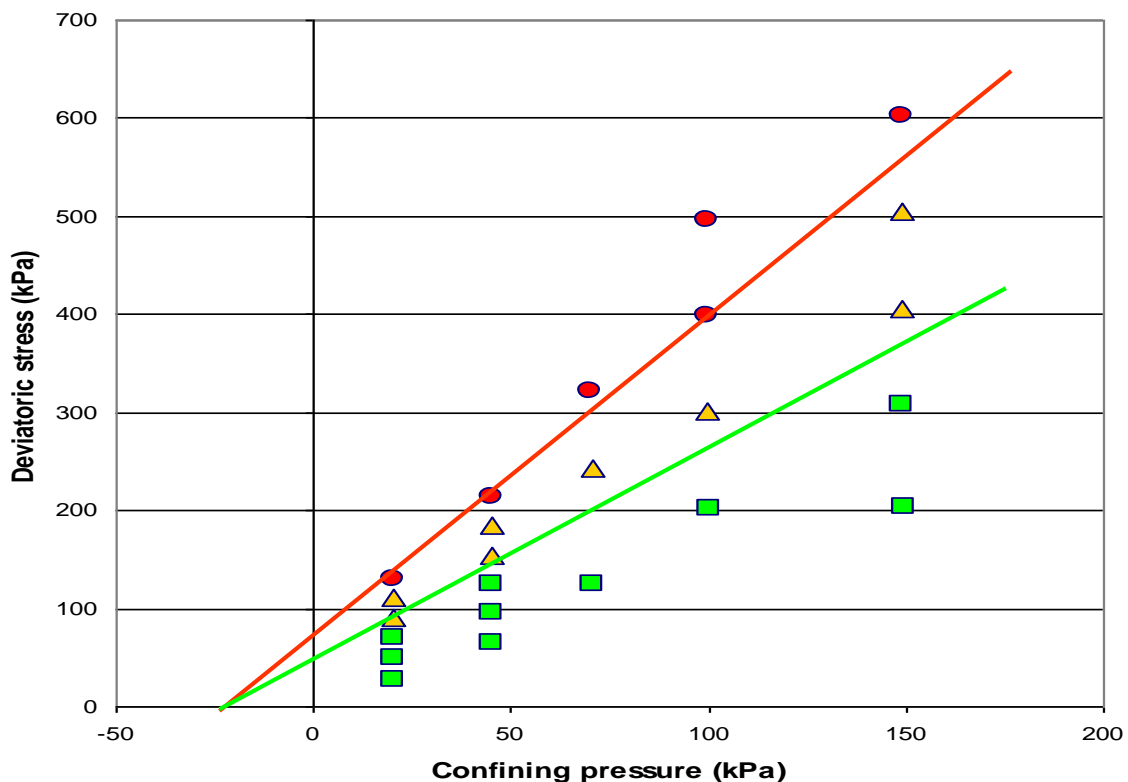
10.2.3 Deformasjoner i bære- og forsterkningslag

Ubundne materialer vil utvikle permanente deformasjoner hvis spenningene på grunn av trafikken overskrider visse grenseverdier. Figur 10.7 viser grenser for et pukkmateriale avhengig av sidetrykk (confining pressure) og skjærspenning (deviatoric stress). Når belastningen på materialet er i området under den nederste grønne streken får man minimale permanente deformasjoner. Vi ser at så lenge materialet er godt innspent (til høyre på figuren) kan det tåle ganske mye belastning. Blir derimot sidestøtten liten (mot venstre på figuren) går styrkekapasiteten dramatisk ned.

Ut fra dette kan man også forstå at veier med smale skuldre og bratte grøfteskrånninger, dvs. liten innspenning, vil være særlig utsatt for spor og deformasjoner.

Finstoffinnhold og vann vil også være med å bestemme hvor stor motstand disse materialene har mot deformasjon. Særlig på gamle veger kan materialkvaliteten være variabel, med mye innhold av finstoff. Hvis også dreneringsforholdene er dårlige, noe de ofte er, vil man kunne få store problemer, og da spesielt i teleløsningen.

I en nybygd veg, der materialene oppfyller kravene i Håndbok N200, vil det vanligvis ikke være store deformasjoner i de ubundne lagene. Forutsetningen er selvsagt at materialene legges ut og komprimeres på en slik måte at man unngår separasjoner og finstoffopphopninger. Det har vært eksempler på at slike uheldige forhold har gitt både deformasjoner og telehiv, selv i forholdsvis nye vegkonstruksjoner.



Figur 10.7 Eksempel fra treaks-forsøk på pukk, med inntegnede grenseverdier for permanente deformasjoner (grønn; elastisk sone – rød; bruddsone)

10.2.4 Deformasjoner i undergrunnen

Hvis alle forhold er like langsetter vegen, vil de fleste skader utvikle seg jevnt, og det vil være få eller ingen ujevnheter. Dette er dessverre sjelden tilfelle. Grunnforholdene vil normalt variere mye selv over korte strekninger, det samme kan være tilfelle for dreneringen.

For en godt dimensjonert veg skal spenningene som forplanter seg nedover i konstruksjonen være så små at de heller ikke forårsaker deformasjoner på undergrunnen, selv om dette kan være et svært dårlig/svakt material. Men på en gammel veg på dårlig grunn der bære- og forsterkningslaget har mangelfull kvalitet, kan det hende at hovedbidraget til sporene i vegbanen kommer helt nede fra grunnen. Dette er en situasjon som er vanskelig å utbedre uten betydelige masseutskiftninger.

10.3 Sprekker

Sprekker i vegoverflata er i seg selv vanligvis ikke så plagsomt for biltrafikken, men langs- gående sprekker kan være svært ubehagelige for de som ferdes på to hjul. Oppsprekking vil ofte føre til akselerert skadeutvikling og dannelse av krakelering og slaghull. Disse prosessene er delvis forårsaket av vann som trenger inn i og svekker konstruksjonen, og delvis av lokale spennings-konsentrasjoner i nærheten av sprekken.

Ulike typer sprekker kan ha ulike årsaker. Noen ganger gjør et karakteristisk sprekke-mønster det ganske lett å finne årsaken til problemene, andre ganger er bildet mer sammensatt.

10.3.1 Utmattingsprekker

Utmattingsprekker er knyttet til gjentatte deformasjoner i asfaltdekket, forårsaket av de enkelt- vise kjøretøypasseringer. I mange land er utmatting en sentral skademekanisme, men i Norge har vi tradisjonelt ikke lagt stor vekt på dette. Trafikkmengden er relativt beskjeden på de fleste vegene, og vi har også en litt annen type vegoppbygging enn mange land på kontinentet. Dette gjør at vi så langt har vært mest opptatt av spor og jevnhet.

Det ventes at med en videreutvikling av dagens målestyr og målemetoder (jfr. kapittel 11) til også å omfatte detaljert sprekkeregistrering, vil dette bli mer vektlagt også i PMS-sammenheng (jfr. kapittel 13).

10.3.2 Lavtemperatursprekker

Når temperaturen synker trekker asfalten seg sammen og det dannes strekkspenninger i veg- dekket (som i alle materialer). Hvis temperaturendringen ikke skjer for fort og det ikke blir for kaldt, vil asfalten på grunn av de visko-elastiske egenskapene rekke å tilpasse seg/utjevne spenningene uten å sprekke opp. Men ved raske temperaturfall ned til lave temperaturer (mange kuldegrader) kan asfalten bli så stiv/sprø og spenningene bygge seg opp så fort at strekkstyrken overskrides. Resultatet blir en karakteristisk lavtemperatur-sprekk på tvers av vegen, ofte gjentatt med fast intervall bortover vegen (se også kapittel 14.3).

Ved vegbygging i områder som er utsatt for lave temperaturer vil et aktuelt tiltak være å bruke polymermodifiserte bindemidler som gjør at asfalten bedre tåler disse påkjennningene.

10.4 Kantskader

I Norge er det mange veger som er for smale slik at belastningen fra trafikken kommer for langt ut mot kanten. Hvis det da i tillegg er laget en bratt grøftkant skapes en svært uheldig spennings-situasjon (jfr. kapittel 10.2.3).



Figur 10.8 Typisk kantskade med deformert skulder (Foto fra Roadex.org)

God drenering er avgjørende for å sikre god bæreevne, men man må passe på at man ikke ødelegger innspenningsforholdene når man går inn med slike tiltak, f.eks. i forbindelse med grøfting på smale veger.

10.5 Teleskader

Telehiv om vinteren og bæreevnesvikt i teleløsninga om våren er det alvorligste problemet for mange lavtrafikkerte veger. Når siltholdige telefarlige materialer fryser, kan det oppstå en situasjon hvor kapillærsug trekker stadig mer vann opp til frysefronten. Hvis det er mye fritt vann tilgjengelig i underliggende lag, kan dette føre til dannelse av store islinser (flere cm tykke lag av ren is). Disse krever stor plass og fører til at vegoverflaten hever seg (telehiv). Hvis man så får kraftig mildvær som gjør at alt dette vannet tiner uten at det har anledning til å dreneres bort, oppstår den klassiske teleløsningssituasjonen med bæreevnesvikt og akselerert skadeutvikling.

Jevn telehiving over en strekning vil ikke oppleves så ubehagelig for trafikantene. Dessverre er dette sjelden tilfelle. Som regel er det lokale variasjoner både i grunnforhold og overbygningmaterialer langs en vegstrekning, og faste elementer som kulverter, stikkrenner, brukar osv. beveger seg lite og ingenting. Resultatet blir i praksis ujevnheter både på langs og tvers av vegen.

Der det ligger snø langs vegen (brøytekanter) vil denne virke isolerende. Det gjør at telen trenger dypere ned midt i vegen enn langs kantene. Dette gir ofte ujevne telehiv på tvers av vegen, noe som igjen kan føre til at det dannes langsgående telesprekker.

Full telesikring krever tykke lag av steinmaterialer eller kunstige isolasjonsmaterialer som lettklinker, skumglass eller ekspandert polystyren (EPS). I henhold til Håndbok N200 Vegbygging frostdimensjoneres norske riks- og fylkesveger med ÅDT > 1500 normalt etter en "10 års vinter". For veger med mindre trafikk vil kostnadene med en slik full telesikring bli uforholdsmessig store. Her må man vurdere behovet i hvert tilfelle, ut fra hvor mye ujevnheter/telehiv man kan akseptere.

10.6 Bestandighet/aldring

I tillegg til skader som skyldes belastning fra trafikken, er vegen og vegdekket utsatt for mange klima- og miljøpåkjenninger. Vann er nevnt. Det kan ha mange negative innvirkninger og forårsake bl. a. bæreevne- og teleproblemer. Men i tillegg vil nedbør, fryse/tine sykluser, solstråling (spesielt UV), temperaturvekslinger osv. føre til at selve asfalten endrer egenskaper over tid. Den "aldres" og blir både stivere og sprøere. Et aldret asfaltdekke vil dermed være mye mer utsatt for oppsprekking og forvitring.

For mange lavtrafikkerte veger vil slike bestandighetsproblemer gjøre at vegen ikke varer så lenge som ønskelig, selv om alle andre forhold skulle ligge til rette for lang levetid.

Både erfaringer fra felt og forskjellige typer nedbrytingsforsøk i laboratorium har vist at det kan være store forskjeller mellom ulike asfaltmaterialer med hensyn på aldring. Blant annet er det observert at man kan få betydelig forbedring i aldringsegenskapene når man bruker polymer-modifiserte bindemidler.



Figur 10.9 Prøver av Ab 11 (asfaltbetong) etter et halvt års simulert aldring i laboratorium, til venstre med ordinær bitumen 160/220, til høyre med bitumen 160/220 tilsatt 6 vekt-% polymer (Foto: Joralf Aurstad)

Kapittel 11 Tilstandsregistrering

Jostein Aksnes, Bård Nonstad og Dagfin Gryteselv, Statens vegvesen

11.1	Systemer for tilstandsregistrering	144
11.1.1	Spør-, jevnhets- og tverrfallsmålinger	144
11.1.2	Vegbilder	146
11.1.3	Visuelle kartlegginger – manuelle	147
11.1.4	Bæreevne målinger	148
11.1.5	Georadar	150
11.1.6	Oppgraving og materialanalyser	151
11.1.7	Friksjonsmåling av vegdekker	151
11.2	Tilstandsutviklingsmodeller	153

11 Tilstandsregistrering

For å kunne planlegge optimalt vedlikehold eller rehabilitering av en vegstrekning, er det viktig med god og tilstrekkelig kartlegging av tilstand og forhold på og ved veien. Dette innebærer både innsamling av ulike data og informasjon, samt å sette denne informasjonen sammen og presentere den slik at riktige tiltak kan velges. I dette inngår mulighet for å vurdere årsaksforhold til opptredende skader.

Dette kapitlet beskriver noen av de viktigste informasjonskilder og verktøy som kan benyttes for beskriving av tilstand og valg av tiltak.

11.1 Systemer for tilstandsregistrering

I dette kapitlet omtales følgende tilstandsdata, registrering/innsamling og bruk:

- Spor, jevnhet, tverrfall (ViaPPS)
- Vegbilder (ViaPhoto)
- Visuelle kartlegginger
- Bæreevne
- Georadar
- Oppgraving – grunnboringer
- Friksjonsmåling

11.1.1 Spor-, jevnhets- og tverrfallsmålinger

Statens vegvesen utfører spor-, jevnhets- og tverrfallsmålinger på alle riks- og fylkesveger stort sett hvert år. I tillegg måles det på strekninger der det er lagt nye dekker samme sommersesong. Disse initialmålingene er i enkelte tilfeller også grunnlag for endelig oppgjør med asfalt-entreprenør basert på fastsatte kvalitetskrav. Målebilen er vist i Figur 11.1.



Figur 11.1 Målebil for spor-, tverrfall- og jevnhetsmåling (Foto: Torleif Haugødegård)

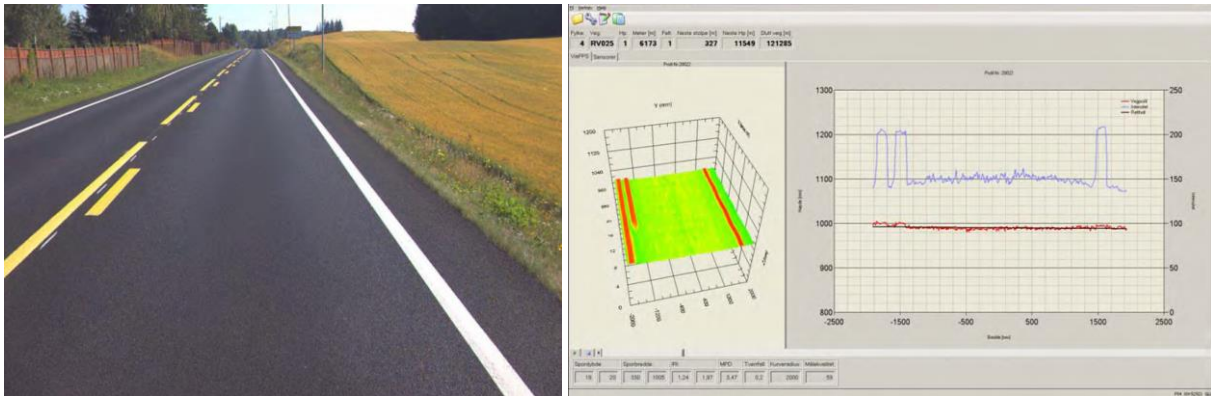
Utstyret er en roterende laserskanner med følgende tekniske data:

- 140 omdreininger pr sekund, dvs. tverrprofilavstand er 16 cm i 80 km/t
- 4 m målebredde, 550 pkt. pr. tverrprofil

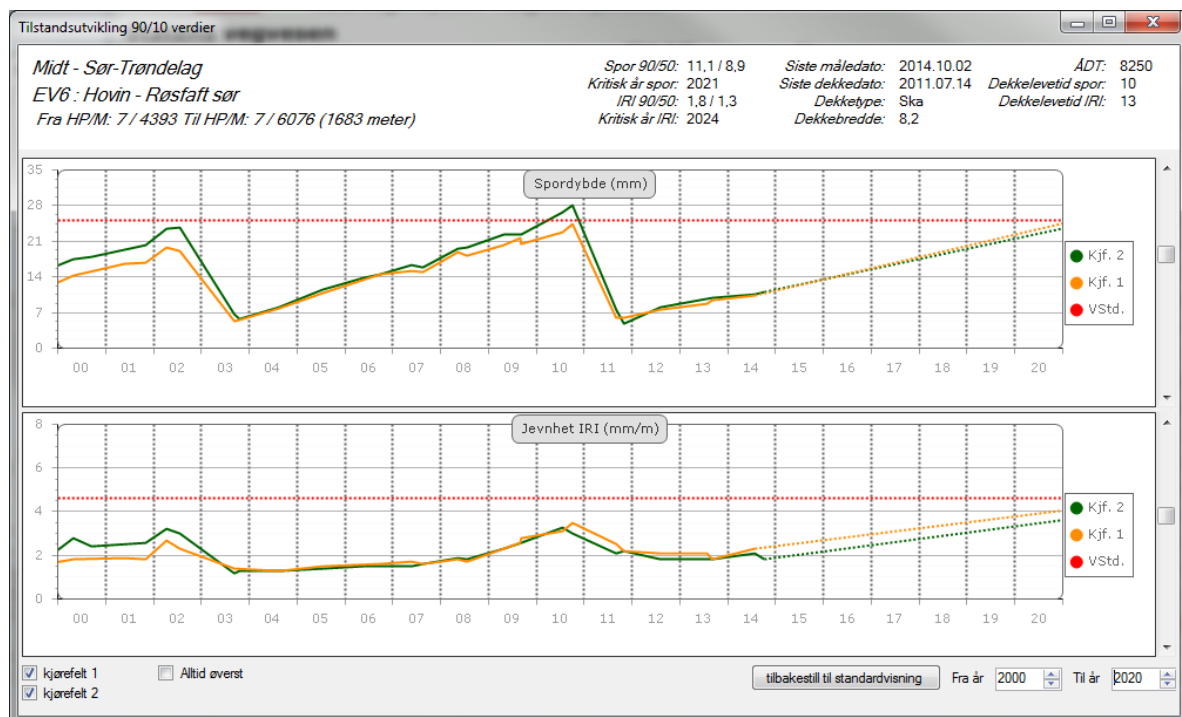
Utstyret registrerer:

- Tverrprofil (spordybder, tverrfall, vegmerkingslinjer, enkelte skader, bl.a. sprekker)
- Lengdeprofil (jevnhet/IRI)
- Tekstur, ruhet (kan indirekte også indikere noe om friksjon)

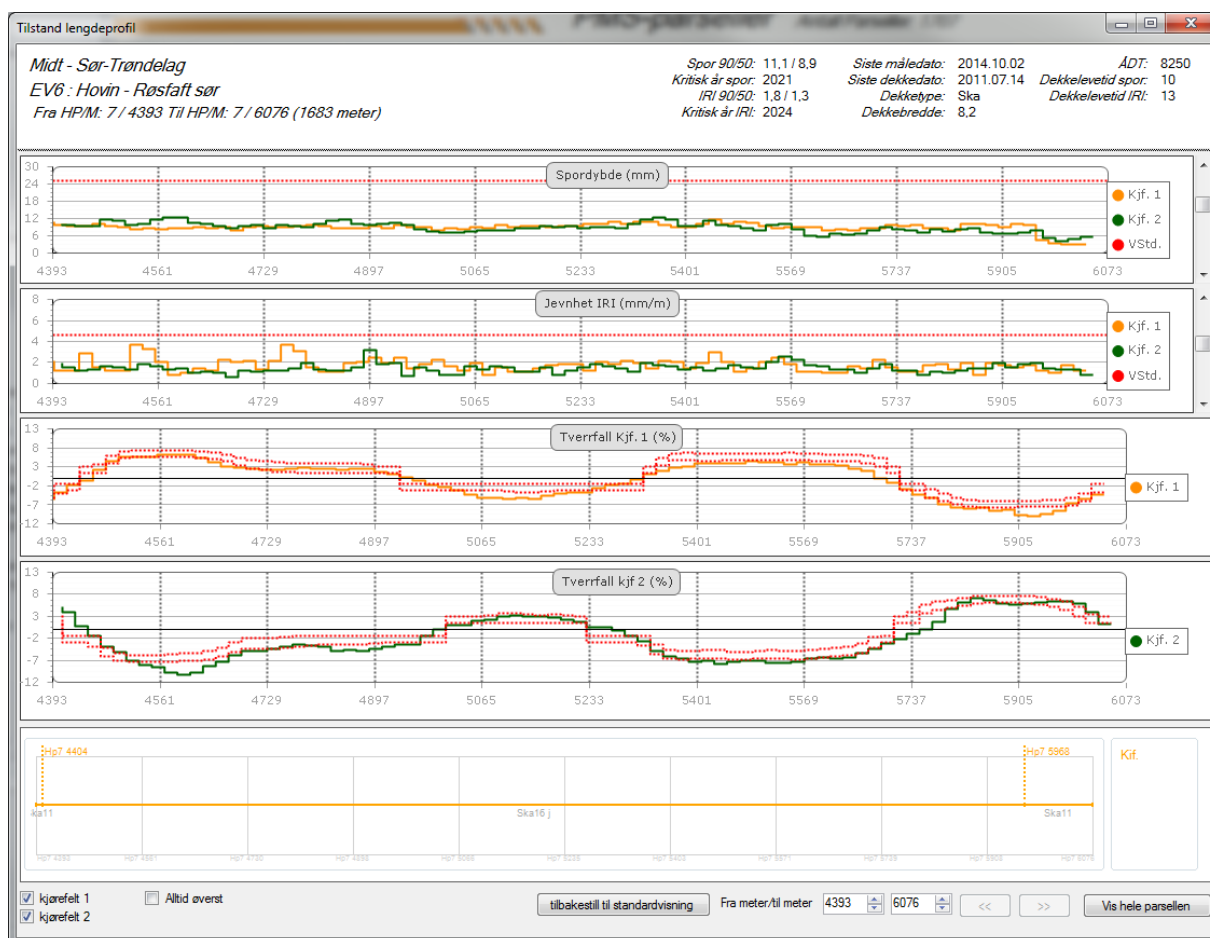
Data for spordybde (mm), jevnhet (IRI – mm/m) og tverrfall (%) registreres pr kjørefelt, beregnes og bearbeides og lagres i NVDB (Nasjonal vegdatabank) for hver 20 m. Rådata fra registreringen kan i tillegg inspiseres i en egen applikasjon for mer detaljert informasjon. Blant annet kan man identifisere både oppmerking, sprekker og overflatehomogenitet (separasjon og blødninger) fra disse rådataene.



Figur 11.2 Visning av detaljdata (rådata) fra registreringen



Figur 11.3 Visning av tilstandsutvikling for spor og jevnhet i PMS basert på 90-percentiler



Figur 11.4 Lengdeprofilvisning av spor, jevnhet og tverrfall, 20 m intervaller (PMS)

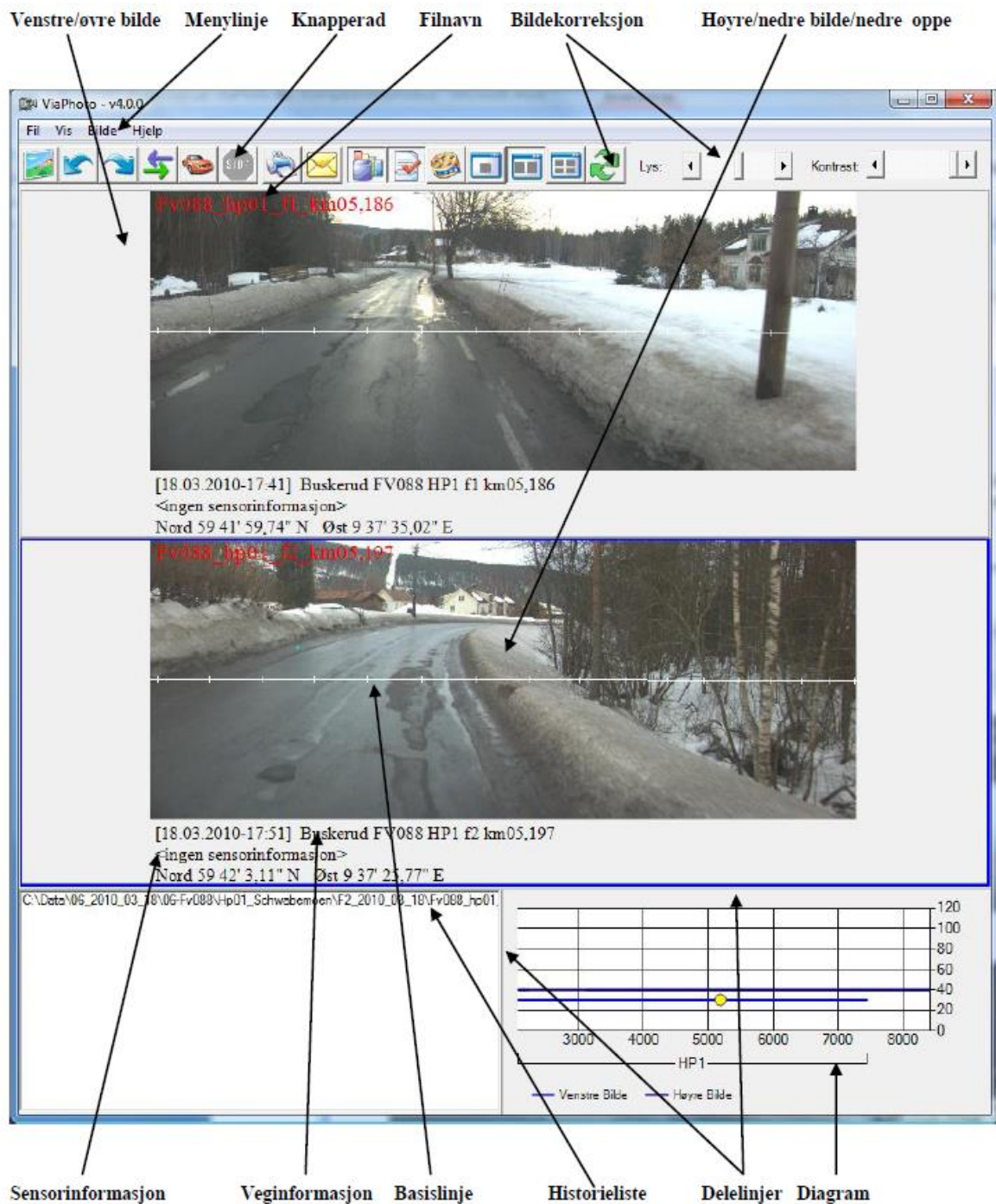
11.1.2 Vegbilder

Samtidig med spor- og jevnhetsregistreringer tas det stillbilder av vegen og det nærmeste side-terrenget for hver 20 m. Bildene kan for så vidt vises enkeltvis i hvilket som helst bildevisnings-/behandlingsverktøy (jpg-format). Det er laget et dataprogram, ViaPhoto, som gjør det enklere å vise bildene. I ViaPhoto er det funksjoner for visning av flere bilder, visning av begge kjørefeltene samtidig, simulert "kjøring" av vegen i f.eks. 80 km/t og mulighet for å måle virkelige bredder på ulike objekter. Breddemåling kan benyttes til f.eks. å beregne omfang på tiltak der vegbredder ikke er kjent (linjal-/målestokkfunksjon).

Telling av ulike objekter er også enkelt. Antall kummer, sluker, skilt, lengde rekkverk og kantstein kan finnes ut fra disse bildene.

I PMS kan også disse vegbildene vises, men med noe begrenset funksjonalitet.

Figur 11.5 viser et eksempel på vegbilder slik de kan vises i ViaPhoto.



Figur 11.5 Visning av vegbilder i ViaPhoto (Kilde: ViaPhoto Brukermanual)

11.1.3 Visuelle kartlegginger – manuelle

Visuell kartlegging av dekketilstand kan blant annet være aktuelt ved planlegging av forsterkningstiltak, eller som en del av en mer omfattende tilstandoppfølging av forsøksstrekninger.

For å være i stand til å velge riktig utbedringstiltak er det nødvendig å ha kunnskap om de fremtredende dekkeskadene på en vegstrekning, og om årsakene til at de har oppstått. Visuell skadekartlegging, gjerne over flere år, vil i denne sammenheng være til stor hjelp.



En visuell registrering av vegdekkeskader vil alltid være influert av vurderingene til den eller de personer som utfører registreringen. For å bidra til en mest mulig ensartet skadevurdering utarbeidet Statens vegvesen "Skadekatalog for bituminøse vegdekker" (Håndbok V261) i 1996. Skadekatalogen er en veiledning til Håndbok N200 Vegbygging, og inneholder beskrivelse av de vanligste skadetyper, oversikt over mulige årsaker og forslag til utbedringstiltak

Figur 11.6 Håndbok V261 Skadekatalog for bituminøse vegdekker

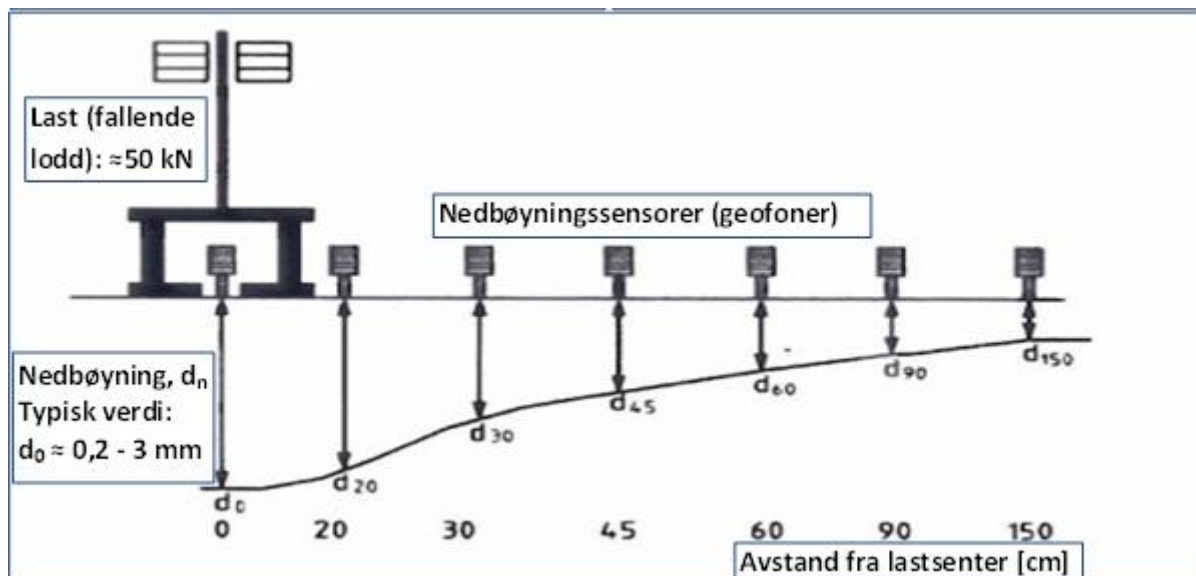
11.1.4 Bæreevne målinger



Figur 11.7 Falloddsutstyr (Foto: Dagfin Gryteselv)

Et fallodd (Falling Weight Deflectometer, FWD) består i prinsippet av to deler; en vekt som faller fra en bestemt høyde ned på en belastningsplate og en serie med geofoner som registrerer nedbøyningen i lastsenteret og i ulike avstander fra belastningsplata. Krafta som overføres mellom plata og underlaget måles av ei kraftcelle. Lasten fra falloddet skal normalt tilsvare ei hjullast på 5 tonn.

Tolkning av nedbøyningsmålinger



Figur 11.8 Nedbøyningsbasseng ved falloddsmåling

Størrelsen på nedbøyningene og formen på nedbøyningsbassenget kan gi flere opplysninger om tilstanden for vegen.

Er det svake materialer øverst i vegkonstruksjonen, vil krumningen ($d_0 - d_{20}$) bli stor. Er det svake materialer i undergrunnen, vil deformasjonen langt fra lastsenteret (d_{90} evt. d_{150}) bli stor.

Forholdstallet mellom maksimal deformasjon i lastsenteret (d_0) og krumningen av deformasjon under lastsenteret ($d_0 - d_{20}$) gir indikasjon på hvor i vegkonstruksjonen svakheten sannsynligvis ligger.

$$\frac{d_0}{d_0 - d_{20}} > 5 \quad \text{Svakhet i undergrunn/forsterkningslag}$$

$$3 < \frac{d_0}{d_0 - d_{20}} < 5 \quad \text{Svakhet i forsterkningslag/bærelag}$$

$$\frac{d_0}{d_0 - d_{20}} < 3 \quad \text{Svakhet i bærelag/dekke}$$

Beregning av bæreevne

Vegens bæreevne uttrykkes i tonn (aksellast) og beregnes ved hjelp av empiriske formler hvor kraft, nedbøyning og gjennomsnittlig antall tunge kjøretøyer pr. døgn ($\dot{A}DT_T$) er inngangsparametre. Bæreevneformelen er forskjellig for veg med grus og asfaltdekke.

$$\text{Bæreevne på grusveg: } B_{\text{grus}} = 11 \cdot \left(\frac{225 \cdot p}{d_0 \cdot 150} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{50}{\dot{A}DT_T} \right)^{0,072}$$

$$\text{Bæreevne på asfaltert veg: } B_{\text{asfalt}} = 11 \cdot \left(\frac{E_{\text{dim}}}{200} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{50}{\text{ÅDT}_T} \right)^{0,072}$$

$$\text{hvor } E_{\text{dim}} = \frac{110 \cdot p}{\sqrt{d_0 \cdot (d_0 - d_{20})}} \text{ (MPa) (gjelder for platediameter 30 cm) og } p \text{ er flatetrykk (MPa)}$$

Dimensjonerende bæreevne tilsvarer bæreevnen som 90 % av strekningen oppfyller (dvs. vi tillater at 10 % av strekningen er svakere).

11.1.5 Georadar

Georadar (GPR – Ground Penetrating Radar) kan være et alternativ og/eller supplement til oppgraving og grunnboringer. Georadar er utstyr som kan kartlegge lagdelingen i en vegkonstruksjon og/eller i grunnen ved hjelp av elektromagnetiske bølger. Et eksempel på georadarantenne montert på bil er vist i Figur 11.9. I tillegg finnes ulike varianter bl.a. til bruk i tunnel og for bruk i terreng.

Selve målingene vil i de fleste tilfeller kreve lite tidsforbruk. Georadar produserer et kontinuerlig profil/snitt, og vil f.eks. kunne avdekke lagtykkelser, dybde til fjell, variasjoner i materialtyper og vanninnhold og teledybde. Sammen med grunnboringer/oppgravinger for å kalibrere resultatene, kan det gi et godt bilde av grunnforholdene langs en vegstrekning. Georadar kan normalt ikke benyttes til å bestemme detaljerte materialegenskaper i grunnen som f.eks. kornfordeling og materialsammensetning.

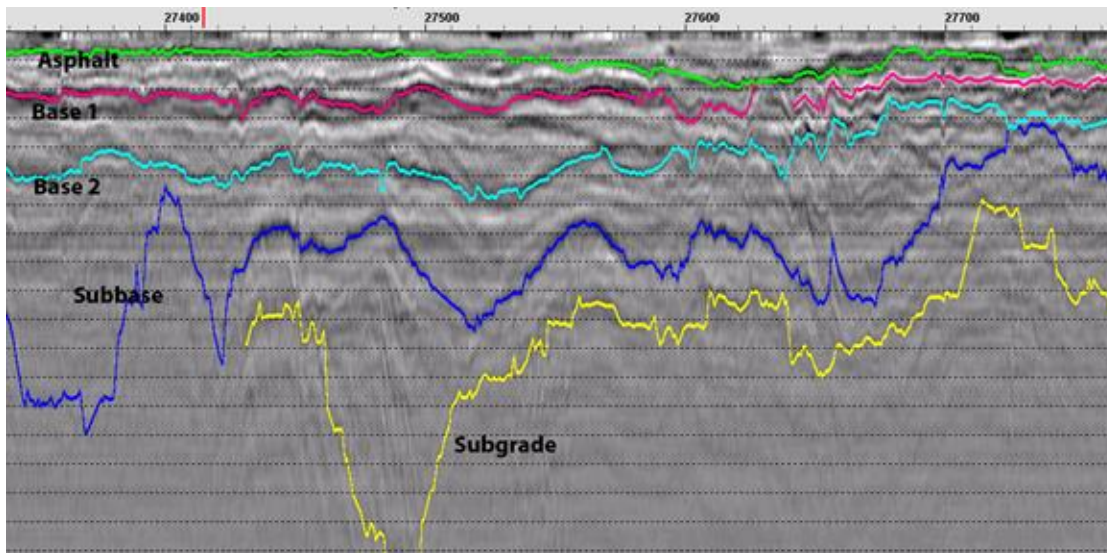
Georadar er også egnet dersom spesielle objekter i grunnen ønskes påvist. Dette kan være ulike konstruksjoner, rør og kabler av en viss tykkelse. Georadar, avhengig av type, kan under gunstige forhold ”se” objekter ned til ca. 5 cm størrelse og til en dybde på 2,5 – 3 m under overflaten.



Figur 11.9 Georadar – GPR. Ulike georadarantenner. (Foto, tv: SINTEF)

Georadar fungerer ved at det sendes ut elektromagnetiske bølger i UHF og/eller VHF frekvensområdet fra en eller flere antenner ned i grunnen. De reflekterte signalene som avhenger av de enkelte materiallag sin permittivitet og konduktivitet, fanges opp av antenner som gjennom signaltolkninger, beregninger og analyser, produserer tolkbare resultater. Disse må i sin tur vurderes av kompetent person for å gi anvendbart resultat til bruk i planlegging av prosjektering og/eller rehabilitering.

Eksempel på dette er vist i figur 11.10. Resultatet er vist som lengdeprofil der lagdelinger og spesielle objekter/observasjoner er avmerket.



Figur 11.10 Georadar - eksempel på resultatvisning lengdeprofil

11.1.6 Oppgraving og materialanalyser

Dersom konstruksjonsoppbygging og undergrunn og tilhørende materialegenskaper er ukjent, vil det kunne være aktuelt med oppgravinger og materialanalyser for å finne lagtykkelser og materialtyper.

Omfang og opplegg for dette må tilpasses i hvert tilfelle. Statens vegvesens Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Håndbok R211 Feltundersøkelser og Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging omhandler felt-/terrengundersøkelser og materialanalyser i detalj.

11.1.7 Friksjonsmåling av vegdekker

Friksjonsforholdene har stor betydning for trafikksikkerheten på vegene både sommer og vinter. Hovedvekten av målingene foretas på vinterføre i forbindelse med oppfølging av kravene i driftskontraktene. Entreprenøren gjør målinger for å se om det er behov for friksjonsforbedrende tiltak, og byggherren (Statens vegvesen) gjennomfører friksjonsmålinger for å kontrollere at entreprenøren har gjort jobben sin.

Sommerfriksjon måles ved mistanke om glatt vegbane eller ved spesielle hendelser, slik som ulykker. I tillegg skal teksturdata legges til grunn for å bestemme hvor det er behov for å gjennomføre friksjonsmålinger. Det gjøres også stikkprøvekontroller av nylagte og eldre vegdekker.

Det benyttes kontinuerlige friksjonsmålere som har et målehjul som bremses, og kreftene som virker på hjulet registreres. Det er friksjonsmåleren ROAR (ROad Analyser and Recorder) som benyttes for å følge opp friksjonen på vegdekker i Norge. Måleresultatet angis som en friksjonskoeffisient, og er da et uttrykk for vegdekkets friksjon under de gitte betingelser.

En måling på et vegdekke foregår med en målehastighet på 60 km/t, samtidig som det legges ut en vannfilm på 0,5 mm foran målehjulet. Det benyttes et standardisert glatt målehjul (uten mønster). En måling skjer enten med fast- eller variabel slipp. Slipp (målt i %) er en betegnelse for graden av oppbremsing i forhold til fritt rullende hjul. Låst hjul er dermed 100 % slipp. Variabel slipp vil si at målehjulet bremses fra fritt rullende til låst hjul i løpet av et par sekunder, og den maksimale friksjonsverdien i løpet av denne nedbremsinga registreres.

Friksjonsdataene legges inn i en egen database (Rosita) for bearbeiding og føres så over til Nasjonal Vegdatabank (NVDB).

Friksjon og friksjonsmåling er nærmere beskrevet i kapittel 12.



Figur 11.11 Friksjonsmåling med ROAR5 (Foto: Bård Nonstad)



Statens vegvesen

Rosita

Database for dekketilstandsmålinger

Utskrift 

Forsiden
 Velkommen til Rosita!









Rosita (Road Surface Condition Database) er Statens vegvesens sentrale forvaltningssystem for måledata fra dekketilstandsmålinger (spor/jevnhhet, vegmerking og friksjon) med måleutstyret ViaPPS (spordybde, tverrfall, jevnhet IRI, o.a.) og RoAR (friksjonskoeffisient, slipp o.a.) på Europa-, riks- og fylkesvegnettet. Systemet overfører nøkkeldata til [Nasjonal vegdatabank](#) (NVDB) og kan produsere en rekke statistikkrapporter og analyser basert på importerte data fra målestrekningene. Rapporter og analyser er offentlige, mens registrering og vedlikehold av måledata krever innlogging.

	Spor/jevnhhet		Friksjon		Vegmerking	
	Hittil i år	Totalt	Hittil i år	Totalt	Hittil i år	Totalt
Antall målestrekninger:	16 913	94 145	110	3 513	17 186	82 237
Målt kjørefeltlengde (km):	111 534	654 686	646	18 906	112 844	564 067
Datamengde (kB):	2 403 873	12 308 007	26 044	251 145	2 430 965	12 120 080

3.30.2

Figur 11.12 Rosita Database for dekketilstandsmålinger; friksjon (sommermålinger), spor og jevnhet og vegmerking

11.2 Tilstandsutviklingsmodeller

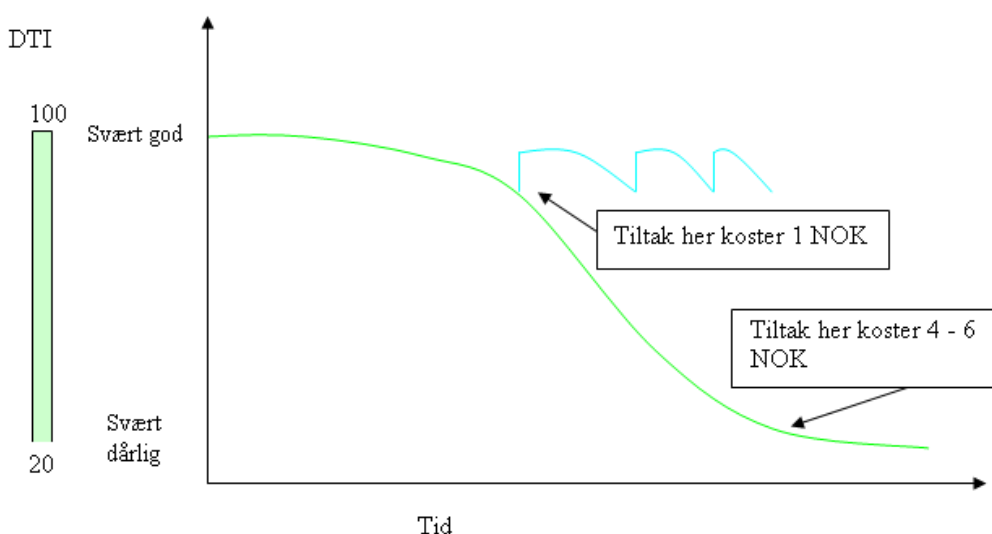
En tilstandsutviklingsmodell er et matematisk verktøy for beregning av framtidig tilstand til vegoverbygningen. Vanlig brukte tilstandsindikatorer er spordybde, krakelert dekkeareal og IRI (International Roughness Index). IRI er en av de viktigste tilstandsindikatorer og er et uttrykk for ujevnhet. Med gitte opplysninger om trafikkbelastning, klimapåkjenninger, materialegenskaper og vegens oppbygging kan en tilstandsutviklingsmodell brukes til å beregne tilstandsutviklingen.

Siden AASHTO-forsøkene i USA på 1960-tallet har mange forskjellige tilstandsutviklingsmodeller blitt utviklet. De aller fleste er empiriske (erfaringsbaserte), dvs. de er utviklet for bestemte klima- og trafikkforhold. Empiriske modeller har imidlertid begrenset anvendbarhet, og det kreves en stor innsats med kalibrering og tilpasning for at de skal kunne anvendes ved andre forutsetninger.

En mindre gruppe av modeller som er utviklet er av typen mekanistisk-empirisk. Disse modellene bruker grunnleggende mekanistiske/teoretiske prinsipper og materialegenskaper for å beregne spenninger og tøyninger som brukes videre til beregning av framtidige dekkeskader ved bruk av empiriske relasjoner. Mekanistisk-empiriske modeller gjør det mulig å inkludere effekten av klimafaktorer (temperatur, fuktinnhold) i beregning av tilstandsutvikling. De er som regel mer komplekse og krever relativt omfattende data om materialegenskaper, trafikkklaster og klima-faktorer.

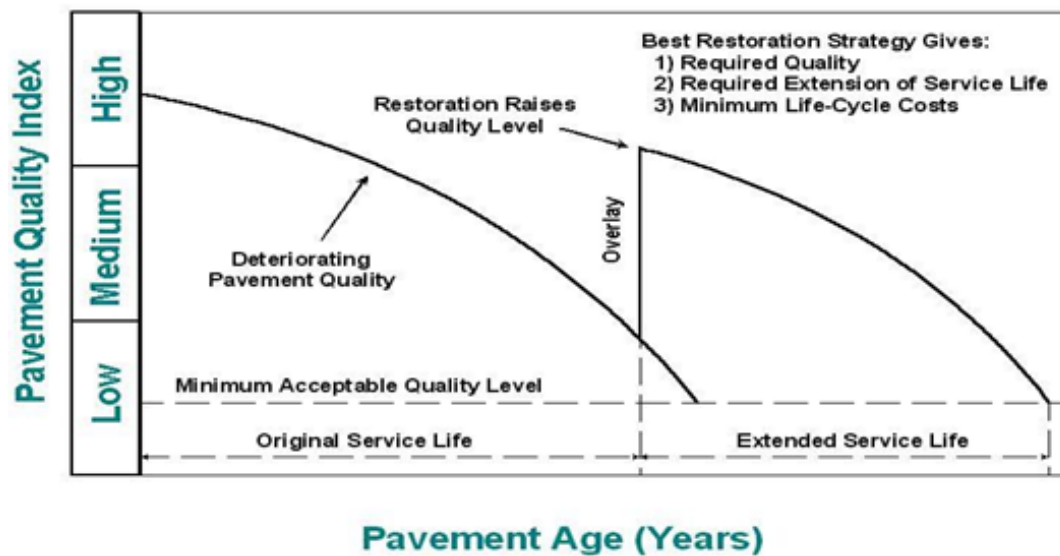
Tilstandsutviklingsmodellene utgjør en viktig del av dekkeplanleggingssystemer (PMS), dimensjoneringssystemer og vegkapital forvaltningssystemer. Dette på grunn av at tilstandsutviklingsmodellene gjør oss bedre i stand til å forutsi framtidig dekketilstand som kan danne grunnlag for å:

- beregne framtidige kostnader for drift og vedlikehold av veger
- beregne framtidig ressursbehov
- optimalisere dimensjonering av vegkonstruksjonen
- bestemme riktig tidspunkt for vedlikeholdstiltak
- vurdere effekten av ulike tiltak



Figur 11.13 Typisk tilstandsutviklingskurve/modell som kan være et hjelpemiddel for å bestemme riktig tid for vedlikeholdstiltak (DTI = dekketilstandsindikator)

Pavement Performance - Quality vs. Time



Figur 11.14 Tilstandsutviklingskurve (Kilde: Micro Paver)

Kapittel 12 Friksjon

Alex Klein-Paste, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
og Bård Nonstad, Statens vegvesen

	Enheter og størrelser	156
12.1	Litt grunnleggende mekanikk	157
12.1.1	Hastighet, akselerasjon og masse	157
12.1.2	Newtons andre lov	157
12.1.3	Mekanisk arbeid og kinetisk energi	158
12.1.4	Beregning av bremselengde	159
12.2	Friksjon – definisjoner	160
12.2.1	Introduksjon	160
12.2.2	Friksjon og bremsekraft	161
12.2.3	Statisk og dynamisk friksjon	163
12.2.4	Slipp	164
12.2.5	ABS systemer	164
12.3	Friksjonsmekanismer	165
12.3.1	Kontaktflate og kontaktareal	165
12.3.2	Deformasjon	166
12.3.3	Slitasje	167
12.3.4	Adhesjon	168
12.3.5	Tribosystemet	168
12.4	Hvordan blir friksjon tapt?	170
12.5	Variasjoner knyttet til friksjonsmåling	173
12.5.1	Vannfilmens betydning	174
12.5.2	Sesongvariasjoner	175
12.5.3	Hastighetens betydning	176
12.5.4	Slippens betydning	176
12.5.5	Dekketypens betydning	177
12.5.6	Forskjeller i og mellom spor	178
12.6	Måling av friksjon	179
12.6.1	Måling av bremselengde	179
12.6.2	Retardasjonsmålere	180
12.6.3	Kontinuerlige målere (slippmålere)	180
12.6.4	Standardisering av friksjonsmålinger	183
12.7	Krav til friksjon	184
12.7.1	Sommer	184
12.7.2	Vinter	185
12.8	Tiltak for å bedre friksjonen	185
12.8.1	Sommer	185
12.8.2	Vinter	186
	Referanser	187

Enheter og størrelser

Størrelse	Symbol	Offisiell enhet	Symbol	Alternativ enhet	Omregning
Masse	m	kilogram	kg		
Hastighet	v	meter / sekund	m/s	km/t	1 m/s = 3,6 km/t
Akselerasjon	a	meter / sekund ²	m/s ²	m/s/s	
Kraft	F	Newton	N	kg	1 kg = 9,81 N
Bremsekraft	F_b	Newton	N	kg	1 kg = 9,81 N
Normalkraft	F_n	Newton	N	kg	1 kg = 9,81 N
Friksjonskraft	F_t	Newton	N	kg	1 kg = 9,81 N
Avstand	l	meter	m		
Energi	E eller W	Joule	J	cal	1 cal = 4,18 J
Bremsetrykk	P	Pascal	Pa	bar PSI	1 bar = 10 ⁵ Pa 1 PSI = 6894,7 Pa
Slipp	S	meter / sekund	m/s		
Omdreinings- hastighet	ω	omdreininger per sekund	s ⁻¹		
Aksehøyde	h	meter	m		
Friksjonskoeffisient	μ	-	-		
Slipprate	λ	-	-		

12 Friksjon

Friksjon er en meget viktig parameter i forbindelse med drift og vedlikehold av veger, friksjonsmålinger brukes både sommer og vinter i ulike sammenhenger.

Målet med dette kapitlet er å gi en innføring i temaet, herunder vise både hvordan friksjon blir skapt og hvordan man taper friksjon. Utstyr og metoder for hvordan man måler friksjon er også presentert.

12.1 Litt grunnleggende mekanikk

Å kjøre trygt og effektivt i trafikken betyr at man må kunne styre, bremse og akselerere. Med andre ord, man må kunne kontrollere *hastigheten* og *bevegelsesretningen* av kjøretøyet. Og fordi kjøretøyet har en masse, krever dette en kraft. Denne kraften kommer hovedsakelig fra friksjon mellom dekk og vegbane.

Før vi ser nærmere på hvordan friksjon mellom dekk og vegbane oppstår, er det naturlig å først se litt overordnet på hvordan en kraft påvirker kjøretøyets hastighet og bevegelsesretning. Dette dekkes av fagfeltet ”mekanikk”, som er studien av objekter i bevegelse.

12.1.1 Hastighet, akselerasjon og masse

I det daglige språket uttrykkes hastigheten av et kjøretøy i kilometer per time [km/t]. Den offisielle enhet som brukes i beregninger er meter per sekund [m/s]. For å regne om hastigheten fra km/t til m/s deles det på faktoren 3,6. Vanligvis brukes symbolet v for å uttrykke hastighet.

Akselerasjon er *endring av hastighet*, og uttrykkes dermed i meter per sekund, per sekund [m/s/s eller m/s²]. F eks vil en akselerasjon på 2 m/s² bety at kjøretøyets hastighet øker med 2 m/s for hvert sekund som går. Etter 10 sekunder har hastigheten dermed økt til 20 m/s.

Vi bruker symbolet a for akselerasjon.

Bremsing eller retardasjon er også hastighetsendring. Derfor beskrives dette som en *negativ akselerasjon*. En akselerasjon på -2 m/s² betyr at bilens hastighet minker med 2 m/s for hvert sekund.

Et kjøretøy har en masse m . Den offisielle enheten for masse er kilogram [kg]. En masse oppgitt i tonn må derfor først regnes om til kilogram (1 tonn = 1000 kg).

I det daglige språket brukes ofte ordet ”vekt” istedenfor masse.

12.1.2 Newtons andre lov

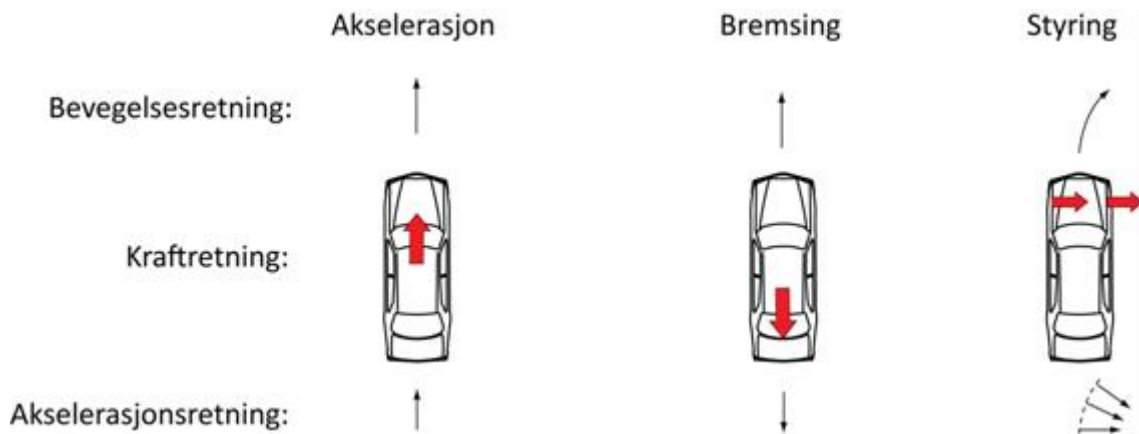
Som alle objekter med en viss masse kreves det en kraft for å endre hastigheten av et kjøretøy. Kraften måles i Newton [N] og vi bruker symbolet F . I det daglige språket blir kraft også ofte uttrykt i kilogram. En kg tilsvarer da 9,81 N.

Sammenheng mellom kraft, masse og akselerasjon er gitt av Newtons andre lov:

$$F = m \times a$$

Denne formelen er den mest grunnleggende likningen i mekanikken. I kjøretøysammenheng forteller den at når bilen er dobbelt så tung, kreves det dobbelt så mye kraft for å oppnå samme akselerasjon.

En kraft har ikke bare en størrelse, men også en retning. Og akselerasjonen skjer i samme retningen som kraften virker. Dette betyr at når man skal øke farten må kraften være i samme retning som kjøretretningen. Tilsvarende under bremsing (hvor akselerasjonen er negativ) kreves det en kraft i motsatt retning av bevegelsen. Når vi styrer i en kurve, er kraften og akselerasjonen hele tiden rettet mot senteret av kurvaturen, som vist i figuren nedenfor.



Figur 12.1 Illustrasjon av bevegelses-, kraft- og akselerasjonsretning på et kjøretøy

12.1.3 Mekanisk arbeid og kinetisk energi

Energi forekommer i forskjellige former (f. eks. termisk energi, bevegelsesenergi, mekanisk arbeid) og alle måles i Joule [J]. Én J (1 J) er definert som den mengde energi som er nødvendig for å flytte et objekt en avstand 1 m med hjelp av en kraft på 1 Newton.

Vi bruker symbolet E for energi.

Å akselerere et kjøretøy krever energi som må tas fra motoren. Denne formen for energi kalles mekanisk arbeid, E_w . Energien er her lik kraften ganger avstanden bilen kjører:

$$E_w = F \times l$$

Energien som brukes for å akselerere blir ikke borte, den omformes til kinetisk energi, E_{kin} , også kalt bevegelsesenergi. Et kjøretøy som kjører med en konstant hastighet inneholder en viss mengde bevegelsesenergi, gitt av følgende formel:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Det er altså en lineær sammenheng mellom energi og masse. Dvs. er bilen dobbelt så tung, inneholder den også to ganger så mye energi. Det er imidlertid en *kvadratisk sammenheng mellom energi og hastighet*. Det betyr at hvis bilen kjører dobbelt så fort, vil den ha fire ganger så mye energi.

Eksempelboks 1

Hvor mye energi inneholder en 50 tonnns semitrailer som kjører i 80 km/t?

Løsning:

Omregning til offisielle enheter:

$$m = 50 \text{ tonn} = 50\,000 \text{ kg}$$

$$v = 80 \text{ km/t} = 80/3,6 = 22,22 \text{ m/s}$$



Beregning av kinetiske energi:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \times 50\,000 \times (22,22)^2$$

$$E_{kin} = 12\,345\,679 \text{ J}$$

$$E_{kin} = 12,3 \text{ MJ}$$



med 12,3 MJ kan man
koke opp 137 l vann!

12.1.4 Beregning av bremselengde

Bremselengden er definert som den avstanden et kjøretøy bruker fra bremsing til full stillstand. Bremselengden bestemmes av følgende faktorer; (1) initialhastighet, (2) kjøretøyets masse, (3) friksjonskraften, (4) luftmotstanden og (5) vegbanens helning.

Initialhastighet og masse bestemmer hvor mye energi kjøretøyet inneholder ved start av bremsingen (jfr. forrige avsnitt). Luftmotstanden er avhengig av bilens utforming og kjørehastigheten. Bidraget fra tyngdekraften bestemmes av bilens masse og helningen av vegbanen. Når man brems i en oppoverbakke hjelper tyngdekraften å bremse (kraften virker i motsatt retning av kjøreretningen), mens i en nedoverbakke virker den i kjøreretningen og bidrar til å akselerere kjøretøyet.

Den totale bremsekraften $F_{bremsing}$ er summen av de enkelte krefter som virker på kjøretøyet. Friksjonskraften omfatter de krefter som kjøretøyet påfører vegbanen når man presser ned bremsepedalen.

$$F_{bremsing} = F_{friksjon} + F_{luftmotstand} + F_{tungdekraft}$$

Å bremse et kjøretøy betyr at man må fjerne (en del av) bilens kinetiske energi. Dette gjøres igjen via mekanisk arbeid, bestemt av totalkraften som virker over en avstand lik bremselengde l .

$$E_w = F_{bremsing} \times l$$

$$E_w = E_{kin}$$

$$l = \frac{E_{kin}}{F_{bremsing}}$$

Vi kan altså finne bremselengden ved å dele den kinetiske energien (som bilen hadde ved starten) på den totale bremsekraften.

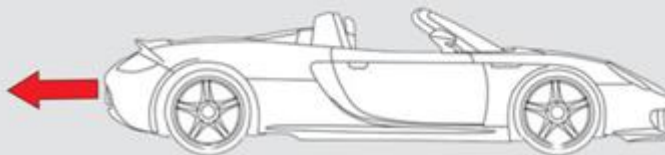
Eksempelboks 2

En sportsbil som veier 850 kg bremses fra en initial hastighet v_i av 120 km/t til stilstand. De totale bremskraft som virker i motsatt retning av kjøreretningen er 7000 N. Hva blir bremselengde?

Løsning:

Omregning til offisielle enheter:

$$v = 120 \text{ km/t} = 120/3,6 = 33,33 \text{ m/s}$$



Beregning av kinetiske energi:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \times m \times v_i^2$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \times 850 \times 33,33^2$$

$$E_{kin} = 472\,222 \text{ J}$$

Bremselengde:

$$l = \frac{E_{kin}}{F_{bremsing}}$$

$$l = \frac{472\,222}{7\,000}$$

$$l = 67,4 \text{ m}$$

12.2 Friksjon - definisjoner

Vi har nå sett at man må påføre krefter på et kjøretøy for å kunne akselerere, bremse og styre. Men for at disse kreftene skal virke må de overføres fra kjøretøyet til vegbanen. I dette avsnittet skal vi se nærmere på denne kraftoverføringen.

12.2.1 Introduksjon

La oss se nærmere på hva som skjer når vi bremses et kjøretøy uten antiblokkeringsystem (ABS). Vi tar utgangspunkt i Figur 12.2. Først er forløpet på bremsepedalen illustrert (a) når denne trækkes jevnt inn over en tidsperiode fra t_0 til t_3 .

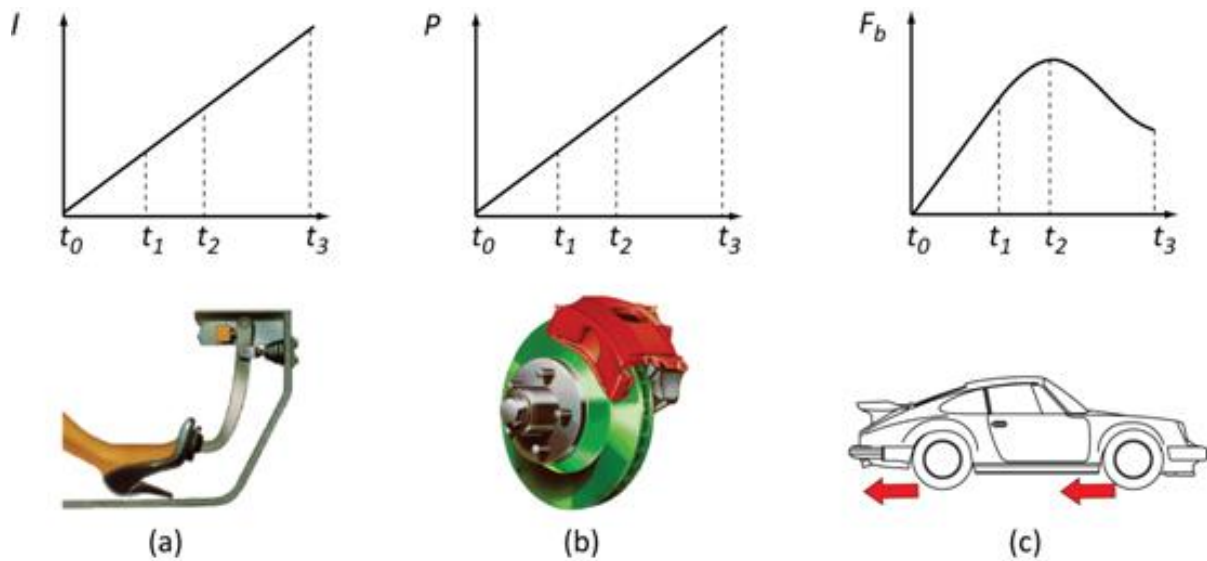
Når bremsepedalen trykkes inn, øker samtidig trykket på bremseklossene. Bremsetrykket P (b) følger samme utviklingen som bremsepedalen over hele tidsperioden.

Derimot har bremskraften som kjøretøyet opplever et annet forløp (c). Mellom tidspunkt t_0 og t_1 følger bremskraften samme lineære forløp som bremsepedalen. Her kjennes det at bremsene virker, men hjulene ruller ennå med nesten samme hastighet som bilen har.

I området t_1 til t_2 øker fremdeles bremsetrykket, men bremskraftkurven begynner å flate ut. Årsaken skyldes ikke bremsesystemet, men kontakten mellom gummi og vegbanen. Hjulene blir nå bremses så mye at de roterer saktere enn et fritt rullende hjul ville gjort. Dermed begynner det å oppstå en glidning mellom dekk og vegbane.

På tidspunkt t_2 når man den fysiske grensen for hvor mye krefter man kan overføre mellom dekk og vegbane. Igjen, denne grensen er ikke bestemt av bremsesystemet, men av dekkene, vegbanen og "føret", altså det som ligger på vegbanen av snø, is, sand, støv etc. Når man passerer punkt t_2 avtar bremskraften selv om man opprettholder eller øker bremsetrykket. Rotasjonshastigheten av hjulene avtar mer og mer, og til slutt står de stille (t_3). Kjøretøyet har

fremdeles en del bremsekraft, men sklir på låste hjul og føreren har for en stor del mistet kontroll over bevegelsen.



Figur 12.2 Forenklet bremserespons hos et kjøretøy uten ABS-system

12.2.2 Friksjon og bremsekraft

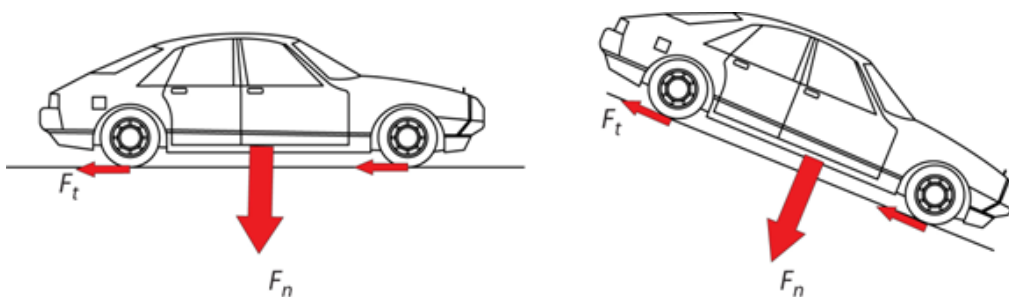
I dagligspråk bruker vi begrepet ”friksjon” om den maksimale kraften som kan overføres fra kjøretøyet til vegbanen. Denne friksjonskraften F_f kan brukes enten til å akselerere, bremse eller styre og retningskontrollere kjøretøyet.

Det er mange faktorer som er med å bestemme hvor stor den maksimale friksjonskraften kan være. Men den viktigste er normalkraften som presser dekkene til vegbanen. Normalkraften kommer fra tyngdekraften (dvs. kjøretøyets vekt) og er alltid rettet vinkelrett mot vegbanen.

Når bilen står horisontalt kan normalkraften beregnes ved:

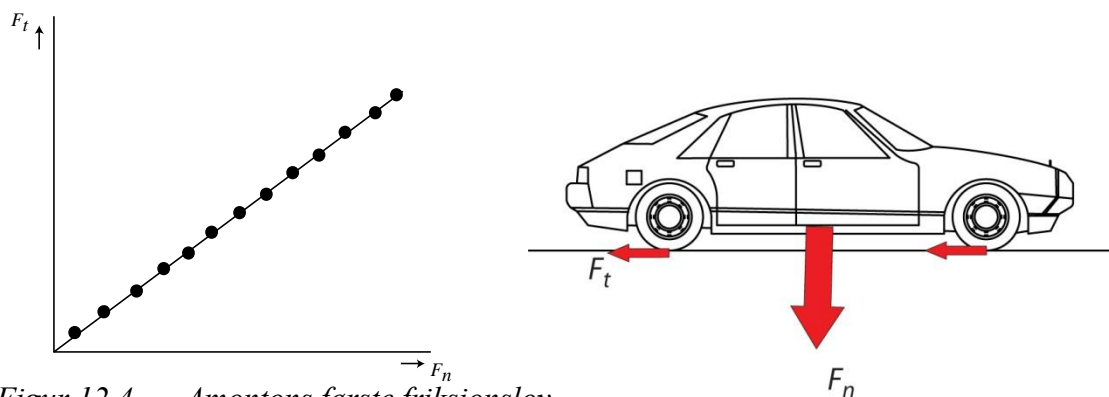
$$F_n = m \times g$$

hvor m er kjøretøyets masse, og g er gravitasjonskonstanten ($g = 9,81$).



Figur 12.3 Normalkraften på et kjøretøy er alltid rettet vinkelrett mot vegbanen

Jo kraftigere dekkene blir presset mot vegbanen, jo mer friksjonskraft kan genereres. I 1699 fant franskmannen Guillaume Amontons at en dobling av normalkraften også førte til en dobling i friksjonskraft. Denne sammenhengen kalles nå Amontons første friksjonslov. Leonardo da Vinci fant for øvrig samme sammenhengen cirka 200 år tidligere.



Figur 12.4 Amontons første friksjonslov

Det er veldig vanlig å snakke om friksjonskoeffisient i samband med friksjon. Friksjonskoeffisienten μ er definert som forholdet mellom normalkraft og friksjonskraft:

$$\mu = \frac{F_t}{F_n}$$

Friksjon kan altså ses på som den maksimale kraften et kjøretøy kan overføre til vegbanen. Hvor mye friksjon som er *tilgjengelig* er avhengig av en rekke faktorer knyttet til bl.a. dekk, vegdekke og føreforhold. Hvor mye friksjon som blir *brukt* er avhengig av føreren og hans kjørestil. Kjører man fort og aggressivt ”forbruker” man mer friksjon enn når man kjører rolig og forsiktig. Man opplever vegbanen som glatt når man etterspør mer friksjon enn det som er tilgjengelig.

Eksempelboks 3

En sportsbil som veier 850 kg bremses på en horizontal vegbane og opplever en friksjonskoeffisient $\mu=0,5$. Hvor stor var friksjonskraften?

Løsning:

Beregning av normalkraft:

$$F_n = m \times g$$

$$F_n = 850 \times 9,81$$

$$F_n = 8339 \text{ N}$$

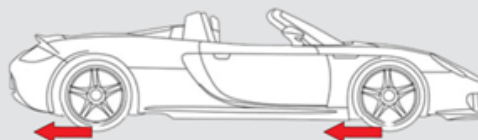
Bremsekraft:

$$\mu = \frac{F_t}{F_n}$$

$$F_t = \mu \times F_n$$

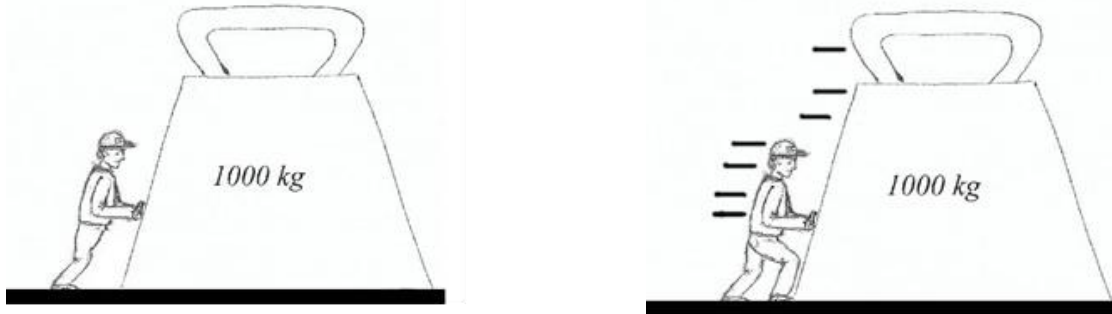
$$F_t = 0,5 \times 8339$$

$$F_t = 4169 \text{ N}$$



12.2.3 Statisk og dynamisk friksjon

I friksjonslære bruker man ordet friksjon i en litt annen betydning. Her brukes friksjon for å beskrive den motstand mot bevegelse som opptrer mellom to flater som er i kontakt med hverandre. Dette kan illustreres med følgende figur:



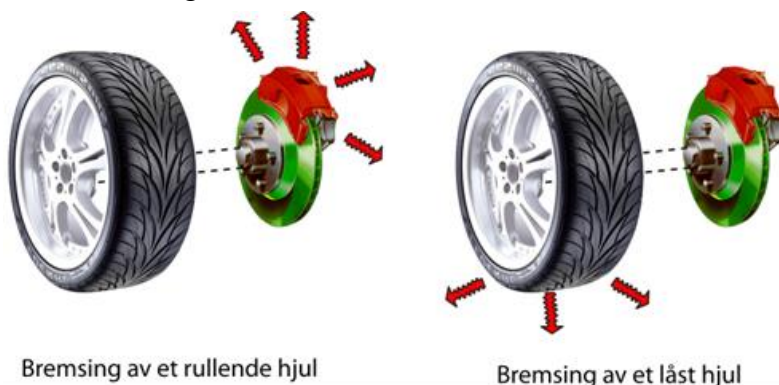
Figur 12.5 Statisk og dynamisk friksjon

Vi kan tenke oss en mann som forsøker å skyve bort en tung blokk som står på en flate. Når mannen dytter på blokken påfører han en kraft. Samtidig opplever han en motkraft som virker i motsatt retning. Motkraften oppstår i kontaktflaten mellom blokken og underlaget. Så lenge blokken står i ro opplever mannen like mye motstand som det han selv påfører. Denne type motstand kalles for statisk friksjon. *Statisk friksjon er motstand mot bevegelse, uten at det er bevegelse mellom de to flatene som er i kontakt.*

Hvis mannen klarer å få bevegelse i blokken opplever han en lavere motstand. Men han må fremdeles påføre kraft for å holde blokken i bevegelse. Denne type motstand kalles for dynamisk friksjon, eller glidningsfriksjon. *Dynamisk friksjon er motstand mot bevegelse, men hvor det er bevegelse mellom de to flatene som er i kontakt.*

En viktig forskjell mellom statisk og dynamisk friksjon er at det utvikles varme i dynamisk friksjon, det skjer ikke i statisk friksjon. Dette kan illustreres gjennom bremsing av et hjul. Når man begynner å bremse et hjul som roterer er det ingen vesentlig glidning mellom gummi og vegbane, og vi har en tilstand av statisk friksjon (Det er alltid litt glidning mellom dekket og vegbanen, det runde dekket må hele tiden tilpasse seg den flate vegbanen. Dette går ikke uten at gummi sklir litt i forhold til vegoverflata. Denne type glidning kalles for mikroslip, men drøftes ikke i detalj her). Mellom bremseskive og bremseklossene derimot er det sklibevegelse, og derfor dynamisk friksjon. Den kinetiske energien fra kjøretøyet reduseres og overføres til varme i bremsene.

Bremser man nå så hardt at man låser hjulene, opphører hastighetsforskjellen mellom bremse-skivene og bremseklossene, varmeutviklingen stopper her og vi får statisk friksjon. Isteden sklir det låste dekket på vegbanen og opplever dermed dynamisk friksjon der. Dette resulterer i varmeutvikling under dekkene.



Figur 12.6
Varmetap under bremsing

12.2.4 Slipp

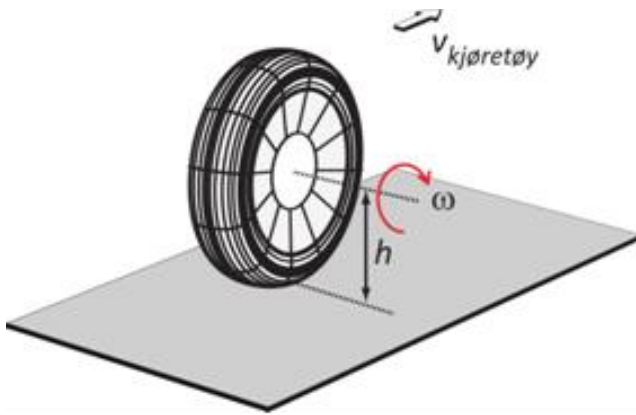
Hvor mye dekket sklir under oppbremsingen kalles i fagterminologien for slipp. Slipp S måles i meter per sekund og er definert som hastighetsforskjellen mellom kjøretøyet og gummihjulets slitebane, dvs. det ytterste laget med gummi som er i kontakt med vegbanen.

$$S = v_{\text{kjøretøy}} - v_{\text{slitebane}}$$

Hastigheten til gummidekkets slitebane kan beregnes ut fra dekkets omdreiningshastighet ω [antall omdreininger/sek] og aksehøyden h .

$$v_{\text{slitebane}} = \omega \times 2\pi h$$

Merk at man bruker aksehøyde og ikke dekkets radius, et dekk under belastning er flatet ut i kontaktområdet (ikke en perfekt sirkel).



Figur 12.7 Illustrasjon av aksehøyde og omdreiningshastighet

Hvor mye dekket sklir blir gjerne uttrykt som et forholdstall kalt slipp-ratio (slipp-rate), λ .

Slipp-rate er slipp-hastighet delt på kjøretøyets hastighet. Slipp-raten er dermed et tall mellom 0 og 1 hvor $\lambda = 0$ er et frittrullende hjul og $\lambda = 1$ tilsvarer låst hjul. Alternativt uttrykkes den i prosent hvor 0 % slipp = frittrullende hjul og 100 % slipp = låst hjul.

$$\lambda = \frac{S}{v_{\text{kjøretøy}}}$$

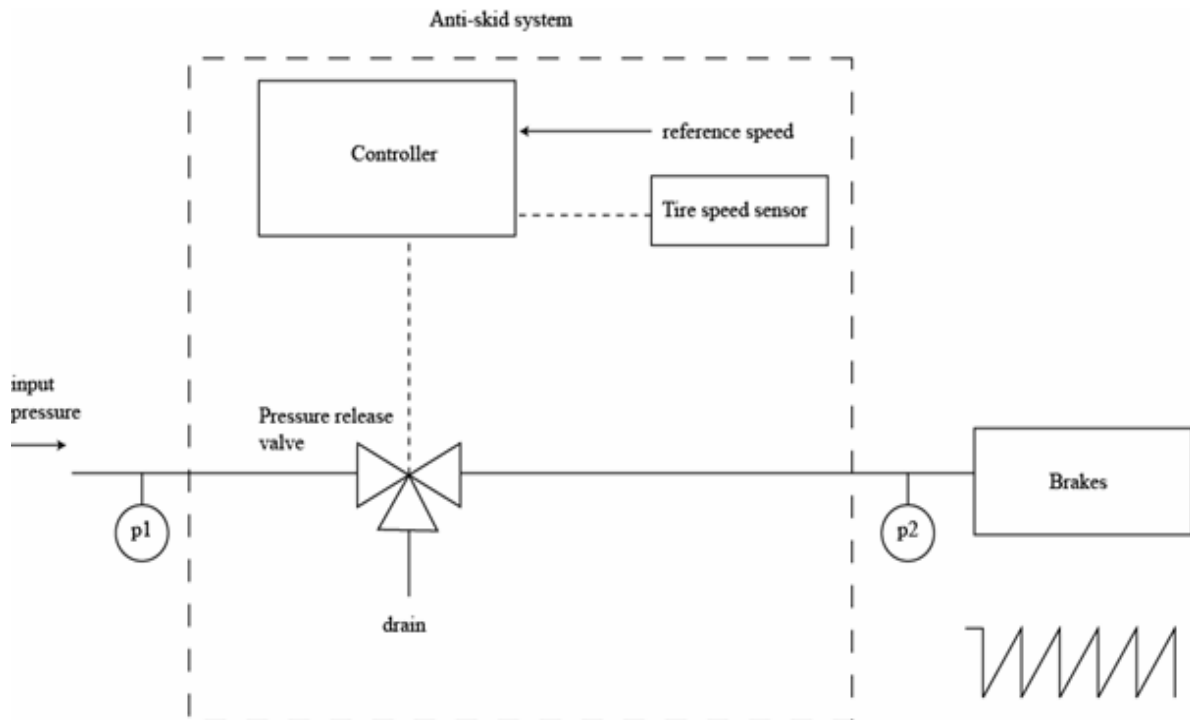
Hvis man plottet kjøretøyets opplevde friksjon mot slipp-rate får man en såkalt slippkurve. Formen på kurven og høyden på maksimal bremsekraft (eller friksjonskoeffisient) er avhengig av føreforholdene, men slippunktet hvor maksimumsverdien ligger er forholdsvis likt i de fleste tilfeller, rundt $\lambda = 0,2$. Det betyr at hjulet må skli cirka 20 % for å kunne oppnå optimal bremsekraft. Noen typiske slippkurver er vist i figur 12.26.

12.2.5 ABS systemer

Det som her er beskrevet kan ha alvorlige konsekvenser for trafikksikkerheten. I en stress-situasjon hvor man må bremse hardt er det naturlig å trykke inn bremsepedalen for fullt, med

maksimal kraft. Som vist fører ikke dette til at man tar ut den høyeste bremskraften, man blokkerer i stedet hjulene og kan miste retningskontrollen over kjøretøyet.

For å unngå dette er de fleste nyere kjøretøyer utstyrt med ABS (antiblokkeringsystemer). Disse overvåker hvor mye slipp hvert dekk opplever, og hvis slippraten overstiger 20 % ($\lambda = 0,2$) griper ABS-systemet inn og reduserer bremsetrykket.



Figur 12.8 Skjematisk framstilling av et ABS system

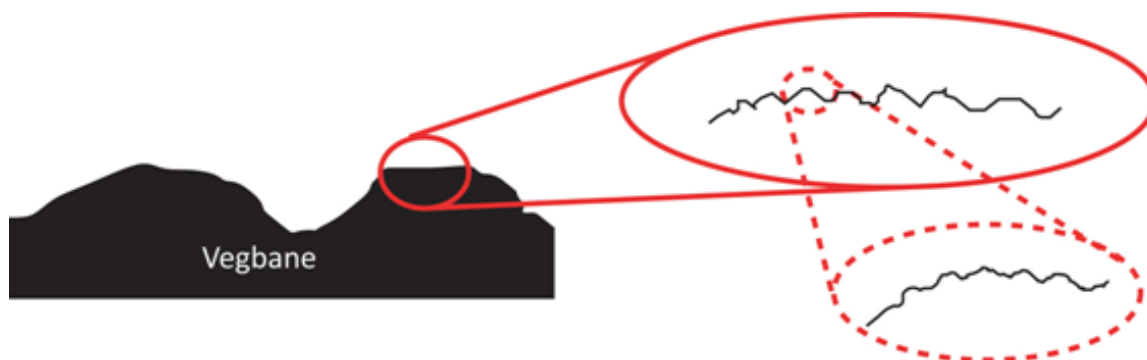
12.3 Friksjonsmekanismer

For å få et bilde av hvordan friksjon oppstår må man se nærmere på de prosessene som foregår i kontaktflata mellom dekkgummi og vegbane.

12.3.1 Kontaktflate og kontaktareal

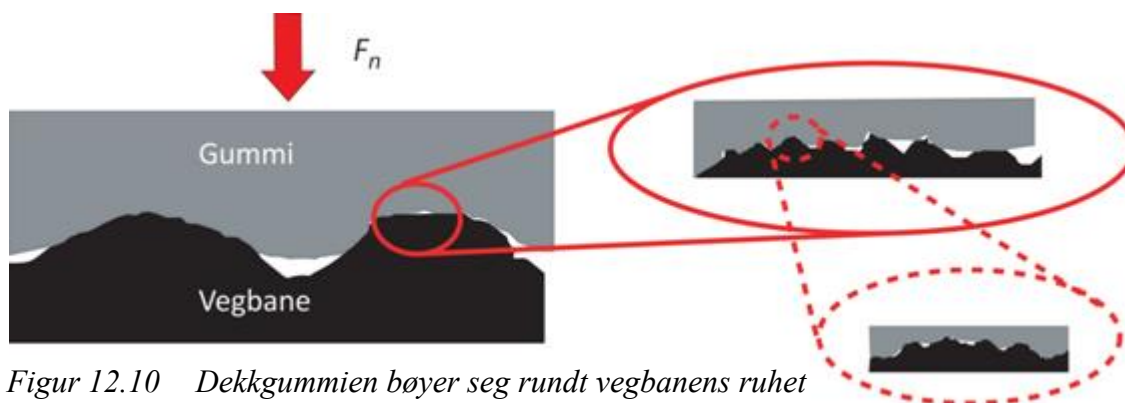
Når man studerer en vegoverflate ser man fort at den har en viss ruhet eller tekstur, den består av mange topper og groper. Ruheten kommer fra de ulike oppstikkende steinkorna i asfalten (og bindemiddelet som holder steinmaterialet sammen). Tar vi et forstørrelsesglass og kikker nærmere på en topp (en stein i asfalten) ser vi at også steinen har en viss ruhet. Vi ser mange små topper og groper i selve steinoverflata. Og studerer vi steinen i mikroskop, vil vi finne enda mindre topper og groper.

Vegbanen er altså ru, og ruheten kan studeres ved ulike grader av forstørrelse. Vi snakker i denne sammenheng gjerne om *makrotekstur* og *mikrotekstur*.



Figur 12.9 Vegbanens ruhet (tekstur) ved ulike grader av forstørrelse

Gummien i bildekkets slitebane er et forholdsvis mykt, viskoelastisk materiale. Dette gjør at gummi deformeres lett. Når man presser hjulet mot en hard ru vegbane, vil gummi gi etter og bøye seg rundt toppene i vegoverflata. På den måten vil gummi og vegbane gripe inn i hverandre, jo mer jo større normalkraften er. Denne prosessen skjer ved alle bølgelengdene av ruhet (ulike grader av forstørrelse).

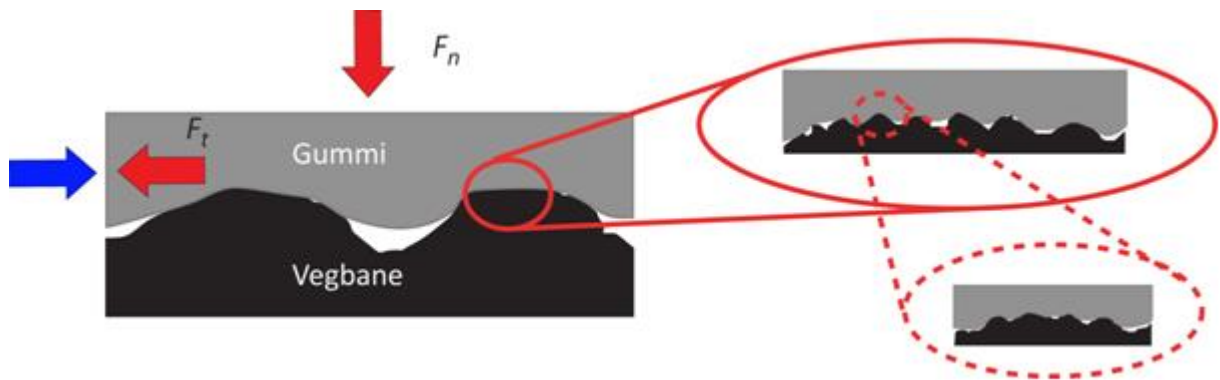


Figur 12.10 Dekkgummien bøyer seg rundt vegbanens ruhet

Som forsøkt vist i figur 12.10 vil det, tross godt inngrep mellom bildekk og vegbane, alltid være områder hvor gummi og vegbanen ikke er i kontakt. Dette gjør at det *reelle* kontaktarealet er mindre enn det *tilsynelatende* kontaktarealet. Det reelle kontaktarealet bestemmes hovedsakelig av (1) normalkraften, (2) gummihardheten, (3) vegbanens tekstur og (4) dekktrykket.

12.3.2 Deformasjon

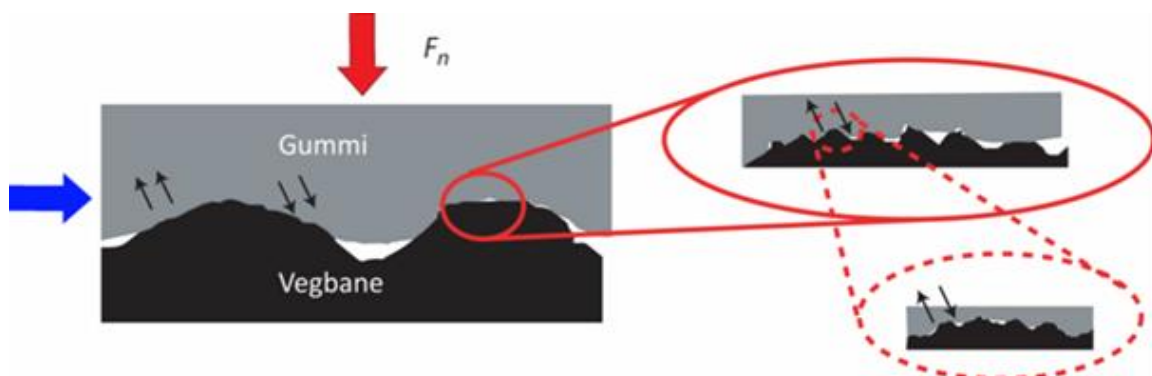
Når gummi og vegoverflate griper inn i hverandre, kan det overføres en horisontalkraft fra kjøretøyet til vegbanen. Denne mekaniske innlåsing er en av årsakene til friksjon. Det er da i utgangspunktet ikke slipp eller glidning mellom dekk og vegbane, og det produseres ikke varme (statisk friksjon).



Figur 12.11 Statisk friksjon pga. mekanisk innlåsing

Blir kreftene i kontaktflata store nok vil gummi begynne å skli over vegdekket, og man går over fra statisk til dynamisk friksjon. For at gummi kan skli over en ru vegoverflate med markerte topper må gummi deformeres/komprimeres før den går over toppene. Etter at en topp er passert kan den så "fjære tilbake" i gropen. Dette kalles relaxering.

Prosessen av komprimeringer og relaxeringer skjer ved alle ulike bølgelengder/ruheter (ulike grader av forstørrelse).



Figur 12.12 Gummikomprimering og -relaxering mens dekket sklir over vegbanen

12.3.3 Slitasje

Fortsetter man å resonnerer ut fra det samme bildet/modellen som vist foran, kan man tenke seg at gummi ofte ikke klarer å komme seg fort nok over en topp, spesielt når toppen (dvs. ruheten i vegoverflata) er veldig bratt eller skarp. I slike tilfeller kan små biter av gummi rives løs fra bildekket. Vi observerer dette som dekkslitasje.

Det koster energi å rive løs gummibiter, og denne prosessen bidrar dermed til friksjonen. Dette forklarer også at et dekk som slites fort, som oftest også gir mye friksjon ("har gode friksjonsegenskaper").

Slitasje er ikke bare begrenset til gummislitasje. Det forekommer også på vegbanen, hvor harde partikler som sand eller pigger riper opp overflaten. På snø- og isføre vil slike slitasjemekanismer kunne ha avgjørende bidrag til friksjonen.



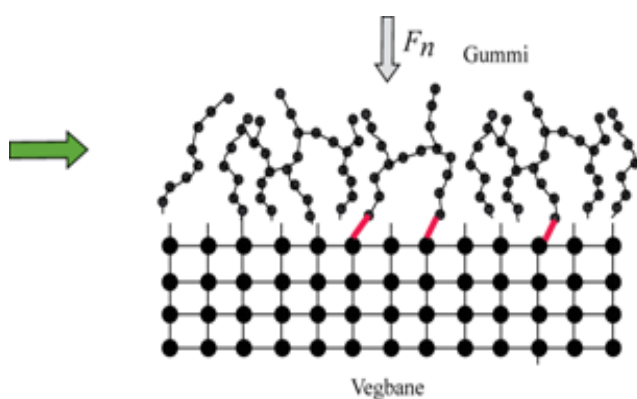
Figur 12.13 Mikroskopbilde av slitasjepartikler fra bremsende bildekk. Foto: Alex K. Paste, NTNU

12.3.4 Adhesjon

Den tredje mekanismen i samspillet gummi-vegoverflate som skaper friksjon kalles adhesjon. Dette foregår på et annet størrelsesnivå enn deformasjon og slitasje. Adhesjon oppstår på grunn av interaksjon mellom molekylene i gummi og i materialet på vegoverflata.

Gummi er bygd opp av lange molekylstrenger mens mineralene i steinmaterialene er bundet i fastere molekylnettverk (svarte prikker og streker i figur 12.14). Både polymerstrengene og mineralnettverket har frie ender med bindingsmuligheter. Det vil si; hvis et gummimolekyl kommer i nærheten av et tilsvarende molekyl i vegbanen, kan det dannes en binding mellom disse to. I det øyeblikket bindingen formes, frigjøres det energi som blir til varme.

Når gummi så skyves over vegbanen, må bindingen knekkes igjen, og dette krever kraft. Denne adhesjonsmotstanden bidrar på den måten til den totale friksjonen.

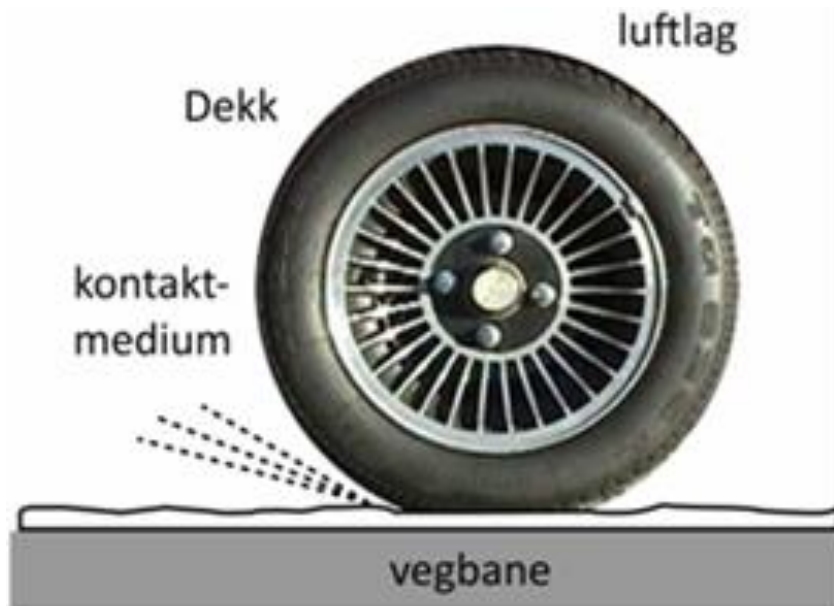


Figur 12.14 Adhesjon mellom gummi og vegbane

12.3.5 Tribosystemet

I tillegg til samspillet mellom gummi og asfalt/vegoverflate er det mange ytre faktorer som også er med på å bestemme hvor mye bremskraft som kan overføres fra kjøretøyet til vegbanen. På fagspråket kalles hele dette samspillet for *tribosystemet*. Tribosystemet består av fire hovedkomponenter; (1) dekk, (2) vegbane, (3) kontaktmedium og (4) luftlag/omgivelser. Med kontaktmediet menes alt som kan ligge mellom dekk og vegbane; vann, snø, is, sand, salt, vegstøv etc. Eksempelvis handler mye i vinterdriften om å kontrollere (reduere), endre og overvåke kontaktmediet.

Hver av hovedkomponentene har visse egenskaper som bidrar til å bestemme hvor mye friksjon som kan genereres, eksempelvis vegbanens tekstur eller kontaktmediets temperatur. I tillegg kommer noen systemparametere som for eksempel kjørehastigheten, jfr. tabell 12.1.



Figur 12.15 Hjul-vegbane tribosystem (Norheim et al. 2000)

Tabell 12.1 Viktige parametere som bestemmer den maksimale bremsekraften

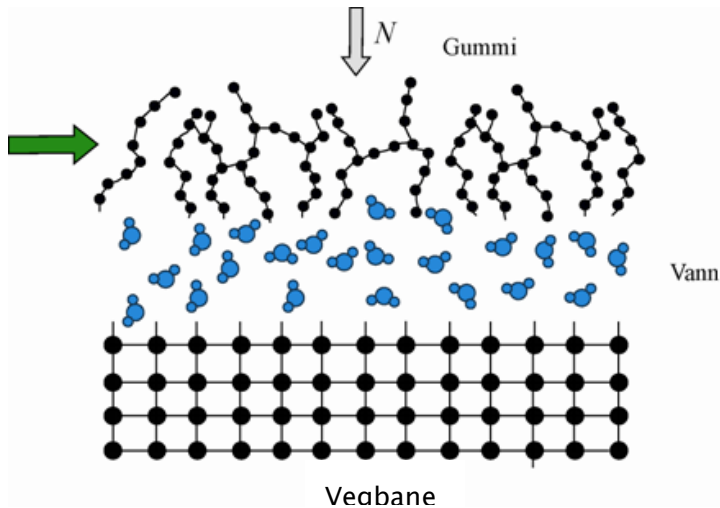
System-parametere	Dekk	Vegbane	Kontaktmedium	Luftlag
Normalkraft Kjørehastighet Slipp rate	Dekktrykk Gummiegenskaper Mønster Temperatur	Mikrotekstur Makrotekstur Spor/jevnhet	Mengde Viskositet/konsistens (snø, is, slaps) Temperatur Tekstur Harde partikler (sand, støv etc.)	Luftfuktighet Temperatur

12.4 Hvordan blir friksjon tapt?

Det er ikke alltid bare, tørre veger i Norge. Det er mye nedbør både i form av regn og snø som er med på å skape ”glatte” forhold. Men hvordan mister vi den friksjonen? Helt generelt sagt mister vi friksjon hvis vi ikke klarer å generere deformasjon, slitasje, og/eller adhesjon.

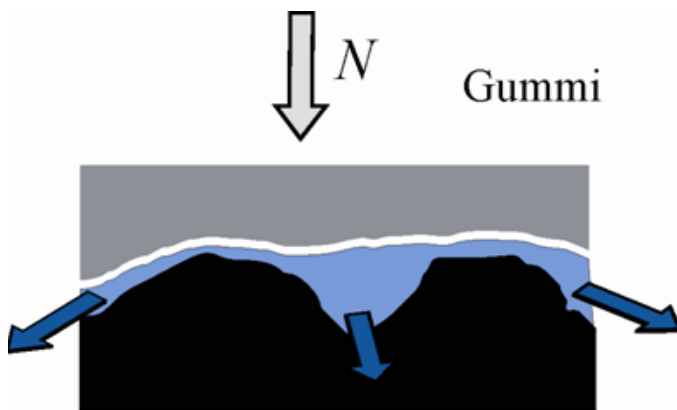
Bar veg

Når det begynner å regne, blir vegbanen våt. Så fort det kommer vann på vegen, blir det vanskelig for gummimolekylene å komme i kontakt med molekylene i asfalten og danne bindinger. Det trengs ikke mange vannmolekyler for å forhindre at gummi binder seg mot vegen. Adhesjon kan altså gi mye friksjon, men den går også veldig fort tapt.



Figur 12.16 Vannmolekyler mellom dekk og vegbane

Når det kommer mer vann mellom dekket og vegen (mer enn et par molekyler) må vannet presses ut, før gummien kan legge seg rundt toppene av asfalten. Denne utpressingen av vannet møter en motstand (ikke så stor, men den er der). Motstanden mot vannutpressing gjør at det tar lengre tid før gummien former seg rundt toppene av asfalten. Dermed er det også mindre tid igjen til å skape deformasjon og slitasje. I praksis medfører vann derfor en reduksjon i både deformasjon og slitasje. Med andre ord: Vannet gjør vegen glattere. Det er mindre friksjon tilgjengelig for bilen.

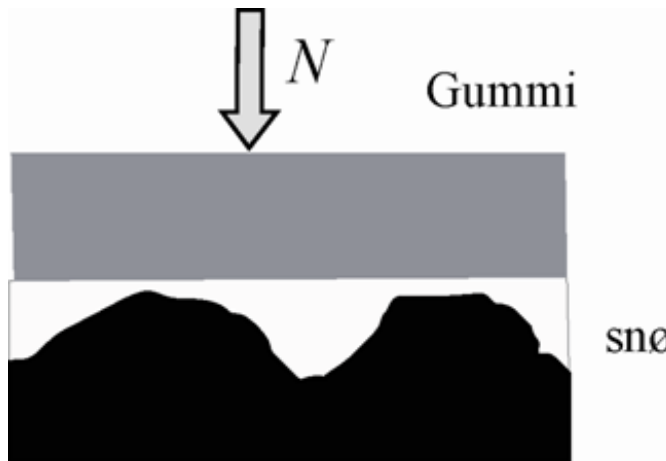


Figur 12.17 Mye vann mellom gummidekk og vegoverflate

Hvis det er for mye vann på vegen, og bilen beveger seg så fort at det er ikke nok tid til å presse ut vannet, vil en bil oppleve veldig lite friksjon. Dette fenomenet er bedre kjent som vannplaning.

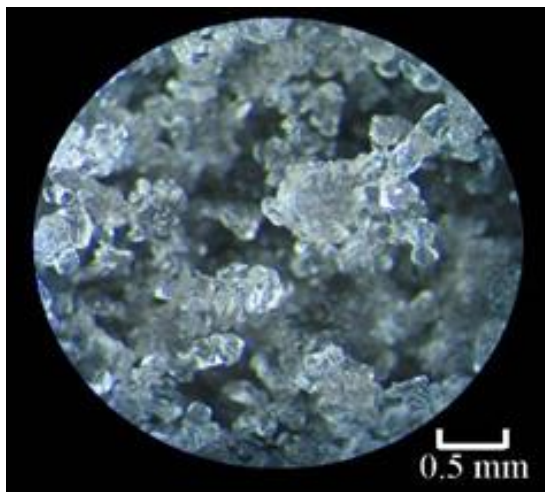
Snødekke

Det som er beskrevet foran gjelder sommerføre, men hva med snø? Snøen presses ikke ut på samme måte som vann, snøen blir komprimert. Med det fyller den opp gropene i asfalten og vegbanen blir jevnere. Effektivt sett, så mister vegbanen tekstur og med det evne til å deformere gummi og slite dekket.



Figur 12.18 Snø mellom gummidekk og vegoverflate

Men all ruhet er ikke nødvendigvis borte. Figur 12.19 viser et mikroskopbilde av snø som har vært komprimert av dekk. Man kan se forskjellige snøkrystaller og at det er mange luftrom mellom dem.



Figur 12.19 Mikroskopbilde snøkrystaller. Foto: Alex K. Paste, NTNU

Snø har en åpen struktur. Det er til en viss grad mulig for gummi å forme seg rundt snøkrystallene, men hva som nøyaktig skjer mellom gummi og snø, vet forskerne ennå lite om. Trolig er det et minimum av slitasje, snøen ikke er sterk nok for det. Når det gjelder

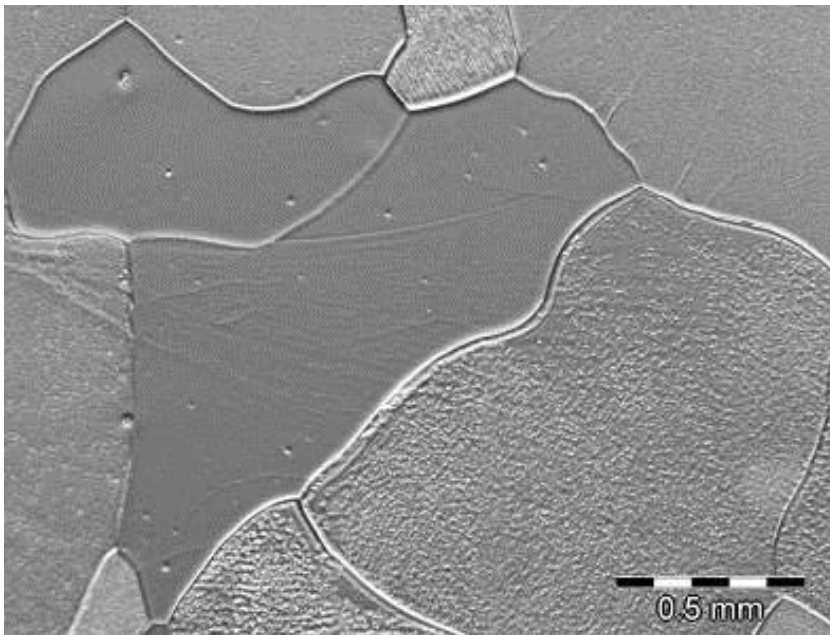
deformasjon, vil sannsynligvis både gummi og snøen deformere seg. Men hva som bidrar mest til å skape friksjon, kan vi ikke si sikkert.

Det er også en del usikkerhet når det gjelder adhesjon mellom gummi og snø. Når snøen er nær smeltepunktet, finnes det nesten ingen adhesjon. Men for kaldere snø er ikke forskerne helt enige. Mange tror at det dannes en vannfilm mellom snø og gummi pga varmen som genereres når de to materialene sklir over hverandre. Av det følger at det heller ikke er særlig adhesjon mellom gummi og snø under slike forhold. Men det har ikke vært lett å påvise denne vannfilmen, hvor tykk den er og hvor viktig den er.

Is

Hva skjer så når det er is på vegen? Is er likt snø ved at begge er vann i fast (frosset) form. Men det er en del forskjeller. Is på vegoverflaten kan dannes på forskjellige måter; (1) når en våt veg fryser, (2) når is legger seg på vegen fra fuktig luft, (3) ved flere komprimeringer av snø.

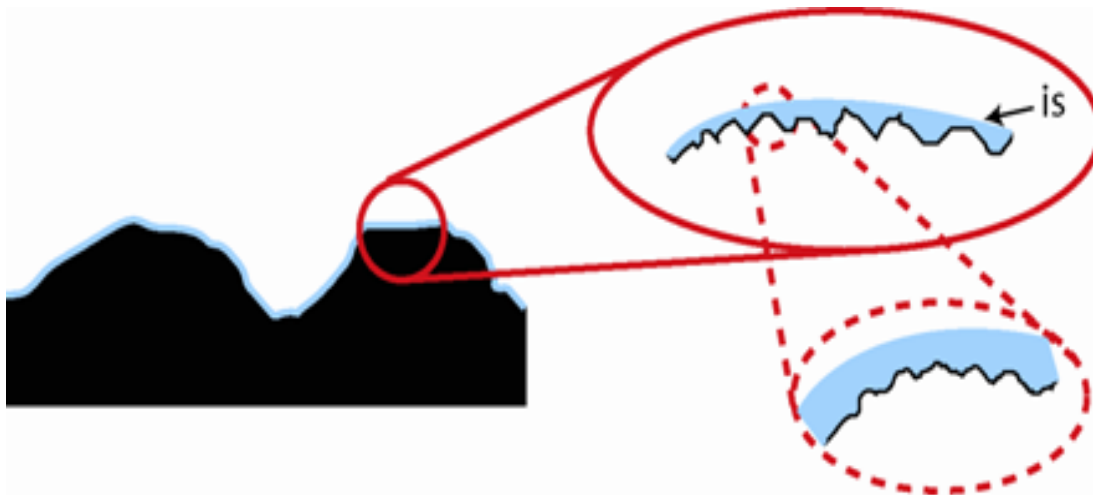
Det er ikke lett å se på is direkte under mikroskop, is er jo gjennomsiktig. Men det er mulig å lage et avtrykk av isen, og så se på det. Figur 12.20 viser et avtrykk av en isoverflate dannet av en tynn vannfilm som har frosset på en flat stein.



Figur 12.20 Mikroskopbilde isoverflate. Foto: Alex K. Paste, NTNU

Is har tydelig ikke den samme åpne strukturen som nylig komprimert snø har. De ulike iskrystallene sitter tett mot hverandre, uten luft imellom. Sammenligner vi med figur 12.19 har is åpenbart mindre ruhet på mikronivå.

Den glatte, jevne isoverflaten gir oss problemer. Når en våt veg fryser, eller når is setter seg på vegoverflaten fra fuktig luft (når vegen er kaldere enn duggpunktet), mister vi på kort tid mye av vegdekkets ruhet, spesielt på mikronivå.



Figur 12.21 Ising på en vegoverflate

Uten denne ruheten er det ikke mulig å deformere gummi, det er ikke mulig å slite på dekket, og det er sannsynligvis lite adhesjon mellom gummi og is. Uten disse tre mekanismer kan ikke friksjon skapes og vegen blir oppfattet som veldig glatt.

12.5 Variasjoner knyttet til friksjonsmåling

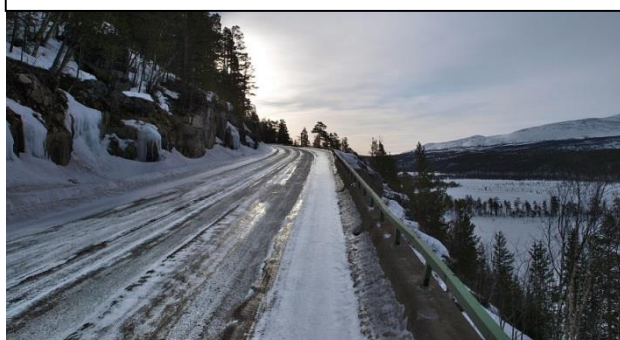
Som nevnt i kapittel 12.3, er det mange parametere som påvirker friksjonen mellom et gummidekk og en vegoverflate. I det følgende skal vi se på hva disse faktorene har å si for hva vi faktisk måler med en friksjonsmåler.

En vegbane skal tilfredsstillte visse friksjonskrav, og disse friksjonskravene er presentert som et krav til en viss friksjonskoeffisient, μ . Denne friksjonskoeffisienten varierer normalt mellom 0 og 1. Jo lavere tall desto glattere forhold. Figur 12.22 viser en del typiske friksjonskoeffisienter (i kontaktflaten mellom gummidekk og underlag) for ulike føretyper. Ulike kjøretøy med ulike dekk vil oppnå forskjellige friksjonskoeffisienter. Figur 12.22 viser verdier som er typiske for Statens vegvesens

Våt is: Friksjonskoeffisient 0,05-0,15.
(Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen)



Tørr is/snøføre: Friksjonskoeffisient 0,15-0,30. (Foto: Werner Harstad, Statens vegvesen)



Tørr sand på is eller snøføre:
Friksjonskoeffisient 0,25-0,35 (Foto Torgeir Vaa,
Statens vegvesen)



Fastsand på hardpakket snø eller is (Se kapittel 12.6):
Friksjonskoeffisient 0,30-0,50. (Foto: Torgeir Vaa,
Statens vegvesen)



Våt, bar veg: Friksjonskoeffisient 0,40-0,90.
(Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen)



Tørr, bar veg: Friksjonskoeffisient 0,80-1,00. (Foto:
Knut Opeide, Statens vegvesen)

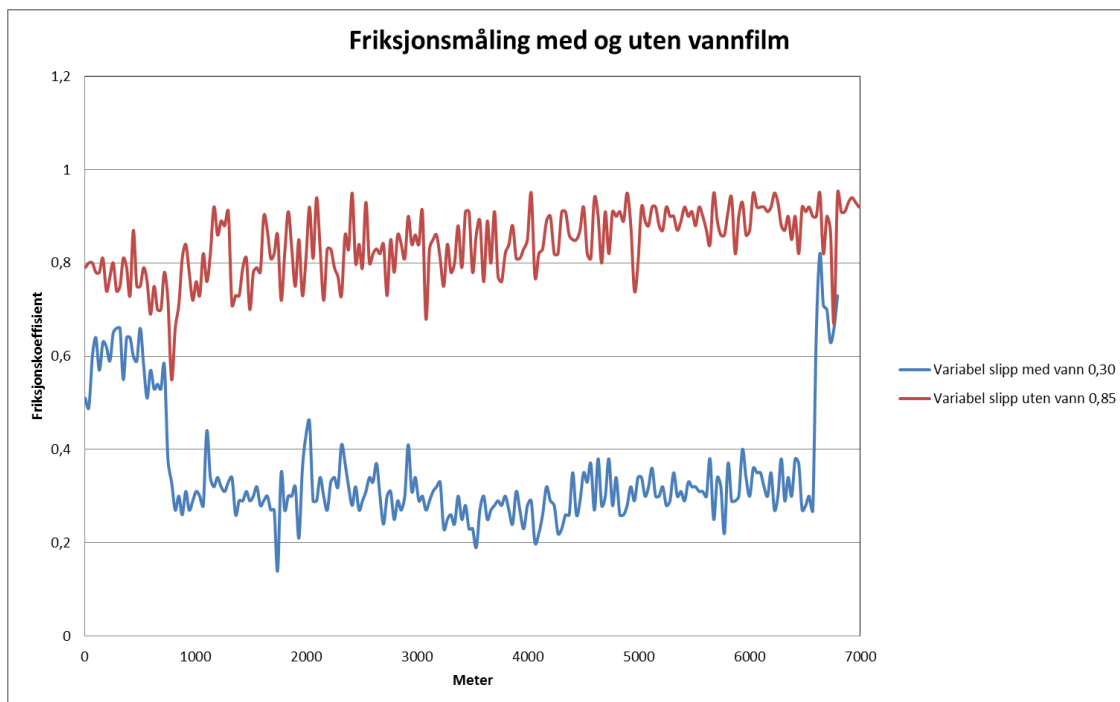


Figur 12.22 Typiske friksjonskoeffisienter ved ulike føreforhold

12.5.1 Vannfilmens betydning

Friksjonen på en bar veg er avhengig av en rekke faktorer, hvor den viktigste er om overflaten er våt eller tørr. Under tørre forhold er friksjonen generelt god for de fleste dekketyper. Dette skyldes blant annet adhesjonsmekanismen. Men denne måten å skape friksjon på forsvinner med en gang vegbanen blir fuktig og våt. Det er derfor under våte forhold at det oppstår variasjoner mellom dekketyper, og at enkelte dekketyper får svært lav friksjon (se figur

12.23). Derfor utføres friksjonsmålinger alltid på et vått dekke på sommeren for å skape en mer kritisk situasjon enn en tørr, bar vegbane.



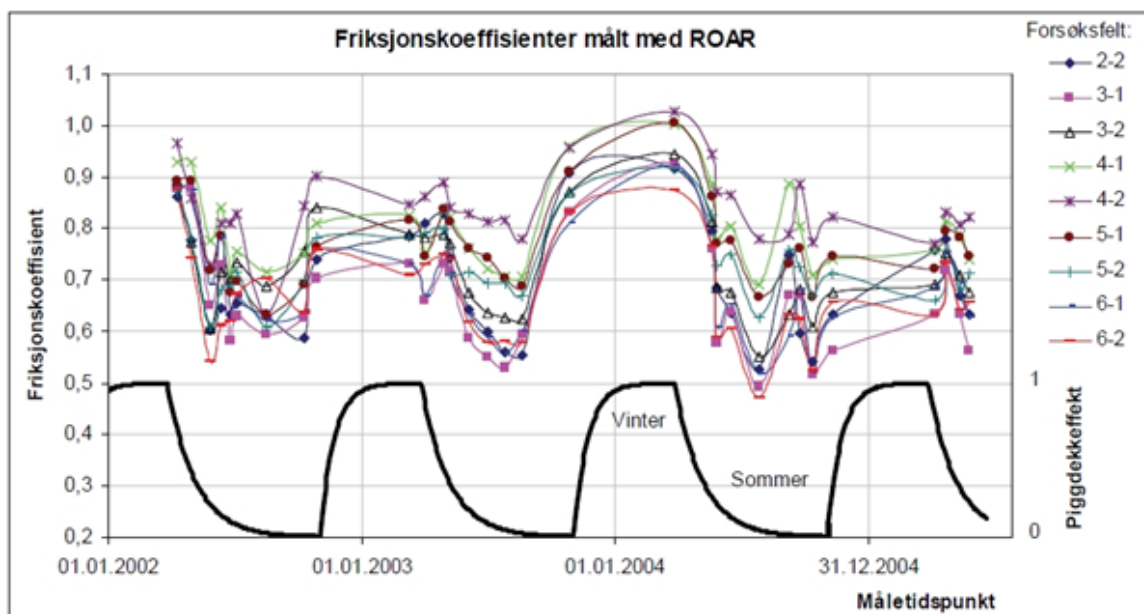
Figur 12.23 Forskjell på våt (blå) og tørr (rød) friksjonsmåling

12.5.2 Sesongvariasjoner

I løpet av en sommer tilføres vegen pollen i store mengder fra naturen. Etter lange tørrværsperioder med lite vasking av kjørebane kan derfor friksjonen være lav. Økende bruk av piggfrie vinterdekk skaper mindre oppruing av dekket i vinterhalvåret, noe som igjen gir lavere friksjonsverdier på sommeren. Temperaturforskjeller har også betydning, og da særlig for mykheten på bindemidlet. Kalde perioder fører til mikroskopiske sprekker i overflaten og dermed bedre tekstur og friksjon.

Alt dette i sum gir derfor en varierende «barveg»friksjon over året, med lavest friksjon i sommerhalvåret. (Larsen, 1998)

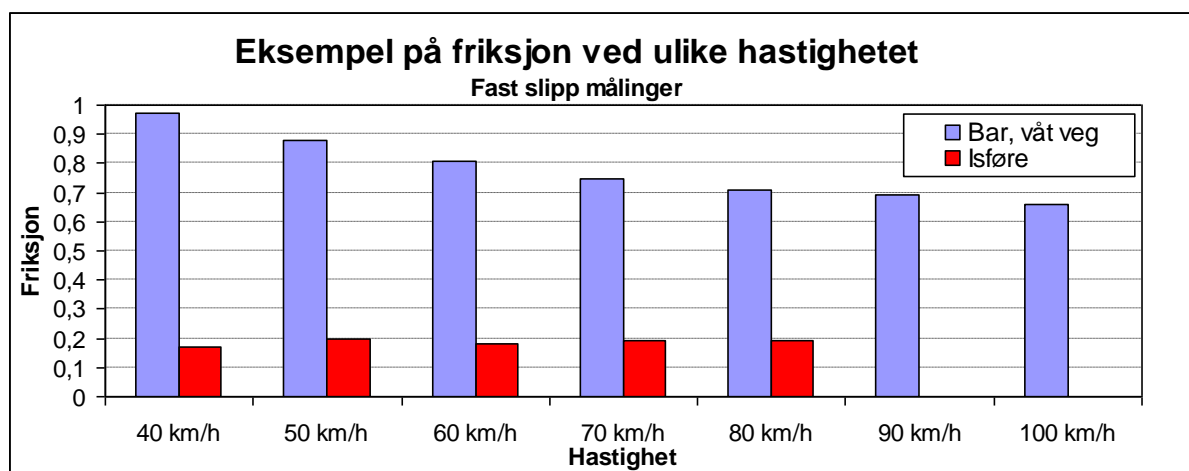
Figur 12.24 viser hvordan friksjonen varierer over et år på en teststrekning i Sør- Trøndelag. Friksjonen er på ofte på sitt laveste i september, og øker igjen i oktober og november når piggdekkene kommer på.



Figur 12.24 Friksjon over året, eksempel (Horvli med flere, 2006)

12.5.3 Hastighetens betydning

Målinger på en og samme strekning med forskjellig hastigheter viser at friksjonen avtar med økende målehastighet. Dette gjelder for bar veg. På snø- og isføre er derimot friksjonen så og si uavhengig av hvilken hastighet man måler i.

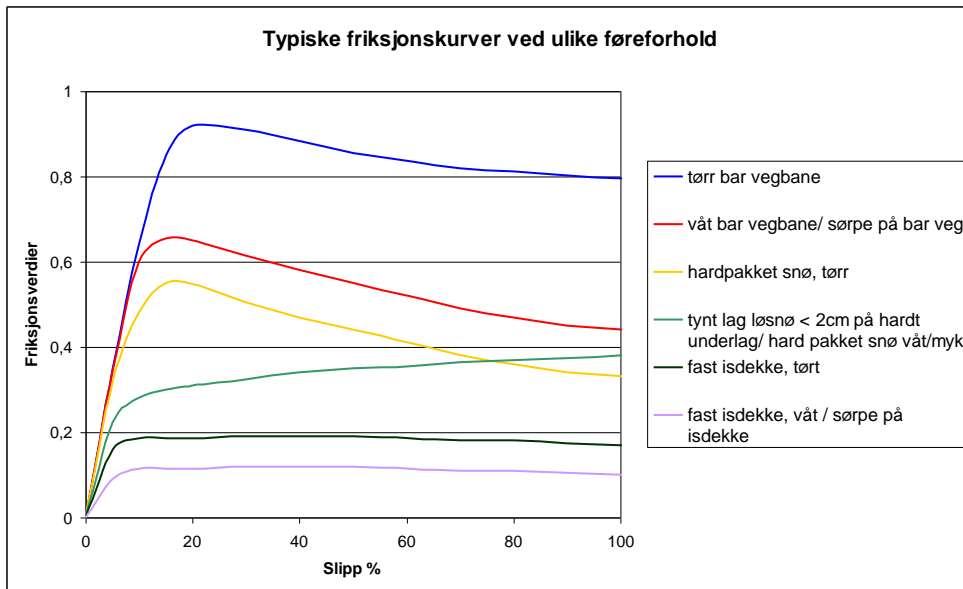


Figur 12.25 Friksjonsmålinger ved forskjellige hastigheter på bar, våt veg og på vinterføre (is)

12.5.4 Slippens betydning

Figur 12.26 viser typiske friksjonskurver ved ulike føreforhold. Den røde kurven viser friksjonsforløpet ved bremsing fra fritt rullende hjul til låst hjul (100 % slipp) på en våt, bar veg. Med låste hjul er friksjonen betraktelig lavere enn ved toppunktet. Som tidligere nevnt vil topp-punktet (optimal slipp) ligge ved ca. 20 %, men dette vil variere litt avhengig av vegoverflatens tilstand. ABS-bremser prøver å utnytte dette forholdet.

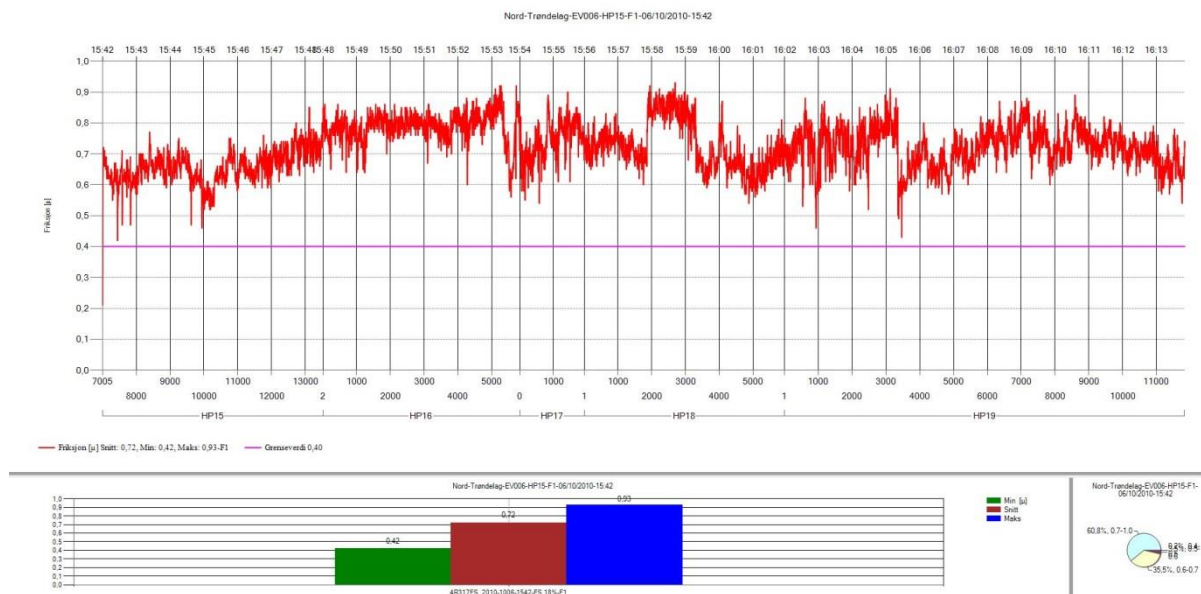
Dersom vi har et isdekke (de to nederste kurvene på figuren) er det svært liten forskjell i oppnådd friksjon, uavhengig av hvor kraftig man bremses.



Figur 12.26 Typiske friksjonskurver ved ulike forhold

12.5.5 Dekketypens betydning

Friksjonen varierer også avhengig av hvilken dekketype som benyttes. Figur 12.27 viser variasjoner på E6 i Nord-Trøndelag. På denne strekningen er det prøvd ut forskjellige asfalttyper som gir utslag i ulike målte friksjonsverdier.



Figur 12.27 Eksempel på variasjon i friksjon over strekning med ulike dekketyper.

12.5.6 Forskjeller i og mellom spor

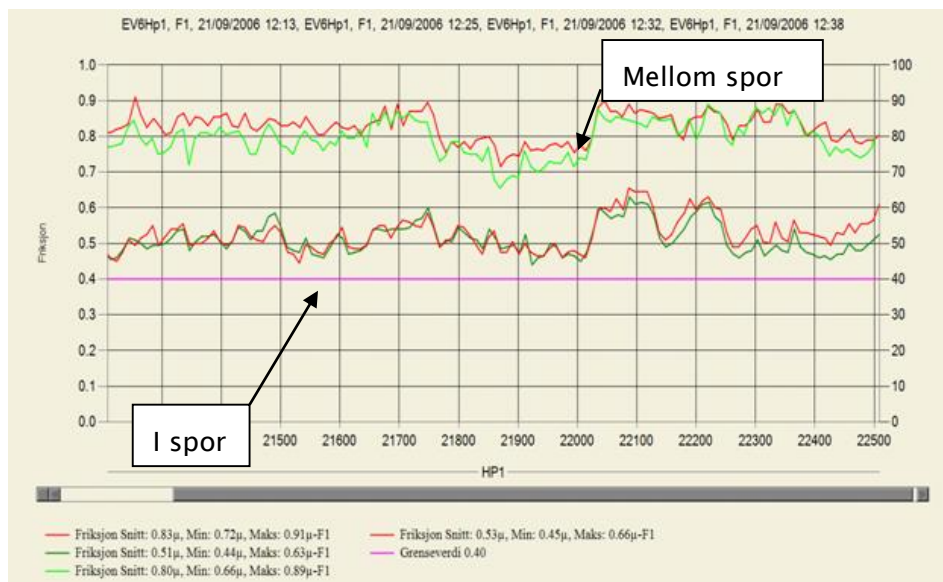
Det kan være store forskjeller på målt friksjon i og mellom spor. Dette skyldes først og fremst polering av vegdekket fra trafikken. På våren er det ofte bedre friksjon i sporene enn mellom dem. Dette skyldes piggdekkene som er med på å ruge opp overflaten slik at tekstur og friksjon bedres. Utover våren og sommeren vil dette bildet forandre seg, og vi får en gradvis polering av trafikken i hjulsporene.



Figur 12.28 Eksempel på dekke hvor det er betydelig glattere i spor enn mellom spor.

Foto: Bård Nonstad, Statens vegvesen.

Figur 12.29 viser et eksempel på hvor store forskjeller det kan være på friksjon mellom og i spor. Målingene i spor er på i gjennomsnitt 0,52, mens målingene mellom spor er på 0,81. Målingene her er gjennomført i september, dvs. en tid på året da vi normalt måler lav friksjon på bar veg. Hvor lav denne friksjonen blir, er avhengig av dekketype, trafikkmengde, temperatur m.m.



Figur 12.29 Forskjeller på målt friksjon mellom spor (to øverste kurver) og i spor (to nederste kurver) på E6 Sør-Trøndelag

Det kan også være store forskjeller i friksjonen på tvers av vegen på vinteren. Ofte er det bart i hjulsporene, mens det er is eller snøføre mellom og på kantene.

12.6 Måling av friksjon

Måling av friksjon er en viktig oppgave, både sommer og vinter. Hovedvekten av målinger foretas på vinterføre i forbindelse med oppfølging av driftskontrakter.

Friksjon på veg kan måles med mange typer utstyr og metoder. I praksis opererer de ut fra tre måleprinsipper:

- Måling av bremselengde
- Retardasjonsmålere
- Kontinuerlige målere (slippmålere)

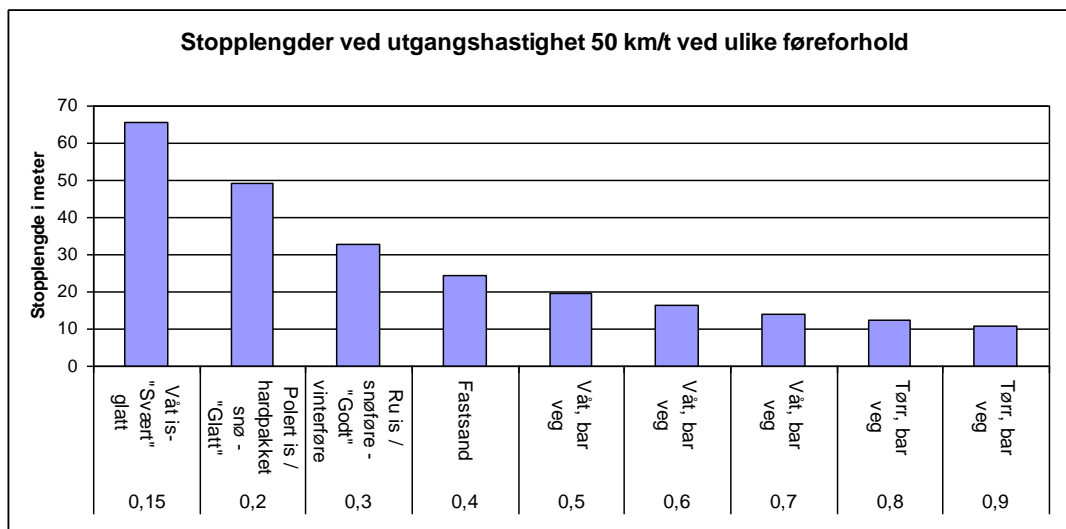
12.6.1 Måling av bremselengde

Dette er den enkleste måte å måle friksjon på. Man trenger ikke noe spesialinstrument, og en vanlig personbil kan benyttes. Distansen kjøretøyet bruker på å stoppe og hastigheten idet oppbremsinga starter er de inndata som behøves. Man kan ut fra dette kalkulere en tilnærmet gjennomsnittlig friksjonsverdi over bremsestrekningen ved hjelp av formelen:

$$\mu = \frac{v^2}{254,3 \cdot L_b}$$

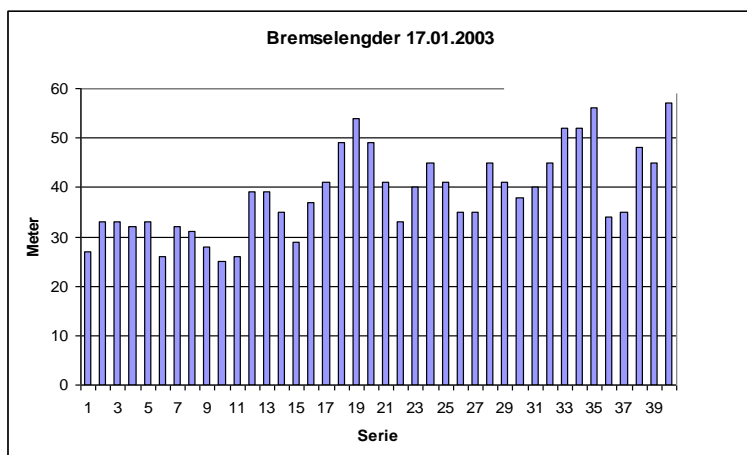
hvor v er farten i km/t og L_b er bremsestrekningen.

Det er denne formelen som ligger til grunn for grafen som er vist i figur 12.30. (Reaksjonstid er ikke tatt med i formel eller figur.)



Figur 12.30 Bremselengder ved utgangshastighet 50 km/t ved forskjellige føreforhold

Måling av bremselengde gir riktignok kun en indikasjon på hva friksjonen er på stedet, og det kan derfor ikke brukes for å dokumentere friksjonen. Årsaken til det er at biler har ulik tyngde og er utstyrt med ulike dekk, bremsesystem etc. Disse faktorene vil gi forskjellige utslag i bremselengde. Figur 12.31 viser bremselengder for ulike dekk og forskjellige personbiler i forbindelse med en test på isføre. Som en ser er det store forskjeller på korteste og lengste bremsestrekning i denne testen.



Figur 12.31 Bremselengder med ulike personbiler på isføre

12.6.2 Retardasjonsmålere

Nedbremningsmålere eller retardasjonsmålere er enkle målere som kan monteres i alle personbiler. En friksjonsmåling foregår ved å foreta en kraftig nedbremsing. Instrumentet registrerer hastigheten når bremsingen begynner og slutter, samt bremsetiden. Middelverdien for utnyttet friksjon over strekningen beregnes av formelen:

$$\mu = \frac{v_1 - v_2}{g \cdot t}$$

hvor v_1 er hastigheten før nedbremsing, v_2 er hastigheten idet bremsingen avsluttes, t er bremsetida og g er tyngdens akselerasjon ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Beregnet friksjonskoeffisient er, foruten av vegbanen, avhengig av en rekke faktorer (hastighet ved start og slutt av bremsing, bremsetiden, bilens dekkutrustning, last- og vektfordeling, bilens bremsesystem, førerens bremseteknikk m.m.). For å få god repeterbarhet er det viktig at disse faktorene er så like som mulig fra gang til gang. Det er derfor utarbeidet retningslinjer for hvordan målingene skal utføres, samt satt krav om at alle målere som brukes i driftskontraktene skal kalibreres opp mot en av Statens vegvesens referansemålere minst en gang i året.



Figur 12.32 Displayet til henholdsvis Coralba og Eltrip retardasjonsmålere.
Foto: Leverandører

12.6.3 Kontinuerlige målere (slippmålere)

Når et gummi hjul som ruller på et vegdekke bremses uten at kjørehastigheten reduseres, vil det i kontaktflaten mellom dekk og vegoverflate oppstå en glidebevegelse. Denne bevegelsen kalles slipp (jfr. avsnitt 12.2.4). Ved å måle dreiemomentet som målehjulet blir påført for bremsing ned til forskjellige sliphastigheter kan friksjonskoeffisienten beregnes, og en kurve tilsvarende den i figur 12.26 kan tegnes opp.

Det er to målemetoder som er dominerende; måling med variabel slipp og måling med fast slipp. Variabel slipp vil si at friksjonen blir målt kontinuerlig gjennom hele bremseprosedyren fra 0 % slipp (fritt rullende hjul) til 100 % slipp (låst målehjul). I løpet av denne bremseprosedyren registreres maksimalfriksjonen. Denne friksjonen vil oppnås ved litt ulike slippprosent avhengig av målebilens hastighet og overflatens egenskaper.

Fastslipp-systemer arbeider vanligvis med en slipp på mellom 10 og 20 prosent. Eksempler på slike systemer er de norske målerne TWO og ViaFriction (se figur 12.35).

Statens vegvesen bruker OSCAR friksjonsmåler som referanse for friksjonsmåling på veg. OSCAR er en såkalt kontinuerlig måler som kan operere både med fast- og variabel slipp.

Det finnes bare én OSCAR-måler i Norge, og den brukes derfor mest som referansemåler og i forbindelse med forsknings- og utviklingsoppdrag (se figur 12.33).

Roar (Road Analyzer and Recorder) Mark 5 er en avansert friksjonstillhenger som også kan operere med både fast og variabel slipp. For vintermålinger benyttes 20 % fastslipp. For sommarmålinger benyttes fast- eller variabel slipp og en vannfilm foran målehjulet. Vannfilmen benyttes for å skape en mer kritisk situasjon enn den bare, tørre vegen som nesten alltid vil ha gode friksjonsforhold.

Statens vegvesen har 5 stk. Roar Mark 5, én i hver av vegvesenets regioner. Roar-målerne kalibreres før hver målesesong opp mot OSCAR.

Bruksområdene til de regionale Roar-målerne er blant annet kalibrering av andre vinterfriksjonsmålere, kartlegging av friksjon (vinter og sommer), oppfølging av krav til friksjon, samt målinger i forbindelse med forskning og utviklingsoppgaver (FoU).



Figur 12.33 Friksjonsmåleren OSCAR er referansemåleren for friksjon i Norge.
Foto: Erik Espe, ViaTech AS



Figur 12.34 Friksjonsmåling på vinterføre med Roar Mark 5.
Foto: Bård Nonstad, Statens vegvesen

Det finnes også flere lettere slippmålere på markedet, fra håndholdt trillende utstyr til etterhengende målere på bil. Disse brukes mer og mer i oppfølging av driftskontrakter, og kan også være praktiske på f. eks gang- og sykkelveger.



Figur 12.35 Ulike typer kontinuerlige målere (Fastslipp systemer).
Fotos: Bård Nonstad, Statens vegvesen

12.6.4 Standardisering av friksjonsmålinger

På grunn av at det er så mange faktorer som påvirker en friksjonsmåling forsøker man å standardisere prosedyrer, kalibreringsrutiner etc. så mye som mulig. Det finnes instruksjoner for måling av friksjon både i sommersesongen (på asfaltdekker) og i vintersesongen.

Denne standardiseringen går blant annet på hvilke målehjul som benyttes, målehastighet, slipprosent, vannfilm med mer. Det er også satt krav til at det skal gjennomføres kalibrering av alle friksjonsmålere før hver sesong.



Figur 12.36 Kalibrering av referansemålere (OSCAR til høyre og fem stk. Roar Mark5).
Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen

12.7 Krav til friksjon

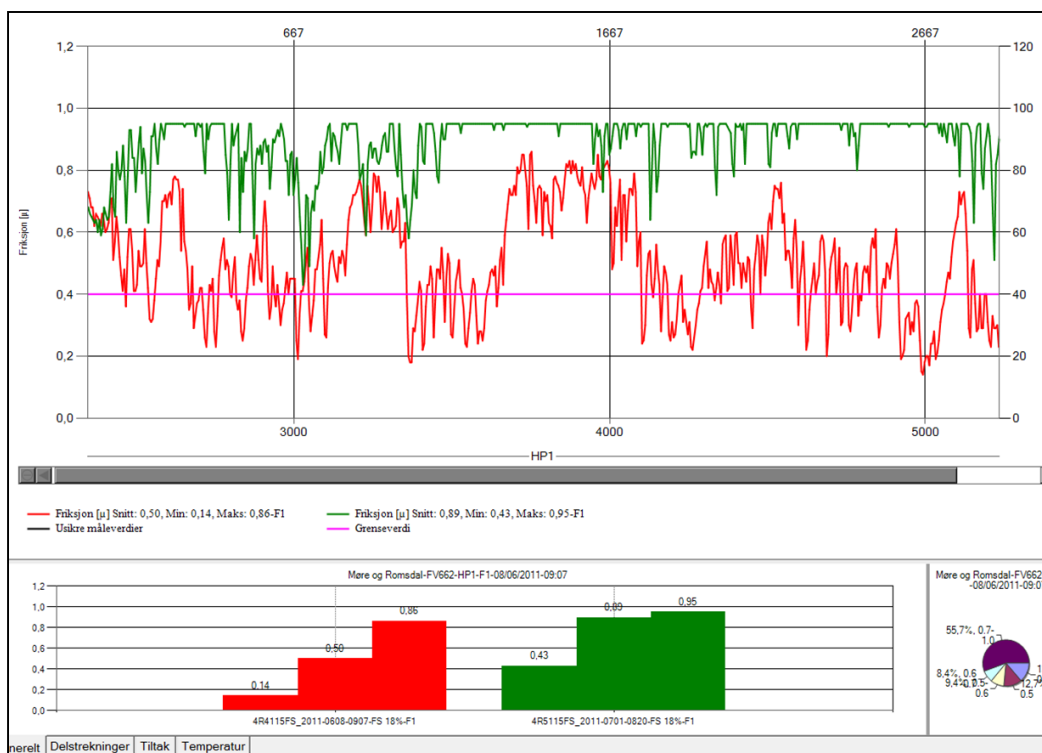
12.7.1 Sommer

Friksjon var tidligere ikke noe stort problem på norske vegdekker. Dette skyldtes den omfattende bruken av piggdekk som sørget for at dekkeoverflaten gjennom vintersesongen ”opparbeidet” en tilfredsstillende ruhet og friksjon. Den reduserte bruken av piggdekk har endret dette. På tørre vegdekker vil som regel friksjonskravet være oppfylt, og nivået varierer lite fra dekketype til dekketype. Men ved våt vegbane kan variasjonen mellom ulike dekketyper bli stor og enkelte dekker kan få svært lav friksjon (Larsen, 1998).

Nylagte asfaltdekker kan ofte få partier med mye bindemiddel på toppen av dekket. Ved våt vegbane kan disse bli svært glatte. Etter en vintersesong får de normalt bedre friksjonegenskaper.

Figur 12.37 viser et nylagt dekke med store problemer med blødning (anriking av bindemiddel i dekkeoverflata). Den horisontale lilla streken viser krav til friksjon på faste dekker (μ større enn 0,4). På dette dekket ble den øverste delen av asfaltdekket frest bort, og tekstur og friksjon ble hevet. Grønn kurve i figur 12.37 viser friksjonsnivå etter tiltak med fresing ble gjennomført.

Friksjon på vegdekker skal måles på vått dekke, måleutstyret legger selv ut en vannfilm før måling (vanligvis 0,5 mm vannfilm for måling på veger). I henhold til Statens vegvesens Håndbok N200 Vegbygging (2011) skal friksjonskoeffisienten målt ved 60 km/t være større enn 0,40. På veger med tillatt hastighet høyere enn 80 km/t bør friksjonskoeffisienten være over 0,50. Kravene er knyttet til middelværdi av enkeltdelstrekninger med lengde på 20 meter.



Figur 12.37 Eksempel på glatt vegdekke

12.7.2 Vinter

Vinterdrift skal gjennomføres etter valgte vinterdriftsklasser. Vinterdriftsklasse A er høyeste klasse med de strengeste krav, mens vinterdriftsklasse E er den laveste klassen og benyttes på lavtrafikkert vegnett. I tillegg så utføres vinterdrift på gang- og sykkelveger etter to vinterdriftsklasser (GsA og GsB).

Innenfor alle disse klassene er det stilt krav til godkjente føreforhold hvor friksjon er en av parametrene det stilles krav til. Tabell 12.2 viser disse kravene som er tatt fra vår håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger. Forsterket friksjonskrav er definerte strekninger hvor vi har behov for ekstra god friksjon, eksempelvis bratte stigninger.

Vinterdrifts-klasse	Friksjonskrav	Forsterket friksjonskrav	Tidskrav for gjenopprettet godkjent føreforhold etter værhendelse
DkA	Bar veg	Bar veg	2 - 4 timer avhengig av ÅDT
DkB	Bar veg/0,25	Bar veg/0,30	2,5 – 5 timer i henhold til spesiell beskrivelse
DkC	Bar veg/0,25	Bar veg/0,30	3 timer
DkD	0,25	0,30	4 timer
DkE	0,20	0,25	4 timer
GsA	Bar veg/0,30	Ikke aktuelt	Som for tilliggende veg, men maks 2 timer
GsB	0,30	Ikke aktuelt	Som for tilliggende veg, men maks 3 timer
Sideanlegg	0,30	Ikke aktuelt	+ 2 timer i forhold til krav på tilliggende veg

Tabell 12.2 Friksjonskrav i de ulike vinterdriftsklasser (Statens vegvesen, 2012)

12.8 Tiltak for å bedre friksjonen

12.8.1 Sommer

For sikring av god friksjon på nylagte dekker er overvåkingen av utleggingsfasen viktig. Hvis dekkearbeidene viser tendens til blødning eller feite bindemiddelrike partier, kan tilstrekkelig friksjon enklest sikres i utleggingsfasen med en avstrøing av vegdekket.

Aktuelle tiltak for utbedring ved lav friksjon på eksisterende dekker er avstrøing med sand eller asfaltert finpukk, med eller uten oppvarming, tilpasset det aktuelle dekket. På eldre asfaltdekker kan strukturfresing nyttes, særlig ved polering. Høytrykksspyling eller bruk av annet spesialutstyr kan også være aktuelt.

I Oslo-området har det vært en del problemer med at enkelte strekninger blir svært glatte i løpet av sommersesongen. Figur 12.38 viser et eksempel på tiltak som har vært prøvd, i dette tilfelle en maskin som opererer med vann under høyt trykk. Maskinen er utviklet i Østerrike og har vært testet i Norge gjennom flere sesonger.

Som figuren viser kan man få en god effekt ved at maskinen renser og delvis ”skjærer opp” asfaltoverflaten slik at tekstur og friksjon forbedres. På det meste har friksjonen blitt økt med 0,4 med bruk av slikt utstyr.



*Figur 12.38 Høytrykkspyling av vegdekker. Behandlet asfalt til venstre, ubehandlet til høyre
Foto: Vegard Opsahl, Statens vegvesen*

12.8.2 Vinter

De viktigste vinterdriftstiltakene er snøbrøyting, høvling, sanding og salting, og det er sanding og salting som har til hensikt å bedre friksjon. Se for øvrig kapittel 21 Vinterdrift for mer info om friksjonsforbedrende tiltak på vinteren.

Referanser

- Amontons (1699): De la Resistance causée dans les Machines. Mémoires de l'Académie Royale A. pp. 247-260
- Norheim, A.; Shina N.K and Yager T.J. (2001): Effects of the structure and properties of ice and snow on the friction of aircraft tyres on movement area surfaces. Tribology International, vol. 34, pp 617-623
- Dowson, D. (1998): History of Tribology, Prof. Engineering Publishing, London
- Moore, D. F. (1975): The friction of pneumatic tyres. Amsterdam, Elsevier Scientific publishing company
- Horvli, I. med flere (2006): SIV - Spor I Veg, Forsøksfeltene på E6 ved Klett. SINTEF ISBN 82-14-03607-0
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2012): Standard for drift og vedlikehold av riksveger. Håndbok R610
- Larsen, Ø. (1998): Friksjonsmålinger og bruk av måledata - erfaringer med ROAR. EEU-kurs vintervedlikehold av veier, NTNU november 1998

Kapittel 13 Planlegging av dekkevedlikehold

Rolf Johansen og Dagfin Gryteselv, Statens vegvesen

13.1	Overordnet dekkeplanlegging	190
13.1.1	Dekkevedlikeholdet – en del av det totale vedlikeholdsbildet	190
13.1.2	Dekkelevetider og årskostnader	191
13.1.3	Årssyklus – væravhengighet	192
13.2	Bruk av tilstandsdata	193
13.2.1	Utvalgsriterier – den enkelte strekning	193
13.2.2	Flerårs dekkeplanlegging	194
13.2.3	Forsterkningsbehov – dekkefornyelse eller forsterkning?	194
13.3	Dataverktøy – NVDB/PMS	194
13.3.1	Hva som er lagret og hva vi får ut – bruk av data	194
13.3.2	Funksjonalitet, PMS til planlegging	196
13.4	Planlegging av tiltak	198
13.4.1	Tiltaksmetoder – problemstillinger og alternativer	198
13.4.2	Type kontrakt	199
13.4.3	Planlegging av forarbeider	200
13.4.4	Plan for kvalitetskontroll og oppfølging av utførelsen	200
13.4.5	Helse, miljø og sikkerhet – spesielt for asfaltarbeider	200
13.5	Markedsforhold	201
13.5.1	Prisanalyser	201
13.5.2	Konkurransforhold	201
13.5.3	Markedsplaner – langsiktighet	202

13 Planlegging av dekkevedlikehold

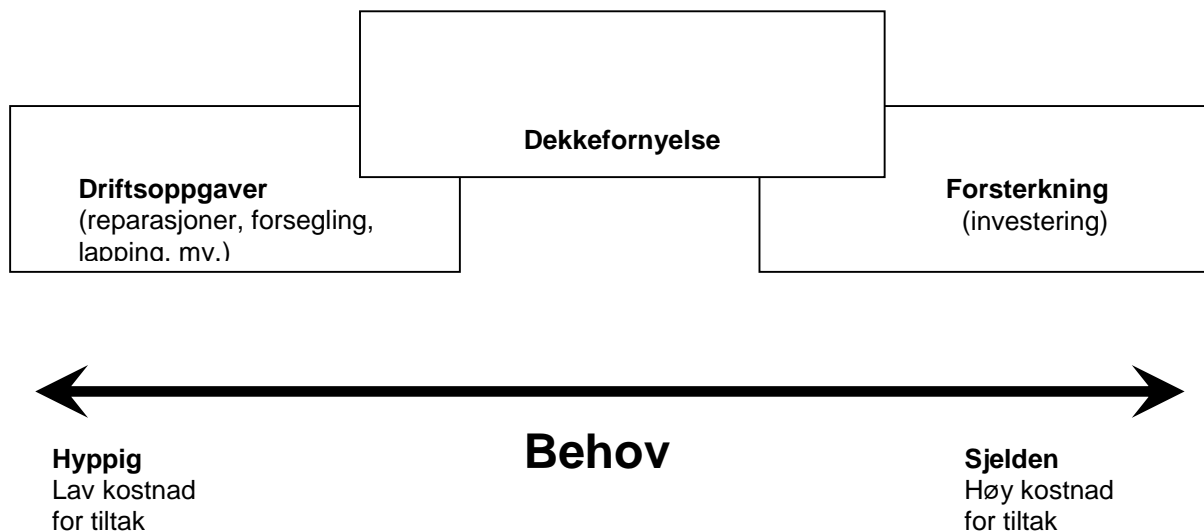
Samfunnet bruker hvert år store beløp for å vedlikeholde vegdekkene til en akseptabel standard for vegbrukerne, og for å unngå at det bygges opp vedlikeholdsforfall som man må slite med i framtida. I 2013 ble det brukt ca. 2,7 mrd. til dekkevedlikehold på riks- og fylkesveger i Norge. For å kunne utnytte de pengene som bevilges på en best mulig måte er det nødvendig å kjenne til prinsippene for hvordan man overvåker tilstanden på vegnett og håndterer data om dekketilstanden. Forståelse av hva planleggingsverktøyene kan gi av informasjon og hvilke begrensninger de har, bidrar til at planleggeren kan gjøre de best mulige valg i planleggingen av vedlikeholdet. Videre trengs kunnskap om de alternativer man har å spille på i valg av materialer og metoder for å bestille optimale tiltak som gir lavest mulig årskostnad.

Den som er involvert i drift og vedlikehold av veger trenger kunnskap om kontraktstyper, markedsforhold og ikke minst materialprodusenter og de utførende entreprenørenes utfordringer. Slik kan man oppnå optimal utnyttelse av bevilgninger og naturressurser i samspill med bransjen.

13.1 Overordnet dekkeplanlegging

13.1.1 Dekkevedlikeholdet – en del av det totale vedlikeholdsbildet

Dekkevedlikeholdet (dekkefornyelse) har en plass i vegens drift og vedlikehold hvor det ofte er overlappende hvorvidt man bør fortsette med driftsoppgaver, gjennomføre dekkefornyelse eller foreta forsterkning av overbygningen, se figur 13.1.



Figur 13.1 Dekkefornyelse sett i sammenheng med andre oppgaver i drift og vedlikehold

Dekkefornye eller fortsette med driftsoppgaver?

Dekkefornyelse skal utføres når en vegstrekning har nådd en tilstand som ihht. Statens vegvesens «Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger» skal utløse tiltak, eller når driftsoppgaver som forsegling av overflaten, lapping av hull, tetting av sprekker, oppretting av lokalt deformerte områder mv. ikke lenger er tilstrekkelig for å opprettholde vegens tilstand. Med andre ord, at det er blitt uøkonomisk å fortsette med disse driftsoppgavene sammenlignet med å legge nytt dekke på strekningen.

I praksis gjøres ikke denne avveiningen ved økonomisk analyse i hvert enkelt tilfelle. Nytt dekke legges når grenseverdiene for dekkets tilstand slik de er beskrevet i vedlikeholdsstandarden (Håndbok R610) er overskredet, eller når man ikke har kapasitet til å fortsette med driftsoppgaver dersom dekket begynner å gå i oppløsning. Dersom tilstandskrav som spor og jevnhet er overholdt, men bestandigheten av dekket er dårlig, kan det ligge en betydelig gevinst i å utnytte gode driftsmetoder (f.eks. forseglinger) til å utsette en dekkefornyelse inntil spor eller jevnhet tilsier at tyngre tiltak skal gjøres.

Dekkefornye eller forsterke overbygningen?

Tilsvarende vurderinger kan/bør gjøres når behovene for normal dekkefornyelse dukker opp altfor hyppig. Da må det vurderes om det er samfunnsøkonomisk mer lønnsomt å forsterke overbygningen slik at dekkelevetidene økes og blir normale. Disse vurderingene gjøres i praksis på grunnlag av kriteriene for forsterkning som er gitt i Håndbok N200 Vegbygging.

13.1.2 Dekkelevetider og årskostnader

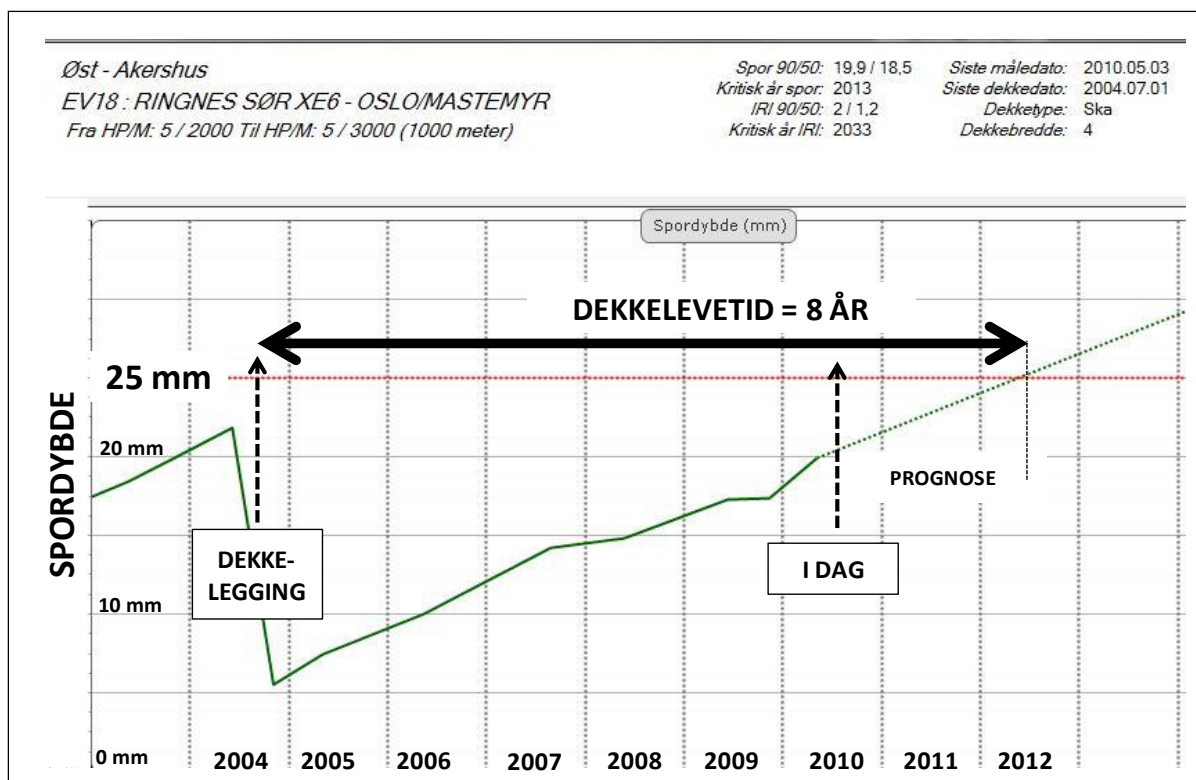
Dekkelevetider

Dekkelevetid er definert som det antall år fra man legger et dekke til man **har behov for** å legge nytt dekke i henhold til Vedlikeholdsstandarden (Håndbok R610). Man kan ikke vite hva dekkelevetiden blir for et nytt dekke, men hvis man måler tilstanden over et antall år etter asfaltering kan man se en tendens som kan framskrives til det punktet hvor Vedlikeholdsstandarden sier at man har behov for nytt dekke, se figur 13.2.

I praksis er det kun parameteren spordybde (jevnhet på tvers av vegen) vi har mulighet til å framskrive og dermed forutsi på denne måten, og da på de høyest trafikkerte vegene. Jevnhet på langs (IRI – International Roughness Index) endrer seg normalt så lite fra ett år til det neste at slik framskrivning for å finne dekkelevetiden blir unøyaktig.

Også andre feil i dekket kan være utløsende for tiltak, som f.eks. steinslipp og rask utvikling av hull. Slike skader er det svært vanskelig å framskrive før skadene begynner å vise seg og man greier normalt ikke å forutsi dekkelevetiden på grunnlag av denne typen dekkeskader.

På lavtrafikkerte veger, hvor det er liten årlig sporutvikling, vil det ofte være jevnhet på langs (IRI) eller andre forhold som utløser tiltak. Her vil dekkefornyelsen ofte gjøres i forbindelse med andre reparasjonsarbeider knyttet til kantsetninger, sprekker og krakelering, setninger, teleskader mv.



Figur 13.2 Definisjonen på dekkelevetid i hht Håndbok N200.
Eksempel: Utskrift fra PMS, graf over årlige spordybde målinger. Dekkelevetid regnes fra asfalteringen i 2004 til nytt behov for asfaltering i 2012 uavhengig av når asfalteringen virkelig vil finne sted.

Årskostnader

Den årlige kostnaden for å holde vegdekket innenfor de grensene for tilstand som er fastsatt i vedlikeholdsstandarden (Håndbok R610) skal være styrende for vedlikeholdsopplegget. Sammenhengen er i prinsipp enkel og kan illustreres som følger:

$$\frac{\text{Kostnad for dekkelegging (kr)}}{\text{Dekkelevetid (år)}} = \text{Årskostnad (kr/år)}$$

Dette betyr at for å finne årskostnaden må man vurdere to hovedparametere, nemlig kostnad for dekkefornyelse og dekkelevetid. Et billig dekketiltak kan være økonomisk selv om det bare har en kort levetid sammenlignet med et dyrt tiltak som holder mye lenger. Den største usikkerheten ligger i å anslå forventet dekkelevetid, mens kostnadsnivået er relativt godt kjent. Det som ytterligere kompliserer dette bildet er at forarbeidene, som avrettingslag eller fresing av gammel dekkeoverflate, slår sterkt ut på kostnadene. Statens vegvesen Region øst publiserte i 2007 (Statens vegvesen, Region øst: Rapport TR2491 Dekkestrategi 2007) en sammenstilling som viser en rangering av alle dekketyper som har vært i bruk de senere år sammen med forarbeider av forskjellig type. Dette er så langt den eneste kjente sammenstillingen som er gjort i Norge for å rangere dekketyper ut fra erfaringsdata om dekkelevetid og kan benyttes av alle som driver med dekkeplanlegging - med litt tilpasning til lokale forhold.

13.1.3 Årssyklus - væravhengighet

I vinterhalvåret i Norge er det i praksis ikke mulig å få gjort et godt dekkevedlikehold. Binde-midlene i asfalten blir raskt stive. Ddet blir vanskelig å pakke massen tilstrekkelig ved valsing,

og asfalten får dermed for høyt hulrom og blir av dårlig kvalitet. Det er også vanskelig å få asfaltdekket til å feste seg til underlaget når det er mye vann på overflaten, og i praksis umulig når det er is på vegen. Utover vinteren vil telehiv, som det er mye av på det norske vegnettet, i tillegg gjøre at man ofte vil komme i skade for å rette opp ujevnheter på det eksisterende dekket ut fra en falsk høydereferanse (telehivet).

Disse forholdene gjør at aktivitetene i dekkevedlikeholdet i Norge følger en årssyklus:

1. **Utlysning** av årets asfaltkontrakter ca. 1. februar
2. **Oppstart** av årets asfaltarbeider: ca. 15. mai avhengig av landsdel/klima
3. **Slutt** på årets asfaltarbeider: ca. 1. oktober avhengig av landsdel/klima
4. **Avslutning av årets, og klargjøring av neste års kontrakter:** oktober-november-desember-januar

Konsekvensen av en slik syklus er at dekkevedlikeholdet blir dyrt fordi maskiner og andre ressurser hos entreprenørene utnyttes kun over en kort periode av året. Man får heller ikke en jevn sysselsetting av personellet som utfører arbeidene ute på vegen og i asfaltfabrikkene, noe som er dyrt for firmaene og ugunstig for de ansatte.

Ved hjelp av spesielle tilsetningsstoffer i asfalten, for eksempel voks eller andre typer kjemikalier, er det mulig å legge asfalt med litt lengre sesong enn med vanlige bindemidler. Men denne teknologien er ennå ikke fullt utviklet for bruk i stor skala i Norge.

13.2 Bruk av tilstandsdata

13.2.1 Utvalgsriterier – den enkelte strekning

Data fra de detaljerte lasermålingene av vegnettet (se også kapittel 11 Tilstandsregistrering) omregnes til representative tilstandsverdier for hver 20. meter veglengde. Fra disse 20 m-verdiene (f.eks. spordybde) beregnes så typiske tilstandsverdier for de vegstrekninger som planleggeren har definert i sitt planleggingssystem (PMS-parseller). Disse PMS-parsellene skal være mest mulig homogene, og er gjerne litt over en km lange (gjennomsnittlig 1,2 km for riksveger i 2014), noen få er opptil 15 km. En omlegging til fast lengde på PMS-parseller (1000 m) er på gang.

Grensene for hvilken dekketilstand som skal utløse tiltak er angitt i Vedlikeholdsstandarden, Håndbok R610. Ved å sammenholde verdiene for PMS-parsellene mot grenseverdiene i Vedlikeholdsstandarden framkommer så evt. behov for tiltak (hvis grenseverdiene overskrides utløses krav om nytt dekke).

Dagens grenseverdier i Håndbok R610 for tilstand som skal utløse dekketiltak er angitt som såkalte 90/10 verdier. Dvs. at 10 % av parsellen tillates å ha en dårligere verdi enn den angitte grenseverdien. Verdiene forutsetter 1000 meter lange parseller.

Gjeldende krav for spor og jevnhet er som følger (Håndbok R610):

Ingen definert ensartet parsell med 1000 m lengde skal ha verdier dårligere enn det som er gitt nedenfor på mer enn 10 % av parsellen målt om høsten etter avsluttet dekkelegging. Beregningene er basert på gjennomsnittsverdier for 20-meters dellengder av parsellen

Maksimum jevnhet på tvers (spordybde): 20 mm (ÅDT > 5000) eller 25 mm (ÅDT 0 – 5000)
Maksimum IRI-verdi (jevnhet på langs): 3,5 – 7,0 (avhengig av trafikkmengde, ÅDT)

I tillegg skal ingen 20-meter på parsellen ha spordybde større enn 40 mm, eller IRI-verdi større enn 3 mm/m over krav.

På det høyt trafikkerte vegnettet hvor bæreevnen er rimelig god, er jevnhet på tvers (spor-dybden) viktigste parameter og som oftest utløser behov for dekkefornyelse.

Disse grenseverdiene er utarbeidet på samfunnsøkonomisk grunnlag for bruk i Statens vegvesen. En del vegeiere (kommuner, fylkeskommuner, private) benytter ikke alle deler av Håndbok R610 og da kan andre tilstandskrav være gjeldende.

13.2.2 Flerårs dekkeplanlegging

Behov for forutsigbarhet

Vegvedlikehold utgjør en stor kostnad for samfunnet. Alle som bevilger penger til dette formålet trenger forutsigbarhet, altså oversikt over hvor store budsjettbehov man har over et antall år. På vegnettet utføres dessuten mange forskjellige typer arbeider som må koordineres med dekkefornyelser (forarbeider til dekkelegging, driftsoppgaver, gravearbeider etc.), også med tanke på trafikkavviklingen i området.

Tilstandsutviklingen på vegnettet er imidlertid ikke så forutsigbar at man kan detaljere slike planer på strekningsnivå mange år framover, selv med gode planleggingsverktøy (jfr. kapittel 13.3). I Statens vegvesen har man valgt å utgi 3-års planer, som oppdateres hvert år. (Man kunne valgt en lengre periode, men nøyaktigheten av planene reduseres jo lengre inn i framtida man prøver å forutsi vedlikeholdsbehov i detalj.)

Tiltak over flere år

Man kan i mange tilfeller redusere kostnadene i dekkevedlikeholdet ved å benytte metoder/ tiltak som strekker seg over flere år. Tiltakene må da settes opp i en flerårs dekkeplan.

Et enkelt eksempel på slike tiltak satt i system kan være:

Planfresing (eller oppretting) \longrightarrow Trafikk i 1-3 år \longrightarrow Legging av nytt slitelag

13.2.3 Forsterkningsbehov – dekkefornyelse eller forsterkning?

Noen ganger vil feil og mangler i dekket, eller svakheter dypt i vegoverbygningen komme til uttrykk som dårlig dekketilstand etter kortere tid enn man skulle forvente. Dette tyder på et behov for forsterkning. Kriteriene (grenseverdiene) for dette er nærmere beskrevet i kapittel 9 Dimensjonering og forsterkning.

Den som planlegger dekkevedlikeholdet har også ansvar for å avdekke behov for forsterkning av vegoverbygningen. For å kunne benytte seg av kriteriene i kapittel 9 trenger man å vite dekkelevetiden på de aktuelle vegstrekningene, altså man må følge tilstandsutviklingen over flere år for å se om trenden tilsier for lav dekkelevetid. Denne informasjonen får man fra data-verktøyene som dekkeplanleggeren bruker (se kapittel 13.3).

I tillegg er det dekkeplanleggerens ansvar å innhente informasjon fra andre som har oppgaver innen drift og vedlikehold, eller som er godt kjent på vegnettet. Da kan man danne seg et best mulig bilde av de reelle forsterkningsbehovene og velge de beste tiltak ut fra dette.

13.3 Dataverktøy – NVDB/PMS

13.3.1 Hva som er lagret og hva vi får ut – bruk av data

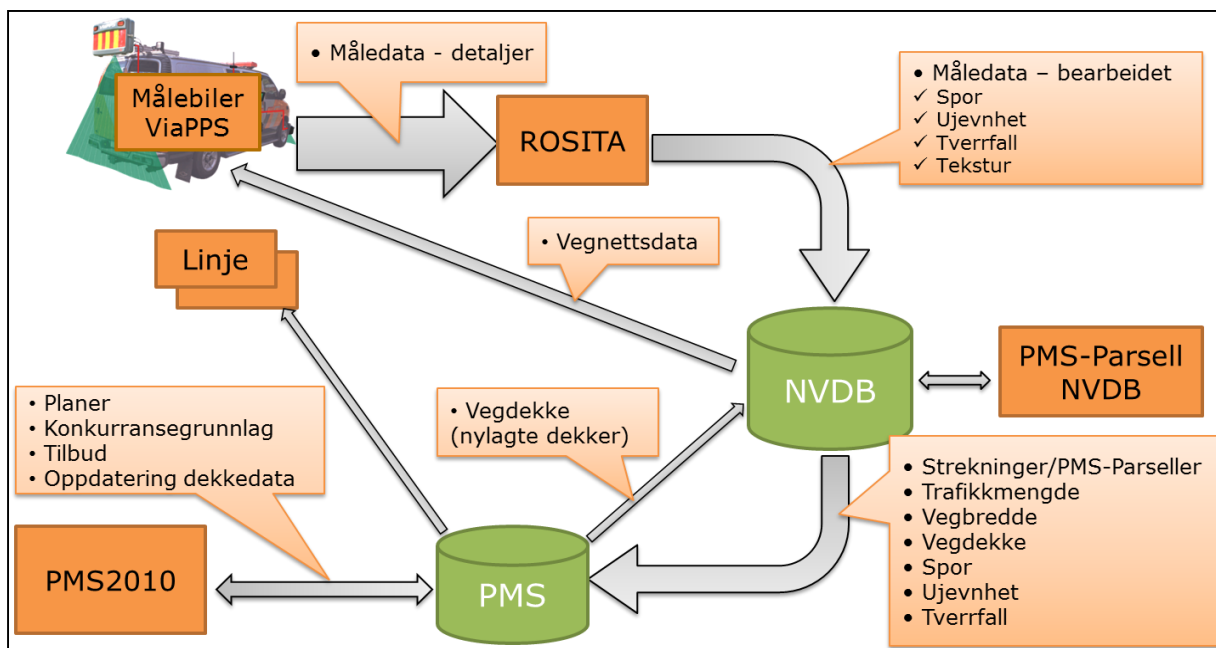
Innsamling og lagring av data

Det norske systemet for å samle inn, lagre og bruke data om vegens tilstand er utviklet til et nivå som ligger i verdenstoppen. De viktigste data som samles inn er:

- Jevnhet på tvers (spordybde). Rapporteres i mm med en desimals nøyaktighet.
- Jevnhet på langs (IRI, International Roughness Index). Rapporteres med en desimals nøyaktighet. Verdiene ligger mellom 1 og 8 for dekkelagte veger, lavt tall betyr jevn veg.
- Vegbilder (fotos) for hver 20 m, i begge kjøreretninger.

For de fleste riks- og fylkesveger oppdateres disse dataene årlig, samtidig som de eldre beholdes. Dette gir grunnlag for å vurdere tilstandsutviklingen.

Det finnes flere datasystem som "samarbeider" for å lagre og behandle dataene, se figur 13.3.



Figur 13.3 Systemer for innhenting og håndtering av tilstandsdata (ill. Triona AS)

NVDB (Nasjonal VegDataBank)

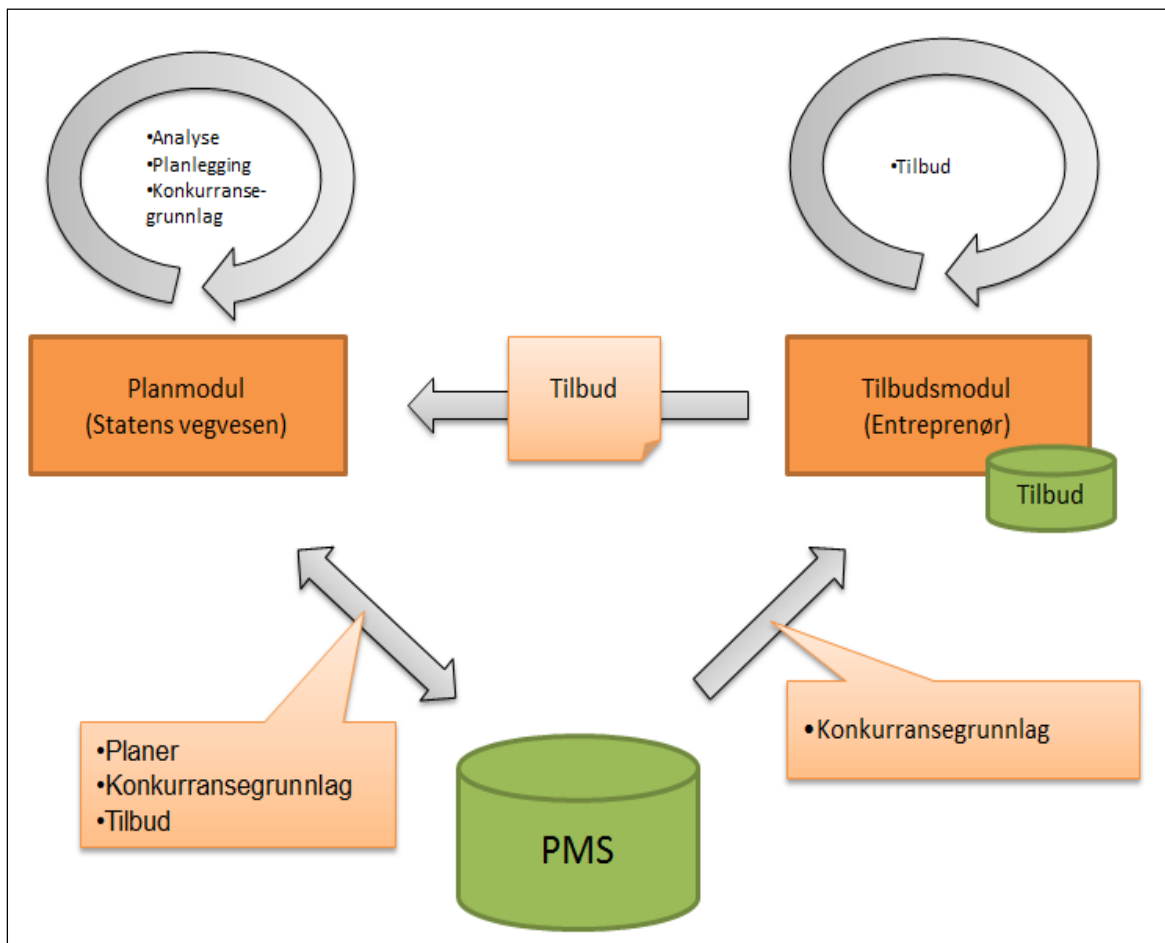
Dekkeplanleggeren må sørge for at følgende data er oppdaterte i NVDB for at PMS skal kunne mates med riktige data for videre bearbeiding:

- **Dekkedata:** Informasjon om hvilke dekker som er blitt lagt, oppdateres etter dekkelegging. Nødvendig for historikk og for å ha startpunkter for beregning av dekkelevetider. Viktig for å kunne lære hvilke materialer og metoder som gir hvilke resultater i form av dekkelevetid.
- **PMS-parselliste:** Inndelingen i PMS-parseller må være definert slik at NVDB kan beregne typiske tilstandsverdier (90 % verdier) ut fra tilstandsmålingene for hver 20 m. Hele vegnettet skal være dekket av PMS-parseller for at man skal kunne bearbeide data videre i planleggingsarbeidet. Vedlikeholdsstandarden, Håndbok R610, har tilstandskrav for spor og jevnhet basert på 1000 m lange PMS-parseller.

PMS (Pavement Management System)

PMS er den viktigste programvaren dekkeplanleggeren bruker. Programvaren har følgende hovedfunksjoner som også er skissert i figur 13.4:

1. **Tilstandsovervåkning:** Gir oversikt over tilstanden på PMS-parsellene
2. **Planlegging av dekketiltak:** Oppretter tiltaksstrekninger med tiltak og kostnader for disse
3. **Kontrahering:** Planleggeren lager konkurransegrunnlag og utlyser kontrakter elektronisk
4. **Tilbud:** Entreprenøren kan hente konkurransegrunnlag elektronisk og legge inn tilbud
5. **Tilbudsanalyse:** Planleggeren analyserer innkomne tilbud, prisnivå mv.



Figur 13.4 Arbeidsgang med PMS programvare (ill. Triona AS)

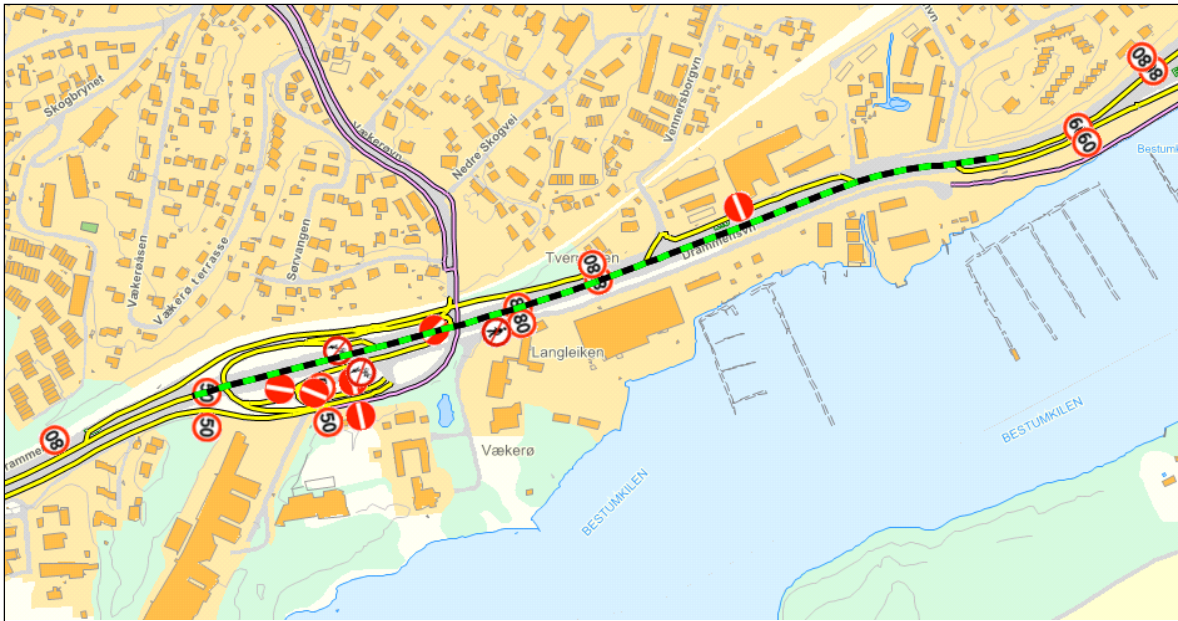
13.3.2 Funksjonalitet, PMS til planlegging

Nedenfor er det vist eksempler på noen av de viktigste funksjonalitetene som tilbys planleggeren i PMS, foruten opplistinger i tabeller og beregninger som er lagt inn i tabellene:

- Kartfunksjon og vegbilder
- Tilstandsutviklingen (historisk og framskrevet) for enkeltparseller
- Tilstanden langs en vegstrekning
- Historiske dekkedata

Kartfunksjon og vegbilder

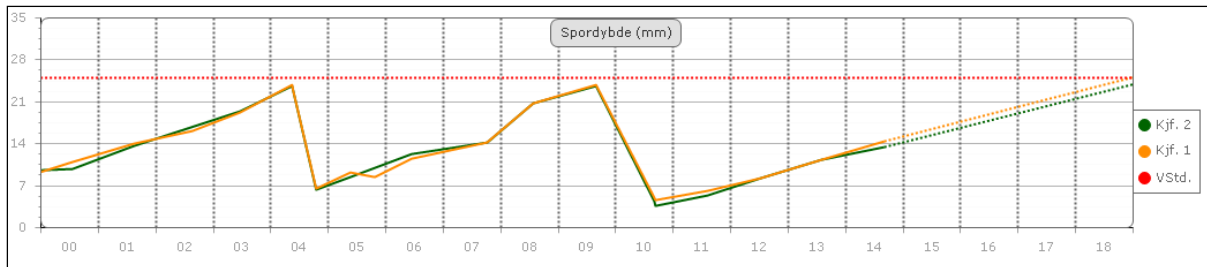
Både tiltaksstrekninger, tiltak og arbeidsprosesser kan vises i kart. Fra kartet er det mulig å klikke på et bestemt punkt på en veg og få vist bilder av vegen på dette punktet, se figur 13.5.



Figur 13.5 Kartfunksjon med PMS programvare

Tilstandsutviklingen (historisk og framskrevet) for enkeltparseller

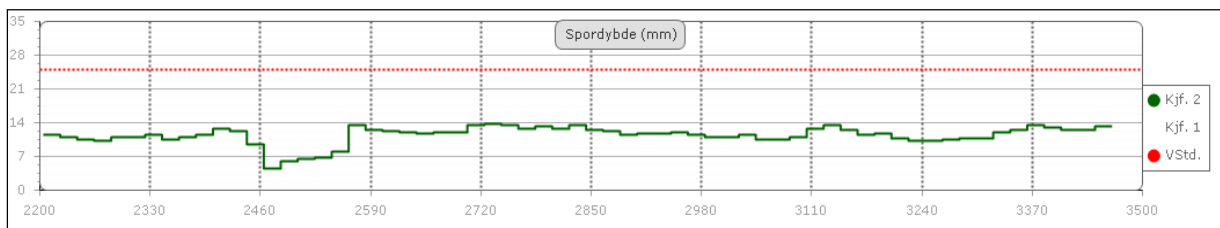
Programvaren gir plottinger av tilstand på den enkelte PMS-parsell mot årstall for målingen for både jevnhet på tvers (spordybde) eller på langs (IRI). Eksemplet i figur 13.6 viser sporutviklingen over flere år. Dette kan vise et framskrevet årstall når utløsende verdi (25 mm) forventes (for ÅDT 0 – 5000), og dermed gi anslag over forventet dekkelevetid.



Figur 13.6 Tilstandsutvikling, eksempel spordybde

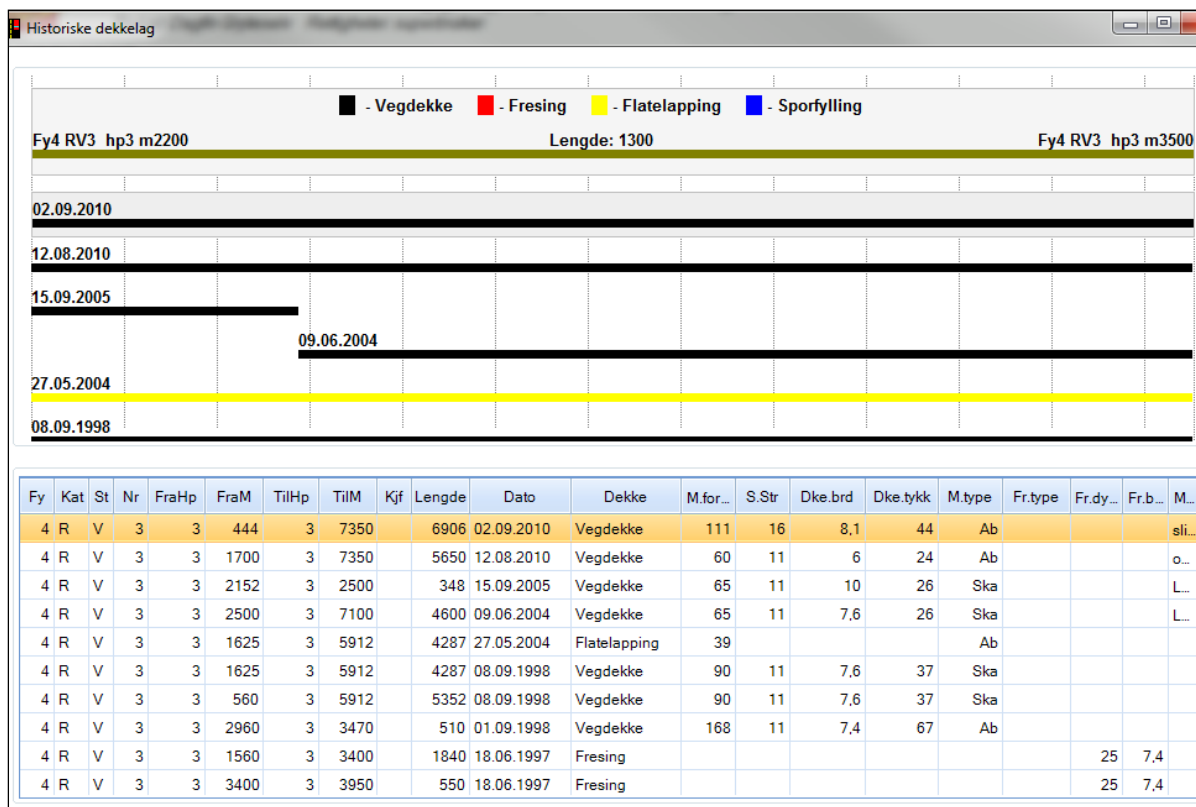
Tilstanden langs en vegstrekning

Programvaren gir plottinger av tilstand på/langs den enkelte PMS-parsell. Eksemplet i figur 13.7 viser **sporverdier**, men tilsvarende plottinger kan også vises for **jevnhet på langs (IRI)** og for **tverrfall** på vegen. Se også kapittel 11 Tilstandsregistrering.



Figur 13.7 Lengdeprofil, eksempel spordybde

Historiske dekkedata



Figur 13.8 Historiske dekkedata framstilt grafisk og tabellarisk (fra PMS)

13.4 Planlegging av tiltak

13.4.1 Tiltaksmetoder – problemstillinger og alternativer

Alle typer tiltak for dekkefornyelse har spesielle fordeler og ulemper. Planleggeren må vurdere de tilgjengelige alternativene slik at det alternativet man velger ikke har ulemper som blir kritiske for dekkelevetiden, og dermed gir høyere årskostnad enn nødvendig. Som en grov oversikt kan man si at disse metodene har følgende typiske egenskaper (se også kapittel 14 om Vedlikehold av vegdekker):

- Opprettingslag på eksisterende veg, etterfulgt av nytt slitelag (konvensjonelt):

Gir økt bæreevne (forsterkning) av overbygningen. Konvensjonell metode, lett å legge i vanskelige områder og gir god jevnhet pga. asfaltlegging i flere omganger. Mht. kostnad og ressursbruk: Slitelag må legges i en viss minimum tykkelse avhengig av masstype, men økt bæreevne er uansett tilsiktet når metoden velges. Man taper vegbredde ved at høydene økes. Passer ofte dårlig inntil kantstein eller ved andre vegobjekter som låser høydene.

- Fresing av eksisterende dekke, etterfulgt av nytt slitelag (konvensjonelt):

Gir ikke økt bæreevne av overbygningen. Mht. kostnad og ressursbruk: Må legges i en viss minimum tykkelse avhengig av masstype. Konvensjonell metode, lett å legge i vanskelige områder og gir god jevnhet hvis freseoperasjonen er god. Høydene beholdes, noe som muliggjør legging i enkeltkjørefelt og nær kantstein og andre vegobjekter som låser høydene. Kan være vanskelig å få god heft til underlaget på grunn av støv fra fresingen (trafikkering etter fresing hjelper, men er ikke alltid praktisk mulig). Sitter da ofte dårlig fast til underlaget (rakner/skaller av) mot slutten av levetiden dersom rengjøring/klebingen har vært mangelfull.

- Forvarming og sporfylling over hele kjørefeltbredden (spesialutstyr):

Mht kostnad og ressursbruk: Lite forbruk av ny masse, men betydelig energibruk ved varming. Gir ikke økt bæreevne av overbygningen. Gir god heft, sitter fast på underlaget uten å rakne inntil dekket er utslitt. Kan være vanskelig å oppnå flatt tverrprofil med mindre man freser mellom hjulsporene før legging. Tendens til store initialspor dersom vegen åpnes for tung trafikk kort tid etter legging, grunnet oppvarming av øvre del av

vegkonstruksjonen. Kan ikke benyttes i tunneler. Vanskelig å legge i kompliserte områder, passer best i gjennomgående kjørefelt. Krever separat bortfresing av gamle vegmerkingsmaterialer av arbeidsmiljøhensyn.

- **Tynndekke (spesialutstyr):**

Mht. kostnad og ressursbruk: Lite forbruk av ny masse. Raskt å legge. Gode slitasjeegenskaper. Gir god heft, sitter fast på underlaget uten å rakne helt til dekket er utslitt. Dekketykkelsen er gjerne mindre enn spordybdekriteriet som utløser neste dekkefornyelse, noe som betyr at man vil få gjennomsliting før utløsende tilstand er nådd. Kan da gi økt årskostnad ved for tidlig dekkefornyelse. Vanskelig å legge i kompliserte områder, passer best i gjennomgående kjørefelt. Begrensninger mht. værforhold sent på høsten.

- **Remix (spesialutstyr):**

Mht. kostnad og ressursbruk: Lite forbruk av ny masse, men betydelig energibruk ved varming. Gir ikke økt bæreevne av overbygningen, men kan bryte opp eksisterende sprekkmønster og homogenisere eksisterende dekke. Blir en del av eksisterende dekke og løsner dermed ikke fra underlaget. Oppvarming av bindemidlene i eksisterende dekke fører til at dette blir hardere ("aldres") og kan i noen tilfeller medføre dårlig bestandighet. Tendens til store initialspor dersom vegen åpnes for tung trafikk kort tid etter legging, grunnet oppvarming av øvre del av vegkonstruksjonen. Kan ikke benyttes i tunneler. Vanskelig å legge i kompliserte områder, passer best i gjennomgående kjørefelt. Krever separat bortfresing av gamle vegmerkingsmaterialer av arbeidsmiljøhensyn.

- **Overflatebehandling (spesialutstyr):**

Mht. kostnad og ressursbruk: Lite materialforbruk, lav energibruk. Raskt å legge. Svært gunstige årskostnader, men kostnadene for en evt. oppretting styrer økonomien i tiltaket. Gode slitasjeegenskaper, men er tynt og vil gjennomslites der trafikken er stor. Begrensninger mht. trafikkmengde, passer bare for lavtrafikkerte veger under norske forhold. Sårbar mht. værforhold og for legging utover høsten. Betydelig risiko for feilslag i områder med mye ustadig vær. Sensitiv mht. entreprenørens spesialkompetanse. Vanskelig å legge i kompliserte områder, passer best i gjennomgående kjørefelt.

13.4.2 Type kontrakt

Til dekkevedlikeholdet i Norge dominerer den "reseptorienterte asfaltkontrakten". Byggherren beskriver da hvilken dekketype som ønskes blant de normerte dekketyperne i Håndbok N200. Oppgjøret skjer pr. mengde-enhet, vanligvis som tonn utlagt, og betales like etter legging ved kontraktsavslutning, vanligvis samme år. Entreprenørens ansvar strekker seg til å levere et asfaltdekke innenfor de kravene som gjelder for materialer og utførelse. I tillegg følger en reklamasjonsperiode på vanligvis fem år regnet fra leggeåret for å avdekke produktfeil som ikke var synlige samme år som asfalten ble lagt.

Andre aktuelle kontraktstyper for dekkevedlikehold:

- **Funksjonskontrakt (sporutvikling):** Entreprenøren velger type tiltak, gir en garanti for tilstandsutviklingen på strekningen og utfører tiltaket mot betaling pr. mengde-enhet som for en reseptorientert kontrakt. Kontrakten gjøres opp etter et forutbestemt antall år, med utfallet trekk eller bonus til entreprenøren avhengig av virkelig tilstandsutvikling på strekningen.
- **Funksjonskontrakt med tiltak i garantitiden:** For eksempel OPS (Offentlig Privat Samarbeid), strekningskontrakter, områdekontrakter og lignende kontraktstyper som har det felles kjennetegn at entreprenøren har ansvar for å opprettholde vegens tilstand over et antall år mot en fast månedlig eller årlig betaling. Entreprenøren velger tid, sted og type tiltak gjennom denne perioden og bærer tiltakskostnaden i hvert tilfelle.
- **Reseptorienterte kontrakter med bonusordninger** som vedrører vegens funksjon, for eksempel jevnhet på langs (IRI) eller tvers (spor) eller andre parametere som gir entreprenøren ekstra motivasjon for å levere spesielt høy kvalitet utover kontraktens krav.

Fordelen ved å benytte funksjonskontrakter vil vise seg på lang sikt ved at entreprenørene kan få uttelling for å ta i bruk egenutviklede metoder og teknologi som gir bedre dekke-levetider. Dette ventes å føre til teknologiutvikling og en bedre utnyttelse av de totale ressursene til forskning og utvikling (FoU). De senere år er mulighetene til å drive FoU på teknologi og metode for asfaltdekker i stor grad blitt flyttet fra vegholderen til entreprenørene. Det er derfor

viktig at kompetansen og ressursene som entreprenørene sitter med kan utvikles og bli tatt i bruk, og da er kontraktformen det viktigste verktøyet for å få dette til.

13.4.3 Planlegging av forarbeider

Med unntak av kontraktstyper hvor entreprenøren har ansvar for å bestemme tiltak (OPS og lignende, jfr. kapittel 13.4.2), er byggherren den som må koordinere forarbeidene slik at alt er klart når asfaltentreprenøren skal starte sine arbeider. Nødvendige forarbeider vil variere avhengig av type veg og område, men omfatter ofte følgende:

- Drenering (bør utføres året før asfaltering)
- Fjerning av torvkanter og rengjøring (utføres vanligvis gjennom driftskontraktene)
- Fresing (oftest en del av asfaltkontrakten, men kan utføres ett eller flere år tidligere)
- Lapping og oppretting av deformasjoner (oftest en del av asfaltkontrakten, men ikke alltid)

13.4.4 Plan for kvalitetskontroll og oppfølging av utførelsen

Bruk av reseptorienterte kontrakter er krevende å følge opp fra byggherrens side. Det er vesentlig for om man oppnår den tilsiktede dekkelevetiden at materialene har den forutsatte kvaliteten og at utførelsen er god. Systemet for dette kontrollregimet er gitt i en egen håndbok (Statens vegvesen Teknologirapport TR2505 "Reseptorienterte asfaltkontrakter - kontroll og dokumentasjon av utførelsen" Januar 2008 (reviderte versjoner kan få nytt nummer)). Hovedprinsippet utgjøres av følgende tre typer kontroll:

- **Entreprenørkontroll:** Entreprenørens driftskontroll.
- **Byggherrekontroll:** Byggherrens stikkprøvekontroll.
- **Etterkontroll:** Felles kontroll som settes i verk der man har mistanke om at arbeidene ikke er utført i henhold til krav. Kontrollresultatene er grunnlag for trekk ved avvik.

En viktig del for byggherren, der det stilles krav om det i kontrakten, er kontroll av initialtilstanden. Det er særlig jevnhet på tvers (spordybde) som er den viktigste parameter i denne sammenhengen. Dette er den tilstandsverdien vegdekket har fra én til fem uker etter at trafikken er satt på. Dersom disse jevnhetsverdiene (spordybde) er høye, kan man ha tapt flere års dekkelevetid allerede før dekket er tatt skikkelig i bruk.

På grunn av den store økonomiske betydningen av disse måleverdiene påføres entreprenøren trekk ved høye verdier, og i noen tilfeller bonus ved spesielt gode verdier.

13.4.5 Helse, miljø og sikkerhet – spesielt for asfaltarbeider

Trygge forhold på arbeidsplassen

Lovverket stiller strenge krav til et trygt arbeidsmiljø, og det er krav til hvordan dette skal dokumenteres som er gjenspeilet i asfaltkontraktene. Alle involverte i gjennomføringen av kontraktene har ansvar på bestemte områder slik det er beskrevet i lovverket. De som utfører asfaltarbeider på offentlig veg er spesielt utsatt for farene ved å oppholde seg nær biltrafikk.

De fleste tilfeller av uønskede hendelser som registreres i Statens vegvesens kontrakter, gjelder problemer med trafikkanter som ikke overholder de anvisninger de blir gitt av trafikkdirigentene. Både politi og andre som er opptatt av trafikanters oppførsel mener det skjer en gradvis "brutalisering" av trafikken og mindre respekt for andre mennesker i trafikkbildet, noe som gjør asfaltarbeidere spesielt utsatt.

Helserisiko ved asfaltarbeider

Internasjonalt foregår det flere kartlegginger av helsefarene asfaltarbeidere blir utsatt for. Disse omfatter blant annet kreftfare, fare for utvikling av luftveisplager (for eksempel KOLS) og belastningsskader på skjelett/muskler. Alle involverte i gjennomføringen av dekkevedlikeholdet har bestemte roller som kan påvirke helsebelastningene for asfaltarbeidere. Entreprenøren er arbeidsgiver med et betydelig ansvar, mens dekkeplanleggeren har påvirkning ved at det benyttes et utvalg dekketyper som gir forskjellig type og grad av helsebelastning. Statens vegvesen har et sektoransvar, og driver et samarbeid med entreprenørene om disse spørsmålene.

13.5 Markedsforhold

13.5.1 Prisanalyser

Byggherrene trenger årlige prisanalyser for å bli kjent med pristrendene for asfaltdekker. Slik kunnskap er nødvendig for å holde rede på om de metodene/dekketyperne man til enhver tid bestiller, er de optimale eller om prisendringer gjør at andre alternativer ventes å gi lavere årskostnader. Prisanalyser er videre nyttige for å avdekke hvordan konkurranseforholdene er i de områdene man har ansvar for, og hvordan dette påvirker prisene.

13.5.2 Konkurransforhold

For høy produksjonskapasitet – en utfordring for entreprenøren

En betydelig andel av prisen på asfalt ligger i transportkostnaden. Varm asfalt er en ferskvare som ikke kan fraktes over lange avstander med biltransport. Med unntak av de større befolkningssentra i Norge overskrider kapasiteten til asfaltfabrikkene i de fleste tilfeller de årlige behovene for asfaltering innenfor en avstand hvor massen økonomisk kan transporteres. Mange steder vil det ikke være ”plass til” flere enn én entreprenør ved at ”nummer to” ikke vil få tilstrekkelig volum til å produsere økonomisk i løpet av sesongen. To fabrikkoppstillinger i et slikt område kan skape risiko og uforutsigbarhet for entreprenørene da den ene i et enkelt år kan falle helt utenfor de store bestillingsrundene, mens det kanskje finnes lite av øvrige asfaltarbeider i området for å holde produksjonen i gang.

Områder med svak konkurranse – en utfordring for byggherren

Andre steder har man dårlige konkurranseforhold og kun én tilbyder ved kontraktsutlysningene i et område. Dette utgjør en utfordring for den som bestiller asfaltarbeider. Et vanlig grep hos byggherrene for å bedre konkurranseforholdene er å tilrettelegge for store kontrakter som kan rettferdiggjøre mobiloppstillinger eller båttransport. Noen steder utnytter man flerårskontrakter for at volumet skal bli tilstrekkelig for en ny fabrikkoppstilling. Men dette kan også slå tilbake ved at all asfaltering i et område låses til denne entreprenøren i flere år. Sammensetting av strekningene i den enkelte kontrakt slik at man unngår ”hegemonier” i områdene rundt asfaltfabrikkene er et annet grep som byggherrene bruker for å bedre konkurransen.

Betydningen av krav til steinmaterialene

Byggherrene bør være bevisste på at kravene til steinmaterialene man bestiller kan påvirke konkurranseforholdene fordi de enkelte oppstillingsstedene har forskjellige begrensninger mht. hvilken steinkvalitet som er tilgjengelig. Økning i trafikkvolum kan utløse nye krav om høyere steinkvalitet enn tidligere og dermed forskyve konkurranseforholdene i et område.

13.5.3 Markedsplaner – langsiktighet

Metoder og utstyr

En betydelig utfordring for asfaltentreprenørene er å dimensjonere sine ressurser til den mengden arbeid som skal gjøres i dekkeseongen. Investeringene hos entreprenørene må ofte besluttes på høsten grunnet bestillingstider på utstyr, altså før neste års dekkeplaner er tilgjengelige. Utfordringen innebærer ikke bare dimensjonering av kapasiteten, men også å gjøre de *riktige* investeringene slik at maskinparken og kompetansen hos de ansatte passer for de dekketyperne som byggherrene bestiller.

Forutsigbarhet mht. valg av metode for dekkefornyelse gir sunne konkurranseforhold fordi flere vil investere i utstyr med trygghet for at utstyret blir etterspurt. Man oppnår dessuten god kvalitet fordi entreprenørene unngår unødige innkjøringsperioder og opplæring ved stadige endringer av metode. Byggherrene bør derfor utgi markedsplaner som en viktig del av kommunikasjonen med entreprenørene - til felles nytte.

Forutsigbarhet for entreprenørene gjelder spesielt for metoder som krever spesialutstyr, hvor følgende fem er de mest aktuelle i Norge i dag:

- Tynndekker
- Forvarmingsmetoder
- Remixmetoder
- Dypfresing
- Overflatebehandling/penetrert pukk/forseglingsarbeider

Bindemidler - massetyper

Man har i dag tilgjengelig mange typer bindemidler med tilsetningsstoffer som gir ønskede egenskaper til asfalten avhengig av hva som kreves på forskjellige vegstrekninger, for eksempel PMB (**P**olymer**M**odifisert **B**indemiddel). Bruk av slike spesialmaterialer krever investering i kompetanse og utstyr, samt utvikling av nye masserecepter hos entreprenørene. Byggherrene bør derfor kommunisere i god tid med entreprenørene hvis man planlegger endring i omfanget av spesialmaterialer som bestilles.

Steinmaterialer - massetyper

Steinmaterialer av høy kvalitet, slik man krever til asfaltdekker, er en ressurs som blir stadig vanskeligere å få tilgang til. Pukkverksindustrien sliter i tillegg med å utnytte ressursene optimalt da enkelte sorteringer (steinstørrelser) er mer etterspurt enn andre. Utnyttelsen av steinmaterialene er forskjellig for de forskjellige dekketyperne som er i bruk. For eksempel er det viktig for steinproduksjonen om massetypen inneholder store eller små mengder finpartikler (i praksis om det er Ab eller Ska massetype) og hvilken største steinstørrelse massene skal ha (i praksis 16 mm eller 11 mm). Byggherrene bør derfor så langt som mulig spille på lag med produsentene ved å kommunisere sin framtidige policy for valg av dekketype og største steinstørrelse.

Kapittel 14 Vedlikehold av vegdekker

Joralf Aurstad, Statens vegvesen

14.1	Generelt	204
14.2	Vedlikehold av grusdekker	205
14.2.1	Generelt	205
14.2.2	Skadetyper	206
14.2.3	Vedlikeholdstiltak/metoder	208
14.3	Vedlikehold av asfaltdekker	211
14.3.1	Skadetyper og skadeårsaker	211
14.3.2	Vedlikeholdstiltak/metoder	215
14.3.3	Gjenvinning av asfaltdekker på veg	224
	Referanser	228

14 Vedlikehold av vegdekker

14.1 Generelt

Ved prosjektering av nytt dekke/bærelag skal det tas hensyn til at vegen skal kunne vedlikeholdes i funksjonstiden. Det betyr blant annet at man skal velge materialer som ikke hindrer et effektivt vedlikehold.

Grunnlaget for dekkevedlikehold vil være dekkeskader som reduserer dekkets funksjon (tjenlighet) for brukeren. Slike funksjonsegenskaper kan være fremkommelighet, sikkerhet, kjørekomfort, veggrep eller vegens evne til å tåle belastninger.

Funksjonssvikten kan ofte være en kombinasjon av konstruksjonsmessige (strukturelle) skader og overflateskader. Avhengig av hva som er årsaken til funksjonssvikten vil utbedringen således kunne foretas enten som et tiltak på overflaten av dekket, eller kreve mer omfattende rehabilitering av vegkroppen. (Se også kapittel 9 Dimensjonering og forsterkning.)

Når skader eller funksjonssvikt oppstår i vegdekkene er grunnlaget for vurdering av vedlikehold som vist i Figur 14.1. For å kunne foreta kvalifiserte vurderinger av tilstanden og gjøre fornuftige valg av tiltak, er skaderegistreringer og bæreevnedata ofte både nyttige og nødvendige hjelpemidler (jfr. kapittel 11 Tilstandsregistrering).

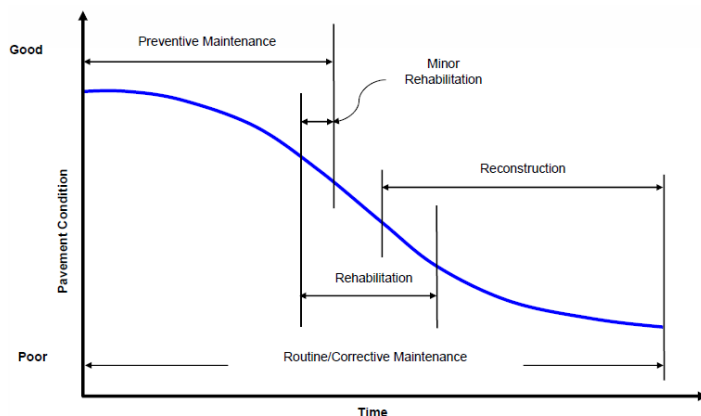
1	2	3	4
Tilstandsregistrering. Registrering av funksjonssvikt og skadetyper. Spesielle kjennetegn.	Hva er årsaken til skaden? Hvor i vegkroppen oppstår problemene?	Forslag til utbedringstiltak. Er ordinær reasfaltering lønnsomt eller bør spesielle metoder velges?	Valg av løsning. Gjennomføring av tiltak.

Figur 14.1 Grunnleggende prinsipper for rekkefølge i planlegging og utførelse av dekkevedlikehold.

Forebyggende vedlikehold

Dekkevedlikehold utføres normalt med massetyper som beskrevet i vegnormalene /1/. Men ofte kan lagtykkelser, massetyper, steinkvaliteter, metoder osv. avvike noe fra normalene.

Det bør ideelt sett iverksettes forebyggende vedlikeholdstiltak før en skade har fått utvikle seg for langt. Slippes tilstanden for langt ned, blir rehabiliteringen tung og kostbar.



Figur 14.2 Vedlikeholdet bør være i forkant av skadeutviklingen.

Ved bevisst forebyggende vedlikehold kan man «holde i live» et vegdekke ved forholdsvis enkle tiltak. Avhengig av hvilke skademekanismer som opptrer, kan slike tiltak som

utsetter/begrenser skadeutviklingen være svært ulike; høytrykkspyling (friksjonsforbedring), fresing, forsegling, flatelapping, overflatebehandling, slamasfalt, tynndekker, drenering mm. Felles for disse er at de i et langtidsperspektiv vil virke besparende på vegens drifts- og vedlikeholdskostnader.

Utsettelse av vedlikeholdet vil føre til økte kostnader, fordi forfallet akselererer når standarden reduseres. Dette medfører at vegkapitalen forringes, m.a.o. at en del av de investeringer som er nedlagt i infrastrukturen går tapt. Det er derfor svært viktig å finne det optimale tidspunktet for når vedlikeholdstiltak bør settes i verk.

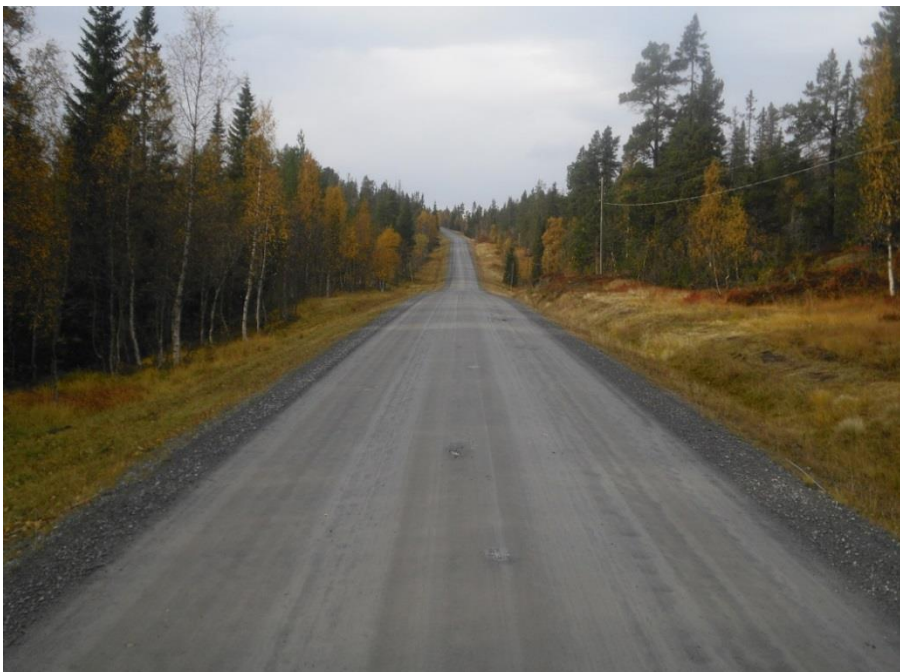
14.2 Vedlikehold av grusdekker

14.2.1 Generelt

Selv om det offentlige vegnettets andel med fast dekke (i all hovedsak asfalt) stadig øker, vil man fortsatt i overskuelig framtid ha utfordringer med å vedlikeholde et stort antall vegstrekninger med grusdekke. Dette gjelder både fylkesveger og kommunale veger. I tillegg kommer store deler av det private vegnettet.

Et godt grusdekke skal generelt oppfylle følgende funksjoner;

- gi trafikantene underlag som gir komfortabel og sikker ferdsel
- ha veggrep som sikrer framkommelighet og trafikkikkerhet
- bidra til best mulig miljø for trafikantene og omgivelsene
- beskytte vegkonstruksjonen mot nedbrytning forårsaket av trafikklast og klima
- begrense nedtrengning av vann i vegkonstruksjonen, og sikre nødvendig avrenning



Figur 14.3 Eksempel på fin og velholdt grusveg i Jämtland. (Foto: Joralf Aurstad)

14.2.2 Skadetyper

I Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold har man i store trekk valgt å adoptere det svenske Trafikverkets (tidligere Vägverket) metode for tilstandsregistrering av grusdekker, med visse tillempinger.

Basis for metodikken er målinger og observasjoner av noen utvalgte tilstandsparametre/skade kategorier; *tverrfall, høyde på vegkanter, slag hull, korrugering ("vaskebrett"), løs grus og støv.*

For hver tilstandsparameter gis parsellen en karakter (tilstandsgrad) på skalaen 0-3, hvor 0 er utmerket tilstand og 3 er uakseptabel tilstand. Parsellens totale tilstandsgrad bestemmes av den tilstand som er dominerende eller typisk for parsellen.

Anbefalt kriterium er at standarden ikke skal være dårligere enn tilstandsgrad 1.

For nærmere detaljer om registrering, tilstandsgrader osv., se /2/ og evt. /8/.

Tverrfall og vegkanthøyde

Gode avrenningsforhold fra vegbanen er avgjørende for å opprettholde god tilstand på en grusveg. Normalt skal det være tosidig tverrfall (takfall) på rettlinjer og ensidig tverrfall i kurver. Det skal ikke være langsgående kanter som demmer opp for vannavrenning fra vegbanen.

Eventuelt dårlig tverrfall og høye vegkanter vurderes ut fra manuelle rettholt-/tverrfalls-målinger. Avvikende/utilfredsstillende tilstand vurderes etter fire tilstandsgrader 0-3. Anbefalt kriterium er at geometrien ikke skal være dårligere enn tilstandsgrad 1.

Tilstandsgrad 1 beskrives slik for tverrfall:

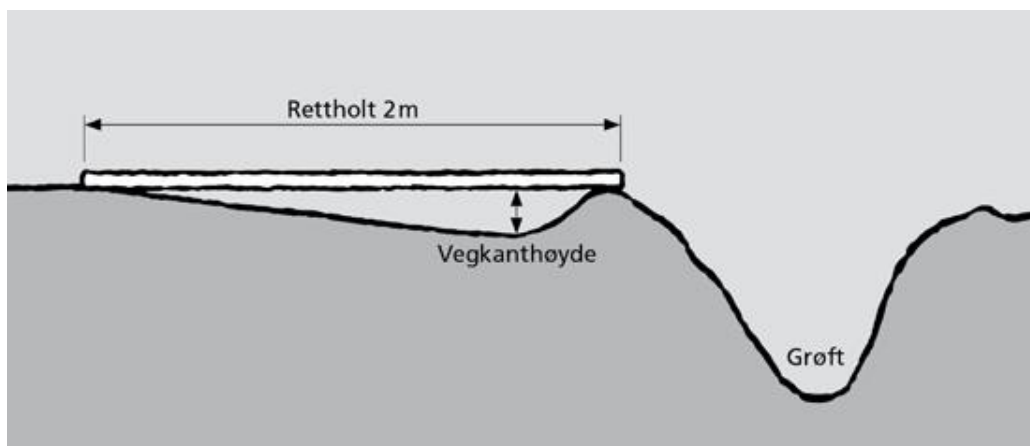
Vegbanen har for det meste tilstrekkelig tverrfall.

- Takfall 3-3,9 %
- Tverrfall i kurve 3-5,4 %

Tilstandsgrad 1 beskrives slik for vegkanthøyde:

Vegkanter forårsaker ingen store vannansamlinger.

- Høyde på vegkant 0-2 cm



Figur 14.4 Måling av vegkanthøyde. /2/

Hull og vaskebrett

Grusdekkets jevnhet bestemmes mest mulig objektivt ut fra visuelle befaringer. Slaghull og korrugering ("vaskebrett") bedømmes hver for seg. Vurdering av eventuelle nødvendige tiltak skjer ved å sammenholde befaringene med gitte kriterier og karakteristiske fotos. Også her benyttes en skala fra 0-3. Anbefalt kriterium er at jevnheten ikke skal være dårligere enn tilstandsgrad 1.

Tilstandsgrad 1 beskrives slik for slaghull:

Vegbanen er for det meste jevn og fast. Slaghull kan forekomme på noen steder, men kjørehastigheten påvirkes ikke.



Figur 14.5 Ujevnt grusdekke (slaghull). Til venstre tilstandsgrad 1 (akseptabel tilstand). Til høyre tilstandsgrad 3, dvs. snarlig behov for tiltak. (Foto: Vägverket)

Tilstandsgrad 1 beskrives slik for vaskebrett:

Vegbanen er for det meste jevn og fast. Vaskebrett kan forekomme på noen steder, men kjørehastigheten påvirkes ikke.



Figur 14.6 Ujevnt grusdekke (vaskebrett). Til venstre tilstandsgrad 1 (akseptabel tilstand). Til høyre tilstandsgrad 3, dvs. snarlig behov for tiltak. (Foto: Vägverket)

Løs grus

Grusdekker skal ha bundet overflate som ikke medfører steinsprut og med god motstandsevne mot dannelse av ujevnheter, vaskebrett og hull.

Tilstandsgrader for løs grus i vegbanen bestemmes mest mulig objektivt ut fra visuelle befaringer. Vurdering av eventuelle nødvendige tiltak skjer ved å sammenholde befaringene med gitte kriterier og karakteristiske fotos. Også her benyttes en skala fra 0-3. Anbefalt kriterium er at grusdekkets tilstand mhp. løs grus ikke skal være dårligere enn tilstandsgrad 1.

Tilstandsgrad 1 beskrives slik:

Løs grus kan forekomme på og langs vegbanen, men kjørekomfort og sikkerhet påvirkes ikke i nevneverdig grad.



Figur 14.7 *Løs grus. Til venstre tilstandsgrad 1, akseptabel tilstand. Til høyre tilstandsgrad 3, dvs. snarlig behov for tiltak. (Foto: Vägverket)*

Støv

Støvplage fra vegbanen bestemmes også mest mulig objektivt ut fra visuelle befaringer. Vurdering av eventuelle nødvendige tiltak skjer ved å sammenholde befaringene med gitte kriterier og karakteristiske fotos. Som for de andre parameterne benyttes en skala fra 0-3.

Anbefalt kriterium er at grusdekkets tilstand mhp. støv ikke skal være dårligere enn tilstandsgrad 1.

Tilstandsgrad 1 beskrives slik:

Trafikken kan virvle opp litt støv fra vegbanen. Ingen reduksjon av sikt på grunn av støv. Omgivelsene langs vegen er ikke utsatt for nevneverdig plage.



Figur 14.8 *Støv fra grusveg. Til venstre tilstandsgrad 1, akseptabel tilstand. Til høyre tilstandsgrad 3, dvs. snarlig behov for tiltak. (Foto: Vägverket)*

14.2.3 Vedlikeholdstiltak/metoder

For at grusdekket skal fylle sin funksjon som et billig og godt dekke, kreves et godt vedlikehold. De viktigste tiltakene som generelt utføres på en grusveg er *høvling, grusing, støvbinding*, samt *grøfting og kantrensk* /7/.

Høvling

Systematisk og kyndig veghøvling er avgjørende for å opprettholde gode avrenningsforhold (takfall, tverrfall). Vegen dyphøvles vanligvis ved slutten av teleløsningen, når massene har stabilisert seg, men ennå er fuktige. Det er da viktig å forme vegen til riktig geometri. Slitelaget rives opp minimum til underkant av slaghull/ujevnheter, og materialet på vegkantene (der det ofte blir liggende en ranke av grovt material) høvles inn mot midten, og blandes med øvrig material. Grusen legges så ut i jevnt lag med riktig tverrfall. Samtidig tilsettes ofte første omgang salt for støvdemping. Dekket komprimeres vanligvis ved hjelp av høvel og lastebil, men valsing kan også være aktuelt (da gjerne gummihjulsvals).

Vegen bør også høvles en gang på sommeren og en gang på høsten for tetting av slaghull, og eventuell ny tilsetning av salt/kjemikalier for støvbinding.



Figur 14.9 Høvling av grusveg. (Foto: Statens vegvesen)

Høvling må alltid skje på fuktige materialer. Det beste er å utføre arbeidet i lett regn. Alternativt må det vannes hvis arbeidet utføres under tørre forhold.

Håndbok R610 setter som krav at hull i dekket med diameter større enn 10 cm skal repareres innen 1 uke. Stein, røtter etc. som stikker mer enn 3 cm opp over fast overflate, skal fjernes.

Grusing

Samtidig med at vegen høvles er det aktuelt å tilsette nye materialer for å erstatte masse som har gått tapt og/eller er nedslitt. For å få riktig kornkurve i det rehabiliterte dekket bør det tas ut kontrollprøver av eksisterende materialer for å finne hvilke fraksjoner og mengder som skal tilsettes. Avhengig av det eksisterende slitelagets beskaffenhet kan det være aktuelt med tilsetning av finstoff, sand-grus eller finpukk. Dersom det kreves tilsetning av finstoff må dette blandes inn ekstra grundig for å få et homogent resultat (bruk av fres eller flere ganger omlegging med høvel).

For å få god blanding og komprimering bør grusmaterialene ha optimalt vanninnhold (jordfuktig). I tørt vær er det derfor behov for vanning.

Håndbok R610 setter som krav at grusdekket skal ha tilstrekkelig tykkelse til at det kan blandes og formes med høvel. Øvre siktstørrelse skal ikke være større enn 22 mm. Det skal ikke forekomme løs stein større enn 45 mm.

Grusmaterialer skal for øvrig tilfredsstille krav gitt i Håndbok N200 Vegbygging.

Støvbinding

Støv fra grusveger kan være et stort problem både for trafikantene (først og fremst mhp. sikt) og for naboene langs vegen. Langvarig tørke og stor trafikk gir ekstra store plager. For å

redusere ulempene må det foretas støvbinding. Til dette finnes flere typer metoder og kjemikalier. Hvilken type/metode og dosering man velger kan avhenge av flere forhold; trafikkmengde, trafikkhastighet, klima, dekkets kornfordeling, vegens beliggenhet i terreng osv.

- **Kalsiumklorid** har tradisjonelt vært det vanligste middelet for støvdemping. Dette saltet spres med sandspreder og blandes inn i forbindelse med høvling evt. oppgrusing. Kalsiumklorid er hygroskopisk, dvs. at det tar opp og binder vann fra omgivelsene. Dette vannet binder igjen finstoffet i grusdekket. Saltet bør spres ut når vegen er litt fuktig, men ikke i regnvær. Normal tilsetning kan være 1,5-2,5 kg pr. meter veg (vår), ofte gjentatt i mindre dosering en eller flere ganger utover sommeren, da gjerne 0,2-0,5 kg pr. meter veg.
- **Magnesiumklorid** er et hygroskopisk salt som ligner mye på kalsiumklorid. Bruksområde, dosering etc. er også mye av det samme.



Figur 14.10 Støvbinding med kalsiumklorid. Utlekking med sandspreder.
(Foto: Vägverket)

- **Bitumenemulsjon** har også vært brukt til støvdemping. Etter brytning vil dette fungere som lim og binde i hop finmaterialet. Emulsjon spres som tyntflytende væske og fungerer dermed også på tørr vegoverflate. Før påføring bør dekket være høvlet og komprimert til riktig profil. Normal dosering er 1,2-1,4 kg/m² med påfølgende avsanding (0-8 mm). Alternativt kan emulsjonen blandes inn i gruslaget med veghøvel etter påsprøyting, massen jevnes ut og komprimeres etter litt opptørking (etter brytning).
- **Lignin** eller lignosulfonat, et biprodukt fra treforedlingsindustrien, er også mye brukt som støvdempende middel. Lignin er et limstoff som holder fibre sammen i trevirke, dette har også vist seg å ha en bindende effekt på finstoffrike vegmaterialer. Det har også vært påvist at dette tiltaket kan ha stabiliserende virkning et stykke ned i dekke/bærelag. Lignosulfonat sprøytes vanligvis ut i væskeform på ferdig høvlet overflate. Doseringen er litt avhengig av konsentrasjonen (typisk 1-1,5 kg/m² for 17 % løsning). Behandlingen gjentas gjerne flere ganger over sesongen, men da i mindre doseringer (0,5 kg/m²).



Figur 14.11 Støvbinding med lignin (Dustex). Utlekking med hhv gjødselspreder og tankbil.
(Foto: Statens vegvesen)

Grøfting og kantrensk

Det er viktig å renske grøfter så de til enhver tid er åpne og tilstrekkelig dype for bortledning av overflatevann og drenering av overbygningen. Man må også være påpasselig å renske vegkantene for grus, gress, rotsystemer o.a. som hindrer avrenning fra vegbane til grøfta.

14.3 Vedlikehold av asfaltdekker

14.3.1 Skadetyper og skadeårsaker

De vanligste skadetyper på veger med asfaltdekker er spor, ujevnheter, sprekker (på langs og på tvers), slaghull, krakelering, forvitring og andre typer overflateskader /6/.

Spor

Spordannelse er knyttet til to ulike mekanismer;

- piggdekkslitasje
- deformasjoner



Figur 14.12 Sporete og deformerte asfaltdekker finner vi både utenfor og i tettbygd strøk. (Foto: Leif Bakløkk/Brynhild Snilsberg)

Belastningsrelaterte deformasjoner kan opptre i asfaltdekket, øvrig overbygning eller undergrunn. Mye av det som vanligvis oppfattes som piggdekkslitasje kan skyldes deformasjoner på grunn av mangelfull bæreevne eller tekniske svakheter i vegoverbygningen.

Ujevnheter

Ujevnheter er ofte knyttet til forhold lenger nede i konstruksjonen:

- ustabile dekke-/overbygningsmasser
- telehiv
- mangelfull utførelse av gravinger/reparasjoner
- setningsskader, bevegelser i undergrunnen

Men dårlig asfaltstabilitet kan i seg selv også gi ujevnheter, f.eks. i form av deformasjoner foran lyskryss. Problemer av mer teknisk art ved selve utleggingen kan også gi ujevnheter, men dette skal normalt fanges opp ved driftskontrollen og utbedres umiddelbart.



*Figur 14.13 Ujevne grunn- og teleforhold kan forårsake store ujevnheter.
(Foto: Trønder-Avisa)*

Langsgående sprekker

Langsgående sprekker gir seg ofte til kjenne som

- telesprekker
- dårlig/åpen asfaltskjøt
- sprekker mellom uensartet overbygning/underbygning (f.eks. ved breddeutvidelser)

Bakenforliggende årsak er altså også her som regel konstruksjonsmessige svakheter eller overbelastning av vegkonstruksjonen.



Figur 14.14 Langsgående telesprekker. (Foto: Statens vegvesen)

Tversgående sprekker

Sprekker på tvers av vegen ses ofte i forbindelse med

- lavtemperatursprekker
- telebevegelser
- stikkrenner/underganger o l.
- underliggende betongdekke eller sementstabilisert bærelag

Lavtemperatursprekker er et spesielt fenomen som oppstår på grunn av at sammentrekningen av asfaltdekket i sterk kulde overstiger dekkets strekkstyrke. Temperatursprekker kan til en viss grad motvirkes ved valg av mykt/elastisk bindemiddel, gjerne polymermodifisert bitumen (PmB).



Figur 14.15 Tverrsprekker pga. lavtemperatur, Finnmark. (Foto: Eivind Andersen)

Uensartede forhold i underbygningen (vanninnhold, kornfordeling/finstoff, vannømfintlighet) kan gi ujevne telebevegelser som i sin tur gir sprekkdannelser. Ofte ses dette i forbindelse med utilstrekkelig eller manglende drenering slik at vann kommer inn i overbygningsmaterialene. Dette opptrer spesielt i ubundne materialer med høyt finstoffinnhold.

Krakelering

Krakelering er en tett mønstret oppsprekking som i formen ofte kan sammenlignes med krokodilleskinn (engelsk: *alligator cracking*). Årsakene kan være

- dårlig bærelag (vannfølsomt, finstoffrikt)
- for liten overbygningstykkelse
- utmatning
- aldring, uttørking

Ofte er krakelering et tegn på bæreevnesvikt høyt oppe i vegkonstruksjonen (dårlig bærelag). Tynt og aldret, sprøtt asfaltdekke kan også gi seg slike utslag, gjerne i kombinasjon med sviktende underlag.



Figur 14.16 Gammelt, krakelert dekke. (Foto: Ukjent)

Slaghull

Slaghull har ofte sin årsak i manglende kvalitet i utførelsen:

- inhomogent dekke, separasjon
- utilfredsstillende skjøter
- mangelfull klebing/vedheft
- for lav temperatur ved legging
- tykkelsesvariasjoner i dekket

Også her kommer skadene ekstra godt til syne, hvis det inhomogene og/eller tynne dekket er i kombinasjon med lokale svakheter i underliggende lag.



Figur 14.17 Slaghull i asfaltdekke. (Foto: Drammens Tidende)

Kantskader

Ulike typer deformasjoner, sprekker og andre skadeformer som oppstår ved eller i dekkekanten skyldes ofte for liten vegbredde, dårlig innspenning, mangelfull drenering eller andre svakheter i vegkroppen. Kantskader forplanter seg lett både i vegens lengderetning og på tvers.



Figur 14.18 Nedkjørt vegkant; deformert skulder og langsgående oppsprekking. (Foto: Jostein Aksnes)

Overflateskader

Med dette forstås bl.a.

- skader fra utstyr og maskiner
- steinslipp
- forvitring, aldring
- separasjon, inhomogenitet (lass-skjøter o l.)
- blødninger

Rene overflateskader vil ofte kunne repareres ved rene overflatetiltak (tynndekker, overflatebehandlinger, forsegling mv.). Dersom årsaken er aldring av dekket, kan forskjellige former for gjenbruksmetoder være aktuelle.

For en mer utfyllende oversikt over forskjellige skadetyper henvises det til Statens vegvesens skadekatalog /9/.

14.3.2 Vedlikeholdstiltak/metoder

I det følgende er det omtalt noen asfalttekniske metoder og løsninger rettet spesielt mot vedlikehold og reparasjoner. Det er vanskelig å angi noen fasit på dette, ofte vil samme tiltak kunne brukes i ulike sammenhenger og på ulike skadetyper. I dekkeplanleggingen vil en vegholder også som regel vurdere behovet for lokale reparasjoner opp mot sitt dekkebudsjett, og samordne dette med et totalprogram for reasfaltering av lengre parseller (se mer om dekkeplanlegging i kapittel 13).

Spor (jevnhet på tvers)

Spor som følge av piggdekkslitasje alene er en skadetype vi kun finner på det mest høytrafikkerte vegnettet, og hvor det normalt ikke er noe problem med bæreevnen. På slike veger kan planfresing for fjerning av sporene være et høyaktuelt selvstendig tiltak. På en del veganlegg planlegges det også for at dette skal kunne være det første ordinære tiltaket (man legger inn så stor asfalttykkelse at dekket kan freses minst én gang).

På de fleste veger vil sporutviklingen ha sammensatte årsaker, inkludert stabilitetsproblemer i asfalten og/eller bæreevnesvikt lenger ned i konstruksjonen. Legging av nytt dekke (med vanlige asfalttyper og asfalttykkelser) vil da være aktuelt tiltak.

Et problem ved legging av asfalt i full bredde for å fjerne spor, er at man kan få utilstrekkelig komprimering. Slitasjespor er ofte smale og konsentrerte, typisk 25-30 mm dype. Da man oftest ikke ønsker å bruke mer masse enn nødvendig for å fylle sporene, vil vanlige valser «ri» på de høyeste partiene mellom hjulsporene og forhindre god komprimering av massen i sporene. Det vil da lett bli etterkomprimering (initialspor) i sporene når trafikken slippes på. Dette kan unngås ved f.eks. å legge ut massen med noe overhøyde.

Ved stabilitetsproblemer i det gamle dekket kan det lønne seg å frese vekk dette først. Det samme gjelder der høydene mot fortauskanter o.l. eller egenvekten på bruer ikke bør økes.

Her omtales litt nærmere en del spesielle metoder/ teknikker for å reparere spor i asfaltdekker:

- **Planfresing/profilfresing**

Dette er en vanlig metode der piggdekkslitasje er hovedkilde til sporutviklingen. Gitt at den totale dekketykkelsen er stor nok, freses ryggene mellom sporene ned slik at man gjenskaper en jevn vegoverflate. Det benyttes store fresemaskiner med høy kapasitet og mulighet for automatisk nivellering/avretting av vegdekket, både i tvær- og lengdeprofil. Den bortfreste massen gjenbrukes vanligvis på mindre trafikkert veg eller som forsterkningslag/bærelag.

Planfresingen kan ikke redusere den totale asfalttykkelsen mer enn at kravet til vegens bærelagsindeks fortsatt tilfredsstilles. Etter gjentatte planfresinger må man derfor normalt legge nytt slitelag.

Rillene i dekkeoverflaten etter fresing kan være en ulempe for sykler og motorsykler, men nyere tannmønster kombinert med høy hastighet på fresetrommelen har minsket problemet.



Figur 14.19 Asfaltfresing; traufresing (til venstre) og planfresing (til høyre).
(Foto: Arvid Jordet)

- **Sporfylling**

Med sporfylling (track-paving) forstår man utlegging av asfalt kun i hjulsporene, som kompensasjon for i hovedsak masse som er slitt bort av piggdekk. Tiltaket er derfor mest aktuelt på høytrafikkerte veger og motorveger.

Tiltaket kan gjøres med eller uten forutgående traufresing. Traufresing består i at man freser ned hjulsporet til et firkantprofil for å få et rent traue for sporfyllingen.

Alle slitesterke massetyper kan i prinsippet være aktuelle til sporfylling. Det er vanlig å legge en liten overhøyde i sporene. Dette kan gjøres ved å benytte brukket screed eller «måkevinge-screed». Når dette gjøres optimalt vil man når dekket er ferdig komprimert ha en helt rett overflate. Man må forsikre seg om at eventuelle langsgående kanter ikke blir til fare eller ulempe for sykler og (spesielt) motorsykler, etterfresing av kantene kan være nødvendig.



Figur 14.20 Sporfylling. (Foto: Geir Berntsen)

- **Forvarming**

Ved å varme opp og mykgjøre det gamle dekket før legging av ny asfalt, sikrer man bedre skjøter, bedre komprimering og bedre heft mellom gammelt og nytt dekke.

Forvarming av asfaltdekket gjøres med spesielt oppvarmingsutstyr (heater). Store heatere er gunstig, de gir en mer skånsom oppvarming med mindre aldring av bindemidlet i den gamle asfaltmassen.

Heatere kan benyttes sammen med spesialutrustninger for sporfylling, hvor det gamle dekket rives opp i ytterkant av sporene. Dette kan eventuelt kombineres med påsprøyting av ekstra bindemiddel i spleisesonene. Heatere inngår også i store spesialutrustninger for legging av tynne dekker og gjenvinningsløsninger (f.eks. Repaving).

Heatere kan også være nødvendig for å sikre heft ved legging av vanlige asfaltdekker i kaldt vær.



Figur 14.21 Forvarming før asfaltering. (Foto: Vegard Opsahl)

- **Tynndekker**

Med tynndekker menes spesielle asfaltdekker som legges i vesentlig tynnere lag enn hva maksimal steinstørrelse i massen skulle tilsi. For å sikre god heft og bestandighet er disse gjerne basert på spesielt god klebing med polymermodifisert bindemiddel (PmBE). Ofte benyttes spesielle utleggere til denne typen tiltak.

Det tilførte materialet er en varmblandet høyverdig, åpent gradert Ska-lignende massetype som legges i et på forhånd tykt påsprøytet lag PmB-emulsjon. Klebeemulsjonen vil "koke opp" i massen og gir ekstra god forankring.

Tiltak som baserer seg på ulike kombinasjoner av planfresing og tynndekker er økende i omfang. Beste resultat fås ved full planfresing eller en tilnærmet full fjerning av gamle spor før tynndekket legges. Dekketypen bør ikke legges der sporene er over 10-15 mm dype.

Tynndekker brukes mest på veger med relativt mye trafikk. Er bæreevnen jevnt over god kan det også være et alternativ på mindre trafikkerte parseller, gjerne da basert på rimeligere massetyper (Agb eller Ma). Dette kan både teknisk og økonomisk sett gi gode resultater.



Figur 14.22 Utlegging av støysvake tynndekker (Ring 2 Oslo, Rv 170 Bjørkelangen). (Foto: Jostein Aksnes)

Jevnhet på langs

Manglende jevnhet på langs av vegen repareres normalt med oppretting. Til dette benyttes ordinære asfalttyper. Dersom det er snakk om store ujevnheter/setninger, er det en fordel å legge opprettingsmassen i flere lag.

Lokale ujevnheter/bølgedannelser (kryssområder etc.) kan eventuelt utbedres med planfresing. Dersom det gamle asfaltdekket er tykt nok kan også feil tverrfall utbedres gjennom planfresing/profilfresing. Men vanligvis må også oppretting her skje gjennom tilføring av ny masse (asfalt, knust asfalt, fresemasse, pukk, grus eller kombinasjoner).

Dersom manglende jevnhet har sin årsak i telehiv eller utglidninger, vil det for å oppnå en varig forbedring være nødvendig med tiltak som går lenger ned i konstruksjonen (dypstabilisering o.a.).

Sprekker

Oppsprekking av asfaltdekket gjør at vann trenger ned i vegkonstruksjonen og vasker ut og forringer materialene. Dette vil kunne gi akselerert nedbrytning og bæreevnesvikt. Det er derfor ofte viktig å tette en begynnende oppsprekking så raskt som mulig.

Grove sprekker skal forsegles. Oppfresing/rensing av sprekkene og ifylling av elastisk materiale kan gi godt resultat. Til dette formålet finnes utviklet spesialmasser og lett håndholdt utstyr.

Ved utstrakt oppsprekking blir det en økonomisk vurdering om man skal foreta sprekkeforsegling eller gjøre en hel reasfaltering (nytt slitelag). Diverse former for armering eller innlegging av spenningsfordelende lag (komposittarmering/tykt bindemiddellag) kan være aktuelt i forbindelse med reasfalteringen for å unngå at sprekkene forplanter seg opp gjennom det nye dekket.

Dersom sprekker har sin årsak i utglidninger eller telehiv, kan det være nødvendig å benytte armering.



Figur 14.23 Lavtemperaturoppsprekking. Til venstre, åpen utettet sprekk som gir fritt nedløp for vann. Til høyre, forseglet sprekk (Lakselv lufthavn, Banak). (Foto: Joralf Aurstad)

Hull

Slaghull i dekket kan redusere trafiksikkerheten og skal alltid lappes, også om vinteren. Til lapping av hull benyttes hvis mulig, varm verksblandet masse. Det finnes spesielle asfaltcontainere til dette formålet hvor lappemassen kan holdes oppvarmet i lengre tid. Det kan være

en fordel med en noe fetere (mer bindemiddelrik) og mer finkornig masse enn ved vanlig asfaltering.

Kaldasfalt benyttes også en del, spesielt når det er kaldt vær. Den må ha et mykt bindemiddel for å gi et godt resultat (heft, komprimering). Oppvarming av underlaget med propanbrenner el.l. er å foretrekke.

Det finnes ulike typer spesiallappemasse i handelen levert i sekk eller spann. Disse er ofte dyre og benyttes kun i spesielle tilfeller.

Hvordan lappingen utføres rent håndverksmessig er avgjørende for holdbarheten og økonomien i tiltaket. Hullet skal renskjæres, rengjøres og renskes for løst materiale og påstrykes klebemiddel før gjenfylling og komprimering.

Det finnes mer eller mindre avanserte spesialbiler til slike operasjoner. Disse er utstyrt med tank for bindemiddel (emulsjon) samt at de kan frakte med stein-/asfaltmaterialer. Håndholdt sprøyteutstyr koblet til bilens emulsjonstank er mest vanlig. Med slik utrustning kan man både forsegle mindre flater, rette opp svanker og reparere hull.

En alternativ metode er avanserte enmannsbetjente lappebiler hvor alt styres fra førersetet. Disse "lappekanonene" har trykkluft for rengjøring av hullet og tilstrekkelig kapasitet til at de også kan brukes til lapping/forsegling på begrensede partier der dekket har forvitret eller tørket ut.

Krav til rengjøring av hull før lapping gjelder uansett hvilken lappemetode som benyttes.



Figur 14.24 Lappekanon for reparasjon av hull (Mesta). (Foto: Noralf Haugvaldstad)

Krakelering

Årsakene til krakelering kan være flere, og riktig valg av reparasjonsmetode kan derfor kreve en del forundersøkelser. Skadeutbedring vil kunne gjelde vegkroppen vel så mye som selve vegdekket.

- **Reasfaltering**

Full reasfaltering med nytt bindlag og slitelag kan være aktuelt. Bindlaget må da ses i sammenheng med behovet for oppretting av tverr- og lengdeprofil.

Der det ikke er spesielle teleproblemer vil et asfaltdekke med forholdsvis stivt bindemiddel være gunstig, det bidrar også til høy lastfordelingskoeffisient. På vegger med ujevne/store telehiv bør man velge mykere bindemidler eller dekketyper som kan føye seg etter vegkroppens bevegelser. Slik asfalt kan også til dels være selvlegende når sprekker og riss oppstår.

Teleproblemer løses for øvrig ikke permanent uten at det gjøres noe med drenering, eller at telefarlige masser fjernes eller bindes opp ved f.eks. bitumenstabilisering.

- **Armering**

Dersom bæreevnesvikt er kommet til syne gjennom krakelering, vil armering med syntetiske nett eller glassfibernettt kunne redusere nedbrytningshastigheten for det nye dekket. Ved omfattende og store telesprekker kan det være aktuelt å armere vegen med stålnett. Armeringen vil bevirke at nedbrytningshastigheten for et tykt (og dyrt) vegdekke reduseres.

- **Dypfresing/dypstabilisering**

Hvis hovedårsaken til krakelering er mangelfull bæreevne, vil forskjellige former for dypfresing og dypstabilisering være aktuelt. Til dette brukes spesialmaskiner som kan anrike massene med en viss mengde nytt bindemiddel i freseprosessen. Dette vil binde og uskadeliggjøre telefarlige (vannømfintlige) masser under det gamle asfaltdekket, samtidig med at bæreevnen til hele konstruksjonen øker. Aktuelle bindemiddeltypene er skumbitumen eller bitumenemulsjon. Tilsetning av bindemiddel skal proporsjoneres ut fra eksisterende og tilsiktet massesammensetning.

I tillegg til å oppgradere underliggende lag vil tiltaket også kunne forbedre vegens lengde- og tverrprofil.

Det kan være aktuelt å legge ut nye materialer (grus, pukk) på vegen i forkant av freseoperasjonen for å forbedre kornkurven til det gamle forsterknings-/bærelaget. Da freser man gjerne i to omganger; først en "tørrfresing" for å homogenisere materialene og evt. rette opp vegens profil i tverr- og lengderetningen, deretter den egentlige stabiliseringen med tilsetning av nytt bindemiddel.

Denne metoden tillater differensiert forsterkning, både massetilsetningen og fresedybden kan varieres ut fra varierende behov langs de ulike deler av vegstrekningen.

Etter fresing og anriking planeres massene, vanligvis med en veghøvel, for å gi vegen ønsket lengde- og tverrprofil. Dernest er det viktig med god avsluttende komprimering (tung vals) for å unngå ettersetninger.

På toppen av en dypstabilisering er det på mindre trafikkerte veger vanlig å legge nytt dekke i form av en overflatebehandling. På veger med høyere trafikk legges vanligvis et verksblandet asfaltdekke. Det er en fordel mht. utharding og ettersetninger at den stabiliserte massen får ligge under trafikk en periode før topplaget legges.

Mange har hatt gode erfaringer med dypstabilisering, både teknisk og økonomisk. Gode forundersøkelser i form av tilstandsregistreringer, prøvetakinger og laboratorieanalyser er viktig, og betaler seg fort gjennom å gi grunnlag for optimale valg av tilslag og bindemiddel.

Det må understrekes at også dette tiltaket fordrer gode dreneringsforhold (grøfter, rør, stikkrenner) for å få et varig resultat.



Figur 14.25 Eksempel på forsterkningstiltak; utlegging av ny bærelagspukk oppå gammelt dekke med påfølgende dypfresing til 25 cm dybde. (Foto: Vegard Opsahl)

Forvitring

Etter å ha ligget ute noen år vil bindemidlet i asfalten alltid aldres, asfaltdekket "tørker ut" og steinslipp og forvitringsskader akselererer. Hvor raskt denne prosessen vil gå avhenger av mange forhold (type bindemiddel, massesammensetning, klima, trafikk etc.).

Dersom andre faktorer som bæreevne, geometri og jevnhet er tilfredsstillende, kan ulike former for preventive overflatetiltak være effektive for å bremse utviklingen. Felles for disse er at de da totaløkonomisk er billigere enn en ren dekkefornyelse/reasfaltering /3/.

- **Asfaltfornyere (fog-seal)**

Dette er en gruppe produkter som etter hvert har fått godt innpass i det preventive dekkevedlikeholdet. Tiltakene benevnes ofte noe ulikt, vi støter bl.a. på betegnelse *impregnering*, *forynger*, *oppfriskning*, *rejuvinator* m.fl.

Den engelske betegnelsen *fog-seal* er kanskje mest beskrivende, tiltaket består enkelt i at asfaltdekket sprøytes med et tynt lag bindemiddel/bindemiddelforner (tåkeslør). Bindemiddelforneren kan være en bitumenemulsjon eller bitumenløsning med mykt bitumen, dosering avpasses etter dekket, typisk ca. 0,5 kg/m². Eventuelt foretas avstrøing med sand/steinmel etterpå. Formålet er å aktivere/myke opp det gamle harde bitumenet i toppen av dekket, tette igjen mikrosprekker, binde steinmaterialene bedre samt tjene som ekstra bindemiddelhinne på overflaten.

Virkningene av asfaltfornyere vil normalt være best på dekker med en åpen overflate slik at fornyeren får virke godt i det øverste sjiktet (10 mm).

Tiltaket gir bindemiddeltilskudd, men har ingen avrettende effekt.



Figur 14.26 Fornyng av aldret asfaltdekke med bitumenemulsjon.
(Foto: USAsphalt Maintenance NN)

- **Forsegling**

Forsegling består i påsprøyting av en tynn bindemiddelfilm (bitumenemulsjon eller bitumenløsning, typisk 0,5 kg/m²) med påfølgende avstrøing med knust sand eller finpukk (fraksjon vanligvis mellom 0,5 og 4 mm, 3 - 6 kg/m²). Bindemidlet skal være hurtigbrytende eller ha lettflyktige løsemidler. Polymermodifisert bitumen kan benyttes.

Utsprøyting foretas på rengjort og tørt underlag, eventuelt fuktig underlag ved bruk av emulsjon. Overskudd av avstrøingsmateriale kan feies bort. Forseglingen kan trafikkeres etter brytning/fordampning av løsemidlet.

Forsegling er aktuelt ved forebyggende vedlikehold av åpent eller porøst dekke. Forseglingen kan også være egnet til etterbehandling av freste dekker.

Tiltaket gir primært bindemiddeltilskudd, men også økt friksjon. Tiltaket har liten/ingen avrettende effekt.

- **Slamasfalt**

Her er konseptet at *steinmaterial, bindemiddel, vann og eventuelle tilsetningsstoffer* blandes og legges ut som en flytende og selvutjevne masse i én operasjon med én og samme spesialmaskin. Tilslaget består av knust stein (0-4, 0-6, 0-8 eller 0-11 mm), og eventuelt spesialfiller, sement og fiber.

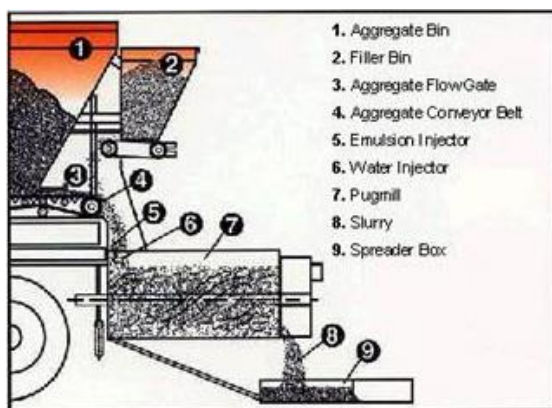
Emulsjon med polymermodifisert bindemiddel kan med fordel benyttes, vanlig ellers er bitumen 160/220-basert emulsjon (tallene står for penetrasjon, eller stivhet, av bindemiddelet).

Materialene lastes inn og blandes i spesialmaskinen på utleggerstedet. Maskinen har en utleggerslede som fordeler massen jevnt utover vegbanen. Emulsjonen bryter etter kort tid (1-10 min), og dekket kan trafikkeres etter 20-30 min.

Tiltaket gir i tillegg til bindemiddeltilskudd, vesentlig bedret friksjon og en viss opprettings-effekt (avhengig av d_{max}).

Slamasfalt anvendes primært som forebyggende vedlikehold av porøst og åpent dekke, kan også tjene som selvstendig dekke når det benyttes nominell steinstørrelse på 8 mm eller 11 mm. Slamasfalt er best egnet på veier og plasser som ikke er spesielt utsatt for slitasje, f.eks. flyplassarealer, parkeringsarealer, boligater, gang- og sykkelveier m.v.

Slamasfalt kalles ofte populært *slurry* ut fra den originale engelske betegnelsen *Slurry Seal*.



Figur 14.27 Asfaltering med Slurry seal. (Prinsippskisse og foto: Morgan Pavement, USA)

Ved riktig bruk av forsegling, slamasfalt etc. kan vedlikeholdsutgiftene reduseres betydelig, og asfaltdekkenes levetid totalt sett forlenges. Dette forutsetter at tiltakene utføres teknisk riktig (materialer, utstyr, renhold av dekket, klimatiske forhold ved utlegging osv.) og til riktig tid. For å få full effekt må tiltak av denne type settes inn *før* skadene blir for store (*preventivt vedlikehold*).

Friksjon

Lav friksjon kan oppstå både på nylagt asfalt og på eldre dekker med dårlig overflatetekstur, i begge tilfeller spesielt ved våt vegbane (regnvær).

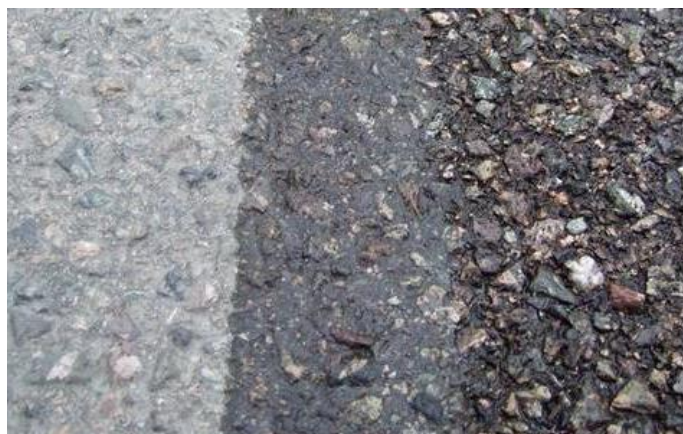
Friksjon på eldre dekker har vanligvis ikke vært vurdert som noe stort problem i Norge, da piggdekkbruken om vinteren har bidratt til å opprettholde ruheten på vegoverflaten. De siste årene er det imidlertid tatt i bruk stadig mer slitesterke dekker, samtidig som piggdekkandelen er redusert. Dette gir større ”polering” av vegoverflaten og er nok mye av årsaken til at det også her i landet registreres et økende antall tilfeller av glatt asfalt i sommersesongen.

Nylagte dekker er mest utsatt, her er det fersk bindemiddelfilm i toppen som, spesielt i kraftig regn, kan bli veldig glatt. I tillegg kan det oppstå områder med blødninger eller ekstra tett og bindemiddelrik overflate. På eldre dekker er problemene gjerne størst på ettersommeren og tidlig på høsten. Dette skyldes den nevnte poleringseffekten fra bilhjulene. I tillegg viser det seg at støv, pollen og andre forurensninger som akkumuleres over sommeren kan gi et ekstra bidrag i form av en seig og glatt overflatehinne.

Dersom friksjonsnivået kommer under de fastsatte standardkravene i Håndbok R610, må den aktuelle vegstrekningen skiltes snarest mulig for å varsle trafikantene om fare. Deretter må det vurderes om det skal gjøres tiltak for å bedre friksjonen.

Den beste metoden for å sikre god friksjon på nylagt asfalt er å foreta avstrøing i forbindelse med legging. Man må da være oppmerksom på steinsprutfaren og foreta nødvendig skilting, eventuelt også fjerne løs grus/pukk etter tiltaket. Eksempler på andre tiltak kan være forvarming med heater med påfølgende nedvalsing av finpukk. En lett strukturfresing med planfres vil også øke friksjonen.

Det finnes metoder og utstyr som er spesielt utviklet for forbedring av friksjon, noen av disse har vært prøvd ut i Norge. Eksempler på slike metoder er blastring (stålkuler som skytes mot dekkeoverflaten) og ulike typer vannjet.



Figur 14.28 Vannjet (høytrykkspyler) for friksjonsforbedring. Ubehandlet og behandlet dekke. (Foto: Vegard Opsahl)

Lystekniske egenskaper

Lyshet er dekkets evne til å reflektere lys. Gode lystekniske egenskaper avhenger av lysheten på steinmaterialene i asfaltdekket, overflateteksturens evne til å reflektere lyset, samt dekkets evne til å holde seg tørt. For asfaltdekker i tunneler og på andre veger hvor det er behov for gode siktforhold, er det spesielt fordelaktig med lyst tilslag og gode lysreflekterende egenskaper. Dette kan også redusere behovet for vegbelysning.

Ved behov for forbedring kan en enkel overflatebehandling med finpukk være aktuelt.

Støy-/akustiske egenskaper

Vegdekker med gode akustiske egenskaper (støysvake) blir stadig mer etterspurt, også i Norge. Aktuelle støysvake vegdekker er

- tynndekker
- ordinære dekketyper med lav d_{\max} (f.eks. Ab 6, Ska 8)
- porøse dekker (drensfalt)

Når det gjelder porøse dekker fungerer de best på vegger med hastigheter > 70 km/t. Man vil da ha en viss selvrensende effekt fra trafikken, og porene holder seg lenger åpne. Det bør være fri avrenning gjennom dekket og ut til siden (dvs. ikke gateprofil med kantstein). Disse asfaltdekkene gir også en ekstra trafiksikkerhetsgevinst ved våt veg/regnvær pga. mindre sprut ("splash and spray").

Men for norske forhold har det vist seg at funksjonell akustisk levetid på porøse dekker er et problem. Piggdekkslitasje og vintervedlikehold gir rask tetting av porestrukturen og rask reduksjon av de støydempende egenskapene. Ulike tiltak for å reversere dette har vært forsøkt (høytrykkspyling, blåsing, suging), men uten særlig effekt.

Dette gjør at man på vegger med lavere hastighet og der det er kantstein, bør bruke f.eks. Ska 8 eller Ab 8. Dette er litt mer finkornige dekker enn det som normalt brukes, og som derfor gir en viss støyreduksjon. For å oppnå en tilfredsstillende slitestyrke er det viktig å bruke sterke steinmaterialer i hele kornkurven (også 0-4 mm fraksjonen) og helst polymermodifisert bindemiddel (PmB).

14.3.3 Gjenvinning av asfaltdekker på veg

Varm gjenvinning

Varm gjenvinning på veg er spesielt egnet når bæreevnen er tilfredsstillende og/eller ved fortauskanter og lignende som krever lav byggehøyde. Skader i form av sporslitasje, magre dekker og overflateforvitring og dårlig friksjon er egnede objekter for metoden.

Det finnes ulike spesialmaskiner og "maskintog" som i en og samme operasjon utfører oppvarming av gammelt dekke, oppfresing, tilsetning av bitumen og/eller ny asfaltmasse, blanding av gammel og ny masse og avsluttende utlegging med påbygd asfaltutlegger.

De mest avanserte og største "gjenvinningstogene" er opp mot 80 m lange. Disse egner seg naturlig nok best på vegger med god bredde og god kurvatur. Dessuten bør det gamle dekket ha homogen massesammensetning og jevn geometri i lengde- og tverrprofil.

På grunn av en del støy, røyk mm. er metodene best egnet utenfor tettbygd strøk.

Infrarøde heatere med skånsom forvarming i flere trinn og god dybdevirkning, er viktig for å nyttiggjøre seg bindemidlet i det gamle dekket best mulig. Det er spesielt viktig å unngå for høy temperatur når dekket inneholder myke bindemidler eller andre stoffer som kan gi avgasser. Vann i dekket er generelt ugunstig, da må man gjerne kompensere med ekstra varming som gir økt aldring/forkoksing av bindemidlet.

Det er viktig med forutgående måling av hjulspor og tverrfall for beregning av massebehovet. Dette må suppleres med uttak av prøver og analyser av gammelt slitelag for å kunne foreta riktig proporsjonering for det nye dekket.

Litt avhengig av konsept kan disse metodene ha ulike benevnelser:

- **Repaving**

Ved repaving forvarmes og mykgjøres det eksisterende dekket og skrapes sammen til en streng. Deretter blandes denne massen og omfordeles i tverrprofilen. Nyere utstyr kan også tilsette nytt bindemiddel i den gamle massen. En leggerenhet i bakkant av maskina legger deretter ny masse over.

Det nye dekket er som regel rundt halv tykkelse av et ordinært asfaltdekke (ca. 50 kg/m²).



Figur 14.29 Gjenvinning på veg ved bruk av repaver. (Foto: KFA) /10/

Erfaringene med repaving alene er litt blandet. I tilfeller med stive og magre dekker med dype spor kan komprimeringen bli mangelfull, og man har sett eksempler på rask framvekst av krakelering og rask gjennomsliting av det nye dekket.

- **Remiksing**

Ved remiksing varmes eksisterende dekke med selvdrevne infrarøde asfaltvarmere (heatere) som mykgjør asfalten ned til 2-3 cm dybde.

Bak heaterne varmfreses og skrapes dekket av i ønsket dybde, og skrus inn i en blanderenhet. Der blir asfaltgranulatet tilsatt nytt bindemiddel og eventuelt ny varmmasse, før den resulterende, homogeniserte blandingen går til en utlegger. Vanligvis tilsettes ca. 15-30 kg/m² ny asfaltmasse.

I forbindelse med oppgradering av bærelag og bindlag kan det også være aktuelt med tilsetning av rene steinmaterialer. Disse kan tilsettes i blanderen eller tilføres i forkant av maskina og tas inn under freseprosessen



Figur 14.30 Propanheater er vanligvis første prosess i varm gjenvinning på veg. (Foto: Statens vegvesen)



Figur 14.31 Varm gjenvinning på veg (Remix). (Foto: Geir Berntsen)

- **Remiks Pluss**

Dette er en nyere variant hvor remiksmaskina er utstyrt med to screeder (asfaltutleggere) der den første legger gjenvinningsmasse og den andre legger ny varm masse over. Dermed kan ny masse lett tilpasses ønsket funksjon mht. slitestyrke, friksjon osv. Men samtidig kan eventuelle feil og større variasjoner i gjenvinningsmassens korngradering i liten grad korrigeres.

- **Pyropaver**

Dette er en videreutvikling av Remiksmetoden. Eksisterende dekke varmes med gassfyrte infrarøde varmepaneller til ca. 110-120 °C og freses/skrapes av i to trinn, normalt inntil ca. 5 cm dybde. Deretter blandes asfaltgranulatet sammen med ny masse i en tvangsblender og føres videre til utleggerdelen.

Problemet med asfalttrøyk er for en stor grad eliminert ved at røyken ledes tilbake og går til katalytisk forbrenning. Metoden gir dermed mindre utslipp og bedre miljø for både asfaltarbeiderne og naboene til vegen.



Figur 14.32 Varm gjenvinning på veg med Pyropaver. Legg merke til skorsteinene for avbrenning av røykgassene. (Foto: Paveover Inc., USA)

Kald gjenvinning

Prinsippet for kald gjenvinning på veg er det samme som ved varm gjenvinning, bortsett fra at prosessen foregår kaldt. I enkleste form består dette av kaldfresing av gammelt dekke med tilhørende bindemiddeltilsetning, avretting med veghøvel og komprimering.

Denne metoden er gjerne brukt på lavtrafikkerte veger med gammel oljegrus eller mykasfalt, normalt tilsettes mykbitumen i form av emulsjon eller skum.

Det finnes også her større spesialmaskinkombinasjoner som kan utføre

- forvarming
- fresing
- fragmentering/knusing
- sikting
- tilsetning av bindemiddel
- blanding, eventuelt med tilsetning av nye steinmaterialer eller verksproduisert masse
- utlegging

Noe forvarming kan være gunstig for å bedre fragmenteringen av fresemassen.

De samme begrensninger mht. geometri og homogenitet av gammel asfalt gjelder også her.



Figur 14.33 Eksempel på maskinkombinasjon ved kald gjenvinning på veg.
(Foto: PIARC) /11/

Referanser

- /1/ Statens vegvesen Håndbok N200 Vegbygging
- /2/ Statens vegvesen Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold
- /3/ Aurstad, J.: Spesielle dekker – Slam og tynndekker (Undervisningsnotat nr 966, NTNU)
- /4/ Statens vegvesen Region øst: Strategiplan vegdekker 2009 for Region øst
- /5/ NTH (NTNU): Vegbygging – Kompendium 1984
- /6/ Byggenæringens forlag – Asfaltboka. 3. utgave, 2007
- /7/ Svenska Kommunförbundet 2003 – Grus under maskineriet
- /8/ Vägverket Publikasjon 2005:60 – Bedömning av grusväglag
- /9/ Statens vegvesen Håndbok V261 Skadekatalog for bituminøse vegdekker
- /10/ Kontrollordningen for asfaltgjenvinning: Veileder i gjenbruk av asfalt (2013)
- /11/ PIARC/World Road Association: Pavement Recycling Guidelines

Kapittel 15 Grøntarealer

Ingjerd Solfeld, Elisabet Kongsbakk og Astrid Skrindo, Statens vegvesen

15.1	Innledning	230
15.2	Planmessig etablering av vegetasjon	230
15.3	Drift og vedlikehold av grøntarealer, definisjoner	231
15.4	Formål med drift og vedlikehold av vegetasjon	231
15.5	Kartlegging av vegetasjon langs trafikkårer	235
15.5.1	Kartlegging av parklike anlegg	236
15.5.2	Kartlegging av naturlike anlegg	237
15.6	Naturlig revegetering fra stedlige toppmasser	238
15.7	Naboforhold og vegetasjon	238
15.8	Rydding av skog, busker og kratt	239
15.9	Beskjæring av trær	239
15.10	Kantslått	240
15.11	Miljøvennlig drift av grøntarealer	244
	Referanser	245

15 Grøntarealer

15.1 Innledning

I det moderne samfunnet tenker man gjerne helhetlig omkring menneskers oppfattelse av omgivelser og hvilken betydning dette har for blant annet oppvekstmiljø og helse. Vegetasjon er en vesentlig del av omgivelsene.

Den europeiske landskapskonvensjonen slår fast at landskapet er en viktig faktor for folks livskvalitet, i byområder og i spredtbygde strøk. Et landskap er et område som er et resultat av naturlige prosesser og menneskelig påvirkning, samt samspillet mellom disse. Konvensjonen bygger bro mellom natur og kulturarv, og omhandler alle typer landskap. Den omhandler ikke bare landskap som anses som vakre eller spesielt verdifulle. Det legges stor vekt på hverdagslandskap der folk ferdes, samt landskap som er truet av forfall, eller som er forringet på en eller annen måte.

Oppfyllelse av målene i landskapskonvensjonen krever en bevisst tilnærming til drift og vedlikehold av landskapet langs våre veger. Miljøkvaliteter i landskapet skal bevares og styrkes. Statens vegvesen er en av landets største byggherreaktører innenfor grøntanleggs-bransjen, og man kan kanskje med rett si at Statens vegvesen forvalter Norges lengste hage.

Styrende for arbeidet med drift og vedlikehold av vegetasjon langs trafikkårer er anbefalinger, veiledning og krav som finnes i håndbøkene til Statens vegvesen, herunder spesielt Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold, Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder og Håndbok V271 Vegetasjon langs trafikkårer.

Norske lover ligger til grunn for flere av de valgene som gjøres, for eksempel er Naturmangfoldloven og Naboloven sentrale i dette arbeidet.

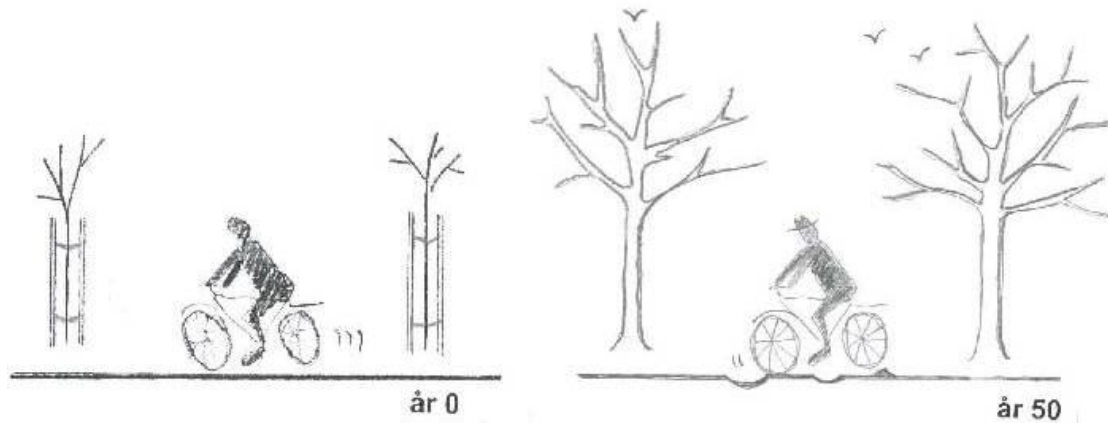
Vedrørende planer for drift og vedlikehold av vegetasjon langs trafikkårer er det naturlig og nødvendig å samarbeide med andre aktører/myndigheter. I forbindelse med utarbeidelse av konkurransegrunnlag for den enkelte driftskontrakt er det naturlig å samarbeide med f. eks. By- og riksantikvar, kommuner og Fylkesmannens miljøvernavdeling, samt det lokale landbrukskontoret. Jernbaneverket, som er den andre store aktøren innenfor transportsektoren, er også en viktig samarbeidspartner på enkelte strekninger der jernbane og veg møtes.

15.2 Planmessig etablering av vegetasjon

Langs en nybygd veg kan vi finne naturligt landskap eller mer parklik vegetasjon, det vi tradisjonelt kaller grøntanlegg. Det er viktig å være klar over at det ligger bevisste valg til grunn for resultatet vi ser når vegen er ferdigstilt. Planleggeren har en intensjon med sin plan for vegens omgivelser.

Det bør foreligge både ferdigvegsdokumentasjon og en FDV plan (Forvaltning, drift og vedlikeholdsplan) som beskriver hvilken intensjon planleggeren har med vegetasjonen. Dokumentasjonen bør inneholde informasjon om hvilke skjøtselstiltak som er nødvendige for å vedlikeholde og videreutvikle vegetasjonen i den retningen man ønsker. Dersom det ikke foreligger egnet dokumentasjon for vegetasjonen, kan dette utarbeides i ettertid av landskapsarkitekt eller grøntmiljøforvalter.

Et viktig moment er at nyplantet vegetasjon eller jord som er lagt ut med tanke på naturlig revegetering, bare er i startgropa når vegen er ferdigbygget og klar for trafikk. Plantesamfunn er i stadig endring, og trær og busker vokser år for år.



Figur 15.1 ”Det langsomme skuespill”. Drift og vedlikehold skal bevare og utvikle vegetasjon slik at intensjonene med anleggene oppfylles og investeringene tas vare på. (Illustrasjon: Elisabet Kongsbakk)

Et grøntanlegg er ikke ferdig på åpningsdagen – plantene vokser og utvikler seg. Det er en forutsetning for å utvikle gode grøntanlegg at entreprenøren som utfører drift og vedlikehold har fagkompetanse. Det er derfor viktig å stille spesifikke krav til fagkompetansen. Skjøtsel av vegetasjon er et fagområde underlagt anleggsgartnerfaget. I de senere årene har det også kommet kurs og utdanning innenfor trepleiefaget.

15.3 Drift og vedlikehold av grøntarealer, definisjoner

- **Drift** er skjøtselstiltak og rutiner som er nødvendige for at anlegget skal fungere som planlagt, eksempelvis kantslått, tilføring av kompost og oppbyggingsbeskjæring.
- **Vedlikehold** er tiltak som er nødvendige for at anlegget skal opprettholde en fastsatt kvalitet. Eksempler på dette er utskifting av døde planter.

15.4 Formål med drift og vedlikehold av vegetasjon

- **Bidra til at grøntarealer har en estetisk god kvalitet til glede for trafikantene**
Et viktig punkt her er at den vegetasjonen vi har valgt å beholde og videreutvikle langs trafikkårene, skal driftes og vedlikeholdes i forhold til et definert skjøtelsbehov. I noen tilfeller vil det være riktig å si at vegetasjonen skal være frisk og i god vekst, men for andre tilfeller, for eksempel tørre vegkanter eller hule gamle løvtrær, er det andre kriterier som gjelder.

En sentral del av drift og vedlikehold av vegetasjon langs trafikkårer vil være å hindre gjengroing. Generelt vil utsikt til for eksempel fjell og vann eller landbrukslandskap være kvaliteter som trafikantene ønsker. Dette er kanskje spesielt aktuelt langs turistveger. Andre steder kan vegetasjon langs vann og vassdrag være viktig for å ivareta de biologiske funksjonene i vassdraget. Feil utført skjøtsel kan forringe kvaliteten på grøntanleggene både estetisk og biologisk. For eksempel vil stammeskader fra kantklippere og snømåking være estetisk skjemmende i tillegg til å bidra til redusert tilvekst og forkortet levetid for berørte trær og busker.

Organisk linjeføring er et begrep som kan brukes for å beskrive hvordan man ønsker linjene i vegkantlandskapet. Med organisk linjeføring menes at man følger naturlig topografi i landskapet ved kantklipp.

Blomster i naturlig vegetasjon kan fremmes ved å tilpasse klippetidspunkt til etter blomstring og frøsetting. Blomsterplantinger i park- og parklike arealer krever intensiv skjøtsel for å fremstå som velstelte elementer.

- **Bidra til å ivareta sikkerheten langs veg**

Vegetasjon må skjøttes slik at den bidrar til å øke sikkerheten for mennesker og dyr som ferdes på og langs vegen. Man må tenke på hvilke bidrag vegetasjonen har til vegmiljøet som helhet.

Vegetasjon kan for eksempel virke som en ledende linje for bilistene dersom kratt fjernes rundt stammene på en trekke langs vegen. Et spørsmål som kan stilles er om beskjæring av vegetasjon vil bedre sikt og bidra til at fotgjengere og syklistene blir mer synlige. Et annet spørsmål som bør stilles er om løvfall om høsten kan utgjøre en risiko for glatt vegbane slik at dette må fjernes. Slike spørsmål bør avklares lokalt i det enkelte område for å gi grunnlag for en god drifts- og vedlikeholdskontrakt.

Det er et absolutt krav at siktsoner må opprettholdes på definerte områder med krav til sikt. Dette betyr at i kryssområder, i innersving i høybrekk samt i kurver skal ikke vegetasjonen være høyere enn 50 cm over vegen. Det kan tillates oppstammede trær i siktsonen.

Ryddebredden avhenger av en rekke forhold som ÅDT, trafikkhastighet, type veg, eieomsforhold, topografi m.v. Hvilke krav som stilles til ryddebredde og -høyde, også kalt "vegens frie rom", fremgår av de før nevnte håndbøkene til Statens vegvesen.

I nasjonal tiltaksplan for trafikksikkerhet på vei står det:

"Vegetasjon langs vegen kan påvirke trafikksikkerheten negativt. Det er viktig at frisisiktsoner blir opprettholdt gjennom hele året. I enkeltstående tilfeller vil det være behov for særlige tiltak for å ivareta trafikksikkerheten, spesielt i forbindelse med alleer, trekker og monumentale enkelttrær. Aktuelle tiltak er å senke fartsgrensen, tydeliggjøre kantlinjer eller sette opp rekkverk."

Ved sikt konflikter mellom vegetasjon og skilt, trafikklys eller gatebelysning må det vurderes tiltak som beskjæring av trær og busker eller flytting av elementer. Mange konflikter mellom skilt og trær løses enkelt ved at skiltet flyttes og settes foran treet.

Siktrydding for å hindre ulykker med ville dyr er også aktuelt og brukes med gode erfaringer. Det er også viktig å ikke etablere vegetasjon i vegkantsonen som er egnet mat for hjortevilt.

- **Sikre vannavrenning fra vegbanen**

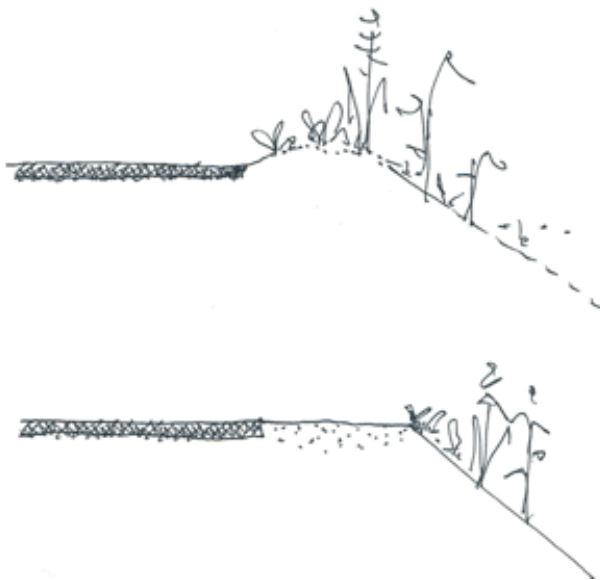
Vegens skulder skal være fri for vegetasjon. Vegskulderen er i utgangspunktet en tørr og næringsfattig gruskant som ligger vel til rette for lavtvoksende planter. Men over tid vil akkumulering av plantemateriale, strøsand og asfaltstøv kunne danne en "kant" oppå vegskulderen som hindrer avrenning fra vegbanen. Dette kan både gi glatt vegbane/ vannplaningsfare og på sikt skade vegkonstruksjonen og forringe bæreevnen.

Man må spesielt være oppmerksom på strekninger med rekkverk. En voksende torvkant der vil vanskeliggjøre maskinell slått under rekkverket, høyvokst vegetasjon får utvikle seg og problemet vil akselerere.

Fjerning av kanten (og evt. utlegging av grov grus) vil fremme lavtvoksende vegetasjon.



Figur 15.2 Torvkant som hindrer avrenning av vann fra vegbanen
(Foto: Elisabet Kongsbakk)



Figur 15.3 Viktig at torvkanter på skulderen fjernes (Illustrasjon: Elisabet Kongsbakk)

- **Bidra til ivaretagelse av kulturminner og biologisk mangfold**

Ta vare på kulturminner og verdifull natur:

Verdifull natur kan være enkelttrær, trekker, alléer, eller andre elementer av kulturhistorisk verdi. Som eksempel kan nevnes trær som har vært kollet eller styvet. Kolling er den lauvingskulturen som er brukt på Østlandet, styving er den vestnorske. Hensikten med styving og kolling var å skaffe tilleggsfor til husdyrene. Trær som har vært kolla er verdifulle som kulturminner og er eksempel på vegetasjon som må kartfestes og tas vare på.

Verdifull vegetasjon kan også være naturtyper som har høyt biologisk mangfold, er truede eller som har arter som er truet og står på Norsk rødliste. Som eksempel kan nevnes ulike slåtteeuger der tidspunkt og hyppighet på vegkantslått er avgjørende for hvordan naturtypen utvikler seg. Et annet eksempel er gamle løvtrær, f.eks. hule eiker, som er en utvalgt naturtype jfr. Naturmangfoldloven, da de hule eikene huser mange verdifulle arter.

Hemme og bekjempe uønsket vegetasjon:

Uønsket vegetasjon kan være både uønskede arter og annen kraftigvoksende vegetasjon. Drift og vedlikehold av grøntarealer må omfatte en omtanke for det biologiske mangfoldet i naturen. Tidspunkt og hyppighet av kantslått velges for å bekjempe eller redusere uønsket vegetasjon, som f.eks. åkerugras langs landbruksarealer.

Statens vegvesen begrenser videre spredning og bekjemper et utvalg fremmede skadelige arter som et ledd i en tverrsektoriell nasjonal strategi. Kunnskap om artene samt metoder for kontroll og bekjempelse er stadig under utvikling (se for eksempel FAGUS faktaark (www.fagus.no)).

Det er viktig å samarbeide med kommune, fylkeskommune og eventuelt andre grunneiere for å bekjempe hele bestander av uønskede arter. Disse har ofte stort spredningspotensiale og det har liten hensikt bare å bekjempe en liten del av en bestand.

Ivareta og videreutvikle ønsket naturlig vegetasjon:

Langs trafikkårene har vi gjerne ønske om lavtvoksende dekorativ kantvegetasjon som naturlig opprettholder nødvendig sikt med minimal skjøtsel. Det beste er hvis dette er kantvegetasjon som er naturlig for stedet, og som er etablert ved naturlig revegetering etter anleggsinngrep. Men også disse vegkantene krever riktig skjøtsel for å ivareta artsmangfoldet og holde de kraftigvoksende artene unna.



Figur 15.4 Lavtvoksende næringsfattig vegetasjon er ideelt i vegkanten
(Foto: Elisabet Kongsbakk)

- **Bidra til å ta vare på og videreutvikle plantet vegetasjon**

Plantet vegetasjon kan omfatte busker, trær, stauder, sommerblomster, roser og løkplanter samt gress. Skjøtsel av plantet vegetasjon krever en intensiv oppfølging spesielt i de tre til fem første år etter planting. Skjøtselstandard for elementene som inngår er definert i Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger.

Hvordan skjøtelsen må utføres for å oppnå den definerte standard krever fagkunnskaper som entreprenøren må ha tilgang til. Den faglige utførelsen er behandlet utførlig i den nye læreboka for Vg2 Anleggsgartner- og idrettsfag; *"Bruk og stell av planter i grøntanlegg"* (2009).

All skjøtsel av grøntanlegg må utføres av fagfolk med dokumenterbar kompetanse. Dette må være et minimumskrav i alle kontrakter for drift og vedlikehold av grøntanlegg.



Figur 15.5 Nyplanta tre med bunndekke av stauder. Plantefeltet er omgitt av asfalt og det er derfor viktig å vanne i etableringsfasen. For at et plantefelt som dette skal utvikle seg og fremstå som friskt og frodig krever det riktig skjøtsel. (Foto: Ingjerd Solfjeld)

15.5 Kartlegging av vegetasjon langs trafikkarer

Statens vegvesen arbeider kontinuerlig med registrering og kartlegging av arealer og elementer. Dette gjelder også vegetasjon. Kartlegging av vegetasjon er avgjørende for optimalt tilpasset skjøtsel og er et viktig tiltak før drift og vedlikehold av grøntarealer kan beskrives i en driftskontrakt.

Et godt og detaljert konkurransegrunnlag er viktig for entreprenørene når de skal gi tilbud. I forbindelse med rullering av driftskontraktene vil vegetasjon innenfor det aktuelle driftsområdet bli registrert og kartfestet.

Den første vurderingen som må gjøres er om driftsområdet er naturområde med skjøtsel av natur- og naturlike anlegg eller om man er i et by- og tettstedsområde der skjøtselen vil gjelde park- og parklike anlegg.

Natur- og naturlike anlegg er vegkanter og sideterrang langs veg i natur- og jordbruksområder. I disse områdene består skjøtselen vanligvis av kantlått av vegkanter og fjerning av busker og kratt i siktsoner, samt skjøtsel av verdifulle trær og trekker.

Park- og parklike anlegg finner vi hovedsakelig ved byer og tettsteder, men det kan også gjelde rasteplasser, holdeplasser, rundkjøringer og kryssområder. Disse områdene driftes mer intensivt, og skjøtsel innebærer vanning, luking og beskjæring av busker og trær, samt klipping av gress.

Før man kan tilpasse en generell skjøtelsesmal til et område, må man vite hvilke elementer av vegetasjon som finnes på stedet. Biologiske, kulturhistoriske og estetiske verdier skal kartlegges. Forholdet skal tas spesielt hensyn til må nedfelles i spesiell beskrivelse i kontraktene, slik at entreprenørene har instruksjoner om hva som forventes av skjøtsel og kan planlegge etter dette.

15.5.1 Kartlegging av parklike anlegg

- **Alléer, trekker og verdifulle enkeltrær**

Statens vegvesen har i Oslo, Akershus, Østfold, Hedmark, Oppland, Sør-Trøndelag, Buskerud og Vestfold registrert alléer og trekker langs riks- og fylkesveg. Videre er registrering av trær en pågående prosess som har som mål å få kartfestet alle trær som element i kartdatabaser i Statens vegvesen.

Noen trær og alléer er vernet som kulturminner. Gamle hule trær er levested for en rekke arter insekter, lav og sopp og kan være registrert av miljøvernmyndighetene i Naturbase. Det vil i mange tilfeller være nødvendig å utføre tilstandsvurderinger for trær. Det innebærer at man får en kvalifisert registrering og vurdering utført av arborist (person som har trebehandling som yrke) med fokus på det enkelte treets tilstand og skjøtselsbehov. Det er vanlig at det utarbeides en skriftlig rapport.

- **Grøntanlegg med busker, løkplanter og stauder**

Kartlegging av arealer med busker, løkplanter og stauder foregår i forbindelse med utarbeidelse av konkurransegrunnlag til driftskontraktene. I tillegg er det en løpende oppdatering av arealene ved overlevering av nybygde anlegg. Det er viktig at det differensieres på de ulike typer planter da optimal skjøtsel for ulike planteslag varierer.

- **Blomsterplantinger**

Sommerblomster og roser er planteslag som skal gi spesielle effekter, og det er viktig med velstelte anlegg. Skjøtselen vil her være mer intensiv enn i øvrige grønntanlegg.

- **Grasarealer**

Grasarealer kategoriseres etter hvilket skjøtselsnivå som kreves.

Grasplen er den standarden som brukes der vi ønsker et parkmessig preg. Plen finnes ofte i byer og tettsteder og der graset skal tåle mye tråkk og i kryssområder og lignende.

Grasbakke skal fremstå som en jevn grasflate med flere ulike grasarter, gjerne med innslag av blomstrende urter. Denne standarden benyttes i utkanten av byer og tettsteder og skjøtselen er mindre intensiv enn for plen.

Kartlegging av grasarealer er en kontinuerlig prosess i Statens vegvesen.

- **Rødlistearter**

Se naturlike anlegg.

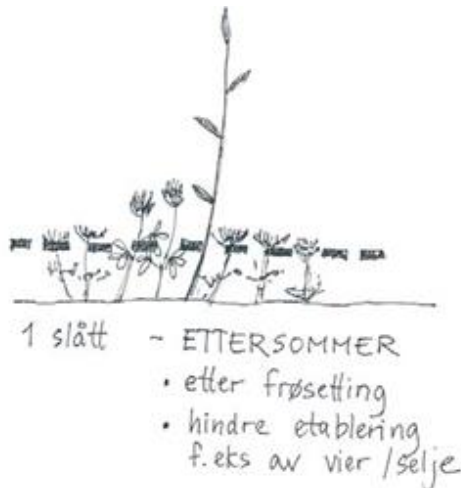
- **Fremmede skadelige arter**

Se naturlike anlegg.

15.5.2 Kartlegging av naturlike anlegg

- **Lavtvoksende eller kraftigvoksende vegetasjon**

Det må foretas en grovmasket botanisk kartlegging av vegkantene for inndeling i kraftigvoksende og lavtvoksende vegetasjon. Områder med spesielt verdifull vegetasjon, for eksempel spesielt viktige naturtyper som er vernet i henhold til Naturmangfoldsloven eller rødlistearter fra flora eller fauna, må kartlegges.



Figur 15.6 Lavtvoksende vegetasjon (Illustrasjon: Elisabet Kongsbakk)

Lavtvoksende vegetasjon blir i gjennomsnitt ikke mer enn 30-50 cm høy, og består ofte av teppedannende arter på næringsfattig jordsmonn. Enkelte strekninger er særlig artsrike og kan inneholde sjeldne arter.

Skjøttes det på riktig vis er vegetasjonssamfunnet relativt stabilt. En slik vegkant er ikke plutselig høy om 5 år. Men feil slått og skader kan på sikt gjøre at kanten utvikles mot en høyvokst vegkant. Enkelte lavvokste kanter trenger ikke slått hvert år (f. eks. på høytliggende fjelloverganger og andre skrinne områder).



Figur 15.7 Høy kraftigvoksende vegetasjon (Illustrasjon: Elisabet Kongsbakk)

Kraftigvoksende vegetasjon blir 50-150 cm høy, og domineres av gras og høyvokste urter, noen ganger uønskede ugras (åkerkanter). Vanlige arter ved siden av gras er hundekjeks, geitrams, mjøduert, løvetann og høymole. Her er god tilgang på næring, og det er en utfordring å holde kantene i sjakk.

- **Viktige naturområder**
Naturvernområder, områder som er karakterisert som regionalt eller lokalt viktige, er ofte kartlagt av andre f.eks. Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Direktoratet for naturforvaltningens Naturbase og Artsdatabankens databaser.
- **Artsrike vegkanter og rødlistearter**
I nasjonale databaser, for eksempel Naturbase og Artsdatabankens databaser, foreligger tidligere kartlagte rødlistearter. Noen kommuner og fylkesmenn kan også ha oversikt over artsrike vegkanter. I tillegg kartlegger Statens vegvesen, med hjelp av konsulenter, de artsrike vegkantene som står i fare for å bli ødelagt ved ordinær skjøtsel. Det kan være noen strekninger som ikke kan slås før etter frøsetting eller områder som kan stå i fare for å bli sprøytet med plantevernmidler.
- **Fremmede skadelige arter**
Kartlegging av fremmede skadelige arter er avgjørende for å kunne bestemme hvor bekjempelsestiltak skal gjøres, og hvor de som jobber med drift og vedlikehold må være spesielt oppmerksomme og ta forholdsregler for ikke å spre arter videre. Hvilke arter som skal kartlegges vil variere i landet og vil endres med ny kunnskap og nye forskrifter. Fagfeltet er i sterk utvikling. De kartlagte artene bør legges inn i Artsdatabankens ”Artsobservasjoner” (Artsdatabanken.no) til felles nytte for andre grunneiere og samarbeidspartnere.
- **Alléer, trerekker og viktige enkeltrær**
Se parklike anlegg.

15.6 Naturlig revegetering fra stedlige toppmasser

Nye veger som bygges i naturområder revegeteres ofte ved at de øverste jordlagene fra stedet blir tatt vare på under vegbyggingen og blir lagt tilbake i sideområdene etter endt vegbygging. Frø og plantedeler som finnes i jorda samt frø fra omgivelsene er utgangspunktet for vegetasjonsdekket. Dette vegetasjonssamfunnet endres fra år til år. Nye frø kommer til, andre planter dør ut. Vegetasjonen langs vegen vil utvikle seg til å bli en kantsone til naturområdene ved vegen, gitt at skjøtsel uteblir.

Hvis et annet vegetasjonsuttrykk er ønsket, kan skjøtsel endre denne naturlige utviklingen. For eksempel vil årlig slått hindre oppslag av trær og busker og dreie utviklingen mot eng og grasbakke. Tynning av trær kan endre skogtypen osv.

15.7 Naboforhold og vegetasjon

I mange tilfeller vil vegetasjonen langs veien tilhøre vegens naboer. Det kan være kommuner, bedrifter eller privatpersoner. I slike tilfeller må man inngå avtaler om å fjerne eller beskjære vegetasjon dersom dette er påkrevet på grunn av sikkerhetsmessige forhold.

Det er en utbredt oppfatning at man med Naboloven i hånd kan fjerne naboens vegetasjon dersom den brer seg innover egen eiendom. Slik er det nødvendigvis ikke, og man kan uansett ikke fjerne denne vegetasjonen ukritisk. Et tre som blir ufagmessig beskåret kan for det første bli ødelagt estetisk, for det andre kan det utvikle seg råte i treet, og til sist kan dette føre til at treet vil bli ustabil og utgjøre en sikkerhetsrisiko.

Det beste er å bli enig med grunneier om fagmessig beskjæring av både trær og busker, da blir resultatet bedre og man kan oppnå en varig god løsning. Ved uenighet kan man ta i bruk Veglovens og Nabolovens paragrafer for å ivareta fellesskapets behov for trafikkikkerhet.

15.8 Rydding av skog, busker og kratt

Det er ofte nødvendig å rydde vegetasjon langs veien på grunn av krav til sikt og trafikk-sikkerhet. Vi kan grovt sett skille mellom to ulike tilnærminger til rydding av skog busker og kratt:

- Beskjæring av greiner med hånd- eller motorsag, det man kaller en fagmessig beskjæring. I tillegg fjernes undervegetasjon med kantklipper.
- Beskjæring med store maskiner som fjerner all vegetasjon opptil en viss høyde i en viss avstand fra vegen.

Ved fagmessig beskjæring kappes greiner med rene snitt som ikke skader stammevevet, samtidig som det ikke står igjen tapper på treet. Dette er den mest skånsomme måten å beskjære trær på. Dersom dette utføres på en riktig måte vil det også redusere gjenveksten av skudd og man behøver ikke å gjenta beskjæringen så ofte. Dermed vil fagmessig beskjæring også være gunstig med tanke på økonomi over et lengre tidsrom.

Beskjæring med store maskiner forutsetter at all vegetasjon på arealet kan fjernes/beskjæres (jfr. avsnitt om kartlegging foran). Metoden etterlater trær med avkappede greiner av ulik lengde i randsonen. Slike skader vil være inngangsport for råtesopper og vil på sikt kunne føre til at greiner og stammer knekker på grunn av råteskader. Det ser i tillegg ustelt ut og vil ofte forringe trærnes estetiske verdi. Metoden kan også brukes sammen med hogstmaskiner slik at skogen blir fjernet og kantslåttarealet blir utvidet. Dette er tiltak som blir gjort f.eks. for å øke sikten der det er stor fare for kryssede hjortevilt. Hvis dette blir gjort, er det viktig å fjerne stubber og steiner slik at kantslått kan gjennomføres. Hvis ikke vil det bli krattoppslag i løpet av et par sesonger noe som både hindrer sikt og er attraktiv mat for hjortevilt.

Man kan kombinere metodene ved at det kjøres maskinell beskjæring av hele strekninger og så foretas en fagmessig beskjæring av verdifulle trær i etterkant.

15.9 Beskjæring av trær

Beskjæring av trær bør vektlegges spesielt fordi trær er store og verdifulle elementer langs vegen. De lever lenge, noen i flere hundre år og de er kostbare å kjøpe inn og etablere. Ved ukyndig behandling er de også lette å ødelegge. For å bli dyktig til å beskjære trær kreves en kombinasjon av god faglig innsikt i beskjæringsteori, praktiske ferdigheter og erfaring. Beskjæring må derfor kun utføres av kvalifiserte fagarbeidere innen trepleie.

Hvorfor beskjære trær?

Trær langs veg bør ha en gjennomgående stamme. Dette gjør det mulig å fjerne greiner før de kommer i konflikt med kravene til sikt, uten å ødelegge treet. Mange treslag utvikler seg med flere stammer dersom de ikke beskjæres.

Generelt kan man si at unge friske trær tåler mer beskjæring enn eldre trær. Veden hos unge trær består for det meste av levende og funksjonelle celler. De har dermed bedre evne til å forsvare seg mot råtesopper og lukke beskjæringssår. Derfor bør man satse på å bygge opp trærne med en god struktur mens de er unge, slik at man unngår å måtte fjerne store greiner på eldre trær.

- **Oppbyggingsbeskjæring**

Dette utføres med 3-5 års mellomrom helt til treet har den oppbyggingen man ønsker. Det er en metode der treet systematisk bygges opp til det får en sterk kronestruktur med gjennomgående stamme og sterke greinfester.

- **Vedlikeholdsbeskjæring**

Dette er kort sagt å fjerne greiner som kommer i konflikt med elementer langs veien eller med sikt, samt fjerne greiner som er ødelagte eller døde.

15.10 Kantslått

I driftskontraktene er det satt krav til vegetasjonsskjøtsel langs riks- og fylkesvegnettet.

I naturlike arealer er ordinær kantslått vanligst. Dette er arealer som omfatter sideområder (grøfteskråning, skjærings-/fyllingsskråning og sideterreng) langs veg i natur- og jordbruksområder.



Foto: Elisabet Kongsbakk

Skjøtsel av naturlike arealer skal binde veg og omgivelser sammen, samt forankre vegen i det omgivende landskapet, skape vakre grønne områder og landskapsrom, sikre naturlig biologisk mangfold og bidra til trafiksikkerhet.

Målet med skjøtsel av naturlike arealer er å oppnå arealer uten fremmede skadelige organismer og tilpasse vegetasjonstyper til lokale forhold som klima, vekstforhold, vern, bevaringsverdi mm.

- **Kantslåttareal**

Kantslåttareal langs veg, gang- og sykkelveg og fortau omfatter arealet ut fra vegkant med bredde gitt av ryddebredden.



Foto: Knut Opeide

For å ivareta sikkerheten langs vegen skal ryddebredden minst være som gitt nedenfor:

ÅDT	50 km/t eller lavere	60 km/t	70 km/t	80 km/t	90 km/t	100 km/t
under 3 000	4 m	4 – 6 m			8 m	
over 3 000		6 m				

Langs gang- og sykkelveg skal ryddebredden være 2 m.

Ryddebredden bør avpasses mot bergskjæring, murer, støyskjerm, gjerde, ut mot dyrket mark/åkermark samt areal mellom veg og gang- og sykkelveg eller støyskjerm mv.

Klippefrekvens og starttidspunkt

Skjøtsel av vegkantvegetasjon tilpasses vegetasjonens art basert på klima og/eller botanisk kartlegging. Klippetidspunkt og antall klipp pr. år skal fastlegges slik at skjøtselen sikrer sikt, bevarer botaniske verdier, hindrer spredning av uønskede arter og forsinker eller reduserer allergifremkallende pollen.

Arealer med:	Slått 1	Slått 2
Kraftigvoksende vegetasjon <ul style="list-style-type: none"> • areal som grenser til jordbruksareal • areal mellom veg og g/s-veg • arealer i innfartsområder til by/tettsted etter spesiell beskrivelse • arter som lupin, russekål, hundekjeks, høymole, burot og andre arter etter spesiell beskrivelse 	Start mellom 20.05. og 23.06. ¹⁾ Slutføring innen 5 uker etter starttidspunkt eller etter spesiell beskrivelse	En ekstra slått i tidsrommet 01.08. – 15.09. ¹⁾
Lavtvoksende vegetasjon (blomsterrike vegkanter, vegetasjon mot gamle beiteenger, skogkanter uten krattoppslag)	1 gang pr år i tidsrommet 01.08. – 15.09. ¹⁾	
Krattoppslag	1 gang per år før løvsprett eller etter 01.08.	

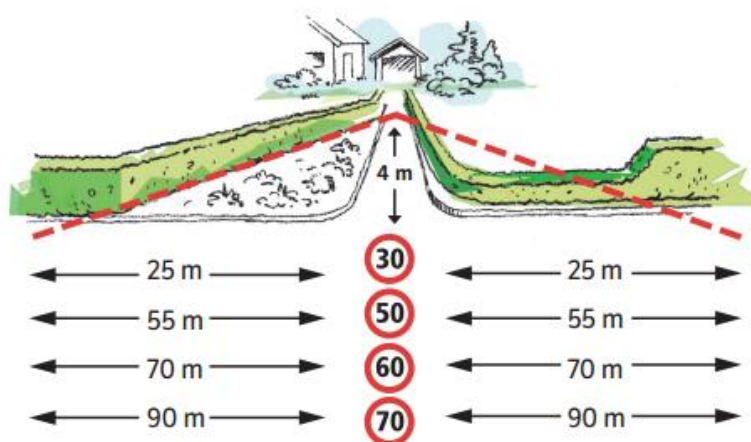
1) Starttidspunkt for klipping skal fastlegges på grunnlag av tilvekst, frodighet og klima (høyde over havet, breddegrad, tørt eller vått klima).

Det kan fastlegges andre klippetidspunkt og annet antall klipp pr. år basert på botanisk kartlegging av området.

Vegetasjon rundt trær, stolper, skilt, master, rekkverksnedføringer og andre objekter skal fjernes 1 gang pr. år samtidig med kantslått. Dette gjelder også i areal med krav til sikt.

• Areal med krav til sikt

Krav til sikt skal overholdes og tiltak skal iverksettes før krav overskrides, uavhengig av krav til klippefrekvens og starttidspunkt gitt for kantslåttareal.

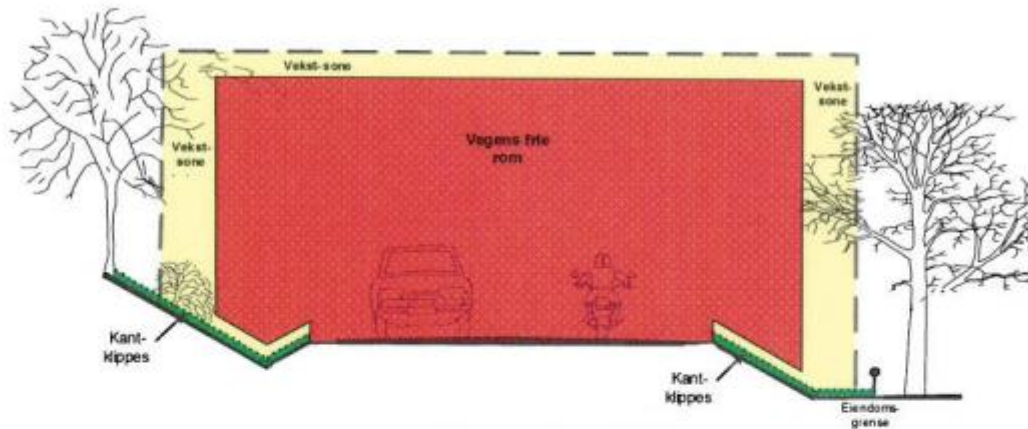


Eksempel på krav til nødvendig sikt for å ivareta trafiksikkerhet i avkjørsler.

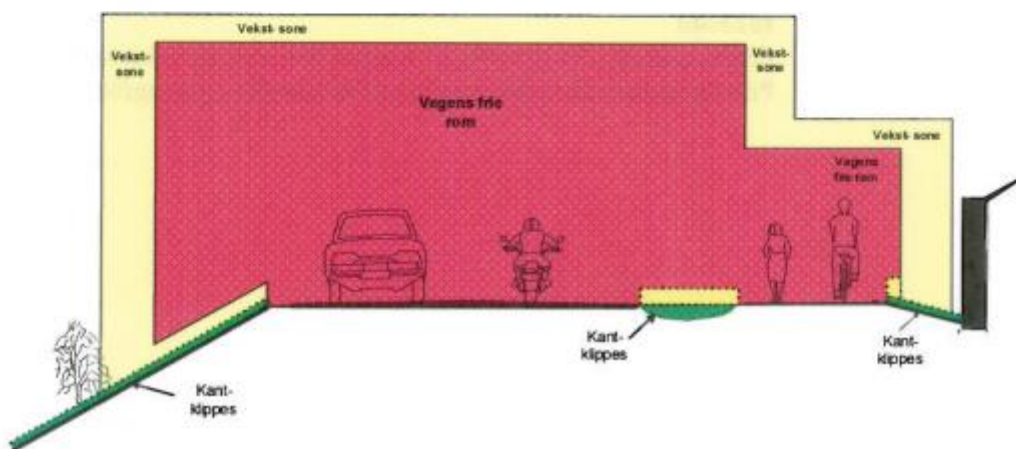
Enkeltstående oppstammede trær tillates i areal med krav til sikt. Oppstamming skal foretas slik at tilfredsstillende sikt opprettholdes.

- Vegens frie rom/vekstsone

1a Prinsippskisse for rydding av vegens frie rom og vekstsone



1b Prinsippskisse for rydding av vegens frie rom og vekstsone



Grener og kvister innenfor ”vegens frie rom” skal normalt fjernes.

Vegtype	Vegens frie rom	Vekstzone
Veg	5 m høyde over vegbanen ut til 2 m utenfor vegkant	5,5 m høyde over vegbanen ut til 3 m utenfor vegkant
Gang- og sykkelveg og fortau	3 m høyde over vegbanen ut til 0,5 m utenfor vegkant	3,5 m høyde over ferdselsarealet ut til 1 m utenfor vegkant

- **Utførelse**

På markedet finns det mange ulike typer utstyr til bruk til plenklipping, kantklipping krattknusing mv.



Bruk av slike maskiner kan medføre risiko for uønskede hendelser med sprut og utkast av stein, røtter mv. Det skal legges stor vekt på at sikkerhetsbestemmelser er godt ivaretatt.

Vegetasjonen i kantslåttarealet skal slås langs bakken. Høyde på vegetasjon etter slått skal maksimalt være 15 cm. Der hvor det er ønskelig å verne lavtvoksende arter, bør det ikke klippes helt ned til bakken. Klippehøyden kan reguleres med meier/avstandsbøyer på klippeutstyret for bruk i slike områder.

Slått skal utføres uten at det medfører skader i vegetasjonsdekket eller stammeskader på trær.

Slått skal utføres uten at slåtteevfall blir liggende i vegbanen eller i ferdselsareal for gående og syklende. Slåtteevfall skal ikke hindre vannavrenning.

15.11 Miljøvennlig drift av grøntarealer

Når man stiller krav til miljøvennlig drift av grøntarealer innebærer det flere faktorer.

- **Tilførsel av mineralgjødning**

Tilføring av mineralgjødning bør utføres på grunnlag av analyseresultater fra jordprøver fra det aktuelle stedet. Det må tilstrebes mest mulig bruk av naturlig organisk gjødning og redusert bruk av kunstgjødning. Tilbakeføring av gress og løv i et naturlig kretsløp vil også redusere behovet for tilført gjødning. For mange typer vegetasjon er det uaktuelt å tilføre gjødning, for eksempel ved naturlig revegetering.

- **Bruk av plantevernmidler**

Dette skal begrenses. Statens vegvesen har et generelt forbud mot bruk av plantevernmidler, med noen unntak som man finner spesifisert i Håndbok R763 Maler for drifts- og byggeprosjekter. Det er f.eks. tillatt å bruke plantevernmidler mot enkelte fremmede og skadelige arter, og i områder der maskiner ikke kommer til. Det er mindre behov for å bruke plantevernmidler der plantene er i god vekst og utvikling. Optimalisering av skjøtsel og mekanisk ugrasbekjemping er tiltak som kan utføres for å redusere behovet for plantevernmidler. Se også kap. 5 Ytre Miljø.

Referanser

- Bruk og stell av planter i grøntanlegg (2009), Tun forlag
- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold (2012)
- Temahefte NATUR (2007), Elisabet Kongsbakk
- Brosjyren ”Den europeiske landskapskonvensjonen” www.regjeringen.no (Landskapskonvensjonen)
- Etablering av trær (2012), Statens vegvesen rapporter nr. 89. Ingjerd Solfeld.
- Regionale handlingsplaner for fremmede arter (<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Miljo+og+omgivelser/Naturmangfold/Fremmede+arter/Handlingsplan+fremmede+arter>)

Kapittel 16 Trafikkskilt og vegoppmerking

Bjørn Skaar, Statens vegvesen

16.1	Generelt	248
16.2	Trafikkskilt	248
16.2.1	Skilt og skilttyper	248
16.2.2	Plassering og oppsetting av trafikkskilt	249
16.2.3	Drift og vedlikehold av skilt	251
16.3	Vegoppmerking	253
16.3.1	Typer og krav	253
16.3.2	Viktige oppgaver knyttet til drift og vedlikehold av vegoppmerking	254
16.3.3	Kantstolper	255
	Referanser	255

16 Trafikkskilt og vegoppmerking

16.1 Generelt

Formålet med de offentlige trafikkskiltene er å dekke trafikantenes behov for informasjon og samfunnets behov for regulering av trafikken. Skiltingen utgjør sammen med vegoppmerking et omfattende informasjons – og styringssystem for vegtrafikken.

God skilting og vegoppmerking bidrar til sikker, effektiv og miljøvennlig trafikkavvikling. Forutsetningen er god nok teknisk standard på dette trafikktutstyret.





Drift og vedlikeholdsinnnsatsen vil ha avgjørende betydning for dette.

Trafikkskilt og vegoppmerking er gyldige kun når rette myndighet har fattet slikt vedtak. All nyetablering eller endring i eksisterende skilting og oppmerking må godkjennes av den lokale skiltmyndigheten. For å kunne ha oversikt over mengde og tilstand på skilt og oppmerking langs vegnettet behøves registre som tar vare på alle data knyttet til dette trafikktutstyret.

16.2 Trafikkskilt

16.2.1 Skilt og skilttyper

Trafikkskilt benyttes for å:

1	Regulere trafikken	
2	Varsle om farer og hindringer	
3	Lede trafikken til bestemmelsesstedet	
4	Gi opplysninger om bruken av vegen og serviceanlegg	
5	Gi trafikantene optisk ledning – vise vegens videre forløp og linjeføring	

I Norge utgjør den offentlige trafikkskiltparken på hovedvegene (riksveger og fylkesveger) ca. 800 000 skilt og representerer en ny verdi på ca. 2,0 milliarder kr. Skilttettheten på landsbasis er ca. 15 skilt/km, men vil variere avhengig av hvor i landet en befinner seg, trafikkmengde, andel ukjente trafikanter og om strekningene er i bymessige strøk eller landeveg.

Følgende skilttyper er vanlige å benytte:

- Skilt med reflekterende folie
- Innvendig belyste skilt
- Utvendig belyste skilt
- Variable skilt (mekanisk variable eller lysende billedpunktiskilt som LED o.a.)

Det mest vanlige er å benytte skilt med reflekterende folie. Det benyttes 3 typer reflekterende skiltfolier benevnt som klasse 1, klasse 2 og klasse 3.

Disse har ulike lystekniske egenskaper. Hvor de ulike folieklassene skal benyttes er avhengig av hvor skiltoppsettet skal være og i hvilke omgivelser. For eksempel må et skilt som skal stå i bymessige omgivelser, hvor det er mange konkurrerende lyskilder, ha høyere folieklasse (klasse 3) enn skilt i landlige omgivelser (klasse 1).

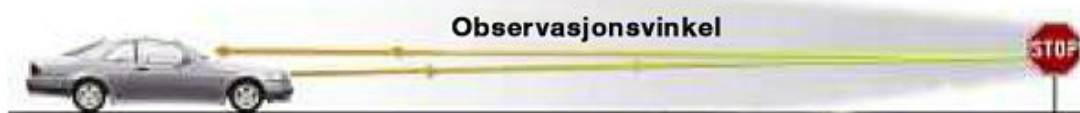
16.2.2 Plassering og oppsetting av trafikkskilt

Et trafikkskiltoppsett består av:

- Skiltet (skiltbudskapet - skiltansiktet)
- Oppsettingsutstyret (stolper, master, halv- og helportaler)
- Fundamenter (prefabrikkerte betongfundamenter, plaststøp, fjellfeste og stålspyd)

For at trafikkskiltene skal kunne leses, må de være synlige både i dagslys og mørke.

Observasjonsvinkel:



Innfallsvinkel:



Figur 16.1 Det er strølyset fra kjøretøyenes billykter som gjør at skiltene er synlige i mørke

Det er strengere krav til minste leseavstand på vegger med høyere fartsnivå (utenfor tettbygd strøk) enn det er på vegger med lavere fartsnivå.

De viktigste årsakene til at det er stilt strengere krav ved høyere fart er at tiden til disposisjon for å lese og oppfatte skiltbudskaper er kortere. Samtidig er det behov for informasjonen tidligere på grunn av lengre reaksjons- og bremsestrekning.

Derfor er også kravene til frisikt foran trafikkskiltene større på vegger med høyere hastigheter. Eksempel på drift og vedlikeholdsoppgaver for å opprettholde frisikt fram til skiltene er å rydde i vegetasjon, brøytekanter og snøskavler eller andre fysiske ting som hindrer sikten frem til skiltet.

Skilt skal være lesbare for de trafikantene de gjelder for. Krav til frisikt (m) foran skiltet er som følger (gjelder også vegetasjon og snøopplag):

Fartsgrense	Vegvisningskilt	Andre skilt
50	100 m	70 m
80	140 m	110 m



Figur 16.2 Eksempel på vegetasjon som hindrer frisikt frem til skiltet (Foto: Bjørn Skaar)

Skiltene må ha en teknisk standard som gjør at trafikantene får tillit til skiltingen, og være slik utformet at trafikantene også forstår budskapet som gis.



Figur 16.3 Eksempel på en god teknisk utførelse (Foto: Bjørn Skaar)

Før plassering og oppsetting av skilt i marken skal det angis:

- Om skiltet skal være sideplassert eller montert over kjørefeltene (portal)
- Krav til frisikt frem til skiltet (hastighet)
- Avstand fra vegkant
- Høyde over vegkant
- Valg av oppsetningsutstyr til stolper eller mast
- Tekniske krav til utstyrets egenskaper ved påkjøring (deformasjon/avskjæring)
- Skiltstørrelser og teksthøyder på vegvisningskilt
- Valg av refleksfolie (skiltfolie), eventuelt bruk av en annen type skilt
- Type fundament

16.2.3 Drift og vedlikehold av skilt

Utskifting av skilt som følge av alder

For at skilt skal kunne virke etter hensikten må de fungere godt både i dagslys og i mørke. Det er derfor viktig å skifte ut gamle skilt når skiltfoliens tekniske tilstand har blitt for dårlig. I tillegg til at de reflekterende egenskapene reduseres ved elde, vil også trykkfargene som anvendes i folien falmes over tid og redusere skiltets lesbarhet.

På bakgrunn av erfaringer anbefales følgende utskiftingsintervall på skilt som følge av aldring:

Folieklasse	Levetid
Klasse 1	10 år
Klasse 2	14 år
Klasse 3	16 år

Kontroll av skilts synbarhet gjøres best i mørke. Skilt som fungerer i mørke vil sannsynligvis også fungere i dagslys. Utvikling av mobilt måleutstyr vil etter hvert gjøre skiltkontroll både mer effektiv og objektiv i den forstand at lystekniske grenseverdier for folienes funksjon vil være avgjørende for om skiltet må skiftes eller ikke.



Figur 16.4 Skiltets folie er falmet og har så dårlig refleks at det ikke fungerer verken i dagslys eller mørke (Foto: Bjørn Skaar)

Andre viktige drifts- og vedlikeholdsoppgaver:

- Fjerne snø og vegetasjon som hindrer frisikt mot skiltene
- Oppretting, utskifting og reparasjon av skadde skilt, stolper, fundament o.a. skiltutstyr
Undersøkelser som er gjort, viser at det er brøyteskader fra vinterdriften som er den dominerende årsaken når det gjelder skiltskader. Det er derfor viktig at skiltets

plassering og valg av oppsettingsutstyr vurderes også i lys av dette. Man kan unngå skader ved å flytte skiltet lengre fra vegen. Personell som utfører vinterdriften må også vise varsomhet ved passering av skilt ved snørydding.



Figur 16.5 Skilt som er skadet (Foto: Bjørn Skaar)

Påkjørselskader, hærverk, tagging og skuddmerker på skiltplatene er også kjente skadehendelser på skiltparken.

- Rengjøring av skilt – fjerning av snø, smuss, rim, møkk o.a. som hindrer skiltene i å være synbare/lesbare

Vasking og rengjøring av skilt bør utføres regelmessig for at skiltene skal kunne virke etter sin hensikt. Vaskefrekvensen vil avhenge av bl.a. trafikkmengde, værforhold, snø som fester seg på skiltet etter snøbrøyting, salting m.m. I tunneler og langs sterkt trafikkerte veger er det nødvendig å rengjøre skiltene oftere. Dette gjelder særlig om vinteren da søle, møkk, piggdekkstøv, snø m.m. fester seg til skiltflatene.



Figur 16.6 Behov for rengjøring (vask) av skiltet (Foto: Bjørn Skaar)

- Utskifting av lyspunkter/pærer der skilt er kunstig belyst

16.3 Vegoppmerking

16.3.1 Typer og krav

Vegoppmerking benyttes for å:

- Lede trafikken; ved angivelse av kjørebane og kjørefelt vises vegens videre forløp
- Regulere trafikken
- Varsle trafikantene om farlige eller spesielle forhold ved vegens geometri
- Supplere informasjon gitt ved trafikkskilt

Vegoppmerkingsystemet består av:

- Langsgående linjer (f.eks. kantlinjer, midtlinjer, skillelinjer)
- Tverrgående oppmerking (f.eks. gangfelt)
- Symboler og tekst (f.eks. piler og vegnummer)

Langsgående oppmerking som skiller mellom motgående trafikktretninger skal ha gul farge. All annen oppmerking er hvit.



Figur 16.7 Langsgående oppmerking; gule midtlinjer og hvite kantlinjer
(Foto: Bjørn Skaar)

For oppmerking av vegdekker brukes ulike materialer:

- Termoplast tykkelse ca. 2,0 – 3,0 mm
- Sprayplast tykkelse ca. 1,0 – 1,5 mm
- Vannbasert maling tykkelse ca. 0,4 mm

Anvendelsen av de ulike typene avhenger av hvor utsatt oppmerkingen er for slitasje, mekaniske påkjenninger m.m.

Tekniske krav – en funksjonell vegoppmerking må:

- Være synbar ved kjøring i dagslys
- Være synbar ved kjøring i mørke ved våt og tørr vegbane
- Gjengi korrekt fargegjengivelse (gul og hvit)
- Ha tilstrekkelig friksjon
- I tillegg er vibrasjon/støy ved overkjørsel en egenskap som etterlyses i stadig større omfang.

Vegoppmerkingsens funksjonelle egenskaper dokumenteres bl.a. ved lysteknisk måleutstyr.

16.3.2 Viktige oppgaver knyttet til drift og vedlikehold av vegoppmerking

Ny oppmerking etter dekkefornyelse

Etter avsluttet dekkefornyelse skal alle langsgående linjer være utført senest innen:

- 3 dager på veger med ÅDT* > 20 000
- 1 uke på veger med ÅDT > 5000
- 2 uker på veger med ÅDT ≤ 5000

* ÅDT = årsdøgntrafikk

På veger hvor vegoppmerkingen er spesielt viktig, bør oppmerkingen helst utføres umiddelbart etter dekkefornyelse. Eksempel på slike veger er 3-feltsveger hvor det kan være tvil om retningen på midtfeltet, og spesielt vanskelige kryss.

Reparasjon av eksisterende oppmerking som følge av slitasje eller mekaniske skader

Tidsfrister for reparasjon/vedlikehold av vegoppmerking på eksisterende vegdekker avhenger av type vegoppmerking og betydning. Utførelse av oppmerking med størst trafikk-sikkerhetsmessig effekt prioriteres først.

I påvente av permanent oppmerking kan midlertidig oppmerking på nye svarte vegdekker utføres med bruk av både deformerbare og ikke deformerbare midlertidige vegbane-reflektorer limt til overflaten. Det benyttes reflektorer som i mørke reflekterer lys tilsvarende fargen på den linjen den erstatter eller supplerer.

Midlertidig oppmerking og formerking

Dersom vegoppmerking etter dekkefornyelse ikke kan utføres innen tidsfristene, bør midlertidig oppmerking foretas. Dette er særlig viktig når dekkearbeidene utføres på høsten når mørke og våte nyasfalterte vegdekker gjør det særlig vanskelig å orientere seg i vegbanen og å se vegens videre forløp.

Rengjøring og feiing før reparasjon av eksisterende oppmerking

Nedsmussing er en av årsakene til at oppmerkingen ikke er synlig. Sand og støv bør fjernes så tidlig som mulig på våren. Vegbanen blir samtidig rengjort slik at reparasjoner før ny oppmerking legges får et underlag som er tilrettelagt for dette.

Slitasje på vegoppmerkingen er størst som følge av piggdekkbruk. Slitasje på midtlinjer på veger med store trafikkmengder kan være så omfattende at store deler av linjen må repareres hvert år.

Skader på vegoppmerkingen fra vinterdriften og bruk av tungt vinterutstyr (høvling) kan også være omfattende. Det viktig at de som utfører vintertjenesten er oppmerksom på dette forholdet.

Rydding av vegetasjon

Gul midtlinje gir informasjon bl.a. om siktforhold, om sikten fremover er for kort for å utføre en vanlig forbikjøring. Etablerte midtlinjekombinasjoner skal opprettholdes og skal ikke endres som følge av tilgroing langs vegnettet. Vegetasjon skal ryddes slik at trafikantene ikke får feil informasjon som følge av at siktforholdene ikke samsvarer med den midtoppmerkingen som er anvendt på strekningen.

16.3.3 Kantstolper

Kantstolper med refleks brukes som supplement til vanlig vegoppmerking og er et tiltak som bedrer den optiske ledningen og viser vegens videre forløp bedre ved kjøring i mørke og under dårlige siktforhold.

De viktigste oppgavene innenfor drift og vedlikehold av disse er:

- Vask og rengjøring
- Reparasjon og oppretting av skjeve stolper
- Utskifting av kantstolper

Vedlikehold av kantstolper kan være spesielt utfordrende i perioder. Særlig vanskelig kan det være å holde refleksen ren og synlig til enhver tid når det er snø, slaps og søle i vegbanen. Da kantstolpene står nær vegkanten og i lav høyde er de veldig utsatt for tilsmussing. Dette betyr at behov for vask og rengjøring i perioder opptrer nesten daglig.



Figur 16.8 Kantstolper med refleks

Referanser

Statens vegvesens håndbøker:

- Håndbok N302 Vegoppmerking
- Håndbok N300 Trafikkskilt (del 1 – 5)
- Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr - Tekniske krav
- Håndbok V320 Planlegging og oppsetting av trafikkskilt
- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av veier og gater

Kapittel 17 Drift og vedlikehold av elektriske anlegg

Gunnar Gjesdal, Statens vegvesen

17.1	Innledning	258
17.2	Ulykker	258
17.3	Adgang til tekniske rom, fordelinger, sikringsskap og andre elektriske styreskap	259
17.4	Beredskap – elektriske anlegg	261
17.5	Forebyggende vedlikehold	261
17.6	Drift og vedlikehold av elektriske anlegg i tunneler	262
17.6.1	Tekniske rom	262
17.6.2	Strømforsyningsanlegg med tilhørende fordelingstavler	262
17.6.3	Nødstrømsanlegg	262
17.6.4	Jordingsanlegg	263
17.6.5	Føringsveger, kabelbruer, kabler og festeutstyr	263
17.6.6	Ventilasjon	263
17.6.7	Belysning	264
17.6.8	Pumper	264
17.6.9	Nødstasjon	265
17.6.10	Skilter, bommer, kjørefeltsignaler og annet	265
17.7	Drift av elektriske anlegg i dagen	266
17.7.1	Trafikksignalanlegg	266
17.7.2	Trafikkstyrings- og overvåkingsanlegg	267
17.7.3	Vegbelysning	267
17.8	Lovverk	268
	Referanser	269

17 Drift og vedlikehold av elektriske anlegg

17.1 Innledning

Et moderne samfunn er helt avhengig av elektrisitet. I en eller annen form inngår elektrisitet i alle aktiviteter i samfunnet og konstruksjonen av alle byggverk, strukturer og installasjoner i samfunnet har eksistensen av elektrisitet som forutsetning. For landets veger og konstruksjoner gir elektrisitet oss mulighet til å belyse, styre og overvåke trafikkfarlige områder som veganlegg i nærheten av byer og tettsteder, kryss og ramper, tunneler, underganger, fergekaier og bruer. Avhengigheten av elektrisitet gjør oss sårbare og derfor er fokus på drift og vedlikehold av elektriske anlegg og systemer nødvendig.

Omhandling, betjening og forvandling av elektrisitet er delt inn i en rekke fagfelt, de største faggruppene som Statens Vegvesen er avhengig av er Automasjon-, Elektriker- og Ekomfaget. Regulerende myndigheter er *Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB)*, og *Nasjonal kommunikasjonsmyndighet*. De mest grunnleggende rammeverk for elektrofagene er normsamlingene fra *Norsk Elektroteknisk Komite, NEK400* og *NEK700*.

Svært ofte får elektro et grensesnitt mot maskindirektivet og maskinforskriften, det gjelder blant annet for ventilasjonsanlegg, pumpesystemer, bomber og mekanisk variable skilt. Faget griper inn i flere andre deler av læreboken og er også omtalt i kapitlene som omhandler tunnel, belysning, skilt og kontrakter.

De fleste av Statens vegvesen sine elektriske anlegg defineres som Lavspenningsanlegg, dette er anlegg med spenning fra 0-1000 V vekselspenning eller 0-1500 V likespenning. Alt over dette defineres som høyspenningsanlegg og benyttes stort sett i energiselskapenes fordelingsnett. Ekomanlegg er svakstrømsinstallasjoner hvor elektrisiteten brukes til overføring av signaler som lyd, tekst, bilder og film.

Statens Vegvesen har ansvar for flere områder der det er påkrevd med Nødstrømsforsyning. Dette er områder der strømforsyning er avgjørende for helse, miljø og sikkerhet for mennesker og husdyr, eller nødvendig for å hindre alvorlige feil og ulykker. Reservestrømsforsyning er et forsyningssystem som av andre grunner enn sikkerhet, er beregnet for å opprettholde funksjon av en installasjon ved brudd i den normale strømforsyningen.

Det er eier og brukers ansvar at de elektriske anleggene til enhver tid er i forskriftsmessig stand, og at det kun benyttes firma og personell med registrering og kompetanse i henhold til forskriftene.

17.2 Ulykker

Strømulykker er potensielt meget farlige ulykker som kan forekomme overalt hvor det er strømkilder. De mest utsatte er elektrofagarbeidere på jobb og private i deres hjem, men både publikum, trafikanter og andre yrkesgrupper kan være utsatt for strømulykker. En skade som følge av strømulykke som oppfyller minst et av følgende kriterier skal til sykehus umiddelbart etter nødvendig førstehjelp.

- A. Har vært utsatt for høyspent
- B. Har vært utsatt for lynnedslag
- C. Har vært utsatt for lavspent strømgjennomgang med sannsynlig strømvei gjennom kroppen
- D. Har vært bevisstløs eller omtåket rett etter ulykken
- E. Har brannskader
- F. Har tegn på nerveskader (for eksempel lammelser)

Selv ved få tegn til ytre skade kan det ha oppstått betydelige skader av indre organer, dette betegnes som "indre forbrenning". Fallskader som følge av strømgjennomgang kan også være betydelige og overskygge strømskadene. Om man er usikker på om forulykkede har vært utsatt for noen av disse situasjonene vil det være sikrest å få vedkommende vurdert av lege.

I tillegg til berøringsfare utgjør også strålevarme fra lysbue en stor fare. Lysbue er en høytemperatur lysende elektrisk utladning over en spalte eller sprekke («gnist»), som gjerne oppstår som følge av en kortslutning. Temperaturen i en lysbue kan bli på flere tusen grader, avhengig av strøm, spenning og metalltype. En lysbue kan dermed medføre store skader på personer eller utstyr som befinner seg i nærheten, og kan forårsake kraftige branntilløp. En lysbue produserer store mengder varme som blir synlig ved at luften rundt blir opphetet og går over til plasma. De elektriske strømmene vil i tillegg ta korteste vei mellom lysbuens ytterpunkter, noe som kan medføre store strømmer gjennom kroppsdeler med påfølgende kramper, forstyrrelse av hjerte og lungefunksjon, og død.

17.3 Adgang til tekniske rom, fordelinger, sikringsskap og andre elektriske styreskap

På grunn av faren ved berøring og kortslutning er det fastsatt kompetansekrav for adgang til elektriske fordelingstavler og rom der det kan oppnås kontakt med spenningsførende deler. Adgang skal være skiltet på dører og liknende. Vi skiller mellom:

BA1: Ikke sakkyndig personell

BA4: Instruert personell:

Personer som er tilstrekkelig instruert eller eventuelt overvåket av sakkyndig person slik at han eller hun er i stand til å oppfatte risiko og til å unngå fare som følge av elektrisitet. Instruerte personer skal ha årlig opplæring, instruksjon og øvelse inklusive relevante deler av *forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg(FSE)*. I tillegg skal personen følges opp av sakkyndig personell og det skal foreligge en instruks som tydelig beskriver omfang og begrensning av de oppgaver som instruert personell kan utføre uten at det reduserer sikkerheten. Virksomheten plikter å ha en oversikt over instruert personell, benevnt ved navn og hvilke anlegg vedkommende har adgang til å betjene.

BA5: Sakkyndig personell:

Personer med teknisk kunnskap og tilstrekkelig erfaring som setter dem i stand til å hindre fare pga. elektrisitet. Ingeniører og fagarbeidere iht. «forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid knyttet til elektriske anlegg og elektrisk utstyr» (fek). Det kreves årlig FSE-opplæring for sakkyndig personell.

Lavspenningsfordelinger som kan betjenes av BA1 personell har noen tilleggskrav iht *NEK 439 A-del 3*:

- Matende vern skal maksimalt være 250 A. Dette vernet skal ikke være tilgjengelig for BA1 personell
- Utgående vern skal være automatsikringer og maksimalt 125 A
- Krav til kapslingsgrad er IP2XC
- Fordelingen skal være bygget i samsvar med *NEK 439-3*.

For andre tavler er kravet instruert (BA4) eller sakkyndig (BA5). Slike tavler skal være avlåst slik at det ikke er adgang for annet personell.

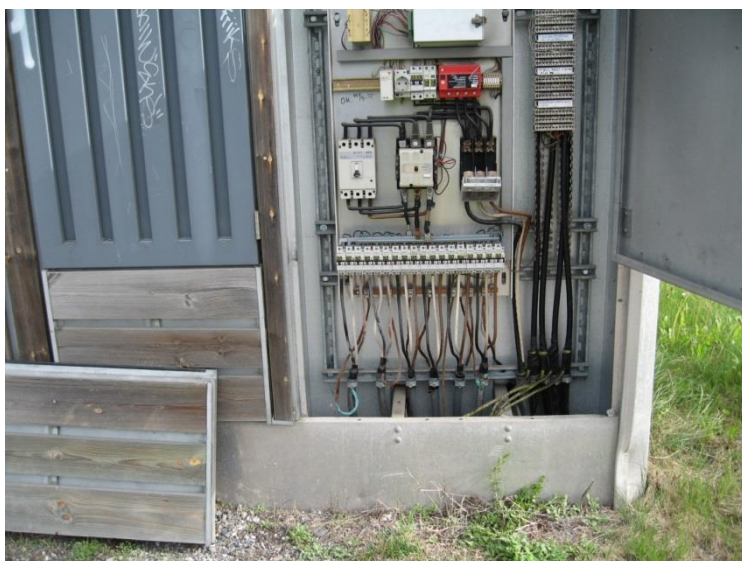
(BA1) personell har ikke anledning til å betjene effektbrytere og knivsikringer.

(BA1) personell har ikke adgang til batterirom med installert batterieffekt over 100Ah.



Figur 17.1: Eksempel, skilt på dører til teknisk rom.

Fordelingstavler og sikringskap kan også være plassert i energiselskapets eller everkets anlegg med tilhørende fare for berøring eller skade av eller på høyspentanlegg. Energiselskapene krever som regel ekstra opplæring for adgang i sine anlegg. Det er et vesentlig kontraktskrav at elektroentreprenøren kan tilegne seg denne kompetansen og kvalifiserer for adgang.



Figur 17.2: Eksempel på fordeling til veglys i nettselskapets anlegg.
Foto: Statens Vegvesen.

17.4 Beredskap – elektriske anlegg

I kontrakter for drift og vedlikehold av elektriske anlegg settes det krav til planlegging, organisering og beredskap for uforutsette hendelser beskrevet nærmere i HB R610. For mer om kontrakter, se eget kap. 3.

Det er, som for driftskontrakter, spesifikke krav til tilgjengelighet av personell og utstyr for hvert stedsangitte beredskapssted i kontraktene. På hendelsessteder for trafikkulykker er det som regel nødetatene eller driftsentreprenøren som når først frem til ulykken og som tar seg av sikring av skadested, områdesikring og trafikkavvikling. Elektroentreprenøren skal gjennomføre tiltak som sikrer publikum og utrykningspersonell mot berøringsfare og andre farlige forhold og sikrer objekter mot ytterligere skade. Uforutsette hendelser, skader, utrykninger og hvilke tiltak som blir gjennomført, skal dokumenteres og rapporteres til byggherre. Videre skal beredskap og ressurser stilles til rådighet for å ivareta en rekke funksjonsoppgaver, vanlige arbeidsoppgaver og mulige avvik som erfaringsmessig vil oppstå. Feilretting av innmeldte avvik skal ofte startes senest 24 timer etter innmeldelse.



Figur 17.3: Eksempel på skadested, Foto: Statens Vegvesen.

17.5 Forebyggende vedlikehold

Foruten beredskap er forebyggende vedlikehold den viktigste oppgaven i en drifts og vedlikeholdskontrakt. Vi utøver forebyggende vedlikehold på flere måter, blant annet gjennom internkontroll for elektriske anlegg, termografering av fordelingstavler, inspeksjoner, periodiske kontroller og funksjonstester.

Internkontroll utføres normalt 2 ganger i hver kontraktperiode og er en omfattende tilstandsvurdering av hele det elektriske anlegget. Det benyttes egne skjema og føringstabeller spesielt utviklet for elektroanlegg i Statens vegvesen. Se også kapittel om tunneler, kap. 7 og kontrakter, kap 3.

Termografering av fordelingstavler utføres for å avdekke skjulte feil før de får alvorlige konsekvenser. Denne metoden gir en stor HMS gevinst ved at temperaturmåling av komponenter kan utføres på en sikker måte uten behov for direkte berøring på eller nær ved spenningsførende deler. Termografør skal være sertifisert av sertifiseringsinstitusjon iht *NEK 405-1* og det utarbeides en rapport som skal vise oversikt over feil med detaljbilder.

For periodiske kontroller, inspeksjoner og funksjonstester er det er gitt faste krav til intervaller i *HB R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger*. Funksjonstester og kontroller skal i tillegg alltid utføres i henhold til beskrivelsen fra leverandøren av utstyret. Det er viktig at entreprenøren setter seg inn i utstyrets funksjon, rekkevidde og omfang før funksjonstester utføres og at Vegtrafikksentralen (VTS) varsles slik at man er observant på utilsiktede alarmer, og at automatisk utstyr ikke blir overstyrt som kan medfører fare for operatører og montører.

17.6 Drift og vedlikehold av elektriske anlegg i tunneler

Flere element er også omtalt i eget kapittel om tunnel (kap. 7). Til tunnelutstyr inngår også utstyr som er direkte relatert til tunnelen og dens drift selv om det er plassert i dagen, slik som bomber, veglys, kjørefeltsignal, pumper og annet.

17.6.1 Tekniske rom

Tekniske rom, slik som tavlerom, telerom, radiatorom, UPS og batterirom, aggregatrom og annet må kontrolleres innvendig for synlige skader. Brannetninger, datagulv og dørkplater må kontrolleres. Rom med installasjoner og utstyr må sjekkes for spor etter skadedyr og temperatur og fuktighet må kontrolleres. Temperatur i tekniske rom uten klimaanlegg skal være under 25° C, med klimaanlegg skal temperaturen normalt være i området 15 – 18°C. Samtidig med tester og kontroller tas deksler av og filtre rengjøres eller skiftes ut, videre må nivå på kjølevæske for klimaanlegg kontrolleres og etterfylles, eventuelt må anlegget luftes. Teknisk rom skal ikke benyttes som lager av hverken elektriske komponenter eller annet utstyr og gjenstander skal fjernes hvis de ikke naturlig hører til rommet. Dør, hengsler, pumper og låser skal også vedlikeholdes.

17.6.2 Strømforsyningsanlegg med tilhørende fordelingstavler

Strømforsyningsanlegg skal sikre framføring av strøm til alle elektriske anlegg og funksjoner i tunnel. Ved feil i strømforsyning til tunnel skal netteier eller driftssentral varsles umiddelbart. Kontroll av kraftfordelingssystem i tekniske rom skal normalt omfatte:

- Alarmer.
- Kursutfall.
- Overspenningsvern.
- Lastfordeling og strømtrekk.
- Lukt.
- Varmgang.
- Rengjøring.
- Spor etter skadedyr.

17.6.3 Nødstrømsanlegg

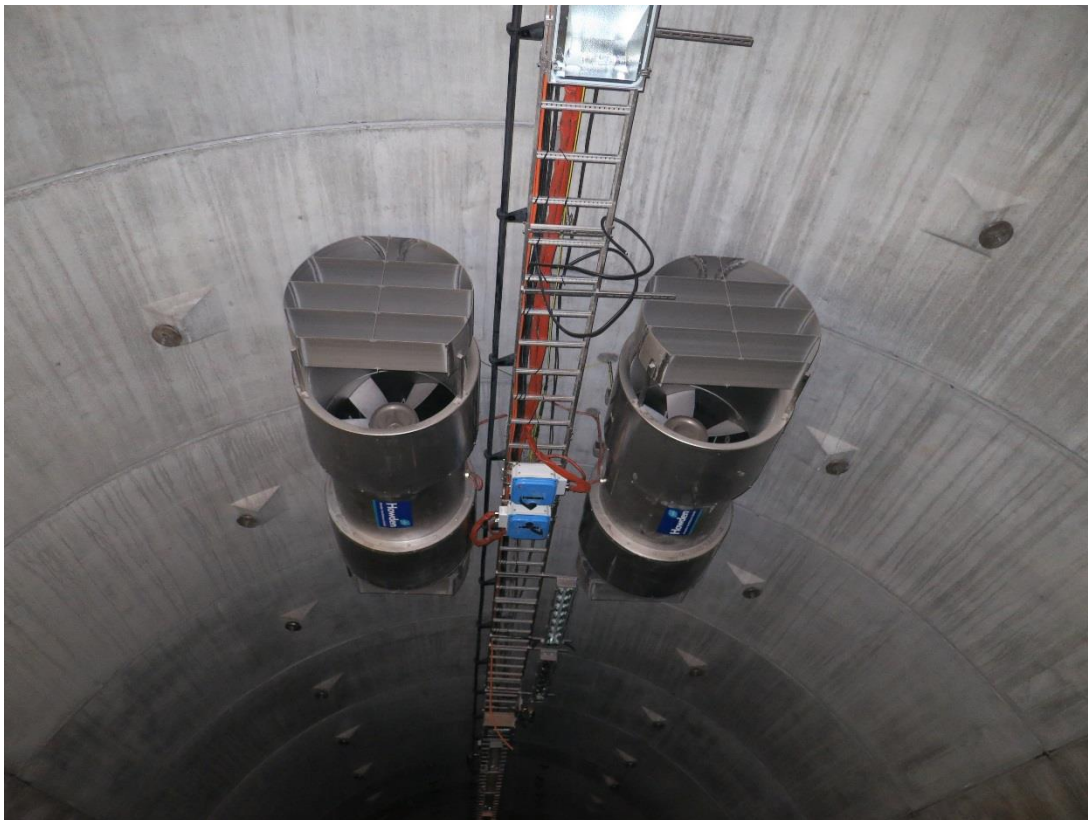
Nødstrømsanlegg skal sikre strøm ved bortfall av nettstrøm. UPS anlegg, By-pass brytere, Batteripakker og batteribrytere skal kontroll og funksjonstestes. For anlegg hvor status for UPS angis i overvåkingssystemet på VTS, må også dette kontrolleres.

17.6.4 Jordingsanlegg

Jordingsanlegg skal beskytte teknisk utstyr mot atmosfæriske overspenninger samt feil i elektriske anlegg ved å lede overspenninger til jord. Jording og utjevningsforbindelser på kabelbru og mellom kabelbru og nærliggende utstyr, skal kontrolleres mhp synlige feil, skader eller mangler. Ved manglende dokumentasjon på anleggets jordingsanlegg eller ved mistanke om store udokumenterte endringer i anlegget anbefales det å kontrollere anlegget iht *NEK 400 del 6*.

17.6.5 Føringsveger, kabelbruer, kabler og festeutstyr

Føringsveier til elektriske anlegg slik som trekkerør, kabelgrøfter, kabelstiger, kabelkanaler osv., er en del av den elektriske installasjonen og omfattes av tilhørende regelverk. Føringsveger skal sikre trygg og beskyttet forankring og plassering av kabler samt sikker og god tilgjengelighet. Det skal gjennomføres kontroll av kabelbru og innfesting til alt utstyr på kabelbru med hensyn på korrosjon og andre synlige feil, skader eller mangler. Det skal gjennomføres kontroll av alle oppheng, festemateriell og bolter for teknisk utstyr, inkludert oppheng i tak.



Figur 17.4: Kabelstige og tunnelvifter, Foto: Statens Vegvesen.

17.6.6 Ventilasjon

Ventilasjonsanlegg faller i tillegg til elektrotekniske lover og forskrifter også innunder maskindirektivet og maskinforskriften. Ventilasjonssystemet skal ventilere tunnel ved brann ved å styre ventilasjonen i forutbestemt retning. Det skal også sikre akseptabel luftkvalitet for trafikanter, og for personell ved å holde konsentrasjon av CO, NO₂ samt siktreduserende forurensning under foreskrevne grenseverdier. Det må utføres kontroll på vifter, servicebrytere og støydemperer enkeltvis for hver vifte og i tillegg skal alle funksjoner kontrolleres mot

styrings- og overvåkingssystemet lokalt og på Vegtrafikksentralen (VTS). Før kontroller og funksjonstester er det viktig å gå igjennom ventilasjonssystemet som helhet for å forstå funksjoner og hindre utilsiktet start med de farer som det kan medføre.

Følgende skal kontrolleres og utføres:

- Viften går i riktig retning.
- Ulyder og vibrasjoner skal registreres.
- Kabel og oppheng skal kontrolleres mhp mekaniske skader og korrosjon, galvanisering skal påføres hvis behov.
- Spjeld og luftrettere.
- Opphengsbolter, vibrasjonsdempere, gittere og vifteblad skal kontrolleres for synlige skader og løse bolter trekkes til.
- Smøring skal foretas i henhold til leverandørens spesifikasjoner
- Elektrisk anlegg knyttet til hver enkelt vifte skal kontrolleres med isolasjonsmåling, måling av spenning og strøm, og kontroll av vern.

I tillegg må CO-/ NO-/ NO₂- målere, siktmålere, vindmålere og andre målere også kontrolleres, rengjøres og kalibreres.

17.6.7 Belysning

Se også eget kapittel om belysning (kap.18) og kapittel om tunnel (kap.7). Lyskilder fotoceller, luminansmålere og detektorer skal funksjonstestes. I tillegg må det kontrolleres at sikkerhetsbelysning og ledelys (rømningslys) aktiveres ved bortfall av strøm og at alle lyskilder i nisjer og tekniske rom fungerer som forutsatt. Det foretas i tillegg serieskift for all belysning i gitte sykluser ut fra forventet levetid og lyskildes brenntid. Ved utskifting av selve armaturen foreligger det utstyrskrav ut fra tunnelklasse rangert fra A til F. Det er krav til at lysrør i konvensjonelle armaturer for ordinær belysning skal ha lysfarge 840 og minimum 60 000 timer levetid. Lyskilder skal gi minimum 80 % lysutbytte ved -10 °C. Ved bytte av lyskilder byttes også eventuelle tennere, glass/reflektor vaskes inn- og utvendig med egnede vaskemidler og pakninger smøres.

17.6.8 Pumper

Det er en stor mengde pumpesystemer og enkeltstående pumper både i og utenfor tunneler og det må foretas måling av pumpemotorers isolasjonsresistans og spenning. Det må også kontrolleres at ingen sikringer eller vern er falt ut og ved feil på pumper skal feilretting startes umiddelbart. Det må videre kontrolleres at vannstand er riktig i forhold til innstilte verdier og melding i overvåkingssystemet på VTS og driftsmeldinger til driftssentral kontrolleres ved:

- Lav vannstand
- Ved kritisk høyt nivå
- At oljeføler reagerer på olje
- At gassføler reagerer på bensindamp
- Når støpsel til varmføler på pumper trekkes ut

Ventiler, oljekammer og oljeutskiller skal også kontrolleres og alle pumper skal kjøres manuelt for å oppdage eventuelle ulyder og vibrasjoner. Startsignal skal aktiveres slik at pumpen starter i auto og eventuelt andre alarmfunksjoner mot VTS skal simuleres og kontrolleres. Alle kritiske nivåvipper, alarmer etc. kontrolleres samt at tilbakeslagsventiler fungerer. Pumpevedlikehold skal utføres og kontroll av trykktank og trykkrør skal utføres av personell med kompetanse og

utstyr for røntgen-, ultralyd-, magnaflux- og penetrattesting. Rør for trykkmåler skal spyles og funksjonen til nivåvakter skal kontrolleres. Alt utstyr må holdes rent og slamsugning utføres ved behov.



Figur 17.5: Pumpeanlegg i tunnel, Foto: Statens Vegvesen.

17.6.9 Nødstasjon

Nødstasjoner med tilhørende utstyr slik som dører, nødstyreskap, brannslukkere og varmelement rengjøres og kontrolleres. Alarm til overvåkingssystemet på VTS kontrolleres og funksjonstestes. Mekaniske givere vedlikeholdes slik at de går lett og ledig og har stabil funksjon. Utskifting og service av brannslukkere er også normalt å ta med i elektroarbeidene, videre kontrolleres og justeres dører og dørautomatikk slik at alarmer ikke utløses utilsiktet.

17.6.10 Skilter, bommer, kjørefeltsignaler og annet

Skilt er omtalt i eget kapittel (kap.16) men også her er det en del som går på strøm og som må behandles deretter. Som for ventilasjonsanlegg er både mekanisk variable skilt, bommer og en del annet utstyr en del av en større maskin. Før utførelse av drift og vedlikeholdsarbeid er det svært viktig at servicebrytere slås av slik at det ikke kan forekomme utilsiktet start og liknende med påfølgende klemfarer m.m. Som for alt annet styrings og overvåkingssystem skal også variable skilter og bommer funksjonstestes lokalt fra utstyrets elektronikk og fra VTS. For fiberoptiske skilt og LED-skilt skal bakgrunnsskjerm og evt. solskjerming kontrolleres samt at alle posisjoner for hvert enkelt skilt fungerer, ødelagte bolter/nagler o.l i innfesting/opphengssystem erstattes eller repareres. Bommer skal hindre eller sperre for uønsket gjennomkjøring og lede trafikken ved endret kjøremønster. Hvert år etter endt vintersesong og før neste vintersesong skal alle bommer rengjøres, kontrolleres og funksjonstestes og alle feil og skader utbedres. Kontroll omfatter:

- Motoranleggets isolasjonsresistans og spenning
- Servicebryter
- Kabelforbindelser og koplinger
- Bomarm
- Remhjul for motor og gir
- Drivrem
- Horisontale og / eller vertikale posisjonsbrytere
- Clutch
- Balansefjærer
- Mekaniske forbindelser og deler smøres
- Detektorsløyfer og detektorforsterker
- Blinksignal / ledelys
- Brytepinne/slurekobling på bom
- Dørlåser skal smøres.
- Innfesting til faste skilt på bomarm, skruforbindelser etterstrammes.

I tillegg må nedfeste sløyfer for registrering av bil under bom, detektorsløyfer og detektorforsterkere kontrolleres.

Annet elektrisk utstyr i tunnel:

Kjørefeltsignaler, vekselblinkere og rødt stoppblinksignal m.v. skal bidra til sikker, effektiv og forutsigbar/ensartet avvikling av trafikken med minimal forsinkelse for trafikantene ved å varsle, lede og styre trafikantene på ensartet og konsekvent måte samt gi prioritet til utvalgte trafikantgrupper.

ITV anlegg med tilhørende kameraer skal gi informasjon om trafikk- og føreforhold for styring av trafikken og informasjon til trafikantene ved å registrere, lagre og overføre bilde av trafikksituasjon og føreforhold.

Til radiokommunikasjon og kringkastingsutstyr hører også antenner, master og kabler. Radio skal gi vegtrafikksentralen og redningsetatene muligheter til å varsle og gi instruksjoner til trafikantene i tunnelen via radioinnsnakk ved hendelser (brann, ulykker og andre hendelser) i eller ved tunnel.

17.7 Drift av elektriske anlegg i dagen

Funksjonssikkerheten til elektrisk utstyr i dagen kan i noen tilfeller være mindre kritisk for sikkerheten til trafikantene enn i en tunnel, men det er svært mye forskjellig utstyr i våre anlegg som gjør vedlikeholdsarbeid krevende. Vi har blant annet trafikksignalanlegg, trafikkstyrings og overvåkningsanlegg som kan inkludere ATK, fartsvisningstavler og værstasjoner. Vi har vegbelysningsanlegg, skredvarslingsanlegg, ferister, varmekabelanlegg, pumper og bomber. I tillegg kommer elektriske anlegg i bygninger som spenner ifra egne kontorbygg og vegstasjoner med utstyr til offentlig toalett ved rasteplasser.

17.7.1 Trafikksignalanlegg

All styring, parametersetting og annen konfigurering slik som grenseverdier, startverdier, vekslingstider etc. på signalanlegg foretas av eller i samråd med byggherre. Feil som kan oppstå er f.eks.:

- Gul blink på grunn av tekniske feil
- Signalhoder som er vridd ut av stilling
- Nedkjørte stolper

Renhold skal utføres minimum en gang per år, og alle lyskilder byttes i henhold til gitt syklus.

17.7.2 Trafikkstyrings og overvåkingsanlegg

Tilhørende utstyr til trafikkstyring og overvåkning blir normalt styrt og overvåket fra VTS gjennom spesifikke styrings- og overvåkingssystemer. Grensesnittet går mellom kommunikasjonsenhet ute og linjeleverandørens kommunikasjonslinje til sentralt styrings- og overvåkingssystem. Utstyr som kan være inkludert er:

- Overvåkingskamera, ITV
- ATK.
- Fartsvisningstavler.
- Værstasjoner.
- Trafikktellepunkt.
- Rødt stoppblinksignal/bommer.
- Variable skilt.

17.7.3 Vegbelysning

Se også kapittel om belysning, kap. 18. Vegbelysning skal bidra til økt kjørekomfort, bedre fremkommelighet og trafikkikkerhet. Vegbelysningen skal også bidra til å øke den allmenne trivsel ved ferdsel mørket og ved dårlig sikt ved å øke synsinformasjonen og komfort for alle som ferdes på og langs veien.

Det er svært viktig at det gjøres nødvendige tiltak for å unngå at integrerte anlegg med felles tennsystem spenningsettes mens personer arbeider på anlegget og det vises alltid til *Forskrift om Sikkerhet ved Elektriske anlegg (FSE)*. Ved utskifting av materiell skal det benyttes utstyr av samme kvalitetskrav og tilnærmet lik design. Det kan også bli stilt ekstra krav til bruk av påkjøringsikkert utstyr. For eksempel krav til bruk av avskjæringsledd eller deformasjonsmaster

Defekt vegbelysning på steder av stor trafikkikkerhetsmessig betydning som for eksempel ved gangfelt, plankryss og busstopp, skal utbedres innen 24 timer, videre:

- Utfall av hele kurser, det vil si sikringsutfall skal utbedres innen 24 timer.
- Manglende eller skadet masteløkk som kan medføre berøringsfare av elektrisk ledende komponenter skal erstattes innen 24 timer.
- Defekt vegbelysning for øvrig (enkelstående lamper) skal utbedres innen 1 uke.
- Armaturer ute av stilling som medfører redusert funksjon skal utbedres innen 4 uker.
- Mast som er skjev, skal rettes opp innen 4 uker.

Ved etablering av nye veglysanlegg er dokumentasjonskravet som minimum:

1. Rapport fra risikovurdering med veiledning
2. Kursfortegnelse, anleggsdokumentasjon
3. Rapport fra sluttkontroll med veiledning
4. Erklæring om samsvar med veiledning
5. Utstyrsdokumentasjon

Utstyrsdokumentasjonen av viktighet for eier, drift av anlegg og eventuelt senere utvidelser skal overleveres til oppdragsgiver. Utstyrsdokumentasjon kan blant annet være tavledokumentasjon, varmedokumentasjon, lysdokumentasjon og styredokumentasjon.

17.8 Lovverk

- Lavvoltsdirektivet
- Maskindirektivet
- EMC-direktivet:
- Forskrift om elektroforetak og kvalifikasjonskrav for arbeid knyttet til elektriske anlegg og elektrisk utstyr, FEK
- Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg, FSE
- Forskrift om elektrisk lavspenningsanlegg, FEL
- Forskrift om elektrisk forsyningsanlegg, FEF
- Forskrift om autorisasjon for virksomhet som utfører installasjon og vedlikehold av elektronisk kommunikasjonsnett, Autorisasjonsforskriften
- Forskrift om Elektrisk Utstyr FEU
- Forskrift om maskiner.
- Norsk Elektroteknisk Norm, NEK 400
- NEK EN 60204-1
- NEK EN 60439
- NEK EN 61439

Referanser

- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap: www.dsb.no
- Norges standardiseringsforbund: www.standard.no
- Nasjonal kommunikasjonsmyndighet: www.nkom.no
- Arbeidstilsynet: www.arbeidstilsynet.no
- Lover, forskrifter: www.lovdata.no
- REN: www.ren.no
- Hb. N100 Veg- og gateutforming
- Hb. N200 Vegbygging
- Hb. N500 Vegtunneler
- Hb. R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger
- Hb R761 og R762 Prosesskode 1 og 2
- Hb. R763 Konkurransgrunnlag
- Hb. N303 Trafikksignalanlegg
- Hb. N300 Trafikkskilt
- Hb. V499 Bruprosjektering
- Hb. R512 HMS ved arbeid i tunneler
- Hb. V124 Teknisk planlegging av veg- og gatebelysning

- For at alt arbeid på eller langs veg må man være kjent med innholdet i håndbok N301.

Kapittel 18 Belysning

Per Ole Wanvik, Statens vegvesen

18.1	Innledning	272
18.2	Krav om opprettholdt belysningsnivå	272
18.3	Anbefalte gruppeskiftintervaller og vedlikeholds faktorer for vegbelysning ..	272
18.4	Lystilbakegang i LED-armaturer	273
18.5	Drift og vedlikeholds kontrakter for veg- og tunnelbelysning	274
18.6	Utbedring av belysningsanlegg	275
18.7	Lyse tunnelvegger og renhold av lysarmaturer og vegger i tunneler	275
18.8	Fotoceller og luminansmålere	276

18.1 Innledning

Ved drift og vedlikehold av veg- og tunnelbelysningen skal belysningens kvalitet opprettholdes over belysningsanleggets levetid. Kvalitetskravene er gitt i Statens vegvesens vegnormaler, håndbok nr. N100 for vegbelysning og håndbok nr. N500 for tunnelbelysning. Dessuten er alle krav med utfyllende veiledning gitt i belysningsveilederen, håndbok nr. V124.

De viktigste kravene til vegbelysningen er krav til

- Belysningsnivået på kjørebanen og andre arealer som skal belyses
- Belysningens jevnhet
- Blendingsbegrensning for lyset fra armaturene

For tunnelbelysning er det i tillegg satt krav til lysnivå på tunnelveggene i 2 m høyde.

18.2 Krav om opprettholdt belysningsnivå

Det påkrevde belysningsnivået skal være opprettholdt gjennom hele belysningsanleggets levetid. Derfor må et nytt belysningsanlegg overdimensjoneres for å tåle en viss lystilbakegang over levetiden, som følge av lyskildens aldring, armaturenes aldring og utvendig tilsmussing av armaturglassene. I lysberegningene må det legges inn en faktor som reduserer det beregnede lysnivået slik at det er rom for den nevnte lystilbakegang uten at lysnivået med tiden blir for lavt. Denne faktoren kalles vedlikeholdsfaktoren. En vedlikeholdsfaktor på 0,7 betyr at det gis rom for 30 % lystilbakegang. For at ikke lystilbakegangen skal bli for stor, må lyskildene byttes og armaturene rengjøres med visse mellom. Et unntak er LED-armaturer, som i de fleste tilfeller ikke er konstruert slik at det er mulig eller hensiktsmessig å bytte ut lyskildene, dvs. LED-panelene.

Vedlikeholdsfaktoren ble tidligere satt til 0,8 for vegbelysningsanlegg og 0,75 for tunnelbelysning. Målinger har vist at dette ikke er godt nok, særlig ikke i tunneler. Erfaringene har vist at belysningsnivået ofte blir for lavt før lyskilden blir byttet og armaturene blir vasket. Ulike lyskilder har ulik lystilbakegang, ulike omgivelser og ulike trafikkforhold medfører ulik grad av tilsmussing, og renholdsrutinene varierer og påvirker belysningsnivået sterkt. Vedlikeholdsfaktoren må derfor fastsettes særskilt for hvert belysningsanlegg i samråd med vegholderen, ut ifra forventet lystilbakegang, tilsmussing og renhold.

18.3 Anbefalte gruppeskiftintervaller og vedlikeholdsfaktorer for vegbelysning

Tabell 18.1 viser anbefalte gruppeskiftintervall og vedlikeholdsfaktorer for vegbelysningsanlegg med ulike lyskilder, basert på data fra to av de største lyskildeprodusentene. De to venstre kolonnene viser hvilke gruppeskiftintervaller som behøves for å unngå mer enn henholdsvis 5 % lampeutfall og 10 % lampeutfall. De tre kolonnene lengst til høyre viser anbefalt vedlikeholdsfaktor ved tre ulike forurensningsnivåer. I vedlikeholdsfaktoren er både lyskildens lystilbakegang, 5 % – 10 % lampeutfall og armaturens tilsmussing inkludert. Ved innkjøp av lyskilder må det innhentes dokumentasjon for utfall og lystilbakegang for de tilbudte lyskildene, og oppdaterte verdier fra produsentene bør benyttes.

Tabell 18.1: Gruppereskiftintervall for lyskilder ved henholdsvis 5 % utfall og 10 % utfall, og tilhørende vedlikeholdsfaktor for vegbelysningsarmaturer, relatert til områdets forurensningsnivå.

Lyskildetype	Effekt	Gruppereskift (timer)		Vedlikeholdsfaktor		
		5% Utfall	10% Utfall	Sone 1	Sone 2	Sone 3
Natrium høytrykk damp Lampe	50W	14000	17000	0,80	0,75	0,70
	70W	16000	20000	0,80	0,75	0,70
	100W	17000	21000	0,80	0,75	0,70
	150W	17000	21000	0,80	0,80	0,75
	250W	17000	21000	0,80	0,80	0,75
	400W	16000	21000	0,80	0,80	0,75
Metallhalogen keramisk	50W	7000	10000	0,65	0,60	0,55
	70W	7000	9000	0,75	0,70	0,60
	100W	10000	12000	0,80	0,75	0,65
	150W	10000	12000	0,80	0,75	0,65
	250W	7000	9000	0,80	0,75	0,70
Philips Cosmopolis	60W/728	20000	22000	0,80	0,75	0,65
	60W/840	10000	12000	0,80	0,75	0,65
	90W/728	16000	20000	0,75	0,70	0,65
	90W/840	11000	12000	0,80	0,80	0,70
	140W/728	12000	16000	0,80	0,75	0,65
	140W/840	11000	12000	0,85	0,80	0,70

- Sone 1: Områder med svært lite røyk- og støvmengder. Landlige omgivelser.
 Sone 2: Områder med middels røyk- og støvmengder. Tettsteder, bynære strøk, hovedveger med stor trafikk
 Sone 3: Områder med høye røyk- og støvmengder. Større byer, områder med stor trafikk tetthet.

I installasjoner med «gammeldags» elektromagnetisk forkoblingsutstyr må også kondensatorene skiftes ut ved hvert andre lampeskift. Hvis ikke dette blir gjort, vil strømforbruket øke. Dette problemet unngås ved bruk av elektronisk forkoblingsutstyr. Ved bruk av elektronisk forkoblingsutstyr gis lampene ideelle spenningsforhold som forlenger levetiden betydelig og reduserer effektetapet i forkoblingsutstyret med noen prosent.

18.4 Lystilbakegang i LED-armaturer

Når det gjelder armaturer med LED (Light Emitting Diodes) som lyskilde, er situasjonen annerledes enn for tradisjonelle lyskilder. Lyskilden skal ikke skiftes ut, og det er vanligvis heller ikke aktuelt å skifte ut andre komponenter. Det betyr at hele LED-armaturen må skiftes ut når levetiden er ute, dvs. når lysnivået er så lavt at kravet til belysningsnivå ikke lenger kan oppfylles. Armaturens levetid avhenger da av diodenes lystilbakegang inkludert utfall av enkelte dioder, og av tilsmussing og renhold. LED-dioder av forskjellig type kan ha svært ulike forløp av lystilbakegang, så det er viktig å få en god beskrivelse av forventet lystilbakegang fra leverandøren. Noen armaturer har Constant Light Output, CLO, hvor forkoblingsutstyret øker pådraget på diodene over tid, slik at armaturens lysytelse er konstant over hele levetiden. Forkoblingsutstyret bør da også kunne detektere og kompensere for eventuelle defekte dioder.

Lysnivået opprettholdes, men den elektriske effekten og strømforbruket øker etter hvert som lyskildene og armaturene blir eldre. Armaturenes effektforbruk og energiforbruk gjennom lysanleggets dimensjonerte levetid bør derfor dokumenteres.

For LED-armaturer uten CLO trenger vi å vite hvordan lystilbakegangen utvikler seg over tid, både for å kunne fastsette vedlikeholdsfaktoren og for å kunne beregne strømforbruket. Det bør innhentes opplysninger om forventet antall timer brenntid før lysfluksen, dvs. mengden lys ut fra armaturen, kommer ned på henholdsvis 90 % av nyverdi, 80 % av nyverdi og 70 % av nyverdi ved omgivelsestemperatur 25 grader og normal driftsstrøm for dette spesifikke lysanlegget.

I et LED belysningsanlegg vil vi få store endringer i lysutbytte/energieffektivitet og levetid dersom omgivelsestemperaturen endres, f.eks. fra 25 grader til 10 grader, eller driftsstrømmen endres, f.eks. fra 350 mA til 700 mA. Konsekvensene av slike endringer bør kartlegges ut ifra dokumentasjoner fra leverandøren og tas hensyn til ved beregning av vedlikeholdsfaktoren.



Figur 18.1 Utskifting fra Natrium høytrykk til LED i Brekk tunnel (Foto: Pål J. Larsen)

18.5 Drift og vedlikeholdskontrakter for veg- og tunnelbelysning

Statens vegvesen setter ut kontrakter til private entreprenører for drift og vedlikehold av veg- og tunnelbelysning. Oppgavene er funksjonsbaserte, og det settes krav om rutinemessige inspeksjoner med funksjonskontroll av master, armaturer, lyskilder, fotoceller og forskjellige elektriske/elektroniske komponenter. Ved pæreskift rengjøres skjermer og reflektorer. Defekt belysning på steder med stor trafikksikkerhetsmessig betydning, f.eks. ved gangfelt, skal utbedres i løpet av 24 timer. Også ved utfall av hele kurser, hele tunneler eller hvis vegbelysningen lyser på dagtid, skal feilen utbedres i løpet av 24 timer. Feilmeldinger som rapporteres til Statens vegvesen gjennom tlf.nr. 175 eller på annen måte, rapporteres umiddelbart til entreprenøren. Entreprenøren har også en vakttelefon hvor meldinger om feil kan gis hele døgnet.



Figur 18.2 Prioritert belysning ved gangfelt (Foto: Vegard Stensrød). Til høyre er belysningen skjult inne mellom greinene (Foto: Hans Sandland)

Vegetasjon som skaper skygger i armaturenes funksjonsområde skal fjernes årlig.

Ved overgangen til ny teknologi, med LED, og mer eller mindre avanserte styringssystemer, blir det nye utfordringer til drift og vedlikehold. Det kan forventes «barnesykdommer» som verken Statens vegvesens egne folk, leverandørene, konsulentene eller entreprenørene har nok erfaring til å løse rutinemessig. Dette skal ikke hindre oss i å ta i bruk ny teknologi, men vi må være forberedt på å bruke ressurser på feilretting og på oppfølging og erfaringsoverføring.

18.6 Utbedring av belysningsanlegg

Ved utbedring av eldre veg- eller tunnelbelysningsanlegg på riks- og fylkesveger er det flere muligheter for valg av omfang og valg av teknologi. Det vil være et mål å skifte ut lyskilder som ifølge EU-forordninger skal tas ut av produksjon og salg. Det vil som regel være et mål å oppnå bedre energieffektivitet og lavere strømforbruk, og da må det vurderes om det er riktig å skifte ut til LED.

Gamle belysningsanlegg er ofte bygget av kommuner, netteiere eller velforeninger. Anleggene er ofte umålte, og energikostnadene blir beregnet ut fra et bestemt antall brukstimer per år (4000 – 4100). I noen tilfeller er belysningsanleggene bygget som en del av et større nett, slik at en utskillelse vil kreve omfattende ombygging. Det er likevel et hovedmål at belysningsanleggene skal energi-måles og i størst mulig grad skilles fra andre anlegg tilhørende kommuner, nettselskaper eller andre. På belysningsanlegg som dimmes er det særlig viktig å få registrert det virkelige strømforbruket slik at strømbesparelsen blir belønnet.

18.7 Lyse tunnelvegger og renhold av lysarmaturer og vegger i tunneler

For å kunne opprettholde gode lysforhold og god trafiksikkerhet i en tunnel må lysarmaturene, tunnelveggene og fotocellene/luminansmeterne utenfor tunnelinngangen holdes reine.

Lyse vegger bidrar til et at tunnelrommet blir lysere og trafiksikkerhet blir bedre. Dessuten vil reflektert lys fra veggene bidra til at kjørebanelen blir lysere og kravet til lyshet (luminans) på kjørebanelen blir opprettholdes over belysningsanleggets levetid. Tunnelveggene og belysningsutstyret må rengjøres og holdes i orden i samsvar med de forutsetningene som lå til grunn for valg av vedlikeholdsfaktor, og for lysberegningene. I tunneler kan lystilbakegangen bare på grunn av tilsmussing av armaturene være over 30 % i løpet av ett år, og hvis vedlikeholdsfaktoren er satt for høyt, må vasken av armaturene intensiveres.

Ved vask må skitten samles opp og kjøres bort, slik at den ikke blir liggende i tunnelen og gammelt støv virvles opp og legger seg på armaturene. Svevestøvet ødelegger dessuten synsforholdene i tunnelen fordi det forårsaker spredning av lyset fra tunnelbelysningen og billysene.



Figur 18.3 Svevestøv ødelegger synsforholdene. Til høyre: Armaturene må holdes reine (Foto: Trond Larsen)

18.8 Fotoceller og luminansmålere

Fotoceller og luminansmålere benyttes for å gi inngangsdata til å styre belysningens nivå i forhold til dagslyset. Det gjelder både for vegbelysning og tunnelbelysning. Det er svært viktig at disse instrumentene holdes vedlike ved jevnlig ettersyn og kontroll. De må holdes rene, være riktig kalibrert og ha en hensiktsmessig plassering. Det må også foretas kontrollmålinger med håndholdte lysmålere for å påse at den veg- eller tunnelbelysningen som styres ved hjelp av de faste instrumentene, har et riktig nivå og tennes og slukkes til riktig tid.

Vegbelysningen skal tennes og slukkes til riktig tid, slik at trafikksikkerheten blir godt ivaretatt samtidig som strømforbruket begrenses mest mulig. Som regel styres en stor gruppe av lysarmaturer fra en sentralt plassert fotocelle. Det er svært viktig at denne fotocellen fungerer som den skal. Ofte ser vi at lyset tennes tidligere en nødvendig, og slukkes seinere enn nødvendig. Det kan skyldes at fotocellen er skitten eller er dekket av vegetasjon.

I tunnelene skal belysningen i innkjøringssonen tilpasses dagslyset utenfor, slik at overgangen fra dagslys til mørke ikke blir for brå for førerne ved innkjøring i tunnelen. Fotoceller eller luminansmålere utenfor tunnelinngangen registrerer dagslysforholdene ute og gir inngangsdata til styring av lysnivået inne i tunnelen. Ofte ser vi at lysnivået inne i tunnelen er for dårlig tilpasset det lysnivået som førerens synssystem er tilpasset før innkjøring i tunnelen. Dette kan skyldes at fotocellene utenfor tunnelen ikke fungerer som de skal, eller at den som har programmert styringssystemet ikke har lagt inn riktig lysnivå i tunnelen. Potensialet for forbedring er stort.

Kapittel 19 Bruer og kaier

Eva Rodum, Statens vegvesen

19.1	Norge – et bruland	278
19.2	Bestandighet av bruelementer	279
19.2.1	Elementer av betong	279
19.2.2	Elementer av stål	281
19.2.3	Andre elementer	281
19.3	Drifts- og vedlikeholdstiltak som inngår i driftskontrakter	282
19.4	Bruforvaltningssystemet BRUTUS	282
19.5	Inspeksjon av bruer	283
19.5.1	Inspeksjonstyper	283
19.5.2	Faser i en bruinspeksjon	283
19.5.3	Gjennomføringv inspeksjonen	284
19.5.4	Kodesystem ved inspeksjon og vurdering	287
19.5.5	Skadekatalog – eksempler på klassifisering av skader	288
	Referanser	288

19 Bruer og kaier

Statens vegvesen og Fylkeskommunene har (pr. 2014) til sammen ansvar for 17 200 trafikkerte bruer i Norge, inklusive 364 ferjeleier. Bruparken representerer store samfunnsverdier, og en stor andel av bruene har nådd en alder hvor de erfaringsmessig krever mer omfattende vedlikehold.

Generelt oppsyn av bruer og kaier, samt enkle drifts- og vedlikeholdstiltak inngår i dag i driftskontrakter, regulert i Håndbok R610 ”Standard for drift og vedlikehold av riksveger”. Rutinemessige inspeksjoner og større reparasjons- og vedlikeholdstiltak utføres som egne oppgaver/prosjekter, i henhold til retningslinjer gitt i Håndbok V441 ”Inspeksjonshåndbok for bruer” og Håndbok R411 ”Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer”.

Alle brudata, innsamlede tilstandsdata og nøkkeldata fra utførte tiltak er samlet i BRUTUS, Statens vegvesens landsdekkende informasjons- og planleggingsverktøy for forvaltning, drift og vedlikehold av bruer og andre byggverk i vegnettet.

Dette kapittelet gir en oversikt over bruparken i riks- og fylkesvegnettet og gir en innføring i de retningslinjer som gjelder for inspeksjon av bruer. Det gis en kort beskrivelse av typiske bestandighetsproblemer knyttet til bruelementer av betong og stål.

Målet med kapittelet er at leseren skal få en forståelse for hvordan forvaltning, drift og vedlikehold av bruene er organisert og kjennskap til hvilke retningslinjer som gjelder i Statens vegvesen.

19.1 Norge – et bruland

Brubygging har nær sammenheng med samfunnsutviklingen og behovet for framkommelighet. Fra de tidligste tider har det eksistert enkle bruer over små elver og bekker, både for lokal samferdsel og for framkommelighet på hovedferdselsvegene fra Østlandet til Vestlandet og Trøndelag. Utbygging av postruter på slutten av 1700-tallet førte til et behov for systematisk brubygging. Murt stein og tre var de dominerende materialer på denne tida. Utover 1800-tallet ble det bygd flere bruer av støpejern, og fra 1850 ble stål utviklet som hovedmateriale for bruer. De første armerte betongbruer i Norge ble bygd rundt 1920.

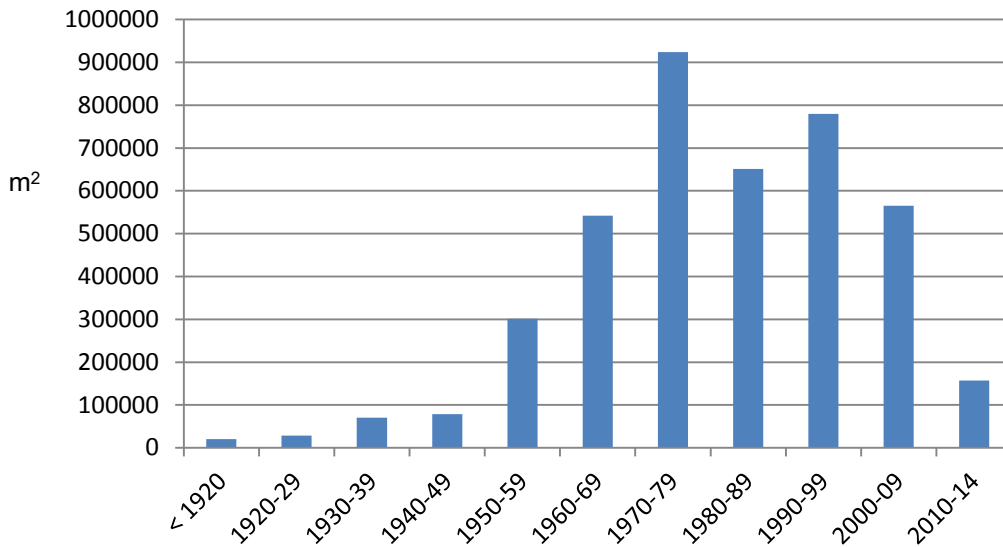
I etterkrigstida gjorde bilen for alvor sitt inntog i Norge og det skjedde en omlegging av transportrutene fra sjøveg til landeveg. Med det vokste behovet for flere og lengre bruforbindelser fram. Fjordarmer skulle krysses og øyer forbindes til fastland. Brubyggingen skjøt fart utover 1950-tallet og nådde en foreløpig topp på 1970-tallet.

De totalt 17 200 riksveg- og fylkesvegbruene har en total lengde på 450 km, med en gjennomsnittslengde på 26 m. Totalt 842 bruer har en lengde over 100 m.

Figur 19.1 viser totalt bruareal for riks- og fylkesvegbruer bygd i tiårsperiodene etter 1920. Basert på grunnlagstallene bak stolpediagrammet, kan aldersfordelingen av bruarealet også presenteres som følger:

- 22 % av totalt bruareal er bygd i perioden før 1968
- 38 % av totalt bruareal er bygd i perioden 1968-1987
- 40 % av totalt bruareal er bygd i perioden 1988-2014

Alder riks- og fylkesvegbruer fordelt på bruareal



Figur 19.1 Areal av riks- og fylkesvegbruene fordelt etter byggeår

19.2 Bestandighet av bruelementer

19.2.1 Elementer av betong

Betong er i dag et av de mest brukte byggematerialene i verden, og det er spesielt mye brukt til store og tunge konstruksjoner og anlegg. I brusammenheng er betong det klart mest dominerende materialet. Det er tre forhold som gjør materialet spesielt anvendelig; betong er relativt bestandig, har stor styrke og er et svært formbart material.

Alle materialer blir imidlertid utsatt for nedbrytning gjennom eksponering for ”vær og vind”. Helt fram til på 1980-tallet ble betong i stor grad sett på som et vedlikeholdsfritt material. Erfaringer fra de siste 20-30 år viser at dette ikke er tilfellet. Betong har, som alle andre materialer, behov for tilsyn og vedlikehold.

Betongens bestandighet er avhengig av:

- Riktig konstruksjonsutførelse og gode detaljløsninger
- Riktig materialsammensetning i forhold til konstruksjonens miljøpåkjenning
- Riktig utførelse av armerings- og støpearbeidene, først og fremst vedrørende armeringsoverdekning, komprimering av betongen og herdeforhold

Dersom disse forhold er ivarettatt, kan man forvente at konstruksjonen vil stå i den tiltenkte levetiden uten betydelig vedlikehold. Dersom de ikke ivaretas, kan det føre til en rask nedbrytning av betongen og behov for uforutsette vedlikeholds- og reparasjonsarbeider.

Betongskadene som opptrer på betongbruene i dag, skyldes i mange tilfeller ovennevnte forhold, men også mangelfull kunnskap på byggetidspunktet. Det norske standardverket som var gjeldende på 1960-, 1970- og delvis 1980-tallet fokuserte på betongkonstruksjonens lastkapasitet, og det var ikke stilt krav til armeringsoverdekning og betongkvalitet etter hvilket miljø konstruksjonen skulle stå i.

Med dagens regelverk for nybygging, de europeiske standarder og Statens vegvesens egne retningslinjer, forventes det at man oppnår en levetid på 100 år for de nyere betongbruene.

Hovedproblemet for bestandigheten av betongbruene har så langt vært kloridinitiert armeringskorrosjon. Andre skadeårsaker som opptrer på betongruer er alkalireaksjoner og karbonatiseringsinitiert armeringskorrosjon.

Alkalireaksjoner er en kjemisk-fysisk prosess som innebærer at alkalier i betongens sementpasta reagerer med visse kvartsholdige bergarter i tilslaget. Ved reaksjonen dannes et reaksjonsprodukt som har den egenskapen at det sveller når det tar opp vann. Volumøkningen kan gi problemer med fugeklemming og forskyvning av lagre, og setter opp strekkspenninger i betongen. Når strekkspenningene overskrider betongens strekkfasthet oppstår rissdannelse. I langt framskredent stadium kan skadene påvirke betongens strekkfasthet og E-modul. Konsekvensene av reduserte mekaniske parametere og av eventuelle følgeskader er ofte meget komplekse, og må derfor vurderes spesielt for hver konstruksjon/konstruksjonsdel.

Armeringen i en ny betongkonstruksjon er i utgangspunktet beskyttet mot korrosjon ved at det dannes en tett oksidfilm på armeringsoverflaten ved kontakt med fersk, sterkt alkalisk betong (pH 12,5-14). Oksidfilmen kalles også beskyttelsesfilm eller passivfilm, og har den egenskapen at den hindrer armeringsstålet i å korrodere. Den korrosjonsbeskyttende oksidfilmen kan imidlertid ødelegges over tid, enten ved at pH-verdien i betongen reduseres som følge av karbonatisering, eller ved at kloridinnholdet i betongen rundt armeringen overskrider et visst nivå. Karbonatisering skjer ved at karbondioksid fra lufta trenger inn i betongen og reagerer kjemisk med bestanddeler i sementpastaen, slik at pH reduseres til 8-9. Klorider kan komme inn i betongen enten ved støping (kloridholdige delmaterialer, f. eks. sjøsand, sjøvann) eller ved inntrenging fra omkringliggende miljø, vanligvis fra sjøvann eller tinesalter.

Når den beskyttende oksidfilmen er brutt, vil armeringen korrodere, forutsatt tilstrekkelig tilgang på oksygen og fukt. Korrosjonsproduktene som dannes har et volum som er opptil 5-7 ganger større enn stålet. Dette medfører at det bygges opp spenninger i betongen rundt armeringen. Når betongens strekkfasthet overskrides oppstår riss, og etter hvert vil det kunne oppstå avskallinger av større biter av betongoverdekningen og redusert heft mellom armering og betong. Kloridinitiert armeringskorrosjon er i tillegg preget av lokale korrosjonsangrep, såkalt groptæring (pitting). Konsekvensene av armeringskorrosjon vil kunne være både av estetisk/sikkerhetsmessig art (nedfall av betong) og ikke minst av konstruktiv art (redusert lastkapasitet).



Figur 19.2 Eksempel på armeringskorrosjon initiert av klorider, før og etter fjerning av løs/delaminert betong (Foto: Eva Rodum)

19.2.2 Elementer av stål

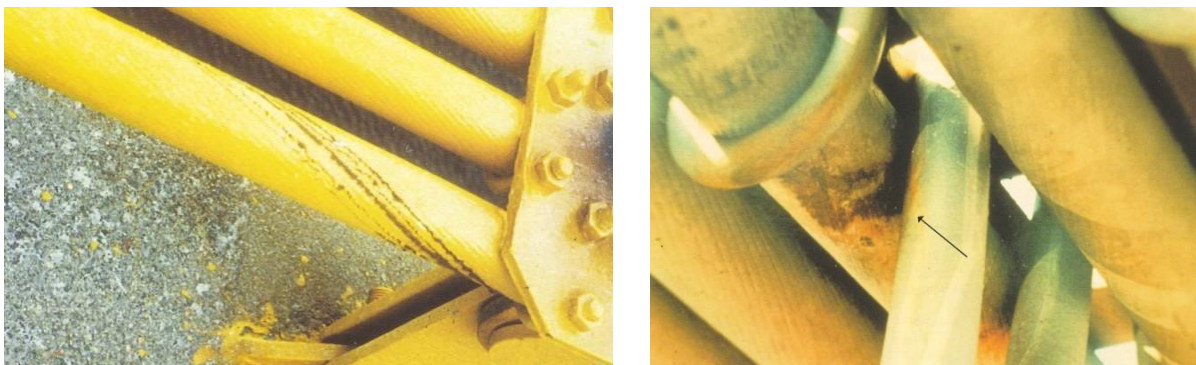
Stål er et mye brukt konstruksjonsmateriale, også innenfor brubygging. Mange av riksvegbuene har hovedbæresystem av stål, f. eks. fagverk, bjelker og hengekabler, og flere sekundære bruelementer er også av stål, f. eks. rekkverk.

Det største bestandighetsproblemet for stålkonstruksjoner/-elementer er korrosjon. Det kan være flere årsaker til at det oppstår korrosjon på stål, men som regel har det sammenheng med skader i overflatebehandlingen. Det kan skyldes normal nedbrytning av overflatebehandlingen eller lokale skader knyttet til vanskelig tilgjengelige områder, f. eks. i forbindelse med element-skjøter/bolter, eller områder utsatt for spesiell slitasje eller tilsmussing. Korrosjon av stål vil over tid påvirke lastkapasiteten til bærende elementer ved at tverrsnittet blir redusert.



Figur 19.3 Lokal korrosjon i fagverksknutepunkt og overflatekorrosjon på stålbejelke
(Foto: Håndbok V441)

Andre vedlikeholdsmessige utfordringer for stålelementer kan være knyttet til bærekabler, hengestenger og festelementer, f. eks. trådbrudd i kabler pga. feil utforming/forankring/overbelastning, eller slitasje/gnissing på kabler og hengestagfester pga. bevegelser i brua.



Figur 19.4 Trådbrudd ved hengestagsfeste og gnissing på kabel pga. bevegelser i brua
(Foto: Håndbok V441)

19.2.3 Andre elementer

I tillegg til skadeutvikling på hovedbæresystemet på betong- og stålbruer, er det også et betydelig behov for løpende vedlikehold av bruens fuktisolering/slitelag, rekkverk og fugekonstruksjoner.

19.3 Drifts- og vedlikeholdstiltak som inngår i driftskontrakter

Statens vegvesens Håndbok R610 ”Standard for drift og vedlikehold av riksveger” gir retningslinjer for drift og vedlikehold av veg, bru, tunnel, sideområde og sideanlegg med utstyr og installasjoner. Håndboka inneholder et eget kapittel for bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner. Det er gitt krav til drift og vedlikehold for selve brukonstruksjonen og for ulike objekter knyttet til bruene, som fylling, fuktisolering, slitelag, fuger, rekkverk, brulager m.m.

Gjennomføring av drift og vedlikehold i henhold til kravene skal sikre at objektets funksjon ivaretas til enhver tid, på kort og lang sikt. Kravene er bygd opp som en kombinasjon av funksjonskrav, funksjonsrelaterte krav og tiltakskrav. Eksempler på krav som er stilt til selve brukonstruksjonen er:

- Vannavløp og dreneringssystem skal gi fritt avløp for vannet
- Utsatte bruelementer skal rengjøres én gang i sommerhalvåret eller etter spesiell beskrivelse. Bruelementer som saltes eller påvirkes av salt skal rengjøres med høytrykksspyling med vann (100-150 bar) dersom elementet tåler slik påkjenning.
- Begroing og trær/busker skal fjernes minst én gang pr. år eller etter spesiell beskrivelse.
- Løse gjenstander, f. eks. betong som skaller av, skal fjernes for å sikre mot nedfall
- I perioder med frost skal bruer hvor det forekommer istappdannelse over trafikkert område inspiseres daglig, og istapper fjernes innen 12 timer.

De som gjennomfører det generelle oppsynet skal ha kjennskap til Håndbok V441 og R411, men de rutinemessige inspeksjoner (se avsnitt 19.5) er ikke inkludert i driftskontraktene.

Dersom det generelle oppsynet avdekker skader/hendelser som krever tiltak som ikke er dekket av Håndbok R610, skal dette omgående rapporteres til oppdragsgiver/bruedlikeholds- og ferjekaiansvarlig. Slike vedlikeholds- og reparasjonsarbeider skal beskrives og utføres i henhold til Statens vegvesens håndbok R762 ”Prosess 2 - Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier”, prosess 88: Inspeksjon, drift og vedlikehold.

19.4 Bruforvaltningssystemet BRUTUS

BRUTUS er Statens vegvesens informasjons-, planleggings-, styrings- og rapporteringsverktøy for forvaltning, drift og vedlikehold av bruer og andre byggverk i riks- og fylkesvegnettet. Systemet er utviklet for alle som arbeider med bruer og ferjekaier i Statens vegvesen, men det kan også benyttes av eksterne oppdragstakere. I 2013 forelå bruforvaltningssystemet i en helt ny utgave, BRUTUS 4.

Systemet gir en detaljert oversikt over alle bruer og andre byggverk i riks- og fylkesvegnettet. Det inneholder teknisk og administrativ informasjon om hver enkelt bru, f.eks. brunummer, brunavn, vegreferanse, byggverkstype, byggverkselementer, lengde, lastdata, byggeår, trafikkdata, grunnforhold m.m. Det kan søkes etter konkrete byggverk, f.eks. etter navn eller brunummer, eller det kan søkes i kart.

For hvert byggverk finnes det informasjon om inspeksjonsplaner, registrerte tilstandsdata og fotodokumentasjon, samt skadevurderinger med skadegrad og konsekvensgrad, skadeårsaker og omfang på elementnivå.

Systemet er et verktøy for å prioritere, planlegge og gjennomføre vedlikeholdet på en samfunnsøkonomisk og sikkerhetsmessig riktig måte. Det inneholder blant annet vedlikeholdsplaner for hvert byggverk. Dette brukes som underlag til årlige

vedlikeholdsprogrammer, planprogram (over 4 år) og Nasjonal transportplan (over 10 år). Brutus gir også oversikt over hvilke tiltak som er utført.

Registrering av dataene i BRUTUS foregår i interaktiv dialog med dataprogrammet og programmet henter også data fra NVDB (nasjonal vegdatabank). Programmet er koblet opp mot det digitale arkivet, hvor tegninger m.m. er lagret, og det er muligheter for lagring av rapporter og andre dokumenter i tilknytning til hvert byggverk.

19.5 Inspeksjon av bruer

19.5.1 Inspeksjonstyper

Håndbok R411 gir generelle bestemmelser om når og hvordan bruinspeksjoner skal gjennomføres. Etter at overlevering av ei bru er gjennomført, skal det utføres rutinemessige inspeksjoner på brua i resten av levetiden. I det rutinemessige inspeksjonsprogrammet inngår følgende inspeksjonstyper:

- Enkel inspeksjon
- Hovedinspeksjon

Ved behov for utvidet detaljeringsgrad på inspeksjonen, eller etter ekstraordinære hendelser, kan det være behov for å utføre en:

- Spesialinspeksjon

Formålet med en enkel inspeksjon er å kontrollere om det er skader som kan påvirke konstruksjonens bæreevne, trafiksikkerhet, framtidig vedlikehold, eller som påvirker miljøet/estetikken negativt. En enkel inspeksjon skal bestå av en enkel visuell inspeksjon av alle elementer over vann, uten bruk av tilkomstutstyr. Det generelle kravet er at en enkel inspeksjon skal utføres hvert år.

Formålet med en hovedinspeksjon er å kontrollere at brua fyller sin funksjon. I tillegg skal inspeksjonen avdekke eventuelle behov for drifts- og vedlikeholdstiltak. Hovedinspeksjonen omfatter en nær visuell inspeksjon av hele bruonstruksjonen, supplert med nødvendige materialundersøkelser og oppmålinger. Det generelle kravet er at en hovedinspeksjon skal utføres hvert 5. år for bruer og hvert 3. år for ferjekaier og bevegelige bruer.

Formålet med en spesialinspeksjon er å undersøke hendelser eller allerede påviste skader, bevegelser og nedbrytningsmekanismer, samt danne grunnlag for beskrivelse av kostbare og/eller kompliserte tiltak. En spesialinspeksjon omfatter normalt både visuell kontroll, oppmålinger og materialundersøkelser, enten på spesielt utsatte/skadede elementer eller på hele brua. En spesialinspeksjon utføres ved behov.

19.5.2 Faser i en bruinspeksjon

Retningslinjer for gjennomføring av bruinspeksjoner er gitt i Håndbok V441 "Inspeksjonshåndbok for bruer". En bruinspeksjon gjennomføres i ulike faser, uavhengig av inspeksjonstype:

1. Planlegging av inspeksjonen (utarbeidelse av inspeksjonsplaner og –program):
 - Gjennomgang av relevante inspeksjonsrapporter og annet grunnlagsmateriale (tegninger, beskrivelser, m.m.)

- Utskriving av inspeksjonsskjemaer fra BRUTUS
 - Valg av inspeksjonsutstyr (stige, tau, brulift, e.a.)
 - Planlegging av arbeidsvarsling (skilting, vakt, lysregulering osv.)
 - Ivaretagelse av HMS-krav (verneutstyr, sikkerhetslinjer, flytevest osv.)
2. Gjennomføring av inspeksjonen i felt:
 - Visuelle undersøkelser
 - Oppmålinger
 - Materialundersøkelser (felt- og laboratoriemetoder)
 - Eventuell instrumentering
 3. Vurdering og rapportering av inspeksjonsresultatene, samt tiltaksbeskrivelse:
 - Enkle inspeksjoner rapporteres på egne BRUTUS-skjema
 - Hoved- og spesialinspeksjoner kan i tillegg rapporteres med egen rapport. Rapporten skal inneholde grunnlagsdata, vurdering av skader og behov for tiltak, tiltaksbeskrivelse og alternative strategier for tiltak

I neste avsnitt beskrives litt nærmere hvordan en inspeksjon skal gjennomføres.

19.5.3 Gjennomføring av inspeksjonen

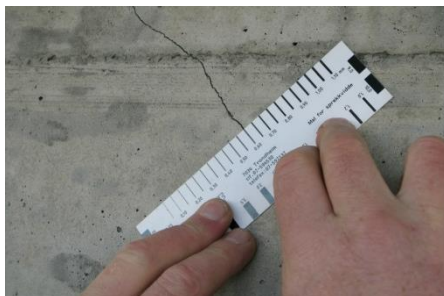
Gjennomføringsfasen av en bruinspeksjon består av tre hoveddeler; visuelle undersøkelser, oppmålinger og materialundersøkelser. Omfang av ulike undersøkelser og metoder er avhengig av inspeksjonstype, brutype, materialer, klimabelastning og bruas alder og tilstand. Nedenfor er gitt noen eksempler på forhold som skal registreres og målemetoder som kan benyttes, spesielt for elementer av betong og stål.

Visuelle undersøkelser:

Alle elementer på brua skal kontrolleres for skader, mangler og feil, i henhold til lister for hver inspeksjonstype (enkel, hoved og spesial).

Eksempler på forhold som skal undersøkes for elementer av betong er:

- Setning/bevegelse/deformasjoner
- Riss
- Liten/skadet overdekning
- Bom/avskallinger
- Synlige tegn på armeringskorrosjon
- Forvitring

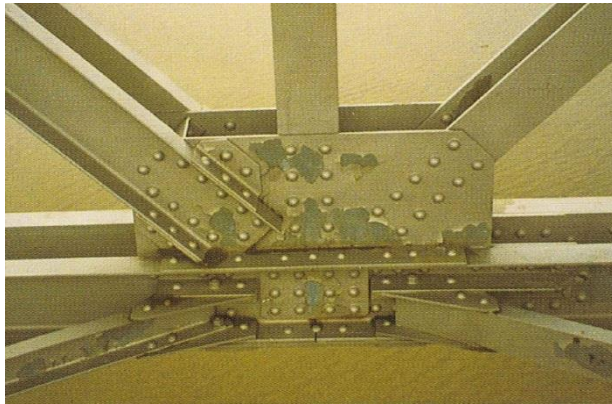


Figur 19.5 Måling av rissvidder er en naturlig del av den visuelle undersøkelsen (Foto: Eva Rodum)

Eksempler på forhold som skal undersøkes for elementer av stål er:

- Deformasjoner pga. setninger, påkjørsel eller overlast
- Bevegelse av overbygning eller andre elementer

- Sprekker eller brudd i grunnmaterialet, sveiser eller nagler/skruer
- Malingsskader og eventuell korrosjon
- Slitasje/gnissing på elementer pga. bevegelse i brua
- Løse nagler/skruer

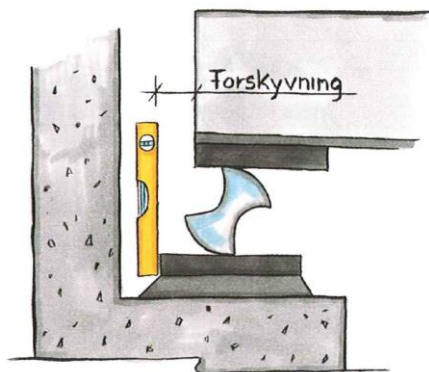


Figur 19.6 Skader i overflatebehandling (Foto: Håndbok V441)

Oppmålinger:

Omfang av oppmålinger er avhengig av inspeksjonstype, men vil normalt omfatte følgende:

- Nivellement
- Horisontalavstand/forskyvning, f.eks. av lagre og fugeåpninger
- Slitelagstykkelse
- Sporslitasje
- Jevnhet, f.eks. av slitelag
- Pilhøyder, f.eks. av hengebrukabler
- Frihøyde, f.eks. over veg, seilingshøyde



Figur 19.7 Oppmåling av horisontalforskyvning av lager (Håndbok V441)

Materialundersøkelser:

I Håndbok V441 er det gitt en beskrivelse av følgende metoder for materialundersøkelser av elementer av betong:

- Armeringslokalisering
- Måling av karbonatiseringsdybde
- Måling av kloridinnhold
- Korrosjonsundersøkelse (EKP = elektrokjemiske potensialmålinger)

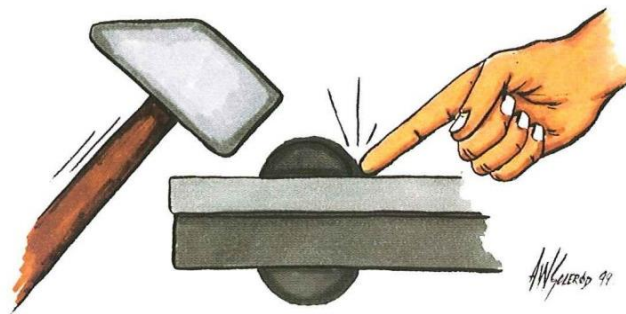
- Trykkfasthet
- Strukturanalyse
- Spennkabelkontroll
- Opphugging for korrosjonskontroll



Figur 19.8 Utboring av betongstøv fra konstruksjonen og utstyr for kjemisk analyse av kloridinnhold (Foto: Eva Rodum og Håndbok V441)

Aktuelle materialundersøkelser på elementer av stål kan være:

- Momentkontroll av skruer
- Kontroll av nagler og skruer
- Måling av godstykkelse, direkte eller ved ultralyd
- Kontroll av sveiser, med lupe eller ved røntgen- eller ultralydkontroll
- Kartlegging av sprekker, ved røntgen-, ultralyd-, magnetpulverkontroll eller fiberoptikk
- Måling av tykkelse av overflatebelegg



Figur 19.9 Kontroll av nagle (Håndbok V441)

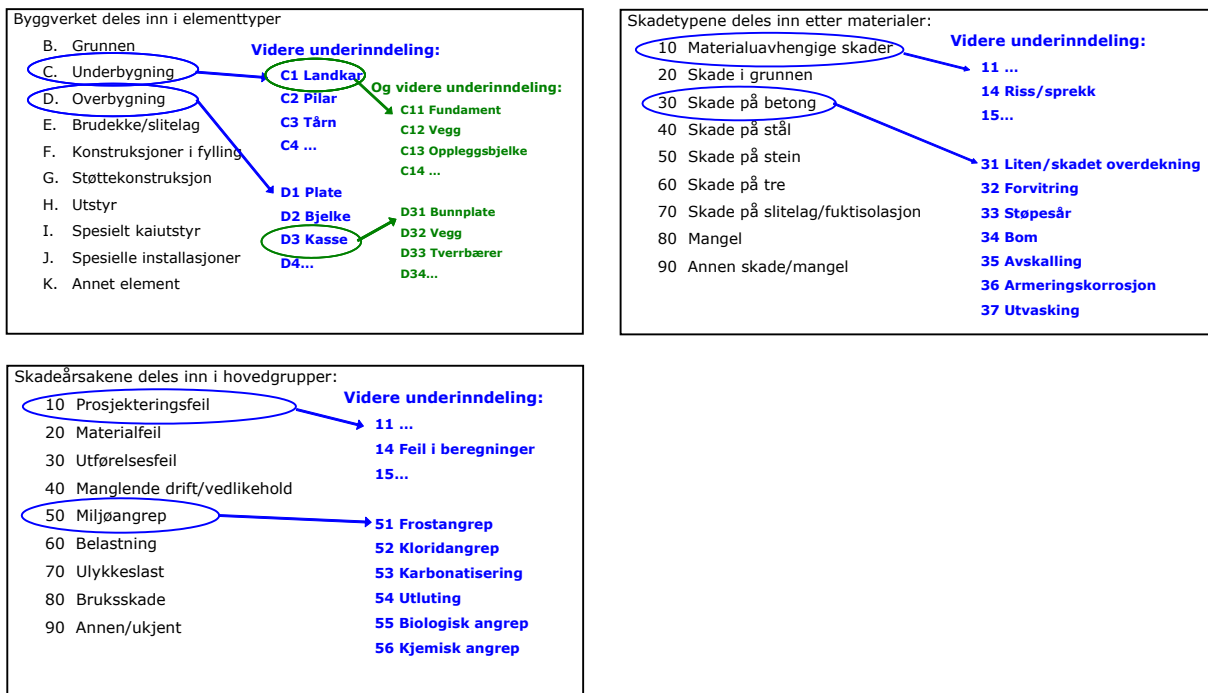
Alle resultater fra oppmålinger og materialundersøkelser skal rapporteres på egne skjema i BRUTUS.

19.5.4 Kodesystem ved inspeksjon og vurdering

For å sikre ensartet registrering, vurdering, rapportering og datalagring i BRUTUS, er det i Håndbok V441 beskrevet koder for følgende hovedområder:

- Byggverkstyper
- Elementtyper
- Skadetyper
- Skadegrad
- Skadekonsekvens
- Skadeårsaker

For flere av hovedområdene er det gitt et kodesystem for undergrupper, samt en ny underinndeling av undergruppene, se eksempler i figur 19.10.



Figur 19.10 Eksempler på kodesystem for undergrupper av områdene elementtyper, skadetyper og skadeårsaker

Skadegrad angir skadens alvorlighetsgrad og eventuelt hvor raskt den må repareres. Følgende tallkoder gjelder:

- 1 Liten skade/mangel, ingen tiltak nødvendig
 - 2 Middels skade/mangel, tiltak i løpet av 4-10 år
 - 3 Stor skade/mangel, tiltak i løpet av 1-3 år
 - 4 Kritisk skade/mangel, tiltak straks eller senest innen ½ år
- I tillegg benyttes kode 9 for å angi at et element ikke er inspisert

Skadekonsekvens angir hvilken konsekvens en skade har for brua eller omgivelsene, enten nå eller på sikt. Følgende bokstavkoder gjelder:

- B Skade/mangel som truer bæreevnen
- T Skade/mangel som truer trafikksikkerheten
- V Skade/mangel som kan øke vedlikeholdskostnadene
- M Skade/mangel som kan påvirke miljø/estetikk

19.5.5 Skadekatalog – eksempler på klassifisering av skader

Til hjelp ved bedømmelse av skader/mangler er det som en del av Håndbok V441 utarbeidet en fyldig skadekatalog. I skadekatalogen er det gitt en beskrivelse av hver skadetype med angivelse av mulige årsaker, aktuelle oppmålinger/undersøkelser, mulig skadegrad/ konsekvens, hvilke tilstander som utløser vedlikehold og mulige tiltak. Skadekatalogen tar for seg skader på forskjellige materialer og vanlige utstyrselementer på bruer. De fleste skadetyper er illustrert med foto av typiske eksempler.



Figur 19.11 Eksempler på vurdering og klassifisering av skader på betong, med angivelse av skadegrad og skadekonsekvens (fra skadekatalogen i Håndbok V441)



Figur 19.12 Eksempler på vurdering og klassifisering av skader på stål, med angivelse av skadegrad og skadekonsekvens (fra skadekatalogen i Håndbok V441)

Referanser

- Statens vegvesen Håndbok R411 Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer, 1997
- Statens vegvesen Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, 2012
- Statens vegvesen Håndbok R762 Prosesskode 2 - Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier, hovedprosess 8, 2007
- Statens vegvesen Håndbok V440 Bruregistrering, 2009
- Statens vegvesen Håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer, 2000

Kapittel 20 Meteorologi og beslutningsstøtte

Stine Mikalsen, Statens vegvesen

20.1	Innledning	290
20.2	Begreper og værphenomener	290
20.2.1	Grunnleggende begreper	290
20.2.2	Fronter og lavtrykkssystemer	292
20.2.3	Noen spesielle værphenomen	294
20.3	Beslutningsstøtteverktøy – bruk av tilgjengelige værdata i vinterdriften	295
20.3.1	Halo	295
20.3.2	Statens vegvesens værstasjoner	297
20.3.3	Vegvær – et nytt verktøy for beslutningsstøtte	298
20.4	Eksempler på problematiske vær-situasjoner	300
20.4.1	Klarvær, nærhet til vann og underkjølte vanndråper	300
20.4.2	Klarvær og utfelling av rim/is	300
20.4.3	Oppklarning etter skyet periode	300
20.4.4	Vind	300
20.4.5	Kveld og natt, stille og klart	300
20.4.6	Morgen, stille og klart	301
	Referanser	301

20 Meteorologi og beslutningsstøtte

20.1 Innledning

I Norge har alle et forhold til været. Ingeniøren må ha kunnskap om de klimatologiske vindforholdene for å kunne konstruere ei bru, fiskeren er avhengig av et bra og korrekt værvarsel for å vite om han kan ro dagen etter, og turisten definerer feriensuksessen ut fra været. En annen svært viktig bruker av været er entreprenøren som jobber med vinterdrift av vegene.

Meteorologi er vitenskapen om atmosfæren og de fysiske prosesser som foregår der (se <http://metlex.met.no/>) og tar for seg dynamiske, fysiske og kjemiske prosesser i atmosfæren. *Været* er atmosfærens tilstand i øyeblikket (temperatur, nedbør, skydekke, vindretning og -hastighet), mens *klima* beskrives med statistikk; værobservasjoner samlet over lang tid.

Dette kapitlet starter med en gjennomgang av noen begreper innenfor meteorologi og vær-phenomener som påvirker vinterdriften. Så følger en beskrivelse av de beslutningsstøtteverktøy entreprenører med vinterdriftskontrakter hos Statens vegvesen kan nyttegjøre seg av når tiltak skal utføres. Til slutt gis det noen eksempler på vær-situasjoner som kan gi problemer på vegen.

20.2 Begreper og vær-phenomener

20.2.1 Grunnleggende begreper

Temperatur, trykk og tetthet

Sammenhengen mellom temperatur (T), trykk (p) og tetthet (ρ) gis av tilstandsligningen:

$$p = \rho R T \quad (20.1)$$

hvor R er gasskonstanten for luft. Ut fra ligningen ser vi at dersom lufttrykket holdes konstant vil temperaturen synke når tettheten (vekten) øker. Dette betyr at ved samme trykk vil varm luft være lettere enn kald luft, og varm luft vil stige i forhold til den kalde lufta.

Generelt sier vi at temperaturen synker med ca 1 °C/100 m når vi beveger oss oppover i det nederste laget i atmosfæren, troposfæren. Det er i troposfæren vi finner mesteparten av været.

Fuktighet

Ved en gitt temperatur kan luft maksimalt inneholde en viss mengde vanndamp. Jo høyere temperaturen er, jo mer fuktighet kan lufta inneholde.

Relativ fuktighet er forholdet mellom den faktiske fuktigheten som er i lufta og den fuktighet som maksimalt kan være i luftpakken ved en gitt temperatur. Luft som inneholder maksimal mengde fuktighet er *mettet*, og den relative fuktigheten er 100 %.

Duggpunktstemperaturen er definert som den temperatur luft må avkjøles til ved konstant trykk for å nå metning. Det vil si at når duggpunktstemperaturen synker til å bli lik lufttemperaturen (relativ fuktighet = 100 %), så vil fuktighet felles ut.

Frysepunktstemperaturen defineres som den temperaturen en væske må ha for å gå over fra flytende til fast form. For ferskvann er frysepunktet 0 °C. Når det gjøres salttiltak på vegen for å unngå ising og glatt vegbane, vil frysepunktstemperaturen settes ned (saltholdighet 0,025 g/m³ fryser ved -9 °C).

Sky- og nedbørdannelse

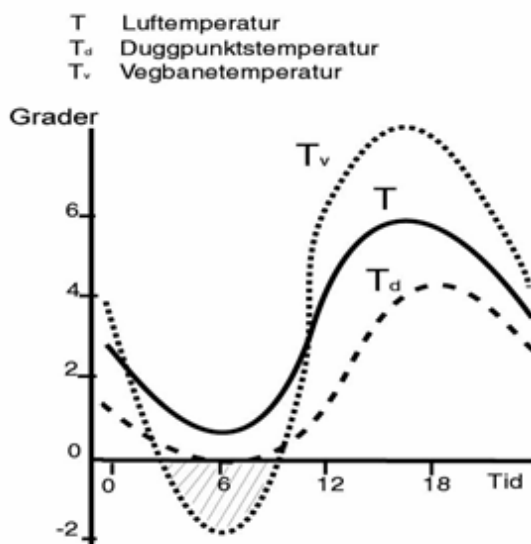
Skyer dannes når luft heves, avkjøles og når metning (100 % relativ fuktighet), og vanddamp kondenseres ut som små skydråper eller avsettes som iskrystaller. Heving av luft kan skje på flere måter; frontaktivitet (i skillet mellom to luftmasser, som oftest varm og kald luft), orografisk heving (hevning over terreng/fjell), konveksjon (oppstigende luft, som oftest pga oppvarming av luften nærmest jordoverflata), eller mekanisk turbulens (småskala heving over mindre hindringer/små fjell).

Nedbør kan dannes ved de tilsvarende prosessene, etter heving og metning av luften kan skydråper og iskrystaller danne nedbørspartikler gjennom koalesens (skypartikler trekker til seg fuktighet i skyen) og/eller kollisjon med andre skypartikler. Temperaturforholdene i skyen og atmosfæren vil avgjøre om nedbøren faller ut som regn eller snø.

Vegbanetemperatur - ikke helt det samme som lufttemperatur

I forhold til vinterdrift av vegene er vegbanetemperaturen en svært viktig måleverdi, og gir et mer korrekt bilde av forholdet på vegbanen enn lufttemperatur som måles i 2 m over bakken. Det er vegbanetemperaturen som avgjør om det er mulig med avsetning av rim/is på vegbanen, ikke lufttemperaturen. Siden vegkroppen har høyere varme- og kuldslagingskapasitet enn luft vil vegbanetemperaturen også "henge igjen" i forhold til lufttemperaturen ved værslag.

Etter en lang klarværsperiode med kalde temperaturer kan vegkroppen ofte ha en temperatur langt under 0 °C. En varmfrontpassasje med mild og fuktig luft kan da skape farlige føreforhold ved at fuktighet i luften avsettes direkte på vegen som is/rim. Denne forskjellen mellom vegbanetemperatur og lufttemperatur inntreffer også rett etter hhv soloppgang og solnedgang ved klarvær (se figur 20.1).



Figur 20.1 Døgnvariasjon av lufttemperatur, duggpunktstemperatur og vegbanetemperatur /1/

Glatte vegger – meteorologisk sett

Ikke saltet vegbane

Det oppstår fare for glatt vegbane når vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen og vegbanetemperaturen samtidig er lavere enn 0 °C.

Når vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen vil det avsettes fuktighet på vegbanen. Når vegbanetemperaturen samtidig er lavere enn 0 °C vil fuktigheten fryse på vegen. Det kan også være at det ligger fuktighet på vegen som resultat av smeltet snø eller tidligere regn som kan fryse på når vegbanetemperaturen blir lavere enn 0 °C. Isen som dannes ved synkende temperaturer i et slikt tilfelle er ikke avhengig av fuktighetsinnholdet i lufta.

Dersom vegnettet er saltet vil frysepunkttemperaturen ikke lenger være 0 °C, men synke. Hva den eksakt er, vil avhenge av saltkonsentrasjonen, og saltkonsentrasjonen kan igjen variere på tvers og på langs av vegen. Likevel må vi endre regelen over:

Saltet vegbane

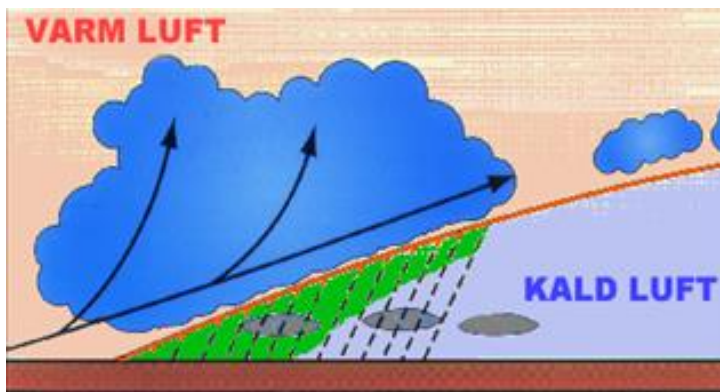
Det oppstår fare for glatt vegbane når vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen og vegbanetemperaturen samtidig er lavere enn frysepunkttemperaturen.

20.2.2 Fronter og lavtrykkssystem

Områdene rundt ekvator har overskudd av strålingsenergi (innkommende kortbølget solstråling – utgående langbølget jordstråling). Lenger nord eller sør er det underskudd av strålingsenergi. Atmosfæren forsøker å jevn ut disse energiforskjellene ved at varm luft fraktes nordover, og kald luft sørover. Dette, sammen med jordrotasjonen, genererer den globale sirkulasjonen i atmosfæren og de storstilte værsystemene på jorda som fører til at lavtrykkssystemer med fronter føres over Atlanterhavet, treffer Norge og gir mye vær som kan skape problemer for vinterdrift av veger.

Fronter

En *varmfront* er når en varm luftmasse skyver en kald luftmasse foran seg. Som nevnt foran så er varm luft lettere og den vil derfor skli sakte opp og over den kalde lufta.



Figur 20.2 Varmfront /1/

En *kaldfront* er et skille der en kald luftmasse ”dytter” vekk en varmere luftmasse (Figur 20.3). En kaldfront beveger seg relativt raskere enn en varmfront, slik at i dette tilfellet vil den kalde lufta presse seg under den varmere, og lettere, lufta.

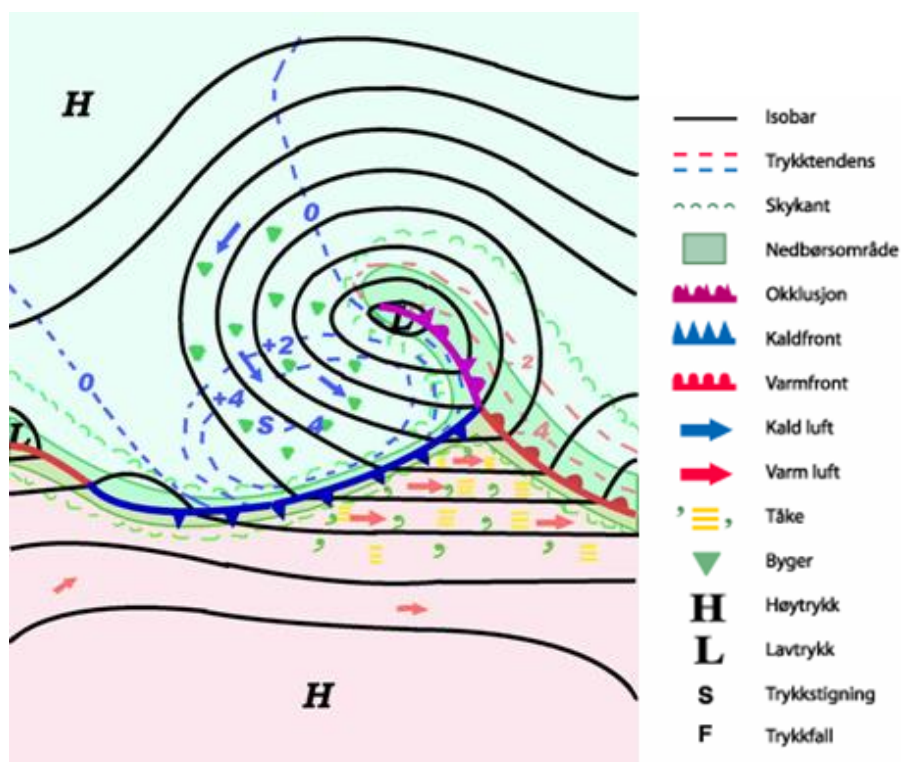


Figur 20.3 Kaldfront /1/

Lavtrykksystem

Et lavtrykksystem er ofte sammensatt av flere fronter og det kan for eksempel være flere varmfronter i samme system. Figur 20.4 viser et system med flere typer fronter. Når et lavtrykksystem kommer inn over land vil flere forhold som vindfeltet, lavtrykkets dybde og de lokale terrengforholdene i området bestemme hvilket vær som oppleves på bakken.

En frontpassasje fører ofte med seg nedbør og endringer i været, og er derfor viktig i forbindelse med vintervedlikeholdet.



Figur 20.4 Frontsystem /1/

Hvis man ser opp på himmelen kan man se når en varmfront nærmer seg. Skymengden øker gradvis – først høye og tynne fjærskyer, senere blir skydekket lavere og tykkere. Etter hvert vil det komme nedbør, først lett, så høyere intensitet, men nedbøren vil være relativt jevn. Akkurat når fronten passerer vil vinden øke og endre retning, og trykket vil synke. Etter fronten (i

varmluftsektoren) følger en varmere luftmasse og temperaturen stiger, men denne lufta kan inneholde mye fuktighet og det kan dannes dis, tåke og lave tåkeskyer. Vinden vil igjen dreie, men styrken vil nå avta, og trykket stabiliseres.

Det er ingen gode tegn på himmelen forut for en kaldfront. Vi får en rask tilskyning med skyer som bygger seg hurtig opp fra lave/midlere skyer videre høyt opp i atmosfæren (cumulus-formede/ haugskyer) og ofte er nedbøren kortvarig og intens (bygenedbør). Vindretningen endrer seg også når kaldfronten passerer, og hastigheten øker. Rett etter fronten er det kalde og relativt tørre luftmasser som gir oppklaring og stabile forhold, og trykket stiger.

20.2.3 Noen spesielle værphenomen

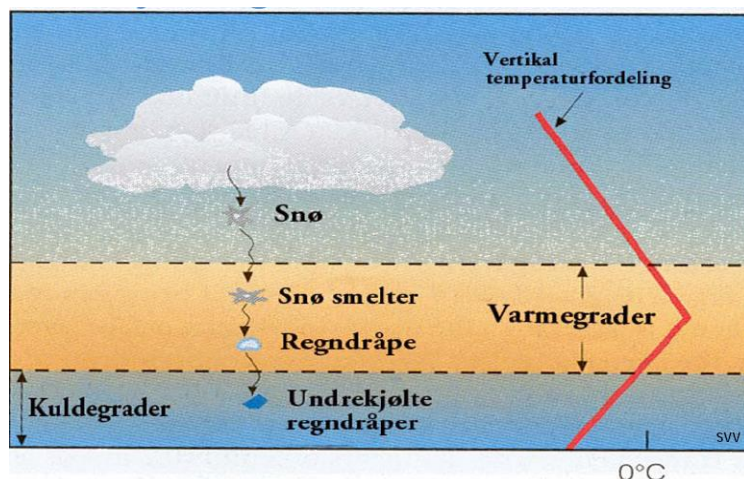
Noen værphenomener gir spesielt problematiske føreforhold på vegene.

Regn som fryser på bakken

Når det har vært en periode med kaldt og klart vær i lang tid vil bakken kunne ha en temperatur langt under 0 °C. Dersom det så kommer et nedbørsområde hvor nedbøren faller som regn, så vil regndråpene fryse til is når de treffer bakken.

Underkjølt regn

Det er veldig spesielle værforhold som forårsaker underkjølt regn, og de forekommer sjelden, men det er svært farlig når det først skjer! Bakketemperaturen er langt under 0 °C, mens det høyere oppe i atmosfæren er et varmt luftlag. All nedbør, enten regn fra dette varme laget, eller snø fra høyere (og kalde) luftlag, vil være flytende når det faller ut av det varme sjiktet og mot bakken. I det nederste kalde luftlaget på veg ned mot bakken vil regndråpene underkjøles (dråpene har temperatur under 0 °C, men er fortsatt flytende). Når underkjølte dråper treffer vegbanen, bilruta, et tre eller noe annet, fryser de momentant og det dannes en glatt og hard isskorpe.



Figur 20.5 Temperaturfordeling som gir mulighet for underkjølt regn /1/

Tåke

Det finnes flere ulike typer tåke; strålingståke (klarvær om natten gjør at temperaturen nær bakken synker, lufta mettes og bitte små skydråper felles ut), adveksjonståke (varm fuktig luft kommer inn over en kald overflate, det nederste laget i lufta avkjøles og vi får metning og utfelling av skydråper), og frostrøyk (luft over land kan bli avkjølt så mye at temperaturen er lavere enn temperaturen i vannet - når denne kalde lufta strømmer ut over åpent vann, vil den

lufta som ligger over sjøen og som er varmere og fuktigere, avkjøles til metningspunktet og det dannes tåke).

Tåke er altså skyer som ligger på bakken, og ved alle tilfeller av tåke kan fuktighet avsettes på vegbanen – enten som vann hvis vegbanen er over 0 °C, eller som rim/is hvis vegbanen er under 0 °C.

Snøfokk

Sterk vind virvler opp løse snøpartikler fra bakken - vindstyrken avgjør hvor høyt opp i lufta snøen kommer. Sikten nedsettes og kan bli dårlig, snøfonner pakkes hardt sammen på utsatte steder på vegen og dette skaper vanskelige kjøreforhold.

20.3 Beslutningsstøtteverktøy – bruk av tilgjengelige værdata i vinterdriften

Som kontraktør har entreprenørene tilgang til flere spesialtilpassede beslutningsstøtteverktøy. Per vinteren 2015/2016 er dette *Halo*, (<http://halo.met.no/>), samt observasjoner fra Statens vegvesens værstasjoner, og prognoser for føreforhold og vegbanetemperatur gjennom *Vegvær*, (<https://www.vegvesen.no/vegvar/>).

I tillegg brukes også allment tilgjengelig informasjon som for eksempel værmeldinger på radio og tv, yr.no, pent.no osv.

Det tar tid å lære seg bruken av de forskjellige verktøyene og disse skal ikke erstatte erfaring og lokalkunnskap, men er ment å være et supplement og hjelpemiddel.

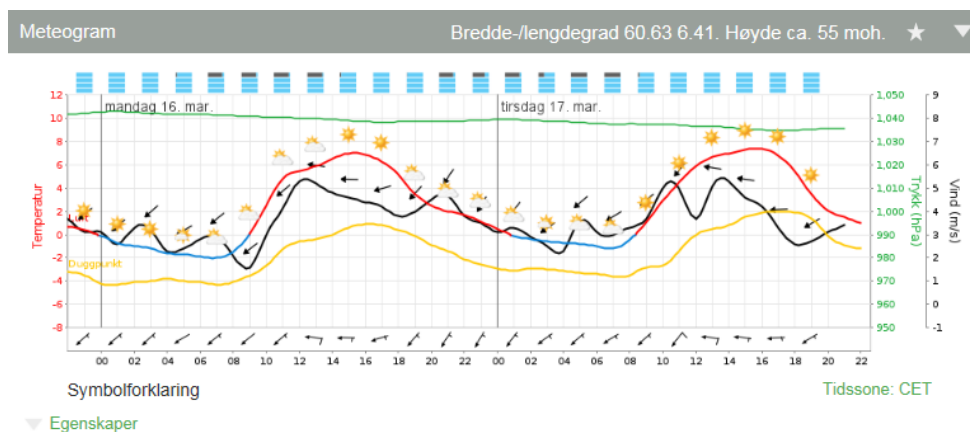
20.3.1 Halo

Meteorologisk institutt (MET) sender ut store mengder meteorologiske produkter flere ganger daglig. De fleste produktene på *Halo* er rene dataprodukt direkte fra en eller flere av atmosfæremodellene til MET.

Meteogram

Et meteogram er en grafisk fremstilling av et punktvarsel, og presenterer et værvarsel basert på en atmosfæremodell /2/. I Halo finnes både korttids- og langtidsmeteogrammer, hhv for 2 og 10 døgn framover.

Et eksempel på korttidsmeteogram er vist i figur 20.6.



Figur 20.6 Korttidsmeteogram for Voss /3/

I meteogrammet vises prognoser for:

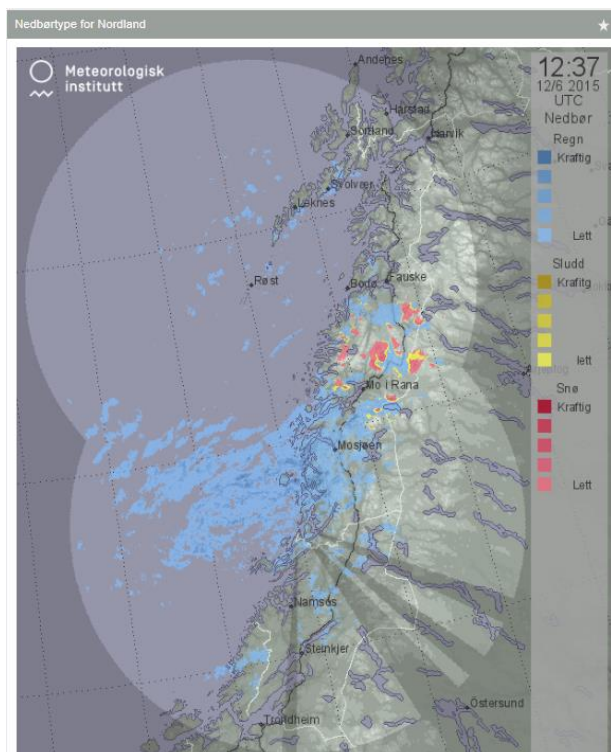
- Lufttemperatur (i °C i 2 m høyde, heltrukken kurve; rød for plussgrader, blå for minusgrader)
- Lufttrykk (i hPa, heltrukken grønn kurve)
- Duggpunktstemperatur (i °C, heltrukken gul kurve)
- Nedbør i millimeter (grønne søyler)
- Vindretning og vindstyrke (i knop, 10 meters høyde)
- Skydekke (i %, bokser helt øverst. De fire nivåene viser tåke, lave skyer, midlere skyer og høye skyer)
- Værsymbol

Når man skal tolke et meteogram er det viktig å huske på at dette er en prognose fra en matematisk modell som har noen mulige feilkilder. Den romlige oppløsningen fører blant annet til at topografien blir jevnet ut; høyt terreng og lange fjorder viskes ut slik at prognosene passer best i områder der været er lite påvirket av lokale forhold. I tillegg kan modellene prognostisere ulike værtyper med varierende hell. Frontnedbør (nedbør over større områder) varsles bedre enn bygenedbør, og vindfeltene blir også visket ut pga modellenes oppløsning.

Radarbilder

Radarbilder viser nedbørintensitet i mm/time (sterk farge = høy intensitet, svak farge = lav intensitet) og viser om nedbøren kommer som snø, sludd eller regn (se figur 20.7).

Det finnes også mulige feilkilder til radarbildene. Siden jordoverflata krummer vekk fra radarstrålen kan det skje at radaren skyter over nedbøren, spesielt på vinteren da skyene som gir nedbør ligger nærmere bakken. Plasseringen av radaren er også viktig – radarstrålen kan ikke skyte gjennom fjell, slik at nedbør som ligger i skygge av terreng ikke vises på radarbildet. Det forekommer også faste ekko som kan virke forstyrrende på radarbildet når dette skal tolkes.



Figur 20.7 Radarbilde med nedbørtype.

Andre produkter i Halo

I tillegg til meteogram og radarbilder finnes andre produkter som brukes i mer eller mindre grad;

- Satellittbilder (viser skydekket over større områder – man kan få en god oversikt over den storstilte vær-situasjonen i et område)
- Værkart (for eksempel nedbørsfelt, vindfelt; blant annet vind i 1500 moh som ofte gir et bedre varsel for vind i høyfjellet enn det som kommer fram i meteogrammet)
- Tekstvarsler
- Analyse- og prognosekart (viser hhv meteorologens analyse over en nå-situasjon og modellens prognoser fram i tid)

20.3.2 Statens vegvesens værstasjoner

Det er utplassert ca 290 værstasjoner i Norge (pr 2015). Værstasjonene samler observasjoner og gir oversikt over værforholdene langs vegnettet.

Sensorer

I henhold til ny kravspesifikasjon for værstasjoner skal en standard værstasjon levere følgende måleverdier:

- Lufttemperatur
- Relativ fuktighet (gir duggpunktstemperatur)
- Vegbanetemperatur (en ulempe med en slik sensor er at det kun er en punktmåling, og sier ikke noe om hvordan forholdene varierer på tvers av vegbanen)
- Nedbørsmengde/intensitet/type (disse måleverdiene kan påvirkes av vind)
- I tillegg til disse meteorologiske måleverdiene skal alle værstasjoner ha kamera

Det er også spesifisert mer spesielle måleverdier som kan brukes som tillegg hvis ønskelig;

- Vindretning/styrke
- Stråling
- Restsalt
- Frysepunkt
- Friksjon
- Føreforhold med mengde
- M.fl.

Det er planlagt å etablere ytterligere værstasjoner for å få et mest mulig optimalt stasjonsnett for bruk som grunnlagsdata i Vegvær-prosjektet (jfr avsnitt 20.3.3).

Plassering av værstasjoner

Værstasjonene er plassert på ulike steder langs vegnettet, stort sett fordelt på tre ulike typer lokasjoner. Noen værstasjoner er plassert på steder med fare for tidlig tilfrysing av vegbanen (broer, skyggeområder, kuldegroper), noen på fokkutsatte steder (fjelloverganger, høydedrag), og noen er plassert i punkter hvor de representerer klimaet og værforholdene i et litt større område rundt selve værstasjonen. Det vil også fokuseres på optimale plasseringer knyttet til prognosemodellen for vegbanetemperatur og føreforhold i Vegvær.

Ved utplassering av en ny værstasjon må man vurdere flere forhold før man bestemmer plasseringen – det avhenger av terrenget langs vegen, tilgang til strøm og hvordan værdata fra

den konkrete stasjonen er tenkt brukt. Det er svært viktig at brukeren vet hvor værstasjonen er plassert når man skal bruke og tolke observasjonene!

Nøyaktigheten til værstasjonene kan variere. Ved tilfeller der man er interessert i om temperaturen er $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ eller $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ må man være klar over at nøyaktigheten på målinger og prognoser ikke kan bli bedre enn utgangspunktet. Det vil m.a.o. si at nøyaktigheten på dataene avhenger av målenøyaktigheten til hver sensor.



Figur 20.8 Værstasjon /1/ (Foto: Statens vegvesen)

20.3.3 Vegvær – et nytt verktøy for beslutningsstøtte

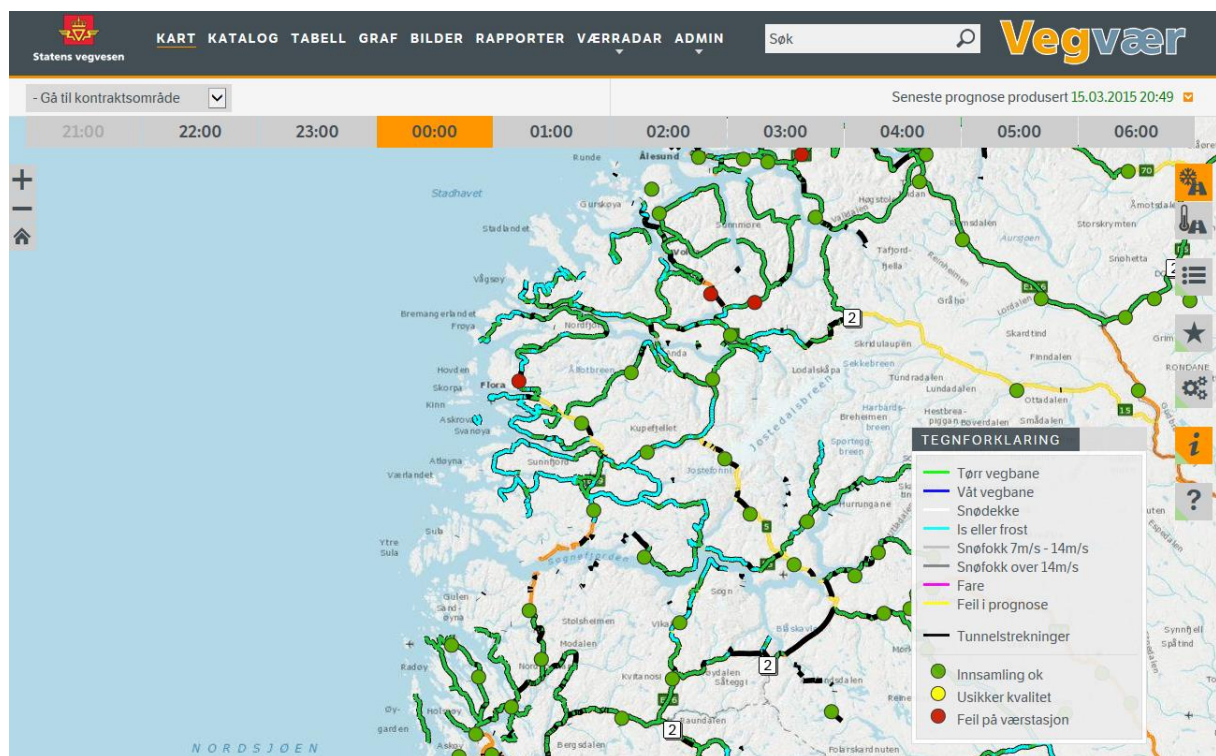
Vegvær-prosjektet har som mål å bedre informasjonen om værforholdene langs riks- og fylkesvegene i Norge for både spesialbrukere (entreprenører, VTS-operatører, byggherre) og publikum. Dette gjøres ved å presentere værobservasjoner fra Statens vegvesens værstasjoner, og prognoser for føreforhold og vegbanetemperatur på en egen nettside. I tillegg pågår det er

mer omfattende arbeide for å forbedre treffsikkerheten på prognosemodellen, bla ved å ta hensyn til tiltak og gi prognoser for lengre tidsperioder.

Prognosemodellen deler vegnettet inn i segmenter på bakgrunn av de klimatologiske forholdene langs vegen. Disse kan være fra flere km ned til et par hundre meter, kuldegroper blir et eget segment mens en veg over et åpent område avgrenset til høydekoter blir et annet segment. Det blir også tatt hensyn til fokkutsatte steder, steder med tidlig tilfrysing m m. Prognosen oppdateres en gang i timen og gir prognose 10 timer frem i tid for hver av disse vegsegmentene for føreforhold og vegbanetemperatur. Føreforhold som varsles er tørt, vått, snø, is/glatt, snøfokk, og risiko/fare (spesielt vanskelige føreforhold slik som underkjølt regn). Prognosen vises både i kart og i graf, i graf vises i tillegg prognose for relevante værparametre fra MET.

Siden den romlige oppløsningen på disse prognosene er veldig høy vil dette være en stor forbedring i forhold til å lokalisere de største problemområdene langs vegen. Med god planlegging vil flere tiltak kunne gjøres til riktig tid, for eksempel planlagte preventive salttiltak istedenfor hastetiltak når det brått fryser på. Systemet vil medvirke til bedre kjøreforhold, mindre miljøbelastning og færre ulykker.

Prognosene er per 2015 operativt i 40 driftskontraktsonråder, og det planlegges fortløpende utvidelser av prognoseområdene i takt med oppgradering og etablering av nye værstasjoner (jfr avsnitt 20.3.2) slik at det skal kunne tilbys prognoser på hele riksvegnettet i Norge.



Figur 20.9 Presentasjon av prognose for vegbanen. Her vises føreforhold for riks- og fylkesveger i Sogn og Fjordane.

20.4 Eksempler på problematiske værstsituasjoner

Eksempelene er hentet fra /1/.

20.4.1 Klarvær, nærhet til vann og underkjølte vanndråper

I løpet av en klar natt utpå høsten synker lufttemperaturen ganske mye. Vann har stor varmekapasitet, det vil si at temperaturvariasjonene i lufta er mye større enn i vannet. La oss anta at vannet har en temperatur på 10 °C, mens temperaturen i lufta synker til -5 °C. Det fordampes vann fra overflaten av sjøen hele tiden og denne vanndampen som nær overflaten har temperatur på 10 °C blander seg med den omkringliggende lufta som har en temperatur på -5 °C. Den kalde lufta over sjøen blir mettet av fuktighet og det dannes seg frostrøyk over sjøen. Siden lufttemperaturen er under 0 °C vil vanndråpene underkjøles, dvs. at også temperaturen i vanndråpene blir lavere enn 0 °C. Om disse vanndråpene driver inn over land og treffer bakken, et tre, et hus eller en vegbane vil de øyeblikkelig fryse til is.

20.4.2 Klarvær og utfelling av rim/is

La oss anta en klar høstkveld med tørr fin asfalt. Lufttemperatur $T = 3$ °C og duggpunkt $T_d = 1$ °C, dvs. den relative fuktighet = 87 %. På grunn av stråling fra bakken synker temperaturen. Mørke flater (f. eks. svart asfalt) stråler mest, det vil si her synker temperaturen mest.

Det er ikke uvanlig at temperaturen i bakken synker til under 0°C i løpet av natten. Om natten er vegbanetemperaturen lavere enn duggpunktstemperaturen, noe som betyr at det vil felles ut dugg. Når da vegbanetemperaturen i tillegg er under 0 °C, vil denne duggen etter all sannsynlighet fryse.

20.4.3 Oppklarning etter skyet periode

Ved oppklarning etter en skyet og nedbørsrik periode med temperaturer omkring 0 °C øker faren for tilfrysing. Dersom denne situasjonen inntreffer på kvelden synker temperaturen fort pga utstråling fra bakken om kvelden og natta. Fordi lufta ofte er fuktig, kan rim dannes hurtig. Dersom det har kommet regn i løpet av den tiden det var overskyet kan dette vannet fort fryse til is på vegen.

En strålingssensor på en værstsasjon kan være nyttig i denne situasjonen. Fra denne kan man oppdage om skydekket sprekker opp før en tilfrysing skjer.

20.4.4 Vind

Vindretningen er viktig i forhold til værtypen. Varm fuktig luft inn over kaldt land kan f.eks. føre til tåke. Ved hjelp av vindmåler på stasjonene kan man se om virkeligheten stemmer overens med det meteogrammet viser. Det er viktig å være klar over at svak vind vil kunne variere 360 grader i løpet av kort tid uten at det vil ha noen innvirkning på været. Dette fanges ikke nødvendigvis opp i meteogrammet, men det er mulig å observere denne variasjonen i vindretningen ved svake vinder på kurven fra værstsasjonen.

20.4.5 Kveld og natt, stille og klart

Ved temperatur rett over frysepunktet er denne værstsasjonen meget vanskelig fordi plutselig tilfrysing kan forekomme. På grunn av at vegbanen hurtig avkjøles gjennom utstråling kan rim/is dannes raskt. Hvor mye is som dannes avhenger av temperaturen og luftas fuktighetsinnhold. Denne typen glatt veg fører til mange ulykker fordi den dannes så raskt, og derfor ofte kommer uventet på bilisten.

Registreringer av relativ fuktighet kan være et hjelpemiddel i denne situasjonen. Ved å følge med på utviklingen for duggpunktstemperatur og vegbanetemperatur kan man se om den ene synker hurtigere enn den andre.

20.4.6 Morgen, stille og klart

Dersom det er stille og klart om morgenen kan man også få meget rask tilfrysing. Vegbanen kan i utgangspunktet være kraftig nedkjølt i løpet av natten. Dette trenger ikke å ha avstedkommet rim hvis fuktighetsinnholdet i lufta nær bakken er lavt i utgangspunktet. Men når sola begynner å varme opp det bakkenære luftsjiktet på morgenen blir det bevegelse i luftlagene. Hvis fuktigere luft fra høyere luftlag på denne måten kommer i kontakt med den kalde vegoverflata kan det bli hurtig isdannelse.

Igjen er det kurvene for duggpunkt og vegbanetemperatur som vil vise om det er fare for tilfrysing eller ikke. Vind med en viss styrke kan imidlertid bidra til at dette fenomenet ikke skaper noen farlig situasjon.

- - - - -

Ut fra disse eksemplene bør det være det tydelig at værets innvirkning på vinterdriften kan føre til mange farlige føreforhold. Men meteorologi er en til tider kaotisk vitenskap, ingen værprognoser kan bli 100 % korrekte. For å få en mest mulig optimal vinterdrift er det derfor svært viktig å kombinere informasjon fra beslutningsstøtteverktøy med erfaring og lokal-kunnskap.

Referanser

/1/ <https://www.vegvesen.no/vegvar/>

/2/ <http://metlex.met.no>

/3/ <http://halo.met.no>

Kapittel 21 Vinterdrift

*Åge Sivertsen, Kai Rune Lysbakken, Bård Nonstad, Rudi Thomassen og Øystein Larsen,
Statens vegvesen*

21.1	Innledning	304
21.1.1	Mål for vinterdriften	304
21.1.2	Oppgaver	304
21.1.3	Ressursbruk	304
21.1.4	Effekter av vinterdrift på framkommelighet og trafikksikkerhet	306
21.2	Vinterdriftsklasser	306
21.3	Vær og andre forhold som har betydning for vinterdriften	309
21.4	Snøbrøyting	310
21.5	Snørydding	312
21.6	Strøing med sand	315
21.6.1	Fastsandmetoden	315
21.6.2	Strøing med tørr sand	316
21.6.3	Strøing med saltblandet sand	317
21.6.4	Effekt av sandstrøing på friksjon	317
21.7	Salting	318
21.7.1	Hensikten med bruk av salt	319
21.7.2	Salting som integrert del av en vinterstrategi	322
21.7.3	Spredemetoder	323
21.7.4	Alternative kjemikalier	324
21.7.5	Saltingens effekt på framkommelighet og trafikksikkerhet	325
21.7.6	Rust på biler	325
21.7.7	Saltingens effekt på miljøet	326
21.8	Andre arbeidsoppgaver i vinterdriften	327
	Referanser	329

21 Vinterdrift

21.1 Innledning

21.1.1 Mål for vinterdriften

Vinterdriften skal sikre:

- Forutsigbar og god framkommelighet med god regularitet og sikker trafikkavvikling under vinterforhold for alle trafikanter på en måte som ivaretar miljøhensyn
- Synlighet, lesbarhet og øvrig funksjon for objekter, spesielt med hensyn til trafikkavvikling og trafikksikkerhet
- Sikt for alle trafikanter
- Tilgjengelighet til vegutstyr for de som utfører drift og vedlikehold

Dette skal oppnås ved å gjennomføre tiltak for å begrense lengden av perioder med vanskelige føreforhold forårsaket av vintervær, samt sikre best mulig veggrep og jevnhet i perioder hvor det må aksepteres snø- og isdekke på veggen.

Ferdselsareal for gående og syklende skal være farbart og attraktivt for fotgjengere og syklister slik at de foretrekker å ferdes der framfor i kjørebanelen.

21.1.2 Oppgaver

Drifting av veger om vinteren krever en god organisering og beredskap slik at nødvendige tiltak hurtig kan settes i verk for å holde standardkravene som er satt. Oppgavene kan deles i:

- Snøbrøyting
- Snø- og isrydding
 - Snørydding (maskinell og manuell)
 - Snøfresing
 - Snø og ishøvling
- Sandstrøing
- Salting
- Andre vinteroppgaver

De forskjellige oppgavene og metodene er nærmere beskrevet senere i dette kapitlet.

21.1.3 Ressursbruk

Kostnader

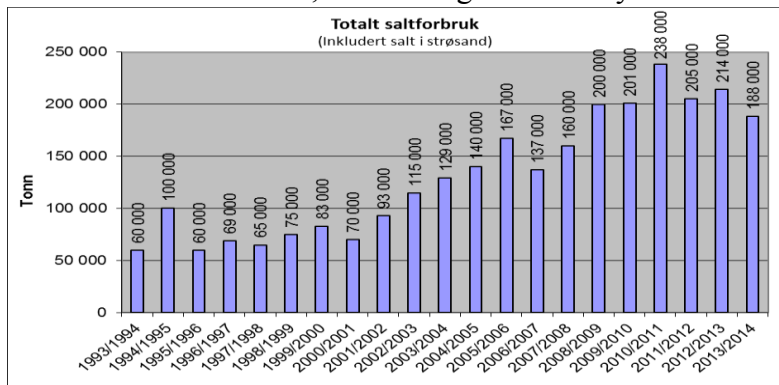
Vinterdrift er en av de tunge utgiftspostene i driftsbudsjettet. Kostnadene vil variere avhengig av vinterens «hardhet». I 2014 lå vinterkostnadene på ca. 2,1 milliard kroner for riks- og fylkesvegene. I tillegg kommer kostnadene for vinterdrift av kommunale og private veger.

Vinterdriften består av mange ulike aktiviteter, som faglig kan deles inn i brøyting, sandstrøing, salting, snø- og isrydding og andre vinteroppgaver. Kostnadene og kostnadsfordelingen er avhengig av vinterdriftsklasse, vegstandard, trafikkmengde, geografiske og klimatiske forhold. Ressursforbruket kan variere mye fra år til år avhengig av hvordan vinteren fortoner seg. En stor del av kostnadene er imidlertid bundet opp i faste utgifter som beredskap for mannskap og maskiner, avskrivninger, lagerutgifter o.l.

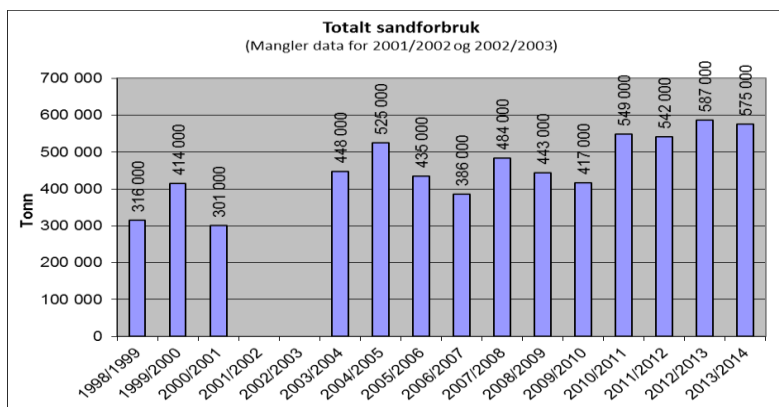
Forskjellige værforhold krever ofte forskjellig innsats. Strengt snøvintre er normalt mest kostnadskrevende med mye brøyting og snørydding, mens milde vintre med mye temperaturskiftinger rundt null grader gir stort behov for salting og sandstrøing. På vegger med mye grunnvanntilsi og dårlig drenering vil snøfattige og kalde vintre ofte føre til stort behov for tining og isrydding.

Mengder og materialforbruk

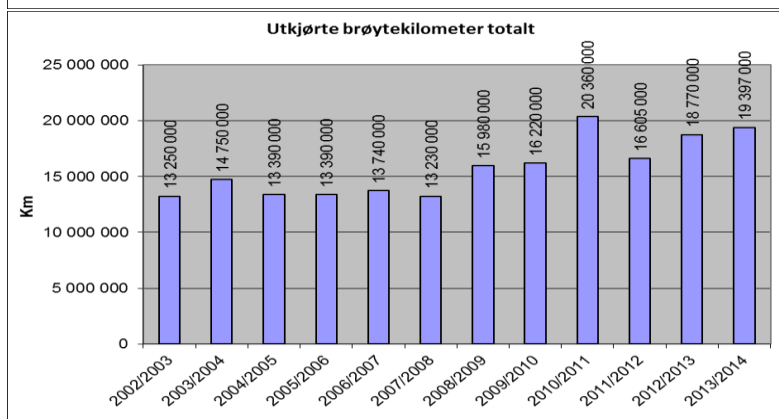
Statens vegvesen får ikke detaljert innsikt i entreprenørens kostnader, men gjennom rapportering i driftskontraktene får man oversikt over ressursforbruket på de viktigste aktivitetene. Figur 21.1 viser forbruk av salt, strøsand og utførte brøytekilometer i Statens vegvesen i de senere år.



Saltforbruket har økt kraftig de siste 10-15 årene som følge av at større andel av vegnettet saltes, samt at kravene til bar veg og friksjon har økt. Saltforbruket kan variere mye fra vinter til vinter avhengig av værforholdene. Milde fuktige vintre med store temperaturvariasjoner like under 0 °C øker behovet for salting. Fra 2009 har forbruket flatet ut med noen variasjoner fra år til år.



Sandforbruket har vært svakt stigende de siste 10 årene, men ganske stabilt i de senere år. Det antas at mer bruk av salt og mer bruk av fastsandmetoden gjør at sandforbruket ikke har økt på samme måte som saltforbruket.



Brøyteinnsatsen har økt gradvis de siste 10 årene, men varierer fra år til år avhengig av snøforholdene. I snitt brøytes det ca. 320 km pr km veg, dvs. at det kjøres i snitt ca. 160 brøyteurer tur/retur pr vinter. Her er det store variasjoner avhengig av hvilket vegnett og hvor i landet man er. Nord-Norge har desidert høyest brøytefrekvens med over 600 brøytekilometer pr km veg de siste årene.

Figur 21.1 Forbruk av salt, strøsand og utførte brøytekilometer i Statens vegvesen i de senere år./1/

21.1.4 Effekter av vinterdrift på framkommelighet og trafikksikkerhet

Vinterdrift har stor betydning for framkommelighet og sikkerhet om vinteren. Kjørekostnadene knyttet til tidsforbruk, drivstofforbruk og slitasje påvirkes i stor grad av snø- og vegbaneforhold. Veger med høy trafikk og kapasitetsproblemer er ekstra sårbare i perioder med vanskelige føreforhold. Lavere kjørefart og korte stopp fører ofte til lange køer og forsinkelser.

På fjellovergangene skaper vanskelige værforhold ofte problemer med snøfokk og dårlig sikt. Under vanskelige og varierende værforhold innføres kolonnekjøring for å holde vegen åpen lenger og sikre trygg overfart. Noen ganger må utsatte strekninger stenges midlertidig. Dagens samfunn er avhengig av god regularitet på vegnettet og uforutsette stenginger kan gi store konsekvenser for viktige transporter.

Flere undersøkelser viser at føreforholdene har stor betydning for ulykkesrisikoen. Dette er en av årsakene til at det på flere veger brukes salt for å oppnå mest mulig bar veg. Tabell 21.1 viser at ulykkefrekvensen er mye høyere på vinterføre enn på tørr bar veg.

Tabell 21.1 Relativ risiko på ulike fører sammenlignet med tørr bar veg /2/

Føreforhold:	Relativ risiko:
Tørr, bar veg	1,0
Våt, bar veg	1,3
Bart i spor	1,3
Vinterføre for øvrig	2,2

Ved kraftige og langvarige snøfall i byer og tettsteder kan for små areal for lagring av snø medføre redusert framkommelighet og sikthindringer.

Snø og is skaper særlig problemer for syklister og fotgjengere, og eldre og handikappede er spesielt utsatt. Det er ekstra vanskelig å opprettholde funksjonen til universell utforming om vinteren. Dette er beskrevet nærmere i kapittel 18 om byer og tettsteder.

21.2 Vinterdriftsklasser

Ut fra R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, skal alle veger klassifiseres i vinterdriftsklasser DkA - DkE (se kap. 2). For de ulike vinterdriftsklassene er det satt spesifikke krav til hva som er godkjente føreforhold og tidsfrister knyttet til gjennomføring av tiltak ved ulike vinterforhold.

Valg av vinterdriftsklasse for en sammenhengende vegrute skal gjøres med utgangspunkt i vegrutens trafikkvolum (ÅDT).

I tillegg til ÅDT skal det ved valg av vinterdriftsklasse tas hensyn til forhold som vegkategori (nasjonal/regional transportrute, eller annen transportrute), trafikk sammensetning (lette/tunge, kjøretøy/syklende/ fotgjengere), kollektivtrafikk, geometrisk standard (vegbredde, horisontal- og vertikalkurvatur), topografi, klima, værforhold, ulykkesnivå, rushtidsproblematikk, næringstrafikk, turisttrafikk, miljøforhold, mm.

Valg av vinterdriftsklasse for ferdselsareal for gående og syklende skal gjøres med utgangspunkt i gang/sykkelrutens funksjon:

Vinterdriftsklasse GsA

- Bymessig strøk med høy gang- og sykkeltrafikk
- Hovednett for sykkeltrafikk
- Ferdselsareal hvor store deler av arealet, eller strekningen har indikatorer.

Vinterdriftsklasse GsB:

- Øvrige ferdselsareal for gående og syklende

Overgang mellom ulike vinterdriftsklasser skal legges til steder hvor endring i standard ikke skaper overraskelse eller problemer for trafikantene. Håndtering av driften i overgangen mellom vinterdriftsklasser skal samordnes med tanke på å redusere effekten av endring i standard langs veien.

Hovedprinsipp for de ulike vinterdriftsklassene

Vinterdriftsklassene kan grupperes i følgende tre grupper med utgangspunkt i hovedprinsipp for vintervedlikeholdet:

1. Vinterdriftsklassene DkA, DkB og GsA
2. Vinterdriftsklasse DkC
3. Vinterdriftsklassene DkD, DkE, GsB og for sideanlegg

Oversikt over krav til de ulike vinterklassene finnes i Håndbok R610 og er skrevet inn i driftskontraktene.

Vinterdriftsklassene DkA, DkB og GsA

Veger i disse vinterdriftsklassene skal brøytes og saltes slik at ferdselsarealet i størst mulig grad holdes bart hele vinteren. Avvik aksepteres under eller kort tid etter snøfall og ved lave temperaturer.



Figur 21.2 Vinterdriftsklasse DkA: Vegen brøytes og saltes slik at den blir bar kort tid etter snøfall (Foto: Risa AS)

Vinterdriftsklasse DkC

Veger i vinterdriftsklasse DkC skal i noen tilfeller saltes slik at ferdselsarealet holdes bart. I andre tilfeller kan disse vegene ligge med snø- og isdekke. Kontrakten klargjør når disse vegene skal saltes eller ikke.

Vinterdriftsklassene DkD, DkE, GsB og for sideanlegg

Veger som driftes etter en av disse vinterdriftsklassene, kan ha et snø- og isdekke vinteren igjennom.

Veger som driftes etter en av disse vinterdriftsklassene, skal ved behov normalt strøs med sand.



Figur 21.3 For vinterdriftsklasse DkD kan vegen ha snø- og isdekke (Foto: Jarle Wæhler)

Tabell nedenfor gir en oppsummering over alle vinterdriftklassene og godkjente føreforhold.

Tabell 21.2 Oversikt over ulike vinterdriftsklasser

Vinterdriftsklasse DkA	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt).
Vinterdriftsklasse DkB (Høy, middels, lav)	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt), hard snø/is tillates utenom hjulspor i begrenset tidsrom.
Vinterdriftsklasse DkC	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt) i milde perioder og hard snø/is i kalde perioder.
Vinterdriftsklasse DkD	Godkjent føreforhold er hard snø/is.
Vinterdriftsklasse DkE	Godkjent føreforhold er hard snø/is. DkE skal ikke nyttes på riksveg.
Vinterdriftsklasse GsA	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt). Hard og jevn snø/is tillates i kalde perioder.
Vinterdriftsklasse GsB	Godkjent føreforhold er hard snø/is.
Sideanlegg	Godkjente føreforhold er hardt og jevnt snø- og isdekke med maksimalt 2 cm løs snø. På ferdselsareal for gående og syklende der det er indikatorer skal de være snø- og isfrie.

Detaljerte krav til vinterdriftsklasser finnes i driftskontraktenes, kap. D2-S10.

21.3 Vær og andre forhold som har betydning for vinterdriften

Vinterdriften styres av endringer i værforholdene. Tidspunkt og valg av tiltak bestemmes både ut fra hva som har skjedd den siste tiden, nåsituasjonen og prognose for de nærmeste timene. I tillegg til været må man også ta hensyn til trafikkforholdene ved valg av tidspunkt og tiltak. Beslutningsstøtte og meteorologi er nærmere omtalt i kapittel 20.

De viktigste værtypene som forårsaker vanskelige kjøreforhold og behov for tiltak for ulike strategier er vist i tabell 21.3.

Tabell 21.3 Værtyper som forårsaker vanskelige kjøreforhold og behov for vinterdrift

Værtyper / værhendelser	Betydning for kjøreforhold	Aktuelle tiltak (Hyppighet på tiltak og metode vil variere ut fra vinterdriftsklasse)
Snøfall	Løs snø, snø-/isdekke og dårlig veggrep. Dårlig sikt.	Før snøfall: -eventuelt salting Under og etter snøfall: -brøyting, eventuelt salting, snørydding, snø/is-høvling
Vind i områder med løssnø	Fokksnø Dårlig sikt	Brøyting, eventuelt salting, snørydding, snø/is-høvling
Regn på frosset vegbane	Is på snø/isdekket veg og på frosset bar veg	Under slike hendelser er sandstrøing ofte det mest aktuelle tiltaket. Før slike værhendelser kan bruk av salt være aktuelt på det veggnettet hvor salting er krevd eller tillatt. Bruk av fastsand eventuelt sandstrøing kan også være metoder som gir en god preventiv virkning.
Underkjølt regn	Fryser direkte på vegbanen, kan gi ekstremt glatt is	
Tåke kombinert med frost i vegbane	Rimfrost på vegbanen Dårlig sikt	
Oppklaring/utstråling ved frost i vegbanen	Kan gi rimfrost og frysing av vann på vegbanen	
Økning i luftfuktighet ved frost i vegbanen	Kan gi rimfrost	
Synkende temperatur til kuldegrader	Gir tilfrysing av vann på vegbanen og mulig rimfrost	
Stigende temperatur til varmegrader	Gir smelting av snø/isdekke og dannelse av våt is	

Langvarig kulde eller mildvær påvirker føreforholdene ved at vegoverbygningen fryser eller tiner. Dette har også betydning for telehiv og teleløsning lenger nede i vegkonstruksjonen. Kombinasjon av stort vanntilsig, lite snø og langvarig frost fører lett til isdannelse i grøfter og stikkrenner og stort behov for tining. Gamle rør med lite fall og liten dimensjon er spesielt utsatt.

På bruer og isolerte vegstrekninger endres temperaturen på vegoverflaten raskere da vegdekke-temperaturen der ikke stabiliseres like mye av vegens varme-/kuldemagasin. Derfor er bruene ofte de første stedene hvor det dannes rimfrost om høsten.

Når luftfuktigheten er høy og vegbanetemperaturen er lavere enn lufttemperaturen, er det fare for utskilling av vann fra lufta til vegbanen (dugg). Dersom det er kuldegrader i vegbanen fører duggdannelse til rimfrost dersom det ikke er salt på vegbanen. Jo større temperaturforskjell

mellom luft og vegbane, jo større er sjansen for dannelse av rimfrost på vegbanen. Derfor kan perioder med oppklaring etter solnedgang ofte gi rimfrost selv om det er varmegrader i lufta og tilsynelatende tørt fint vær. Tilfrysing av tynne ishinner kan være svært vanskelig å oppdage og kan derfor komme overraskende på trafikantene.

Områdene rundt vegen har også betydning for føreforholdene, f.eks.:

- Tilgang til fuktig luft ved elver og vann gir økt fare for dugg og rimfrost
- Høye skjæringer og vegetasjon gir skyggevirksomhet og reduserer oppvarming fra solstråling
- Vegetasjon langs vegen kan dempe vind og fokkproblemer
- Rekkverk og hindringer inntil vegen kan gi ekstra fonndannelse på vegbanen

I tillegg til været og omgivelsene påvirker også trafikken føreforholdene om vinteren;

- Snøen kompakteres på vegbanen slik at det dannes snø-/isdekke, spesielt ved kram snø
- Snøen havner i ranker mellom hjulsporene
- Ved lett snø og lave temperaturer kan snøen blåses av vegen
- Snø/isdekke poleres slik at vegbanen blir glattere, spesielt i kryss og svinger
- Snø/isdekke slites ned, ved stor trafikk og høy piggdekkandel blir det raskt bart i spor
- Kjettingbruk ruer opp, sliter ned og gir ujevnt isdekke
- Tynne ishinner brytes ned, særlig når salt svekker bindingene i isen
- Vann spruter av vegen og våt vegbane tørker opp raskere

Dette viser at vinterdrift er komplisert og setter store krav til erfaring og lokalkunnskap om vær, veg og trafikk hos de som har ansvaret for å planlegge og utføre vinterdriften.

21.4 Snøbrøyting

Hensikten med snøbrøyting er å fjerne løs snø fra et brøyteareal. Brøytearealet kan i tillegg til vegbanen også omfatte møteplasser, busslommer, rasteplasser, snuplasser, parkeringsplasser, gang- og sykkelfelt, fortau mv.

Snøbrøyting utføres vanligvis med plog montert på en lastebil, men også traktor, høvel eller hjullaster kan brukes som bæremaskin.

Snøbrøyting bør utføres under eller umiddelbart etter snøvær. Det er viktig å etterstrebe at snøbrøyting utføres før perioder med mye trafikk for å unngå at snøen blir nedkjørt til et snødekke som er vanskelig å fjerne med plog. For å få best mulig effekt av plogen bør brøytehastigheten ikke være over 40 km/t.

På veger med krav om bar veg bør vegbanen saltes før snøvær for å hindre at snøen binder seg til vegoverflaten og for å hindre kompaktering av snøen.

Det er viktig at hele vegbredden i samme kjøreretning brøytes i en operasjon for å unngå at trafikken spruter snø tilbake i det brøytede arealet. På veger med flere felt kjøres ofte flere brøytebiler etter hverandre (tandemkjøring) for å føre all snøen over fra venstre til høyre side av vegen i samme operasjon.

På høyfjellsveger og øvrige veger som er utsatt for snøfokk kan det være aktuelt å iverksette kolonnekjøring. Formålet med kolonnekjøring er å lede trafikantene trygt gjennom vegstrekninger med snøfokk og dårlig sikt. Under kolonnekjøring benyttes brøytebil som leder kolonnen og følgebil som sikrer at kolonnen hele tiden er intakt, og som eventuelt kan assistere kjøretøyer som får problemer. Antall kjøretøy/personer i hver kolonne bestemmes ut fra hvilken

beredskapsordning som finnes ved behov for redning. Kjøretøy som er dårlig utrustet kan nektes å bli med i kolonnen.

Det er fornuftig å ha en plan for plassering av snøen fra første snøfall slik at det også er plass for snø fra kommende snøfallene. I urbane strøk er det ofte knapphet på areal for snøopplag og det kan være dårlig plass mellom kjøreveg og gang- og sykkelveger. Da er det viktig å koordinere tiltakene slik at snø fra hovedvegen ikke brøytes inn på en ferdig brøytet gang- og sykkelveg.

Ved store snømengder eller mye vind kan det bygges opp høye brøytekanter. Det kan da være vanskelig å få kastet snøen ut over kantene slik at mye snø ryr tilbake i vegbanen. I slike tilfeller kan det være nødvendig å rømme ut brøytekanter for å gi plass til mer snø. Videre gjelder det generelt at brøytekanter ikke skal hindre at overflatevann ledes bort fra veien.

Bredden som skal ryddes er minst til og med kantlinjene, men ikke utenfor skulderkant da dette kan føre til trafikkfarlige situasjoner dersom biler kommer for langt ut. Det settes opp brøytestikker for å markere brøyteareal og angi ytterkant av vegbane samt spesielle elementer.

Plogmateriell

Brøyting på veg utføres vanligvis med lastebil påmontert snøplog, eventuelt i kombinasjon med sideplog eller underliggende skjær. Vanligvis brukes diagonalplog som kaster all snøen ut til høyre. På høyfjellsveger og veger med mye snø brukes vanligvis spissplog.



Figur 21.4 Brøyting med spissplog på høyfjellet (venstre, foto Geir Brekke) og brøytebil med diagonalplog og sideplog (høyre, foto Statens vegvesen)

Sideplog brukes i tillegg til diagonalplog for å få ekstra brøytebredde på brede veger eller veger med flere felt. Underliggende skjær er effektivt for å fjerne snø-/isdekk samtidig med brøyting.

For å fjerne slaps fra vegbanen kan det benyttes ploger med slapselameller (gummiskjær). Etter brøytepløgen kan det også brukes kost der hvor en ønsker særlig god mekanisk fjerning som f.eks. på strekninger med strenge krav til å redusere saltforbruket.

På brøytepløger er det montert utskiftbare vegstål som går ned mot vegbanen. Avstanden mellom skjær og vegbane kan justeres, men skjærene vil ofte komme i berøring med vegdekket og bli slitt. For effektiv brøyting av slaps og på veger med hjulspor brukes gjerne ploger med slapselameller og ploger som er oppdelt i seksjoner. Det tilstrebes at plogskjæret følger vegdekket best mulig slik at vegbanen blir godt rensket etter brøytetiltaket. Det finnes ulike kombinerte stål/gummiskjær til snøploger på markedet, som har god fleksibilitet og lavt støynivå.



Figur 21.5 Underskjær montert på brøytebil (venstre) og Trelleplow gummiskjær (høyre)
(Foto: Statens vegvesen)

21.5 Snørydding

Snørydding utføres for å sikre at veg og vegutstyr fungerer som tiltenkt etter snøfall. Typiske arbeidsoppgaver på vegen er snø- og ishøvling, utfresing og oppussing etter høvling og etterrydding etter brøyting. Rydding av plasser og ulike arealer samt siktforbedring er andre oppgaver som må utføres i etterkant av snøvær.

Snø som hindrer sikt skal fjernes da det er viktig å gi trafikantene tilfredsstillende siktforhold og dermed redusere ulykkesrisikoen. Siktrydding kan omfatte mange ulike objekter og arealer som:

- Vegskuldre
- Trafikkøyer
- Midtdelere
- Rydding av siktsoner i forbindelse med:
 - vegkryss
 - kryssende gang-/sykkelveg
 - kryssende fotgjengerfelt
 - kurver
 - inn- og utkjøringer til kollektivtrafikkterminaler
 - busslommer
 - vinteråpne rasteplasser
 - kontroll- og veieplasser
 - parkeringsplasser
 - snuplasser
 - skilt

Snøfresing

Snøfresere brukes til å kaste løssnø vekk fra brøytearealet. Prinsippet er at snø mates inn i en trommel eller vifte og en vifte sender snøspruten videre gjennom en utkasterenhet. Snøfresere er best egnet hvor det er store snødybder eller hvor snøen må kastes bort fra brøytearealet. Det er en fordel at snøen blir kastet på leside av vegen i forhold til fremherskende vindretning slik at den ikke driver tilbake inn på vegen ved neste uvær.



Figur 21.6 Hjullastermontert trommelfres (venstre, Foto: Øveraasen).
Bildet til høyre viser en snøfres som fjerner brøytekant og kaster snøen tvers over vegbanen (Foto: Statens vegvesen)

Snøfresere finnes i mange størrelser og typer. De fleste snøfresere har en traktor eller hjullaster som bæremaskin. Snøfresere montert på traktor brukes ofte istedenfor plog på gang- og sykkelveger og mindre fylkesveger. Videre brukes mellomstore snøfresere montert på hjullaster til oppgaver som rydding av kryss og plasser, opplasting av snø på lastebil, utfresing av grøfter om våren, utfresing ved rømming av brøytekanter, utfresing i trange skjæringer og lignende. På enkelte høyfjellsveger er det anlagt spesielle fresefelt langs vegen på de partiene som er mest utsatt for drivsnø. Aktiv bruk av slike fresefelt gir gode sikt- og brøyteforhold på vegen under drivsnøforhold, samt rom for fonndannelse utenfor vegbanen.

For å ta opp vinterstengte veger eller veger som er midlertidig stengt pga. av snø og vind, brukes store freser med stor kapasitet.

Snø- og ishøvling

Veghøvelen er en spesialmaskin for å planere vegoverflater. Veghøvelen er et tungt kjøretøy (normal egenvekt 15 – 20 tonn). Med lang akselavstand, styrbart skjær, boggehjul og trekk på 4 eller 6 akslinger er den godt egnet for å høvle harde snø- og isdekker.

Vinterhøvling utføres for å redusere tykkelsen og etablere en jevnt snø- eller isdekke på vegbanen.

Gjenværende snø- og isdekker etter høvling bør være så tynn som mulig slik at trafikken (piggdekkene) raskt fjerner resten av snø- og isdekket og skaper bar veg. Krav til jevnhet og tykkelse av snø- og isdekker er angitt i Håndbok R610.

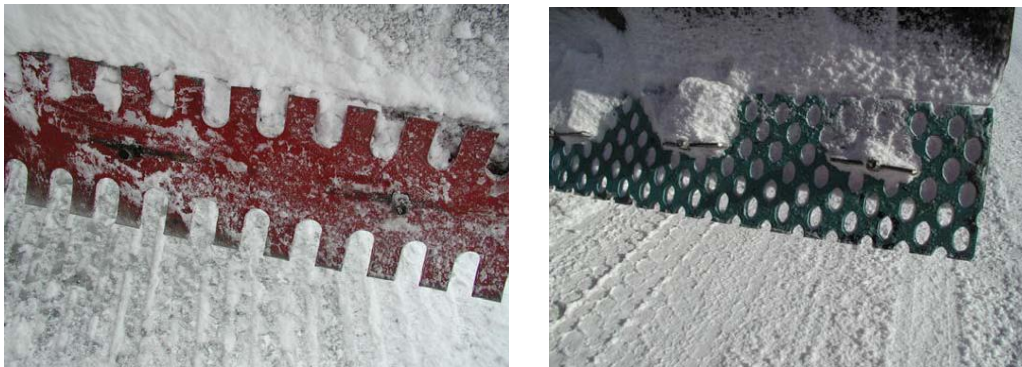


Figur 21.7 Veghøvel med underskjær i aksjon, til høyre jevnt snø-/isdekke etter høvling (Foto: Statens vegvesen)

Det kan benyttes ulike type høvelskjær ut fra ulike forhold. P300 og isriverskjær brukes for å gi en ru overflate med god friksjon. Slike skjær vil gi et rillet mønster i kjøreretningen som kan gi et bedre veggrep i kurver. Høvling som sådan gir normalt ikke et varig friksjonstilskudd, men ved å etablere et jevnt og slett dekke vil det føles sikrere og bedre og ferdes på.

Nettingskjæret P300 (figur 21.8) er skånsomt mot vegdekket og godt egnet på snø-/isdekke og ved rydding av snø. Det er derimot lite egnet på hard is da det slites fort.

Isriverskjær er best egnet til daglig høvling, med bra effekt på snø- og isdekke samtidig som det er forholdsvis skånsomt mot faste vegdekker.



Figur 21.8 Isriverskjær, rødt Scana (venstre) og skjær av typen P300 (høyre)



Figur 21.9 System 2000 med hardmetallpigger

Ved bruk av hardmetallstift system, mest kjent som System 2000 (figur 21.9) brukes hardmetallpigger som er svært effektive til å rive opp is. Spisse pigger brukes ved isrivning på grusveger, og runde pigger til ishøvling på vegger med fast dekke. Piggene skal rotere for å gi lang levetid. System 2000 må brukes med forsiktighet på faste dekker da asfalt og vegmerking lett kan bli skadet av piggene. Generelt skal det benyttes vegstål som gir til minst mulig risiko for å skade vegdekke og vegoppmerking. Det er viktig at operatørene har god kompetanse da alle typer vegstål kan gi skader på vegobjekter ved feil bruk.

P300 og System 2000 er spesifikke firmaprodukter, mens isriverskjær og glatt slitestål er generelle betegnelser.

21.6 Strøing med sand

Friksjonsforbedring ved strøing med sand blir anvendt på veger og ferdselsareal for gående og syklende som driftes som «vinterveg» dvs. areal som kan ha snø- eller isdekke på vinteren. Det finnes ulike metoder for sandstrøing og disse har også ulik effekt og varighet. De tre metodene som er brukt er:

- Fastsandmetoden (strøing med varmt vann og sand)
- Strøing med tørr sand
- Strøing med saltblandet sand

Den metoden som gir best resultat i kalde, stabile perioder er normalt fastsandmetoden, hvor varmt vann tilsettes sanden før utstrøing. Metoden gir høyere friksjon, tiltaket varer lengre og forbruket av steinmaterialer blir mindre enn de andre metodene. Grusmaterialene som benyttes for strøing med sand kan enten være siktet naturgrus eller knuste masser av enten naturgrus eller knust fjell. Vanligvis knuses og siktes også naturgrusen for å utnytte materialene best mulig, samtidig som en dermed også har kontroll på steinstørrelsen. Kornfordelingen i strøisanden er viktig med hensyn til den friksjonsforbedrende effekten av tiltaket og for å begrense skader på bilparken pga. steinsprut.

Ideelt sett bør omlag halvparten av massene bestå av steinstørrelse på under 1 mm, og maksimal steinstørrelse skal ikke overstige 6mm. (For sand som benyttes til fastsandmetoden gjelder spesielle krav.)

Vanligvis legges det ut ca. 200 g/m² sand, uavhengig av metode.

Oppbevaring av sand uten salt bør skje frostfritt.

21.6.1 Fastsandmetoden

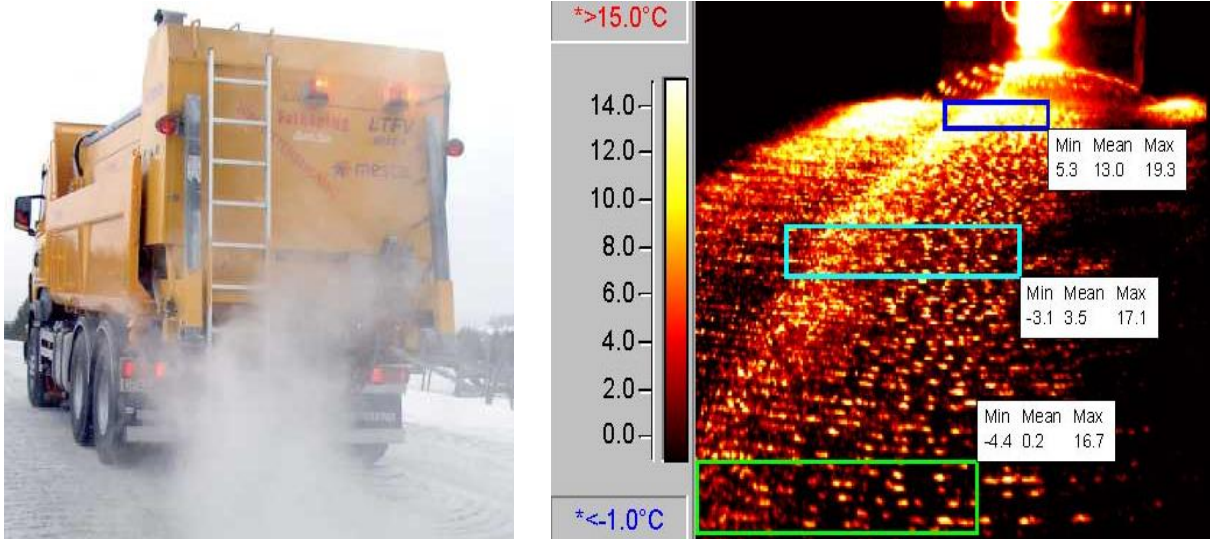
Fastsandmetoden er basert på at varmt vann tilsettes sanden ved utstrøing. Vanntilsetningen skal være ca. 30 volumprosent i forhold til tørrstoffdelen. For å få best mulig effekt av metoden bør vannet ha en temperatur på omlag 95 °C. Blandinga av sand og vann vil da smelte noe is/snø og deretter fryse fast i underlaget slik at vi får en sandpapireffekt med god friksjon og lang varighet. Metoden fungerer kun når det er minusgrader i underlaget.

Figur 21.10 viser et eksempel på bilde tatt med varmekamera under utstrøing med fastsand. Bildet viser temperaturen på blandingen av grus og vann fra spredetallerkenen og 5-6 meter bakover. Temperaturvariasjonene synliggjøres gjennom fargenyansene. Denne dokumentasjonsformen har vært sentral i utviklingen av metoden og under testing av ulike fastsandapparater.

Ved fastsandmetoden kan en benytte både siktet naturgrus og knuste masser. Fastsand stiller krav til at det skal være et visst innhold av finstoff i grusmaterialene. Dette for at det skal dannes klumper med blanding av sand og vann. Eksempel på slike klumper kan en se på detaljbildet i figur 21.11.

Fastsand har et bredt anvendelsesområde og vil i de fleste tilfeller være et vesentlig bedre alternativ enn andre metoder for strøing med sand. Selv om det beste resultatet oppnås på et hardt snø-/isdekke, kan metoden også brukes på tynne ishinner. Fastsandmetoden skal primært benyttes som en preventiv metode når det forventes stigende vegbanetemperatur og friksjonsverdier under kravene. Videre anbefales metoden for å holde friksjonskravene under stabile perioder med kaldt vintervær med isete veier.

Fastsand har begrensninger ved mildvær og vil ved slike forhold ikke ha noe bedre effekt enn tradisjonell sanding. Fastsand setter krav til god logistikk, og man må ha oppvarmet lager for sanden og en spesiallaget spreder for oppvarming av vannet.



Figur 21.10 Utstrøing med fastsand. Bildet til høyre er tatt med varmekamera under utstrøing (Foto: Torgeir Vaa)



Figur 21.11 Strøing utført etter fastsandmetoden, oversiktsbilde og detaljbilde (Foto: Torgeir Vaa)

21.6.2 Strøing med tørr sand

Ved strøing med tørr sand kan det benyttes både siktet naturgrus og knuste masser av naturgrus eller fjell. Det er ikke så viktig å ha samme finstoffinnhold ved strøing med tørr sand som det er med fastsand.



Figur 21.12 Strøing med tørr sand. (Foto: Per Ingar Haug)

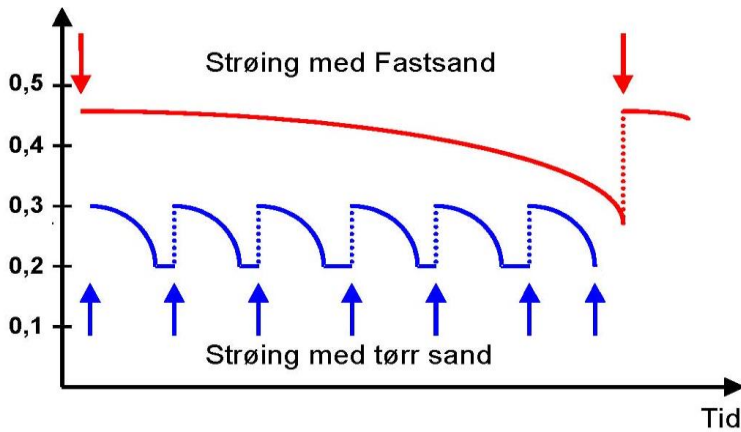
21.6.3 Strøing med saltblandet sand

Saltinnblanding i strøsanden skal bare brukes for å hindre at sanden fryser på lager. Vanlig salttilsetning vil ut fra de forutsetningene være 15 - 30 kg/m³. Øker man saltmengden i strøsanden utover dette, kan man få et saltforbruk som nærmer seg en ordinær saltpraksis. Dersom saltinnblandingen for eksempel økes til 60 kg/ m³, og det strøs ut 200 gram sand per m², vil dette tilsvare 7,5 gram salt per m². Et større innslag av salt kan dessuten føre til at isen og snøen begynner å smelte, noe som igjen medfører at vegene blir sporete og ujevne.

21.6.4 Effekt av sandstrøing på friksjon

Forskjellen mellom strøing med fastsandmetoden og strøing med tørr sand er illustrert i figur 21.13. Figuren viser at man med fastsandmetoden får en mye større økning i friksjon sammenliknet med tørr sanding, samtidig som at tiltaket varer lenge.

Med tørr sand må man derimot gjøre hyppige tiltak for å klare å holde friksjonskravet.



Figur 21.13 Prinsippskisse som viser varigheten av fastsand i forhold til strøing med tørr sand

Etter strøing med fastsand øker friksjonskoeffisienten normalt med 0,20-0,30. I praksis betyr dette at en kan oppnå en friksjonskoeffisient på 0,40-0,50 på et snø-/isdekke som i utgangspunktet har en friksjonskoeffisient på 0,20. Friksjonstilskuddet kan være 2-3 ganger bedre enn med tørr- eller saltblandet sand.

Strøing med tørr- og saltblandet sand vil som en tommelfingerregel øke friksjonskoeffisienten med ca. 0,10. Dette er isolert sett ikke så veldig mye, men tross alt en forbedring som kan være helt avgjørende i visse situasjoner. På et snø-/isdekke med friksjon på 0,20 vil strøing med tørr- eller saltblandet sand medføre at friksjonskoeffisienten blir ca. 0,30.

Tester viser at det meste av tørr sanden blir borte allerede etter at ca. 100 personbiler har kjørt på den nystrødde strekningen. Dette betyr at strøiltaket får begrenset virketid spesielt på vegger med mye trafikk og høy fart.

21.7 Salting

Bruk av kjemikalier på vinterveger blir ofte kalt *salting*. Begrepet *salt* benyttes ofte om kjemikalie *natriumklorid* (NaCl, også kjent som koksalt eller bordsalt). Ved salting av vegger kan i utgangspunktet flere typer kjemikalier benyttes, men natriumklorid er mest brukt i Norge og internasjonalt.

Kjemikalier på vinterveger brukes som et hjelpemiddel for å opprettholde, eller raskt oppnå bar veg. Ved å spre ut et kjemikalie som senker frysepunktet, ønsker man å hindre at is dannes, eller å gjøre mekanisk fjerning av snø og is mer effektiv.



Figur 21.14 Brøyting og salting av vinterveg. (Fote: Kai Rune Lysbakken)

21.7.1 Hensikten med bruk av salt

Det kan prinsipielt defineres tre ulike hensikter med bruk av salt på vinterveger:

1. Anti-ising - Hindre at is dannes på vegbanen
2. Anti-kompaktering - Lette mekanisk fjerning av snø fra vegbanen
3. De-ising - Smelte og fjerne is eller kompaktert snø fra vegbanen

Hver av disse tre hensiktene kan relateres til tre forskjellige fysiske mekanismer eller egenskaper ved salt og salting. Tabellen nedenfor viser dette:

Tabell 21.3 Ulike hensikter med bruk av salt på vinterveger /3/

Hensikt	Mekanisme	Begrep
1. Hindre at det dannes is på vegbanen	Kjemikaliet senker frysepunktet til vann	<i>anti-ising</i>
2. Lette mekanisk fjerning	Kjemikaliet hindrer bindinger mellom snøkrystaller og mellom snøkrystaller og vegoverflaten	<i>anti-kompaktering</i>
3. Smelte/fjerne snø- eller isdekke	Kjemikaliet smelter og penetrerer snø-/islaget og bryter binding mellom is/snø og vegoverflaten, og letter mekanisk fjerning	<i>de-ising</i>

Anti-ising

Ved salttiltak som anti-ising spres salt på en våt eller tørr veg for å hindre at is dannes. En typisk situasjon der salt benyttes til anti-ising er ved våt vegbane, enten på grunn av nedbør eller smeltevann, og synkende temperatur. Før utfelling av dugg på en kald og tørr vegbane kan salt

spres ut for å unngå glatt veg på grunn av rimdannelse. Salt kan også utspres før regn på kald bakke eller underkjølt regn. Når man benytter saltet til anti-ising så utnyttes effekten at saltet senker frysepunktet til vann.

Et hvert stoff som løser seg opp i vann og dermed danner en løsning, vil senke frysepunktet til vann. Frysepunktnedsettelse er en såkalt kolligativ egenskap. Det vil si at frysepunktnedsettelse ikke er avhengig av hva slags stoff som blir oppløst i vannet, men hvor mange molekyler som løses opp. Frysepunktnedsettelse kan uttrykkes slik:

$$\Delta T = m \cdot K_f$$

hvor:

ΔT er nedsetting av frysepunkt i °C

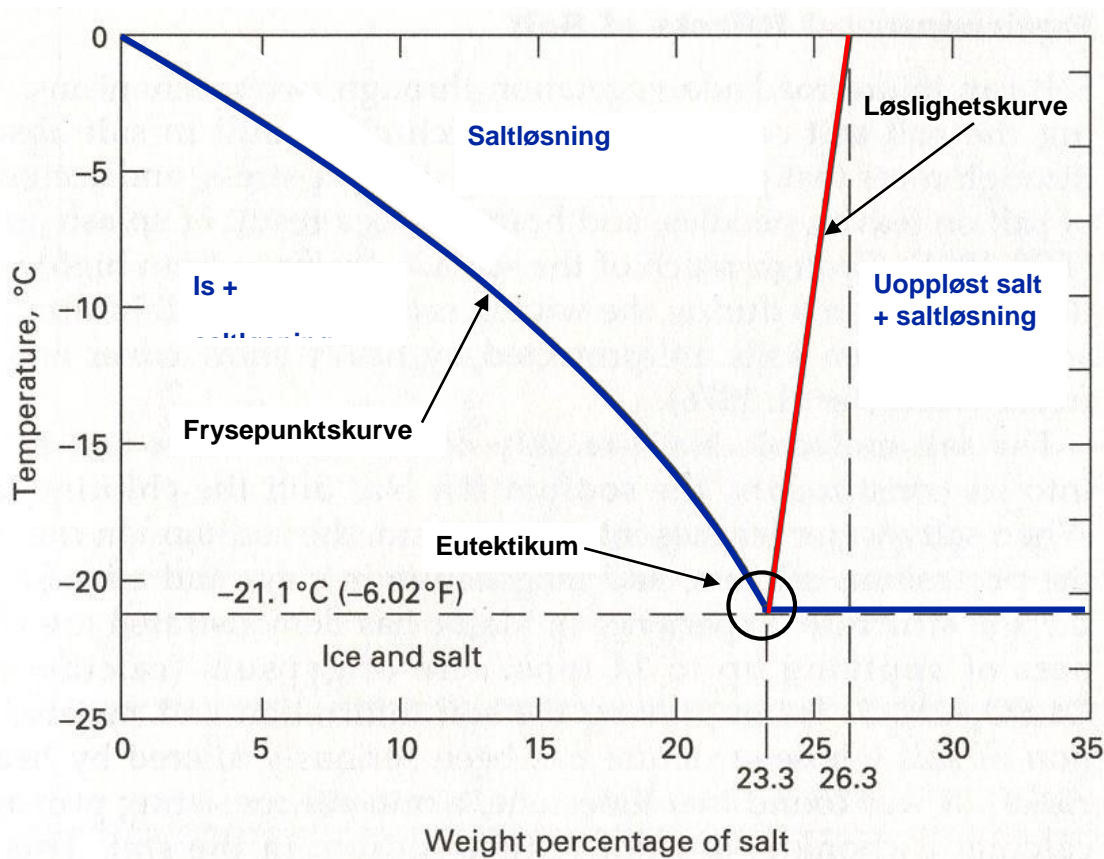
m er konsentrasjonen av oppløste molekyler uttrykt ved såkalt molalitet (mol per liter)

K_f er den kryoskopiske konstanten (spesifikk for ulike væsker)

Eksempelvis vil både sukker og salt sette ned frysepunktet til vann. Tilsettes en lik mengde molekyler av sukker eller salt til en bestemt mengde vann vil i teorien frysepunktet settes ned likt. Siden molekylene til sukker er mye tyngre enn molekylene til salt vil vekten av en viss mengde molekyler for sukker veie mer enn den samme mengde molekyler salt. Av denne grunnen er stoffer som har lav molekylvekt mer effektive per vektenhet enn stoffer med høy molekylvekt når det gjelder frysepunktnedsettelse.

Ved å tilsette salt til vann vil altså frysepunktet til vannet senkes. Hvor mye frysepunktet senkes avhenger av mengden salt som tilsettes. Dette kan vises skjematisk i et såkalt fasediagram. Fasediagrammet viser frysepunktet for en blanding av vann og salt som funksjon av mengden salt. Figur 21.15 viser fasediagrammet for natriumklorid (NaCl) og vann, såkalt natriumkloridløsning.

Den blå kurven på figuren viser frysepunktet til løsningen av vann og natriumklorid. Som figuren viser så senkes frysepunktet for natriumkloridløsningen desto mer NaCl som tilsettes. Dette skjer inntil frysepunktskurven (blå kurve) møter løselighetskurven (rød kurve). Løselighetskurven viser mengden salt som maksimalt kan løses opp. Tilsettes mer salt vil dette saltet bare være uoppløste krystaller. Når frysepunktskurven møter løselighetskurven flater frysepunktskurven ut og maksimal frysepunktnedsettelse er nådd. Punktet der kurvene møtes kalles *eutektikum* og er altså den mengden salt som gir maksimal frysepunktnedsettelse. En løsning av natriumklorid og vann har det laveste frysepunktet på $-21,1$ °C ved 23,3 % vektprosent salt.



Figur 21.15 Fasediagram for en løsning av natriumklorid og vann

Ute på veg ved faktisk måling av saltkonsentrasjon på vegbanen og vegbanetemperatur ser en ofte at man befinner seg i området under frysepunktskurven selv om vegen ikke framstår som glatt. Dette vil altså si at vegen ikke er glatt selv om tilfrysing har begynt. Dette kan forklares med at når vann som inneholder salt (saltløsning) fryser så reduseres den mekaniske styrken til isen.

Når temperaturen i en saltløsning kommer under frysepunktet, vil rent vann bli skilt ut og fryse. Dermed vil konsentrasjonen på den gjenværende saltløsningen bli høyere og kreve en ytterligere temperatursenkning for å fortsette å fryse. Dette betyr at under selve fryseprosessen vil det alltid være en viss andel is og en viss andel saltløsning tilstede, inntil eutektikum er nådd. Det er forholdet mellom mengde is og saltløsning som bestemmer den mekaniske styrken til is. Gjennom laboratorieforsøk er det funnet ut at det når andelen is er mindre enn ca. 70 %, så vil isen være så svak at den ikke tåler simulert trafikkbelastning. Når isen er for svak på vegen vil isen brytes ned og bli fjernet av trafikken. /4/

Anti-kompaktering

Salttiltak i forbindelse med snøvær kalles anti-kompaktering. Salt spres før og under snøvær for å lette den mekaniske fjerningen av snø ved brøyting. Salt vil hindre snøen i å kompakteres til et hard snø- og isdekke på vegbanen og derfor brukes begrepet *anti-kompaktering*.

Hensikten med å salte rett før og under snøvær er dermed ikke å tilsette så mye salt at snøen smelter, men å tilsette salt slik at snøen er lett å fjerne med brøyting.

Ved å tilføre salt i snø vil redusere den mekaniske styrken på snøen. De mekaniske egenskapene til snø er i stor grad avhengig av bindinger mellom snøkrystaller. Saltet vil føre til at snøen

inneholder saltløsning og dette vil påvirke bindinger mellom snøkrystaller. Det viser seg at det ikke er nødvendig med store mengder av saltløsning i snøen før den mekaniske til styrken til snøen reduseres vesentlig. I laboratorium er det vist at kun 2,5 vektprosent saltløsning i snøen gir en reduksjon i mekanisk styrke på 40 %. /5/.

Rent praktisk betyr det at det ikke er nødvendig å salte med så store spredemengder slik at snøen blir omdannet til slaps. Selv om snøen framstår som «tørr» så vil relativt små mengder salt føre til at det ikke dannes snø-/isdekke og at snøen lett kan fjernes med brøyting.

Det er svært viktig å påpeke at det ikke skal saltes i forbindelse med snøvær for å smelte bort snø. For det første vil det vil kreve store mengder salt for å fjerne all snø ved å smelte den. Dessuten vil det innebære at det vil ligge mye slaps og vann i vegbanen som gir ugunstige kjøreforhold. Rett bruk av salt i forbindelse snøvær må kombineres med hyppig og god brøyting.

De-ising

Dersom det er dannet snø- eller isdekke brukes salttiltak som de-ising for å smelte eller bryte ned snø- og isdekke. Egenskapen med å smelte is henger tett sammen med frysepunktnedsettelse. Kjemikalier som løser seg opp i vann og dermed setter ned frysepunktet vil også ha evne til å smelte is.

Hvis isdekket er tynt, vil det normalt saltes slik at isdekket fullstendig smelter eller at trafikken bryter det opp. Er derimot isdekket tykt, kan det være aktuelt å salte slik at det delvis smelter og brytes opp og deretter fjernes mekanisk. I utgangspunktet er de-ising en metode en ikke ønsker i vinterdriften. Det er et mål å sette i gang tiltak tidnok slik at det ikke oppstår snø- eller isdekke, og dermed glatt vegbane. Tiltak med salting på bar veg strategi skal settes i gang før glatt vegbane oppstår. Dessuten vil en ved å påføre saltet etter at isen er dannet, eller etter at snøen har festet seg til vegbanen, bruke mer salt enn for å hindre isdanning eller kompaktering av snø. I praksis kreves det altså betydelig mer salt for å smelte is enn for å hindre danning av is.

21.7.2 Salting som en integrert del av en vinterdriftstrategi

Salting er ikke bare et strømateriale som kan brukes uavhengig av resten av vinterdriften. God salting innebærer at man forsøker å oppnå gode kjøreforhold med et så lavt saltforbruk som mulig. Dette kan oppnås ved at man har et driftsopplegg som er tilpasset bruk av salt.

Det er flere krav til et driftsopplegg tilpasset bruk av salt. For å oppnå gode kjøreforhold som resulterer i god framkommelighet og trafikkikkerhet, må saltingen i størst mulig grad skje preventivt. Det vil si at det må saltes før is- eller snødekke har blitt dannet. Saltet skal altså først og fremst spres som anti-ising eller i forkant av snøvær. Preventiv salting vil normalt gi lavt saltforbruk i tillegg til gode kjøreforhold.

For å lykkes med preventiv salting må beslutningstakere ha god informasjon om rådende vær- og føreforhold, i tillegg til god informasjon om værprognoser. Mannskap må ha god kompetanse med bruk av salt. Det krever at man har relativt korte roder slik at man kan gjøre tiltak kort tid i forkant av aktuelle værtilfeller og at man kan ha relativt stor hyppighet på tiltak. Ved bruk av salt under snøvær må man ha brøyteutstyr tilpasset brøyting av slaps og utstyr som leverer god kvalitet på brøytetiltak.

21.7.3 Spredemetoder

Utstrøing av salt kan skje på fire ulike måter:

- Tørt salt
- Befuktet salt
- Finkornet, befuktet salt (saltslurry)
- Saltløsning

Tørt salt

Her blir saltet strødd ut tørt i form av korn. Korngraderingen av saltet kan variere. Det er en billig og enkel metode. Metoden kan være effektiv dersom det allerede ligger snø på veggen eller at veggen er fuktig. Er veggen derimot tørr vil mye av saltet blåses av veggen på grunn av trafikken. Tørt salt vil også ha en senere effekt enn andre metoder da saltet må løses opp før det blir effektivt. Tørt salt kan derfor brukes som en preventiv metode når vegbanen er fuktig eller under snøvær. Tørt salt er den metoden som gir størst saltforbruk.

Befuktet salt

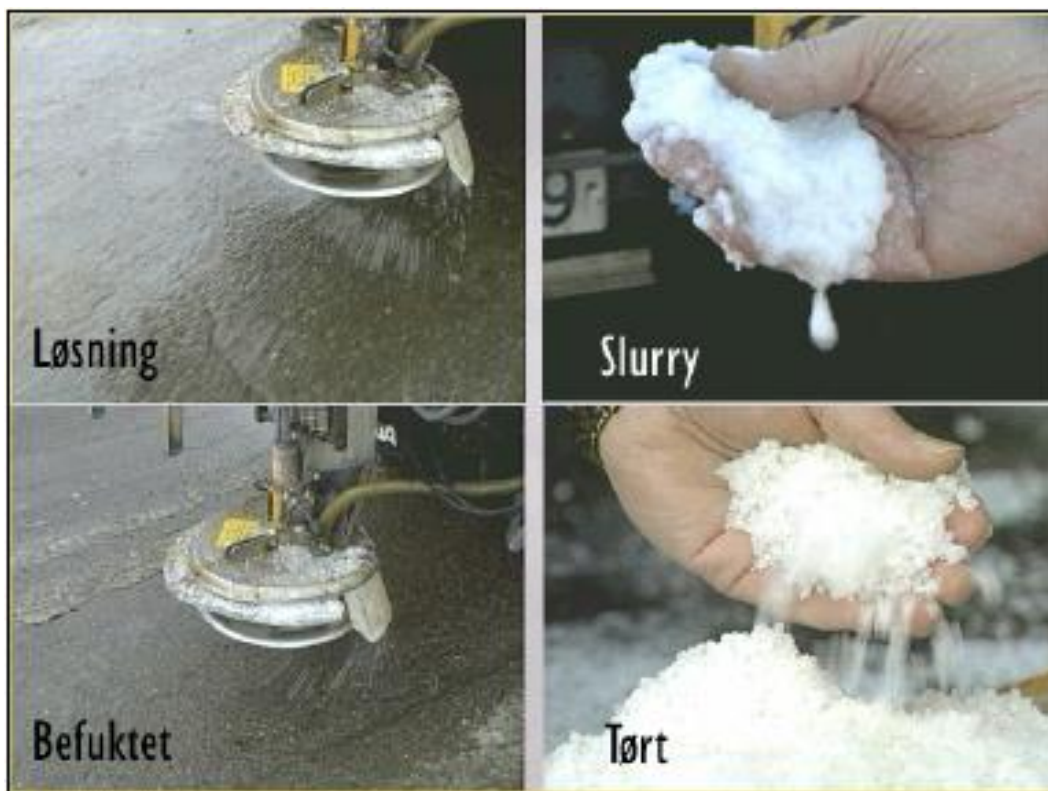
Befuktet salt er saltkorn som blir befuktet med saltløsning eller vann rett før det strøs ut på veggen. Hensikten med å befukte saltkornene er primært å bedre vedheften mellom saltet og vegoverflata slik at saltet ikke blåser av veggen. I tillegg vil man ved å tilføre saltløsning gjøre saltet mer effektivt ved at noe av saltet finnes i løsningsform når det strøs ut på veggen. Metoden kan brukes preventivt både ved tørr og våt vegbane og under snøvær. Ved å bruke befuktet salt kan saltforbruket senkes sammenlignet med tørt salt.

Finkornet, befuktet salt (saltslurry)

Finkornet befuktet salt kan være en blanding av finkornet salt (alt mindre enn 4 mm og minst 50 % mindre enn 1 mm, f.eks. vakuumsalt) eller knuste saltkorn fra en kvern på sprederen (slurry) og saltløsning. Metoden vil gi en raskere effekt enn både tørt og befuktet salt. I og med at saltløsning også tilsettes vil metoden i likhet med befuktet salt ha bedre vedheft til veggen enn tørt salt. Metoden kan brukes preventivt både på tørr og våt vegbane og under snøvær. Den har potensial til lavere saltforbruk enn både tørt og befuktet salt.

Saltløsning

Saltløsning er salt som er fullstendig løst i vann. Løsningen har et blandingsforhold som ligger tett opp til eutektikum, det vil si den saltkonsentrasjonen som gir lavest frysepunkt. Saltløsning har en rask effekt og er svært effektivt som preventivt tiltak ved tørr vegbane eller når det er lite fukt på vegbanen. Metoden er også svært effektiv ved tynne ishinner. Utstrøing av saltløsning er den metoden som gir lavest saltforbruk.



Figur 21.16 Ulike spredemetoder for salt (Foto: Statens vegvesen)

21.7.4 Alternative kjemikalier

Prinsipielt finnes det flere typer kjemikalier som kan benyttes på vinterveger. I Norge er i dag natriumklorid (NaCl) bortimot enerådende for bruk i vinterdriften. Internasjonalt brukes det flere typer kjemiske smeltemidler, men også her er det bruken av NaCl som dominerer.

Ideelt bør et kjemikalie for vinterdrift fylle disse kriteriene:

- Det bør ha en hurtig virkning selv ved små mengder
- Det bør være billig og enkelt å skaffe
- Det bør være enkelt å oppbevare og strø ut
- Ha så få ulemper som mulig, eksempelvis i forhold til korrosjon
- Ha minimal effekt på miljø
- Ha samme virkning selv etter lang tids lagring

Kjemikaliene kan deles i følgende grupper:

- Kloridsalter
 - Natriumklorid (NaCl)
 - Magnesiumklorid ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)
 - Kalsiumklorid ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)
- Organiske salter
 - Eddiksyresalter
 - Kalsium-magnesiumacetat (forkortes CMA)
 - Kalsiumacetat
 - Maursyresalter
 - Natriumformiat
 - Kalsiumformiat
 - Urea

Som nevnt er NaCl det saltet som brukes mest til salting av vinterveger. Kjemisk sett er dette akkurat samme stoff som bordsalt. NaCl leveres både som steinsalt (utvinnes fra saltgruver) og som sjøsalt. Mest brukt i Norge er sjøsalt. Grunnen til at det er NaCl som dominerer innen vinterdriften, er kombinasjonen av at det er forholdsvis rimelig og har en god effekt. NaCl har relativt lav molekylvekt, noe som betyr at det har god effekt med hensyn på å sette ned frysepunktet til vann.

Per i dag finnes det ingen alternativ som fullt ut kan erstatte NaCl, de andre stoffene har relativt sett dårligere effekt, høy pris eller andre negative effekter.

21.7.5 Saltingens effekt på framkommelighet og trafikksikkerhet

Opprinnelig var argumentet for å ta i bruk salting i vintervedlikeholdet kun av framkommelighetshensyn. Dette gjaldt både for Norge og internasjonalt. Man ønsket altså å salte for å kunne opprettholde hastighet og trafikkvolum på vinterveger.

Trafikksikkerhet var ikke et argument for saltingen av vinterveger. Tidlige undersøkelser internasjonalt kunne tyde på at salting ikke hadde positiv effekt når det gjaldt ulykker.

Kunnskapene og metodene rundt salting har stadig blitt forbedret de senere årene, også når det gjelder spørsmålet om saltingens effekt på trafikksikkerhet:

- I en stor norsk undersøkelse som ble rapportert i 1995 /6/ ble det konkludert med at slik saltingen foregikk i Norge den gang så reduserte det ulykkestallet på det saltede vegnettet med 20 %.
- TØI /7/ anslo basert på en litteraturgjennomgang at saltingen resulterer i en reduksjon av personskadeulykker på mellom 7 - 22 %.
- I en undersøkelse av svenske ulykkestall konkluderte Norem /8/ med at klima med temperaturforhold er avgjørende for saltingens effekt på trafikkulykker. Det ble konkludert med at salt ikke bør benyttes i områder med lange perioder med temperaturer under -8°C . Likeledes konkluderte Norem med at for at saltingen skal gi positive effekter på trafikksikkerhet må vinterdriften gjennomføres slik at det oppnås stor andel av bar veg gjennom vinteren.

21.7.6 Rust på biler

Korrosjon eller oksidasjon av stål er en elektrodereaksjon. Denne kjemiske reaksjonen er i hovedsak avhengig av tre komponenter eller faktorer. Den er avhengig av en reaktiv overflate av stål, oksygen og vann eller fuktighet. Det vil dannes rust når disse komponentene reagerer, selv under naturlige og nær nøytrale forhold (Research Group, 1969).

Korrosjonsgraden er avhengig av temperatur. En fuktig stålplate ruster raskest ved 12°C og ved relativ fuktighet på 75 %. Under ideelle forhold vil korrosjon opphøre i stor grad ved temperaturer under -2.0°C eller når luftfuktigheten er under 60 %. Under kalde og tørre vintre er korrosjonen markant mindre (Öberg, 2006). Den andre faktoren, som øker korrosjonsgraden, er ledningsevnen til fuktighet på ståloverflaten. Økt ledningsevne oppstår når ioniserbare salter løses i vann på stålet.

Bruk av salt på vegen bidrar dermed på to måter til korrosjon, dels på grunn av at vegoverflaten forblir fuktig lengre og på grunn av tilføringen av klorider. Saltingen fører til at korrosjon starter tidligere enn uten salt og at korrosjonshastigheten blir større (Land, 1984).

Korrosjon på kjøretøy vil også variere med mengden luftforurensninger (og dermed avstanden til industrialiserte og tett bebygde områder) og nærhet til havet (Ragnøy, 1986).

For kjøretøy som eksponeres for salt nesten daglig vil en reduksjon i saltmengden ha liten betydning for rust på karosseriet.

(Foto: Statens vegvesen)



Salt vil også forårsake raskere nedbryting av rustbeskyttende materialer og utbedringslakk, mens fabrikkslakk (uskadet) påvirkes kun i liten grad. Ettersom salt medfører et fuktig miljø er det sannsynlig at også korrosjon på elektronikk vil bli et økende problem (Öberg, 2006).

Det vil være mulig å redusere kjøretøykorrosjon ved understellsbehandling, vask av opphopet skitt og salt, oppbevaring i kalde og godt ventilerte plasser og utbedre eventuelle skader så raskt som mulig.

21.7.7 Saltingens effekt på miljøet

Bruk av natriumklorid kan ha negative effekter på miljøet. Saltet kan gi skade på vegetasjon, grunnvann eller overflatevann.

På trær kan det oppstå sviskader eller skader på grunn av opptak av salt gjennom rotsystem. Skader på vegetasjon vil kanskje først og fremst være et estetisk problem, men skader som oppstår på kostbar beplantning langs vegen vil også være et økonomisk moment. Alvorlig er også om skader framkommer på vegetasjon i verneområder eller eksempelvis på vernede alleer. Salt kan forurense grunnvann. Dette er spesielt problematisk der grunnvannet brukes til drikkevann. Saltet kan slik sett ødelegge for både enkeltbrønner (begrenset, lokalt problem) eller større grunnvannsbasseng/-anlegg.



Figur 21.17 Saltskader på vegetasjon nær vegbanen kan sees flere steder

(Foto Håkon Aurlien)

Saltforurensning i overflatevann og i frie vannmasser kan forårsake akutt skade på biologi eller mer langvarige endringer i biologisk artssammensetning. I overflatevann kan også skade skje ved at salt gir en lagdeling av innsjøer som hindrer naturlig omrøring av vann og dermed forårsaker oksygenfattig bunnvann.

Hvorvidt en ser skader av salt vil være avhengig av mange forhold. Det vil selvsagt være avhengig av hvor stort saltforbruk man har på den enkelte strekning, men det er også stor forskjell på hvor sårbare ulike områder, arter osv. er for salt.

Kjemikaliers virkning på miljøet er komplekst og avhengig av lokale forhold. Per i dag finnes det ingen alternativer som ikke vil gi noen negative virkninger på miljøet. Selv stoffer som i utgangspunkt er nedbrytbare (organiske salter) vil ha potensial for miljøproblemer. Det er derfor viktig å etterstrebe en god vinterdrift med et generelt lavt saltforbruk, og også ha fokus på lokale forhold som kan kreve spesiell varsomhet.

21.8 Andre arbeidsoppgaver i vinterdriften

Det som er beskrevet foran gir en oversikt over hovedoppgavene i vinterdriften. Det er imidlertid en god del andre oppgaver som er viktig for å sikre god framkommelighet og trafikk-sikkerhet om vinteren:

- Fjerning av is (istapper) i tunnel og skjæringer

Is i skjæringer bygger seg opp i kuldeperioder der vann kommer ut gjennom sprekker eller som overflatevann og fryser til etter hvert. Dersom det ikke er brede nok grøfter eller etablert nett for is-sikring må is som kan falle ned på vegbanen fjernes.

Istapper i tunnel kan være et problem i enkelte tunneler og det kreves da god overvåkning slik at disse blir tatt ned før de utgjør en risiko for trafikantene.

- Drifte snø- og skredsikringsanlegg

Snø- og skredsikringsanlegg omfatter elementer som ulike nett, snøskjermer (for å redusere risiko for snøskred ved å hindre skavldannelse i leheng), skredoverbygg, ledevoller/murer, fangdammer, bremsekjegler, mv.

Formålet med disse elementene er å sikre trafikantene mot snø-, is- og steinskred.

Disse konstruksjonene og installasjonene er utsatt for store belastninger og må derfor holdes i god stand slik at de fungerer som forutsatt når behov oppstår. Etter skred kan det være behov for å fjerne masser fra sikringsanleggene.

- Vedlikehold av snøskjermer

Snøskjerm skal hindre dannelse av snøfonner i vegbanen ved å redusere snødrift over vegen og fonndannelse på vegen. Disse står ofte på vindutsatte steder og må beisers/males jevnlig og skader må utbedres.

- Overvåking, opprydding mv. i forbindelse med snøskred.

Se kap 22.

- Høyfjellsveger

For vinterdrift av høyfjellsveger er det normalt opprettet egne driftsopplegg for å takle de spesielle utfordringene i forhold til krevende værforhold. Det kan være egne krav for mengde fokksnø som tillates på vegbanen og om å senke brøytekanter i en viss bredde ut fra vegkant. Gjennomføring av kolonnekjøring krever et regime som følger beskrevne prosedyrer.

- Åpning av vinterstengte veger

Vinterstengte veger freses vanligvis opp om våren. På strekninger med mye snø brukes nøyaktig GPS for gjenfinning av vegen



(Foto: Kjell Wold)

- Brøytestikk

Selv om hovedhensikten med brøytestikk er å markere brøytearealet er også refleksen på stikkene til stor hjelp for trafikantene i mørket da de kan gi god optisk ledning av vegkant, varsle om spesielle forhold ved vegens geometri, samt supplere og forsterke informasjon gitt ved skilt. Brøytestikkene settes vanligvis opp i september og tas ned når det ikke forventes mer brøyting, normalt innen 1. mai. I vinterhalvåret skal nedkjørte brøytestikk suppleres slik at minst 3 stikk er synlig på samme side.

- Utbedring av telehiv og varsling av telehiv som kan være trafikkfarlige

Telehiv kan medføre stor ulemper for trafikantene og da særlig for tunge kjøretøyer. Dersom telehiv kan være trafikkfarlige skal de avrettes eller skiltes etter de krav som er satt.

- Åpne vannveier

Også omtalt i kap. 8, Drenering.

Det er en viktig vinteroppgave å sikre avrenning av vann fra snøsmelting og i nedbørsperioder. Vann skal ledes bort fra vegens overflate og snøkanter som hindrer avrenning av vann fra vegoverflaten skal fjernes. Oppgaven omfatter også ledning av vann utenfor vegen for å sikre at smeltevann tar "riktig" løp inn mot og bort fra vegen. Dersom is i grøfter gjør at vann kan renne inn på vegen, må isen fjernes. Dette gjøres vanligvis av veghøvel eller gravemaskin.

Tining av stikkrenner og sluk skal utføres for å forhindre vanninntrenging i overbygningen eller ising i vegbanen. Oppgaven omfatter også tining om våren for å sikre kontrollert vannavledning av smeltevann. Stikkrenner/kummer skal gi tilstrekkelig avløp for vannet under snøsmelting og i nedbørsperioder.

For tining av stikkrenner brukes vanligvis steam (vanndamp ved 100 °C) som føres inn i renna gjennom en slange. På spesielt utsatte stikkrenner kan det også monteres permanente varmekabler eller lukkede rør hvor det kjøres inn varm væske for å oppnå rask tining.

Referanser

- /1/ Statens vegvesen Teknologirapport 2606 Mengderapportering vinteren 2009/2010
- /2/ Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, skadekostnad og føre- og friksjonsforhold. SINTEF-notat N-01/05 (mars 2006)
- /3/ Lysbakken, K. R.: Salting of Winter Roads. The Quantity of Salt on Road Surfaces after Application. Doctoral Thesis, NTNU. 2013.
- /4/ Klein-Paste, A. og Wåhlin, J.: Controlling the properties of thin ice layers on pavement surfaces – an alternative explanation for anti-icing. Physics and Chemistry of Ice, Vol 12, s 13-20. 2011.
- /5/ Wåhlin, J.: The effect of aqueous solutions on compacted snow hardness. Doctoral Thesis, NTNU. 2014.
- /6/ Vaa T. og Sakshaug K.: Salting og trafikksikkerhet. Saltingens effekt på ulykker og trafikkfart. Statens vegvesen, Vegdirektoratet/ SINTEF Samferdselsteknikk (1995)
- /7/ Elvik R., Mysen A. B., og Vaa T.: Trafikksikkerhetshåndboken. Transportøkonomisk institutt Oslo (2001). <http://tsh.toi.no/>
- /8/ Norem H.: A winter maintenance strategy for roads based on climatic factors. VTI rapport 630A Linköping (2009)

Kapittel 22 - Skred og skredsikring

Gunne Håland, Statens vegvesen

22.1	Innledning	332
22.2	Generelt om skred	332
22.3	Sikringsfilosofi	333
22.4	Ulike skredtyper og sikringstiltak	333
22.4.1	Snøskred	333
22.4.1.1	Typer av snøskred	334
22.4.1.2	Sikringstiltak mot snøskred	337
22.4.2	Steinskred	344
22.4.2.1	Typer av steinskred	345
22.4.2.2	Sikringstiltak mot nedfall av stein	346
22.4.3	Jord- og flomskred	349
22.4.3.1	Nærmere beskrivelse av jord- og flomskred	350
22.4.3.2	Sikringstiltak mot jord- og flomskred	351
22.4.4	Isras og kjøving	353
22.4.4.1	Nærmere beskrivelse	353
22.4.4.2	Sikringstiltak mot isras og kjøving	354
22.4.5	Kvikkleireskred	357
	Referanser	359

22 Skred og skredsikring

22.1 Innledning

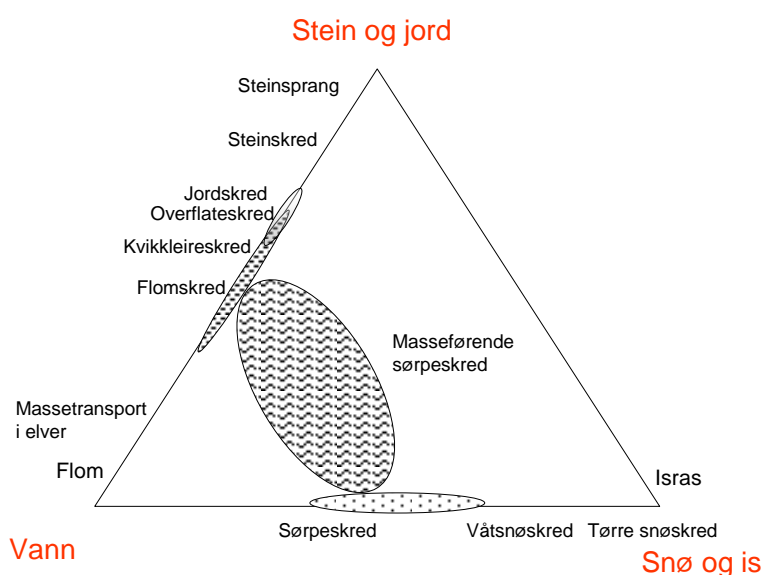
En stor del av Norges bebyggelse og veger ligger i trange daler eller langs smale fjorder. Dette medfører at mange områder i dag ligger i skredutsatt terreng. Skred forbindes ofte med store ulykker som fører til tap av menneskeliv og materielle kostander. I løpet av de siste 150 årene har omtrent 2000 mennesker mistet livet i skredulykker i Norge. Hvert år registreres det mellom 1500 og 3000 skredhendelser på det norske riks- og fylkesvegnettet. Steinskred, snøskred, jord- og flomskred samt isras er skredtypene som utgjør de fleste hendelsene. På flate områder i Trøndelag og på Østlandet kan det også gå omfattende kvikkleireskred. En økning i nedbørintensitet som kan være et resultat av klimaendringer har i de senere årene ført til større oppmerksomhet på vannrelaterte skred som flom- og sørpeskred. Disse skredtypene kan gjøre store skader og er vanskelig å forutse.

En skredutsatt vegstrekning byr på store utfordringer for både trafikanter og driftspersonell. For det første utgjør strekningen en fare for disse gruppene, og for det andre er det store økonomiske kostander når vegen blir stengt på grunn av skred. Ferskvaretransport og utrykningskjøretøy som ikke kommer fram eller må kjøre en lang omveg, eller andre trafikkforsinkelser, vil være økonomiske ulemper for samfunnet. For å redusere skredulykker og stengningstid har vegvesenet utarbeidet beredskapsplaner og skredsikringsplaner for alle skredutsatte vegstrekninger.

Hensikten med dette kapitlet er å gi en liten oversikt over de ulike skredtypene vi har størst problemer med, hvordan de oppstår og hvordan man kan sikre seg mot dem. Kapitlet vil også ta for seg noen av de viktigste drifts- og vedlikeholdsrutinene som er knyttet til de ulike sikringstiltakene.

22.2 Generelt om skred

Naturlige skred er hurtig massetransport av snø, stein og jordmasser. De fleste naturlige skredene har et stort vanninnhold. Figur 22.1 under viser hvordan de ulike skredtypene kan karakteriseres i et trekantdiagram.



Figur 22.1 Klassifisering av skredtyper ut i fra forholdet mellom ulike materialtyper.

Diagrammet viser hvordan de ulike skredtypene er plassert i forhold til materialtypene stein, jord, snø, is og vann. Det er kun steinsprang, isras og tørre snøskred som inneholder bare en materialtype. De aller fleste skredene inneholder en viss andel vann. Mengde med vann i et skred har stor betydning på hvordan skredene opptrer. Vanninnholdet vil påvirke utløsningsmekanisme, bevegelsestyper og utløpsdistanser til skredene. Der skredmassene stort sett består av bare vann vil flom og materialbevegelsen bli styrt av de hydrodynamiske lovene. I de skredtypene som kun inneholder snø, is, stein eller jord er det samspillet mellom partiklene (granulær dynamikk) som avgjør hvordan skredene oppfører seg. Mange skred omfatter både vann og partikler, og her vil samspillet mellom hydrodynamikk og granulær dynamikk avgjøre bevegelsestype og utløpsdistanse.

22.3 Sikringsfilosofi

Hensikten med å sikre veg mot skred er å redusere faren for trafikanter og vedlikeholdspersonell, samtidig er det viktig at man opprettholder kravene til fremkommelighet. Statens vegvesen har gjennom flere år utviklet skredsikringsplaner på regionsnivå. Disse planene inneholder forslag til ulike sikringstiltak, og prioriteringer av skredutsatte vegstrekninger.

Det er gjennom årene blitt utviklet en rekke ulike sikringstiltak mot skred med varierende sikringseffekt og kostnader. Det er ønskelig for ethvert sikringstiltak å oppnå best mulig sikkerhet og framkommelighet på vegen for en så liten investering som mulig. Videre er det viktig at sikringstiltakene ikke medfører nye farer eller ulemper for trafikanter, vedlikeholdsmannskap og de som bor i området.

Generelt gjelder det at dyre sikringskonstruksjoner gir best sikringseffekt og kan anvendes mot de fleste skredtypene. De rimeligere tiltakene gir ofte en lavere sikringseffekt og vil gjerne ha best effekt mot enkelte skredtyper.

Det har i de senere årene blitt utviklet prosedyrer på overvåking og varsling av både snøskred, jordskred og nedfall av stein. Hovedhensikten med dette er å varsle skredfare slik at man kan stenge vegen eller evakuere bebyggelse før skredet inntreffer. En annen hensikt er og best mulig kunne vurdere når det er forsvarlig å åpne vegen eller starte opp arbeid i skredområder etter at det har vært stor skredfare.

Vedlikehold av sikringstiltak er å sette eksisterende skredkonstruksjoner og utstyr tilbake til sin opprinnelige tilstand. Vedlikehold av sikringstiltakene er ofte undervurdert, men er viktig for at tiltaket skal fungere etter sin hensikt år etter år. Driftsoppgaver består av opprydding, fjerning av skredmasser, rensk av skråninger og skredløp, holde drensveier åpne samt hindre erosjon av tiltakene.

22.4 Ulike skredtyper og sikringstiltak

22.4.1 Snøskred

Snøskred er en fellesbetegnelse på snø som av naturlige eller kunstige årsaker har kommet i bevegelse.

Snøskred er en av de vanligste naturlige årsakene til at vegen blir stengt. I perioden 1998-2008 var det registrert opp mot 22 000 skredhendelser på det norske vegnettet, der 6500 hendelser var registrert som snøskred. Vegen blir stengt inntil det er forsvarlig å starte oppryddingsarbeid etter en skredhendelse.

Figur 22.2 under viser at snøskred kan avsette store mektigheter på vegen, noe som vil gi lang stengningstid på grunn av opprydningsarbeid. Vegen blir også stengt på grunn av fare for snøskred. Driftspersonell som har ansvar for å rydde vegen er en av de gruppene som er mest utsatt for å bli tatt av snøskred.

Fylkene i Norge som har størst problemer med snøskred er Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Nordland, Troms og Finnmark.



Figur 22.2 Veg som har blitt ryddet for snøskred. Fv. 13 Vetlefjorden, Sogn og Fjordane. (Foto: Harald Norem)

22.4.1.1 Typer av snøskred

Snøskred deles inn i løssnøskred og flaskred, som igjen kan deles inn i våtsnøskred og tørrsnøskred. En annen kategori er sørpeskred, der vanninnholdet i snøen er så høyt at snøen oppfører seg nærmest flytende.

Løssnøskred

Løssnøskred oppstår i et punkt på snøoverflaten der overflaten er bratt nok til at bindingene mellom snøkrystallene ikke lenger greier å holde snøen på plass. Når først litt snø har blitt satt i bevegelse vil også nye snømasser bli satt i bevegelse såfremt at helningen på snøoverflaten er bratt nok. Etter hvert som skredet utvikler seg, blir stadig større snømengder i skråningen tatt med, og skredet får en pæreform (se figur 22.3).

Løssnøskred oppstår gjerne før store mengder nysnø har stabilisert seg, eller rett etter mildværsomslag når bindingene mellom snøkrystallene har begynt å smelte. Skredene oppstår ofte om våren da man har kraftig solinnstråling, og skråninger som vender mot sør vil da være ekstra utsatt. Løssnøskred oppstår som oftest i fjellsider som er brattere enn 45 grader. Skred som løsner i et så bratt terreng blir sjeldent store, og utgjør dermed ikke de største skredulykkene. Størrelsen kan likevel være stor nok til å sperre hele veger, og utgjøre en fare for trafikanter.

Når forholdene er slik at løssnøskred oppstår er det ofte stor skredaktivitet i området. Det kan derfor komme flere skred i løpet av kort tid i det samme skredløpet eller i naboskredløpet. Driftspersonell og trafikanter som stopper langs vegen i slike skredperioder er ekstra utsatt for å bli tatt.



Figur 22.3 Løssnøskred. (Foto: Ole-André Helgaas)

Flakskred

Flakskred skjer når et sammenhengende snøflak utløses langs et glideplan. Det er denne snøskredtypen som blir størst i omfang, og utgjør den største faren for veg og bebyggelse. En typisk flaksskredsituasjon er karakterisert ved at man har fast snø øverst i snødekket, for eksempel fokksnø, som glir over et underliggende svakt lag. Det svake laget kan være rim, snø som har falt i stille vær, krystaller som har vokst og mistet bindingene sine (begerkrystaller), oppløste skarelag eller lag med sprøhagl.

Når et flakskred utløses oppstår det et spontant brudd i det svake laget som raskt brer seg utover det svake planet. Det er dette som er årsaken til at store snømengder kan løsne som et flak (se figur 22.4). Når flaket løsner oppstår det et strekkbrudd øverst i skråningen der snøen er godt forankret, og man får en markant bruddkant.

Det er store variasjoner med hensyn til hvor store flakskredene blir, men vanligvis ligger de innenfor 100-100 000 m³, men det finnes også eksempler på størrelser opp mot 1 million m³. De fleste flakskredene utløses i helninger mellom 27 og 45 grader. De største flakskredene løsner gjerne i terrengformasjoner som samler opp mye snø. Typiske terrengformasjoner er skålformer (se figur 22.4), markerte skar og elvegjel. Disse terrengformasjonene samler snø fra flere ulike vindretninger. Erfaringer viser at lange kuldeperioder etterfulgt av store snømengder kombinert med vind ofte kan føre til utløsning av store flakskred. Dette fordi kuldeperiodene sørger for at det oppstår vandampransport fra jordoverflaten og oppover i snødekket, noe som gir oppbygging av de svake begerkrystallagene.

Når flakskredet løsner og blir satt i bevegelse brytes strukturen i snødekket, og skredet begynner å oppføre seg til dels som et fast stoff, dels som en væskestrøm og dels som en gass i bevegelse. De fysiske prosessene som foregår i skredet er kompliserte og er ennå ikke fullt ut forstått. Skredene har relativ stor tetthet, vanligvis mellom 100- 300 kg/m³, og kan komme opp i hastigheter på 60-70 m/s (210-250 km/t). Ødeleggelsene fra slike skred kan derfor bli betydelige.



*Figur 22.4 Flakskred. Skråningen ligger i le for ulike vindretninger. Øverst i skråningen kan man observere den karakteristiske bruddkanten.
(Foto: Halvor Hagen)*

Et annet fenomen som er viktig å nevne er at når skredene blir store og får høye hastigheter kan det skapes en trykkbølge foran skredet. Dette skjer fordi skredet fortrenger luften foran seg med samme fart som skredet beveger seg. Det er flere eksempler på at denne trykkbølgen har blåst trafikanter av vegen, selv om selve skredmassene har stoppet flere hundre meter unna. I slike skred vil det vanligvis også dannes det en snøskye som kan ha stort skadepotensialet på både veg og bebyggelse. Støvskyen har vanligvis en tetthet på $2-10 \text{ kg/m}^3$, og kan fortsette på lange strekninger med stor kraft og hastighet etter at de faste skredmassene har stoppet.

Graden av skredfare og størrelsen på skredene avhenger normalt av hvor mye nysnø som har kommet i løpet av de siste 3-5 dagene. Erfaring viser at nysnømengde fra 30-50 cm i løpet av tre dager fører til skredfare i fjellet. Stiger denne snødybden til 80-120 cm, vil det kunne gå store og hyppige skred.

Nedbørintensitet og temperatur har også stor påvirkning på skredfaren. Høy nedbørs-intensitet kan føre til at snødekket i bratt terreng kan gli ut før snøen får tid til å sette seg. Når man får omslag til varmere vær etter et snøfall vil vanninnholdet i snøen øke, og fastheten til snødekket svekkes ved at bindingene mellom snøkrystallene brytes ned. Skredfaren vil derfor øke de første timene etter mildværingslaget. Ved omslag til kaldere vær vil den våte snøen bli omdannet til skare ved at bindingene mellom krystallene fryser, og skredfaren avtar igjen.

Sørpeskred

Sørpeskred er en skredtype som forekommer når vanninnholdet i snøen er så stort at den oppfører seg nærmest flytende. På grunn av det store vanninnholdet kan skredene løsne i terreng med helning på ned mot 5 grader. Sørpeskred oppstår når tilførselen på vann til snødekket er større enn avrenningen. Dårlig drenering i bakken, f. eks på svaberg eller ved frossen grunn, favoriserer oppbygging av vann i snødekket. Sørpeskred forekommer oftest på steder som har stor lavtrykksaktivitet og mildværingslag om vinteren, der snødekket får tilført vann gjennom intenst regn eller snøsmelting. I Norge vil dette si langs kysten fra Vestlandet og opp til Troms

og Finnmark. Sørpeskredene oppstår ofte tidlig om vinteren i kyst og fjordstrøk, mens i fjellet og områder lengst nord utløses de vanligvis om våren. Fjellsider som vender mot sør har gjerne mer smelting om våren på grunn av solinnstråling, og disse områdene vil da være ekstra utsatt for sørpeskred.

Sørpeskredene utløses ofte i myrterreng, langs bekker, elveløp eller andre forsenkninger i terrenget der vann samles eller demmes opp. Når skredene har løsnet stopper de gjerne ikke opp før terrenget er tilnærmet horisontalt. Sørpeskred har derfor ofte en lengre utløpsdistanse enn et vanlig snøskred. Sørpeskredene har tett kontakt med bakken og har dermed stor erosjonsevne. Eroderende sørpeskred kan ha stor ødeleggende effekt (se figur 22.5).



Figur 22.5 Eksempel på sørpeskred med stor ødeleggende effekt. Fra Balestrand i Sogn og Fjordane. (Foto: Svein Helge Frækaland)

22.4.1.2 Sikringstiltak mot snøskred

Overbygg og tunneler

Dette er de tiltakene som blir brukt når veg og jernbane skal sikres med høyest mulig sikkerhet. Tiltakene kan brukes mot alle skredtyper, men blir stort sett brukt i områder der man har stor snøskredaktivitet eller hyppig nedfall av stein.

Overbygg og tunnel er dyre konstruksjoner og brukes kun på vegstrekninger der andre sikringstiltak ikke kan gi fullgod sikring. Tiltakene kan føre med seg noen problemer med konsekvenser for både trafikanter og vedlikeholdstiltak:

- Dårlig linjeføring
- Fare for ising på veg ved inngangspartiene
- Dårlige lysforhold inne i overbygget
- Nedfall av stein fra ledevoller (løsmassevoller) som er tilsluttet overbygget
- Nedfall av skredmasser foran inngangspartiene
- utfordringer med å få ledet overflatevann forbi overbygget
- Tetting av dreneringssystem på grunn av dårlig erosjonssikring av vannveiene



Figur 22.6 Eksempel på et skredoverbygg ved Fv. 615 Hyenfjorden i Sogn og Fjordane. Overbygget fungerer også som en forlengelse av en skredsikringstunnel. Forlengelse av tunnelen viste seg å være nødvendig da man fant ut at tunnelmunningen lå i et skredområde. (Foto: Harald Norem)

Terrengiltak

Ved å studere skredområder kan man se hvordan skredmassene lar seg styre av terrengformasjonene i skredløpene. Denne kunnskapen kan bli brukt til å se hvordan man kan utforme terrenget på skredsiden av vegen for å bremse, lede og stoppe skredene. De vanligste terrengiltakene som brukes i dag er fangvoll, ledevoll og kjebler (se figur 22.7).

Fangvoller blir brukt i utløpsområdet for å bremse eller å fange opp skredene.

Ledevoller brukes til å lede skredet bort fra det som er skredutsatt, for eksempel hus, kraftlinjer eller veg. Ledevoller blir også brukt til å lede snøskred over overbygg.

Kjebler brukes for å redusere skredets hastighetsenergi og spre skredmassene ut til siden. Kjeblene brukes ofte i kombinasjon med fangvoller, der kjeblene bremser skredhastigheten og fangvollen stopper skredet.

Erfaringer viser at terrengiltak ofte har redusert sikringseffekt mot tørrsnøskred og sørpeskred. Terrengiltak er derfor mest brukt nær kysten og i lavlandet, og minst brukt langs veger i fjellet.

Vedlikeholdsoppgaver knyttet til slike terrengiltak går på å hindre erosjon, og sørge for at dreneringsløpene rundt tiltakene er åpne og ikke eroderer. Erosjon vil kunne føre til at vollskrånningen på skredsiden slakes ut, noe som vil redusere effekten. Viktige driftsoppgaver er å fjerne skredmasser i tiltaket etter en skredhendelse. Det er viktig å forhindre at neste skred får flyte rett over tidligere skredavsetninger, da har tiltaket liten virkning.



Figur 22.7 Ulike terrengtiltak. Oppe til venstre fangvoll på fv.60 i Strandadalen, Møre og Romsdal (Foto: Gunne Håland). Oppe til høyre ledevoll på fv.615 ved Storesvora, Sogn og Fjordane (Foto: Pernille Aas). Nederst kjegler i Strandadalen, Møre og Romsdal (Foto: Harald Norem).

Støtteforbygninger

For å hindre at snøskred løsner kan man forankre snøen i løsneområdene ved bruk av støtteforbygninger (se figur 22.8). Bruk av forbygninger er mest effektivt der helningen og utstrekningen på løsneområdet er moderat. Forbygninger blir også brukt i områder med bratte svaberg der det kan forekomme steinsprang, isskred eller små utglidninger av snø.

Forbygninger er dyre konstruksjoner, og sikringstiltaket blir ofte ikke kostnadseffektivt i forbindelse med sikring av vegger.



Figur 22.8 Støtteforbygninger som både sikrer boligområde og en veg i Honningsvåg. I slike tilfeller kan det være kostnadseffektivt å bruke støtteforbygninger som sikringstiltak. (Foto: Jan Otto Larsen)

Utflytting av veg, sjøfylling

I Norge er det mange skredutsatte strekninger som ligger inneklemt mellom bratte fjellsider og fjorder. Et stort antall av snøskredene som sperrer vegen er relativt små, og blir liggende på selve vegen. I slike tilfeller kan utflytting av veg med et vannmagasin på innsiden (sedimentasjonsbasseng) eller etablering av brede grøfter være en god løsning.



Figur 22.9 Utlegging av veg på sjøfylling. Fv. 65 Hjørundfjorden, Møre og Romsdal. (Foto: Harald Norem)

Figur 22.9 viser utlegging av veg på sjøfylling med et vannmagasin på innsiden. En fordel med denne løsningen er at skredmassene gjerne smelter i vannmagasinet mellom hver skredperiode, noe som reduserer behovet for videre håndtering av skredmassene. I tillegg får vegen ofte bedre linjeføring og bedre siktforhold når den legges ut. Det negative er at trafikantene er utsatt for lufttrykk fra skredene.

Aktiv skredkontroll

En annen metode for skredsikring er at man kunstig utløser snøskred under planlagte og kontrollerte forhold. Denne metoden kalles for aktiv skredkontroll, og blir brukt for å redusere faren for at trafikanter skal bli tatt av snøskred. Aktiv skredkontroll skjer gjerne med nedspregning av snøskred ved bruk av dynamitt eller gassblandinger. Nedspregningen skjer fra faste installasjoner som plasseres i skredløpet like ovenfor der skredene vanligst løsner, eller fra mobile gassbeholdere som fraktes med et helikopter. Når dynamitt eller en gassblending detoneres vil det oppstå en eksplosjon som skaper en sjokkbølge. Denne sjokkbølgen vil gå ned i snødekket og kunne gi en bruddforplantning langs et svakt lag slik at et flaskskred kan bli utløst. Når man skal utføre aktiv skredkontroll stenges først vegen for all trafikk, deretter sprenges skredene ned. Når skredene er utløst, og man vurderer forholdene trygge nok, kan vegen åpnes igjen. Det er vanlig å utføre hyppige nedspregninger gjennom vinteren for å hindre at det bygger seg opp store mengder med snø i løseområdene. Dette for å unngå at skredene blir store nok til nå vegen. Fordelen med aktiv skredsikring er at det er rimelig form for skredsikring sammenlignet med de tradisjonelle fysiske tiltakene. De største utgiftene ligger i driften av systemet. En annen stor fordel er at stengning, nedspregning, og eventuelt rydding av vegen er kontrollert og planlagt, noe som vil gi forholdsvis kort stengningstid. En annen faktor som også vil redusere stengningstiden er at man ikke behøver å vente til skredfaren har gått over av seg selv før vegen åpnes for trafikk igjen.

En ulempe med aktiv skredkontroll er at det kreves en del driftsressurser i form av mannskap som skal utføre sprengningen gjennom vinteren. I tillegg er det nødvendig med kontinuerlig oppfølging av snøforholdene for å vite når det er optimalt å sprengne gjennom vintersesongen. En annen utfordring er at det kun fungerer å utløse skredene når man har et svakt lag i snødekket. Det er derfor viktig at sprengningen blir utført før lagene rekker å stabilisere seg. Metoden vil for eksempel ikke egne seg i områder der man har problemer med løssnøskred. Når man foretar aktiv skredkontroll enten fra faste installasjoner, eller mobile løsninger, er det viktig å ha god kjennskap til skredområdene for å unngå at infrastruktur som hus, hytter eller strømledninger, blir ødelagt av et skred. I tillegg er det viktig at det gjøres gode befaringer i forkant av sprengningen for å sikre seg at det ikke er mennesker som oppholder seg i nærheten.

De vanligste metodene som brukes innen aktiv skredkontroll av snøskred er sprengtårn (dynamitt) og gassrør (gassekspløsjon) som er faste installasjoner, og gassbeholder (gassekspløsjon) som er en mobil løsning, se figur 22.10. Andre metoder som taubaner, utplasserte ladninger i snødekket, og bombekastere blir også brukt enkelte steder i Norge.







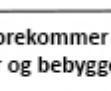
Figur 22.10. Ulike metoder innen aktiv skredsikring. Oppe til venstre Daisybell som er en mobil gasshylse (Foto: TAS). Oppe til høyre Wyssen sprengdtårn (Foto: Wyssen). Nederst Gazex gassrør (Foto: TAS)

Overvåking og varsling av skredfare


Hensikten med overvåking og skredvarsling i Statens vegvesen er å kunne stenge vegen før skredet inntreffer og åpne vegen igjen tidligst mulig når forholdene har stabilisert seg. Overvåking og varsling blir også brukt til å vurdere skredfare for anleggsplasser i skredutsatte områder.

Snøskred løsner gjerne ved gitte værforhold og ustabilitet i snødekket. Skredene løsner også ofte på de samme stedene år etter år i terrengformer som samler opp mye snø. Snøskred er derfor en skredtype som er lettere å forutse og varsle enn andre skredtyper. Erfarne brøytetilsjåførere eller lokale beboere har ofte god teft for når og hvor skredene løsner. Ved å kombinere denne kunnskapen med værobservasjoner og vurdering av snødekkets stabilitet er det mulig å varsle snøskred relativt nøyaktig.

I Norge startet det i 2012 en regional snøskredvarslingstjeneste der det daglig kommer ut et skredvarsel for ca. 25 regionale områder gjennom vintersesongen. Tjenesten er et samarbeid mellom NVE, Meteorologisk institutt, Jernbaneverket og Statens vegvesen. Varslene baserer seg på en internasjonal femtrinns faregradskala, der 5 indikerer meget stor skredfare og 1 liten skredfare (se figur 22.11). De daglige skredvarslene er utarbeidet på bakgrunn av observatører som er ute og observerer vær, skredaktivitet, og stabiliteten til snødekket.

Faregrad		Råd friluftsliv	Snøstabilitet	Skredutløsning
4 Stor		Ferdse i skredterreng anbefales ikke. Unngå terreng brattere enn 25° samt alle utløpsområder og hold god avstand	Omfattende ustabile forhold. Svake bindinger i de fleste brattheng	Utløsning sannsynlig selv ved liten tilleggsbelastning i mange brattheng. Fjernutløsning sannsynlig. Under spesielle forhold forventes det mange middels store og noen store naturlig utløste skred.
3 Betydelig		Identifiser skredproblem. Ferdse i skredterreng krever solid kunnskap og erfaring i rutevalg. Unngå terreng brattere enn 30° og hold god avstand	Generelt ustabile forhold. Moderat til svake bindinger i mange brattheng.	Utløsning mulig, selv ved liten tilleggsbelastning i brattheng. Fjernutløsning mulig. Under spesielle forhold kan det forekomme noen middels store og enkelte store naturlig utløste skred.
2 Moderat		Identifiser skredproblem. Ferdse i skredterreng krever gode rutevalg. Unngå terreng brattere enn 35°.	Lokalt ustabile forhold. Moderate bindinger i noen brattheng, for øvrig sterke bindinger.	Utløsning mulig, spesielt ved stor tilleggsbelastning i brattheng. Store naturlig utløste skred forventes ikke.
1 Liten		Ferdse i komplekst og bratt skredterreng krever gode rutevalg.	Generelt stabile forhold. Generelt sterke bindinger og stabilt.	Utløsning generelt kun mulig ved stor tilleggsbelastning i noen få ekstreme heng. Kun små naturlig utløste skred er mulig.
? Ikke vurdert		Ikke vurdert		

Faregrad 5 forekommer meget sjelden, men er viktig i beredskap for skred mot veg, bane, infrastruktur og bebyggelse. Ved grad 5 frarådes all ferdse!

5 Meget stor		All ferdse i skredterreng frarådes!	Ekstremt ustabile forhold. Generelt svake bindinger og svært ustabilt.	Mange store, også svært store, naturlig utløste skred forventes, selv i moderat bratt terreng. Fjernutløsning meget sannsynlig.
-----------------	---	-------------------------------------	--	---

*Brattheng er brattere enn 30 grader. En person gir liten tilleggsbelastning og en gruppe eller skuter gir stor tilleggsbelastning.

*Faregradene er basert på den europeiske faregradskalaen, og gjelder for områder, ikke for den enkelte skredbane

Figur 22. 11. Norsk tilpassing av den internasjonale snøskredfarekala (varsom.no)

Skredvarslingstjenesten er blant annet et hjelpemiddel til entreprenøren slik at han kan gjøre bedre vurderinger når vegen bør stenges, eller holdes åpen i perioder med høy skredfare. Gjennom beredskapsplaner for naturfare er det utviklet prosedyrer og tiltak som entreprenøren bør gjøre ved de ulike faregradene for å heve trafikksikkerheten. Et vanlig tiltak er å stenge vegen når man vurderer det er sannsynlig at et skred kan treffe vegen (se figur 22.12). Naturfareberedskap er nærmere beskrevet i kapittel 6.

Fordelen med overvåking og varsling av skredfare for en skredutsatt strekning er at det er en rimelig form for skredsikring sammenlignet med å bygge fysiske tiltak. På en annen side er man nødt til å overvåke skredfaren og snødekket kontinuerlig gjennom vinteren. Dette krever mye tid og ressurser, og tilgang på god faglig skredfaglig ekspertise. Det er utfordrende å vite nøyaktig når skredene vil løsne, og man stenger gjerne vegen helst litt for tidlig, og åpner vegen litt for sent, for å være på den sikre siden. I tillegg kan det forekomme spesielle værforhold som fører til at skredfaren kan vare over lengre perioder. Dette innebærer at det ofte er knyttet forholdsvis lang stengningstid i forbindelse med overvåking og varsling av skredfare.



Figur 22.12. Her er Hunnedalsvegen langs fv. 45 stengt på grunn av snøfokk og skredfare. (Foto: Egil Ø. Nærland, Stavanger Aftenblad)

22.4.2 Steinskred

Nedfall av stein er det største skredproblemet man har på veg, jernbane og bebyggelse i Norge. Steinsprang og steinskred utgjør totalt ca. 57 % av alle registrerte skredhendelser. I 2009 var det registrert opp mot 1200 nedfall på vegnettet. Snøskredfylkene er de fylkene i Norge som også har størst problemer med nedfall av stein. I tillegg har Rogaland og Telemark også en del problemer.

Nedfall av stein oppstår som et resultat av geologiske prosesser som er med på å bryte ned fjell. Det er en rekke faktorer som påvirker stabiliteten og utløsning av stein. De viktigste er:

- Nedbør (fører til vanntrykk i sprekker)
- Snøsmelting (fører til vanntrykk i sprekker)
- Temperatur (tine- og fryseprosesser rundt frysepunktet)
- Rotsprengning fra trær

Mange steinsprang og steinskred inntreffer under intense nedbørsperioder eller når det er kraftig snøsmelting. Dette skjer fordi vannet eroderer og gir økt vanntrykk på sprekker i fjellet.

Temperatursvingninger rundt 0 grader fører til tine- og fryseprosesser inne i sprekkeveggen. Når vannet fryser til is vil volumet ekspandere og man vil få et økt trykk på sprekkeveggene. Dette ekstra sprekkestrykket kan være nok til at blokker løsner og raser ut. Fjellsider som vender mot sør vil være ekstra utsatt for tine- og fryseprosesser, spesielt om høsten og våren.

Røtter som gror i bergsprekker gir også økt trykk på sprekkeveggene og bidrar til at blokker kan rase ut. Trær med røtter i bergsprekker kombinert med vind er ekstra ugunstig da vinden vil være med på å «jেকে» løs blokkene.

22.4.2.1 Typer av steinskred

Nedfall av stein deles gjerne inn i steinsprang, steinskred og fjellskred avhengig av volumet på skredmassene:

- Steinsprang; under 100 m³
- Steinskred; fra 100 m³ - 10 000 m³
- Fjellskred; over 10 000 m³

Steinsprang er naturlige prosesser der stein og blokk løsner i en bratt fjellside, oftest brattere enn 45 grader. Blokkene løsner vanligvis fra et overflateoppsprukket berg og glir, triller eller hopper nedover langs skredbanen (se figur 22.13).

Steinskred er en betegnelse der berggrunnen blir ustabil og kommer i bevegelse. Steinskred kan ofte begynne med mindre blokkutglidninger som blander seg med eksisterende ur eller morene som ligger i skråningen (se figur 22.14).

Fjellskred oppstår når større deler av en fjellside raser ut. Store fjellskred kan ha et volum på flere millioner m³ og skredmassene kan dekke store landområder.

Denne skredtypen rammer sjeldent veg og blir derfor ikke omhandlet mer i dette kapitlet.



Figur 22.13 Steinsprang på veg ved Fv. 70 Oppdølsstranda, Møre og Romsdal. Det er registrert ca. 80 skredhendelser på denne strekningen i perioden 2000- 2009. (Foto: Tore Humstad)



Figur 22.14 *Steinskred på veg ved E39 Instedfjorden, Sogn og Fjordane. Volum ca. 1500 m.³ (Foto: Njål Farestveit)*

22.4.2.2 Sikringstiltak mot nedfall av stein

Fanggjerd

Fanggjerd blir brukt for å sikre mot steinsprang og små steinskred i høyere naturlige skråninger, men kan også brukes mot isnedfall, mindre snøskred og flomskred. Vanligvis plasseres fanggjerdene langt nede i skredløpet rett over vegen. For å ta opp store energimengder er fanggjerdene utstyrt med bremseelementer som er festet i wirer. I tillegg har gjerdestolpene bevegelige ledd. Til sammen bidrar dette til at fanggjerd har gode egenskaper for å fange/bremse opp store blokker (se figur 22.15).



Figur 22.15 Fanggjerdene er satt opp rett over en adkomstveg inn til et kraftverk for å fange opp rullende steiner. Dalen kraftverk, Telemark. (Foto: Audun Langelid)

Steinsprangnett

Slike nett blir brukt for å fange opp mindre blokkutglidninger og steinsprang i fjellskjæringer. Nettene egner seg også til sikring mot is i fjellskjæringer (se kap 22.4.4.2). Steinsprangnett har vanligvis en trådtykkelse på 3 mm og en maskevidde på 80 x 100 mm. Maskene er dobbelttvunnede, slik at nettene ikke rakner ved et lokalt brudd.

Spettrensk og sleggerensk

Spettrensk er den enkleste og rimeligste formen for fjellsikring, og benyttes gjerne når man har løse enkeltblokker eller mindre løse partier i en fjellskjæring. Det benyttes renskespett som håndredskap for å få ned de løse blokkene. Metoden er et «håndarbeid» og kan bli utført fra korgene i mobile kraner eller hengende fra tau.

Sleggerensk går ut på å slå løs blokker og mindre fjellpartier med et lodd hengende i en line under et helikopter. Metoden brukes for å ta ut spesielle blokker hvor det er umulig for et renskelag å komme til (se figur 22.16).

Spyling

Spyling utføres også fra et helikopter. En bøtte vann (volum ca. 1000 - 3000 liter) hengende i line under helikopteret posisjoneres og utløses over det aktuelle ustabile fjellpartiet. Metoden brukes vanligvis etter et steinskred eller en jordskredhendelse for å spyle ned eventuelle løse masser som har blitt liggende igjen i skredløpet (se figur 22.16).



Figur 22.16 Ulike sikringstiltak som blir brukt mot steinsprang og steinskred. Til venstre spettrensk utført av et renskelag hengende i tau (Foto: Betongrenovering). Til høyre spyling (Foto: Svein Helge Frækaland). Nederst sleggerensk (Foto: Tore Humstad).

Bolting

Bolting er en effektiv og ofte rimelig form for fjellsikring. Metoden brukes for å henge opp eller låse fast løse blokker som ikke lar seg renskes ned (se figur 22.17).

Bolter benyttes også i kombinasjon med andre sikringsmidler som nett, fjellbånd og sprøytebetong. Det finnes mange forskjellige boltetyper med ulike egenskaper som egner seg til ulike typer fjell. For mer informasjon om bolting vises det til Håndbok V224 Fjellbolting.



Figur 22.17 Eksempel på bolting for å feste løse blokker i fjellet. (Foto: Jens Tveit)

Andre tiltak mot nedfall av stein

- Vegetasjonsrensk
- Overvåking og varsling
- Sprøytebetong i skjæringer
- Overbygg
- Fangvoller og murer (for å fange opp nedfall av stein i skredløpet)

Fanggjerder og andre sikringsnett (f.eks. steinsprangnett) er naturlig nok ekstra utsatt for skader. Gode rutiner for reparasjoner og fjerning av stein og vegetasjon fra nettene er derfor viktig. Ved dårlig vedlikehold har tiltakene ofte redusert sikringseffekt.

Fjerning av vegetasjon i vegskjæringer og fjellsider er ofte undervurdert hos entreprenører som drifter og vedlikeholder skredutsatte veger. Hyppighet av steinnedfall blir ofte ikke redusert før vegetasjonen er helt fjernet. Dette bør derfor inngå som vedlikeholdsrutine i alle driftskontrakter som har slike skredutsatte strekninger.

22.4.3 Jord- og flomskred

Et jordskred er masser av stein, grus, sand og jord som er i bevegelse, med varierende innhold av vann. Flomskred er flomlignende skred utløst av stor vannføring og erosjon langs eksisterende vannveier. Noen liker å definere flomskred som et jordskred med høyt vanninnhold.

Disse skredtypene fører hvert år til en rekke stengninger av både veg og jernbane. I tillegg blir hus jevnlig tatt eller ødelagt av jord- og flomskred.

Antall jord- og flomskred som rammer det norske veg- og jernbanenettet er forholdsvis likt fordelt over landet. Det kan se ut som at disse skredtypene har økt i frekvens de siste årene, spesielt gjelder det omfanget av flomskred.

22.4.3.1 Nærmere beskrivelse av jord- og flomskred

Jordskred

Jordskred utløses normalt i terreng som er brattere enn 25-30 grader, og der det finnes løsmasser som kan gli ut. Selve utglidingen skjer ofte langs et lag med mindre fasthet i skråningen (se figur 22.18). En vanlig årsak til at et lag har fått redusert fasthet er høyt porevannstrykk på grunn av store nedbørmengder og høy grunnvannstand.

Vanligvis vil en skråning som har et stort innhold av fine masser (silt og leire) ha høyere fare for jordskred enn en tilsvarende skråning av grovere masser. Innsynkninger i terrenget hvor det samles opp vann eller der grunnvannsnivået står ekstra høyt vil være ekstra utsatt.



Figur 22.18 Lite jordskred (overflateskred) i en løsmasseskråning som sannsynligvis har løsnet langs et svakere lag like under overflaten. Fv. 208 Åby, Telemark. (Foto: Eigil Haugen)

Når skredet har løsnet vil skredmassene vanligvis følge forsenkningene i terrenget. Jordskred kan vokse seg store avhengig av fastheten og mektigheten på løsmassene og forårsake store skader på veg og bebyggelse.

Flomskred

Flomskred oppstår gjerne i forbindelse med at mindre jordskred løsner og utvikler seg langs små bekker og drensløp. Vanligvis må terrenget i skredløpet være rundt 15 grader for at skredet kan erodere og dermed vokse. Flomskred kan også utvikle seg fra erosjon og massetransport i vassdrag.

Stort vanninnhold gjør at flomskredene får høyere hastighet og lengre utløpsdistanse enn jordskredene. Hastigheten og turbulensen i skredmassene gjør at flomskred har høyt ødeleggende potensial på veg og bebyggelse (se figur 22.19).



Figur 22.19 Eksempel på flomskred med stor eroderende kraft som har ødelagt en veg. Skjeldal, Sogn og Fjordane. (Foto: Svein Helge Frækaland)

Jord- og flomskred utløses oftest i perioder med stor nedbørintensitet eller i perioder med intens snøsmeltning. En økning i omfanget av flomskred de siste årene synes å kunne kobles til klimaendringer med hyppigere intensive nedbørsperioder.

Erfaringer viser også at en stor andel av jord- og flomskredene har sin årsak i menneskeskapt inngrep som bygging av veger eller snauhugging av skog i utsatte områder. Vegbygging vil i mange tilfeller endre de naturlige drensforholdene, og hogst vil redusere stabiliteten i skråningen på grunn av at røttene råtner opp.

22.4.3.2 Sikringstiltak mot jord- og flomskred

Drenering og etablering av vegetasjon i løsneområdet

For å unngå at det bygger seg opp porevannstrykk i de kritiske partiene i skråningen kan man endre drensforholdene i løsneområdet. Et tiltak kan være å grave terrenggrøfter for å lede overflatevannet til andre partier der det ikke er fare for utløsning av skred. Et annet tiltak er å etablere vegetasjon i de bratte skråningene. Røttene vil være med på å binde jorden og gjøre det potensielle løsneområdet mer stabilt.

Erosjonssikring langs skredløpet

For å hindre at eventuelle flomskred eroderer og dermed vokser seg opp i skredløpet kan man foreta erosjonssikring. Dette gjøres ved steinsetting av bunn og sider i skredløpet (se figur 22.20).



Figur 22.20 Erosjonssikring av et elveløp der det kan gå flom og flomskred. Regionvegkontoret i Leikanger, Sogn og Fjordane. (Foto: NVE)

Sedimentasjonsbasseng

På samme måte som for snøskred kan sedimentasjonsbasseng brukes som sikringstiltak også mot jord- og flomskred. Hensikten med et sedimentasjonsbasseng er å fange opp skredet før det når fram til vegen. Dette er et rimelig tiltak hvis de lokale forholdene på innsiden av vegen ligger til rette for det (se figur 22.21).

Fjerning av skredmasser fra bassenget og sikring av åpne dreneringsveier er meget viktig. Sedimentasjonsbassenget bør derfor utformes med tanke på adkomst for maskinelt vedlikeholdsutstyr.

Man bør sikre seg at det finnes alternative dreneringsveier på siden av skredløpet, dette for å opprettholde dreneringen hvis hoveddrensløpet tettes igjen av skredmasser (se figur 22.21).



Figur 22.21 Sedimentasjonsbasseng på innsiden av veien. På siden av hovedskredløpet er det utformet en alternativ dreinsveg. Fv. 192 Eikesdalen, Møre og Romsdal. (Foto: Harald Norem)

Andre sikringstiltak mot jord- og flomskred

- Energikontroll langs skredløpet ved bruk av lukkede kontrolldammer eller terrassering. Hensikten er at skredet skal avsette masser underveis i skredløpet og dermed miste bevegelsesmengde og -energi. Denne sikringsformen er spesielt vanlig i Alpene.
- Fangvoller og ledevoller. Disse brukes ikke bare mot snøskred, men kan være effektive også for å styre og stoppe jord- og flomskred.
- Bru over skredløpet.
- Fanggjerder

22.4.4 Isras og kjøving

Nedfall av is utgjør ca. 10-12 % av årlige skredhendelser på det norske vegnettet. De fleste nedfallene er små og stenger bare veien delvis. Men likevel skaper denne skredtypen store problemer for vinterdriften, spesielt i vestlandsfylkene og i Nordland og Troms.

22.4.4.1 Nærmere beskrivelse

Isras er isblokker som faller fra skråninger eller skjæringer. Størrelsen kan variere fra noen få liter og opp til flere kubikkmeter (se figur 22.22).

Iskjøving er et vanlig navn på de store svullene av is som henger ned over skjæringene (se figur 22.22). Kjøving blir forårsaket av sigevann som blir presset ut i dagen langs svaberg eller i fjellskjæringer og som der fryser til is når temperaturen er under null grader. Stor iskjøving får man gjerne når det er et jevnt tilsig av grunnvann i områder med tynt løsmassedekke. Store vannførende sprekker i fjellet som kommer ut i dagen i skjæringen kan også gi slik isdannelse.



Figur 22.22 Isnedfall på veg. Fv. 572 Bruravik, Hordaland. (Foto: Harald Norem)

Nedfallet av is skjer vanligvis i mildværsperioder eller om våren når isen i skjæringene begynner å smelte.

Iskjøving og isras ser man ofte på steder der det også er hyppig nedfall av stein, tunnelmunninger er gjerne spesielt utsatte områder.

Erfaringer viser at kritisk helning på svaberg for nedfall av is er 30-40 grader. Isras har i motsetning til de fleste andre skredtyper kort utløpsdistanse på horisontalt terreng. Vanlige utløpsdistanser ligger ofte på 3-6 m, en sjelden gang opp mot 15 m. Men skredene kan ha stor tyngde og føre til alvorlige ulykker. Trafikanter som oppholder seg i lengre perioder på for eksempel gangveier eller bussholdeplasser vil kunne være utsatt for isnedfall. Ekstra utsatt er mannskaper som har ansvaret for opprydding av skredmassene.

22.4.4.2 Sikringstiltak mot isras og iskjøving

Issikringsnett

Issikringsnett blir brukt for å armere og binde isen fast i skjæringen for å hindre nedfall på vegen (se figur 22.23). Nettene blir festet til fjellet med wire og avstandsbolter.

Slike nett blir også brukt til å fange opp blokkutglidninger og steinsprang i skråninger og blir da kalt for steinsprangnett.



Figur 22.23 Issikringsnett brukt til å armere isen fast i skjæringen. (Foto: Audun Langelid)

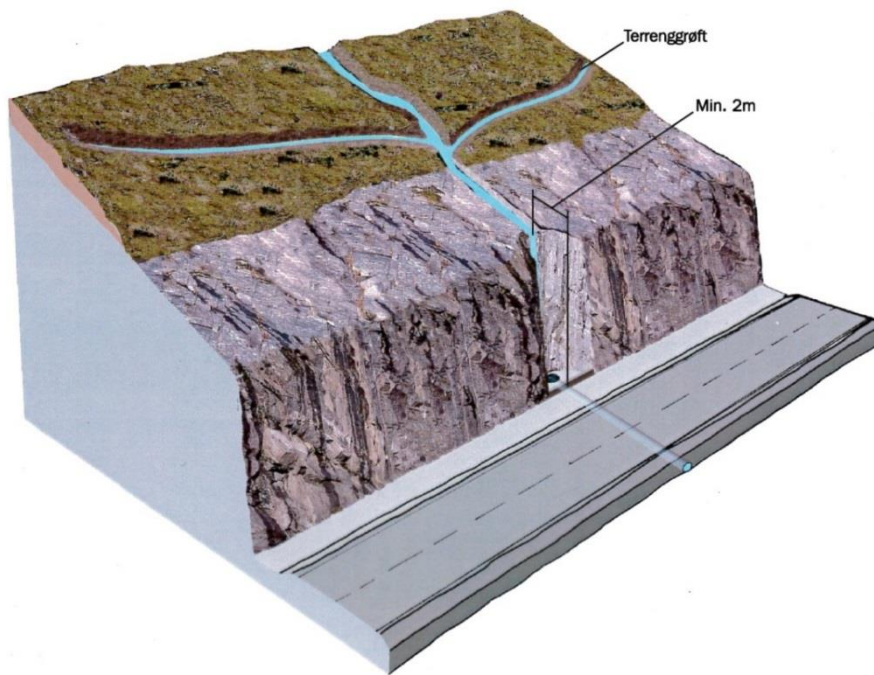
Levetiden på nettene vil være avhengig av at det jevnlig utføres vedlikehold og reparasjon av skader etter steinsprang og isnedfall. Man må også være observant med tanke på korrosjon, spesielt i områder der det renner mye vann over nettene.

Erfaringer viser at det er nødvendig med omfattende vedlikehold hvert 5. - 10. år.

Terrenggrøfter

Terrenggrøfter blir brukt for å hindre transport av vann fram til fjellskjæringen, og vil med dette redusere dannelse av is. Grøftene bør bygges mest mulig parallelt med skjæringskanten for å avskjære mest mulig av sigevannet som kommer gjennom løsmassene. Vannet fra terrenggrøftene føres videre fra toppen av skjæringen og inn i et etablert dreneringssystem (se figur 22.24).

Der terrenget tillater å bygge slike terrenggrøfter vil dette ofte være den rimeligste formen for sikring mot isnedfall.



Figur 22.24 Prinsippskisse for terrenggrøfter og kanalisering av drensveger.

Bred grøft

Bred grøft kan være et rimelig tiltak som gir god sikringseffekt mot flere skredtyper. Isskred som løsner i bratte skjæringer har som nevnt kort utløpsdistanse, ei vegggrøft på 3-5 meter vil ofte være nok til å hindre at ismassene faller ut i vegen (se figur 22.25). Bred grøft har også en rekke andre positive effekter; man øker tryggheten mot steinsprang, man får bedre snølagringsplass for brøyting, og man får bedre siktforhold i kurver og kryss.



Figur 22.25 En litt bredere grøft er ofte nok for å hindre at ismasser kommer ut på vegen. Rv. 15 Kongeneset, Sogn og Fjordane. (Foto: Harald Norem)

22.4.5 Kvikkleireskred

Fenomenet kvikkleire og kvikkleireskred lite kjent utenom Nord-Europa og Nord-Amerika. Denne skredtypen skiller seg på mange måter ut fra andre skredtyper med tanke på utløsningsmekanismer og oppførsel. Vi går ikke inn på selve prosessene bak her, men det er vel kjent for mange at langvarig utvasking av saltet i marint avsatt leire kan medføre øyeblikkelig kollaps i det som ellers ser ut som et fast og stødig material, når det utsettes for påkjenning.

Gammel havbunn med marin leire finnes i dag i Trøndelag og i sentrale deler på Østlandet, samt på enkelte steder langs kysten av Sørlandet, Vestlandet og Nord-Norge. Det er kun i områder med marin leire det kan finnes kvikkleiresoner.

Den flytende oppførselen til kvikkleira fører ofte til at skredene har en rask utvikling, og på kort tid kan store landområder bli forvandlet til en skredgrop (se figur 22.26).

Norge har blitt rammet av flere store kvikkleirehendelser opp gjennom årene. Verdalsraset i 1893 er en av de største naturkatastrofene som har hendt i dette landet. Dette kvikkleireskredet tok 116 menneskeliv og gjorde store materielle ødeleggelser. Fra senere år kjenner vi Rissaraset i 1978 (hvor én person omkom), Kattmarkaskredet i Namsos i 2009, skredet i Lyngen i Troms i 2010 (se figur 22.26) og skredet på Byneset i Trondheim i 2012.



Figur 22.26 Kvikkleireskred på Lyngseidet i 2010. (Foto: Andrea Taurisano, NVE)

Årsaker

Kvikkleireskred kan utløses av både naturlige og menneskeskapte forhold.

Typiske menneskeskapte årsaker er ekstra belastninger på toppen av skråninger (hus, vegfyllinger o.a.) eller graving i foten av skråninger (vegskjæringer, grøfter o.a.). Rystelser fra sprengningsarbeid kan også føre til at leira kollapser og utvikler seg til kvikkleireskred.

Naturlige faktorer har som regel å gjøre med langvarig utvasking av salt i leira, som allerede nevnt. Faren for øyeblikkelig kollaps øker drastisk i perioder med stor vanntilførsel i form av kraftig regn eller snøsmelting. I slike perioder vil grunnvannsnivået stige og vekten på jorden øke. En annen faktor som også kan føre til kvikkleireskred kan være naturlig erosjon fra en elv som graver seg inn i sidene på en skråning og avdekker leira.

Hvordan unngå kvikkleireskred?

Kvikkleireskred utvikler seg gjerne ut i fra mindre initialskred som først begynner å løsne i skråningen. I slike utsatte områder er det dermed ekstra viktig å sikre seg mot slike hendelser.

Den vanligste sikringsmetoden er å erosjonssikre elver og bekker. Dette gjøres ved å plastre de utsatte elvestrekningene med stein for å hindre erosjon og utgraving i foten av skråningene (se figur 22.25).

Andre tiltak i en kritisk skråning kan være å avlaste skråningstoppen, lage motfylling i foten av skråningen, slake ut hele skråningen, eller å kle skråningen med lettere fyllmasser.



Figur 22.27 Her blir en utsatt elvestrekning erosjonssikret for å hindre erosjon og utgraving i foten av skråninger med kvikkleire. (Foto: NVE)

Et annet viktig forebyggende tiltak er å kartlegge områdene med kvikkleire, og få disse områdene tegnet inn på faresone- og risikokart (se figur 22.28). Dette er nyttige hjelpemidler i areal- og byggeplanlegging, ved prioritering av sikringsprosjekt og ved beredskap.

Når ny veg skal planlegges gjennom en faresone er geotekniske undersøkelser av grunnforholdene i området svært viktig. Dette for å få tilstrekkelig informasjon om områdestabilitet og om veien kan legges der den er planlagt.



Figur 22.28 Eksempel på faresonekart for kvikkleire i Trondheim kommune. (Foto: NVE)

Av andre og mer spesielle tekniske tiltak for å unngå kvikkleireskred kan nevnes:

- Tilsetning av kalk for å stabilisere kvikkleira.
- Drenerør som føres inn i eller gjennom lagdelt kvikkleire for å unngå virkningen av stor vanntilførsel eller ugunstige grunnvannstrømmer.

I utsatte kvikkleireområder er det ellers viktig at folk som bor eller ferdes i området bidrar i kartleggingen ved å rapportere sine observasjoner. Typiske faresignaler kan være bekker som graver i foten av leirskråninger, eller sprekkedannelse og mindre utglidninger i bratte skråninger.

Referanser

- Kristensen, K., Lied, K. (2003): Håndbok om snøskred. Norges geologiske institutt, Oslo
- NGU (2012) www.ngu.no
- NVE (2012) www.nve.no
- Statens vegvesen (2011): Veger og snøskred, rapport nr. 27 høringsutgave Vegdirektoratet
- Statens vegvesen(2012): Flom - og sørpeskred, rapport nr. 73 høringsutgave av veileder Vegdirektoratet
- Statens vegvesen (1998): Sikring av veger mot isras, Statens vegvesen Hordaland og Statens vegvesen Sogn og Fjordane
- Statens vegvesen (2011): Sikring av veger mot steinskred, rapport nr. 32 Vegdirektoratet
- TAS(2014) <http://www.tas.fr/en/>
- Wyssen(2014) www.wyssen.no

Kapittel 23 Drift og vedlikehold i byer og tettsteder

Joakim Hjertum, Oslo kommune og Terje Lindland, Statens vegvesen

23.1	Generelt om utfordringer i byer og tettsteder	362
23.2	Drenering	362
23.3	Asfaltdekker, heller og brostein	363
23.4	Vegetasjon og grøntarealer	364
23.5	Renhold av vegbane og vegområde	365
23.6	Skilt og oppmerking	367
23.7	Vinterdrift	367
23.8	Universell utforming	370
23.9	Drift av anlegg for gående og syklende	370
23.10	Graving i veg	371

23 Drift og vedlikehold i byer og tettsteder

23.1 Generelt om utfordringer i byer og tettsteder

Drift og vedlikehold i byer og tettsteder skiller seg fra drift og vedlikehold i landdistrikt på mange måter. Følgende hovedforskjeller knyttet til vegnettet i byer og tettsteder kan nevnes:

- Deler av vegnettet skal avvikle store trafikkmengder, enten kjøretøy eller personer
- Det er viktig å satse på tiltak som bedrer framkommeligheten
- Det er blandet trafikk av biler, kollektivtrafikk, syklistene og fotgjengere
- Mange fortau og gangveger ligger langs vegnettet
- Miljøfaktorene har stor betydning. En må derfor ta hensyn til de som bor og har sitt virke langs gata, slik at funksjoner i bysamfunnet ikke blir urimelig skadelidende
- Områder som er utformet etter prinsippene med universell utforming skal opprettholde disse kvalitetene hele året i driftsperioden
- Mye kryssende trafikk av fotgjengerareal grunnet inn og utkjøringer til private og offentlige arealer

Karakteristiske utfordringer ved drift og vedlikehold av vegnettet i byer og tettsteder er at framkommeligheten for drifts- og vedlikeholdsmaskiner ofte er vanskelig. Eksempler på dette er:

- Biler parkeres langs vegkant da det ikke er tilstrekkelig med parkeringsplasser utenom veggrunn
- Ofte er hele veg- og gatearealet utnyttet til kjørebane og fortau, samtidig som gjerde plasseres i reguleringslinjen og hekker, trær og annen vegetasjon plasseres så nær veg- og gatearealet som mulig
- I tilknytning til at det anlegges gatetun stenges oftest gaten samtidig som det ikke anlegges tilstrekkelig snuplasser

Andre utfordringer som kan nevnes er:

- Mange kryss og krappe kurver medfører lav brøyte hastighet og dermed har en problemer å få snøen bort fra veg- og gatearealet
- Skilt, gateutstyr, bommer, K-kasser og annet vegutstyr står ofte ”i vegen” for drift og vedlikehold
- Standard og tverrprofil kan variere fra kryss til kryss

På veger og gater med høy trafikk må mange drifts- og vedlikeholdsoppgaver utføres om kveld og natt. Spesielt i rushtiden er det vanskelig og ofte lite aktuelt å utføre planlagte drifts- og vedlikeholdsoppgaver på veger og gater med høy trafikk. Dette medfører utstrakt bruk av overtid og nattarbeid, som igjen fordyrer drift og vedlikeholdet.

I byer og tettsteder stilles det også store krav til samordning med tiltak som planlegges på annen infrastruktur i veggrunnen og utbygginger som gjøres langs veg- og gatenettet.

23.2 Drenering

I byer og tettsteder kan en oftest ikke lede overvann ut i nærliggende terreng. En må derfor ha sluk og sandfang tilknyttet et godt utbygde, lukkede overvannsnett. Kostnadene til vedlikehold av dette nettet vil overskride kostnadene til vedlikehold av grøfter og stikkrenner i landdistrikt, men vedlikeholdskostnadene til dette utgjør oftest ikke noen stor andel verken i byer og tettsteder eller på landet.

Sentrale drifts- og vedlikeholdsoppgaver i tilknytning til drenering i byer og tettsteder er:

- Inspeksjon, rensk og eventuelt spyling av overvannsledninger og stikkrenner
- Utskifting og nyetablering av overvannsledninger
- Inspeksjon, tømning (slamsuging) og rensk av sluk, sandfang og kummer
- Justering og skifting av sluk og kumlokk
- Stiming av frosne stikkrenner om vinteren

Nødvendig tømmefrekvens av sandfang vil variere mye fra sandfang til sandfang. Derfor bør det gjøres en registrering av problemsandfang. Det er også viktig at kumlokk og rister som ikke ligger støtt, skiftes og utbedres. Rister og kumlokk må også ha riktig høyde. Spesielt må en være oppmerksom på rister og kumlokk som ligger for høyt, da dette kan skade brøyteutstyr og i verste fall føre til ulykker.

Videre er det viktig at kvist og søppel fjernes fra rister i innløp til stikkrenner og kulverter. Konsekvensene av oversvømmelse i byer og tettbygde strøk er oftest større enn utenfor.

I den senere tiden har det vært mye fokus på ekstremvær. I byer og tettsteder bør en i denne sammenheng spesielt fokusere på kapasiteten (diameteren) på stikkrenner og kulverter der konsekvensene av en oversvømmelse kan bli store.

Lokal overvannshåndtering der grøntanlegg langs vei benyttes som vannmagasiner blir mer og mer vanlig. Ofte anlegges også forskjellige typer for vannmagasin for å holde tilbake vann i forbindelse med kraftig nedbør. Slike anlegg krever spesielt ettersyn og gode vedlikeholdsrutiner.

23.3 Asfaltdekker, belegningsstein og brostein

Mange av gatene i byer og tettsteder har stor trafikk. Dette gjør at deler av trafikken må om-dirigeres, eller på annen måte styres, mens dekkelegging pågår. Framkommeligheten vil da bli redusert, og nærliggende områder kan få øket trafikkbelastning med de ulemper det medfører for miljøet. Et annet alternativ er å gjøre dekkeleggingen om kveldene og/eller om nettene når trafikken er mindre. Også dette medfører ulemper som støy og lignende. Nattarbeid kan falle inn under støyforskrifter. Ofte vil helsemyndigheter kunne sette begrensninger på planlagt vedlikeholdsarbeid på kvelds- og nattestid, og da spesielt i innsøvningsperioden.

Et annet problem ved dekkelegging i byer og tettsteder er at hyppig asfaltering fører til problemer med faste høydereferanser som kantstein og kummer. Dekkene må derfor freses med jevne mellomrom. Nivåsprang er generelt en ulempe for brukere av rullestoler og rullator samt gående, og de gir generell snublefare. For syklende representerer plutselige nivåsprang i forbindelse med sluk og asfaltlapping både en sikkerhetsrisiko og redusert komfort. For kjørende bidrar nivåsprang til å redusere kjørekomforten og kan også medføre skader på dekk-utrustning og i verste fall selve kjøretøyet.

Humper, bussputer og andre fartsdempende tiltak kan bli skadet, spesielt ved brøyting og høvling av snø. Hver vår må en derfor reparere noen av de fartsdempende tiltakene. Når strekninger med fartsdempende tiltak repareres, må en også stille spesielle krav ved reasfaltering for at virkningen skal opprettholdes.

Kostnadene til dekkelegging blir derfor forholdsvis høye i byer og tettsteder.

I byer og tettsteder brukes det mye heller og brostein, spesielt på fotgjengerprioriterte arealer og mindre trafikkerte boligveger. For å opprettholde dekkets kvalitet og funksjonalitet er det viktig at ødelagte/løsrevne heller/steiner festes/merkes. I vinterhalvåret kan dette være vanskelig, og en midlertidig løsning kan være lapping med kaldasfalt. For å opprettholde dekkets estetiske kvalitet er det viktig at samme stein- og fugemateriale benyttes ved reparasjon som ved etablering av dekket. Det anbefales derfor å anskaffe ca 1-10 % overskudd av heller og steiner ved etablering av dekket for å unngå for store fargevariasjoner innenfor samme område.

Et problem en har flere steder er at heller, spesielt på gang- og sykkelarealer, ikke er dimensjonert til å tåle ekstraordinære belastninger fra f.eks. tyngre vedlikeholdsmaskiner, tungt anleggsutstyr, renovasjonsbiler og tyngre kjøretøyer som benyttes til varelevering. På slike steder kan en få oppsprekking i hellene og setninger. Dersom det er varmekabler i fortauet kan også disse bli skadet.



Figur 23.1 Fundamentet til betonghellene har sviktet på et område Foto: Terje Lindland

I fuger, spesielt i lite trafikkerte områder, kan det avhengig av fugematerialets kvalitet forekomme framvekst av ugress og lignende, som må fjernes ved brenning, nedklipping eller sprøyting.

Inntil fugene i brosteindekker og helledekker satt i sand/grus har satt seg, kan ikke feiebiler med sug benyttes. Erfaringsmessig tar det to-fem år før sand/grusfuger har fått en slik kvalitet at feiebiler med sug kan benyttes på disse dekketyperne. I denne perioden er det også behov for etterfylling av fugesand.

23.4 Vegetasjon og grøntarealer

I byer og tettsteder finnes det flere grøntarealer og skråninger med en parkmessig utforming. Dette gir tilsvarende større behov for vedlikeholdsinnsats.

Langs veger og gater i byer og tettsteder plantes det ofte trær. Det er viktig at disse trærne driftes og vedlikeholdes jevnlig, slik at ikke greinene blir hengende ut over vegnettet. Greiner som

henger over vegbanen kan medføre sikt- og framkommelighetsproblem. Spesielt kan framkommelighetsproblemer oppstå om vinteren når det legger seg tung snø i trærne. I tillegg til framkommelighetsproblem for brøyteutstyr, får en ofte klager om dårlig framkommelighet fra tynge kjøretøy. Greiner som hindrer sikt til trafikkskilt, overganger og signallys er trafikkfarlige forhold som vil kreve umiddelbare tiltak.

Det er viktig at det plantes riktig tretype langs vegnettet. Spesielt må en tenke på hvilken retning greinene vokser. I mange tilfeller synes det som om trær er plantet alt for nær vegen. Når disse trærne har fått utviklet seg en del år, får en problemer med at greiner henger ut over vegen. Dette kan for eksempel være et problem på forholdsvis smale rabatter mellom bilveg og gang-/sykkelveg.

Et annet problem er manglende nedklipping av privat vegetasjon langs veg- og gatenettet. Dette medfører sikt- og framkommelighetsproblemer. Mange huseiere planter hekk, busker og trær i eiendomsgrensa mot vegen. Framkommelighetsproblemene oppstår oftest langs fortau og langs veger og gater. Siktproblemene har en oftest i tilknytning til kryss og avkjørsler. Det er viktig for sikkerheten at kravene til sikt opprettholdes i tettbygde områder. Hvert år skades mennesker unødvendig på grunn av dårlig sikt. Spesielt utsatt er barn som er lave og som ikke synes like godt bak høye busker og hekker. Det er viktig at hekker, busker og trær ikke skjuler sikten til trafikkskilt, veinavnskilt og signalanlegg.

Sikkerheten ved klipping av gress kan være et problem i byer og tettsteder. I gresset langs vegnettet kan det ligge fremmedlegemer, spesielt småstein, som kan bli slynget ut når det klippes. I tettbygde områder er sannsynligheten større enn ellers for at stein kan treffe personer, biler og bygninger. For å ivareta sikkerheten kan dette medføre at mye av arbeidet må gjøres på kvelds- og nattestid. Arbeidet kan i mange tilfeller også utløse behov for sperretiltak på veinettet.



Figur 23.2 Private trær vokser ut i vegen og hindrer framkommelighet for tunge kjøretøy og fotgjengere Foto: Nettbuss Trøndelag

23.5 Renhold av vegbane og vegområde

I de fleste byer og tettsteder er renhold en tung utgiftspost. I mange byer er det bare kostnadene til vinterdrift og dekkevedlikehold som er høyere enn renhold. Miljøkravene til håndtering og

deponering av oppfeide masser er strenge. I byer og tettsteder består renholdet grovt sett i tømming av søppelkorger, feiing og spyling.

Vårrengjøring er en stor arbeidsoppgave som fortrinnsvis skal være ferdig til 17. mai. Etter at snøen har forsvunnet skal gategolvet feies og spyles. Mye av dette arbeidet må gjøres som nattarbeid for at mannskapet skal få gode arbeidsvilkår og for at arbeidet skal bli mest mulig effektivt.

I sommerhalvåret er det behov for å feie og spyle de mest sentrale byområdene flere ganger i uka. Spesielt i helgene er behovet stort. Dette arbeidet må gjøres som nattarbeid når det er lite biler og folk ute.



Figur 23.3 Stor feievogn som brukes til feiing av gater og veger i Trondheim, Foto: Terje Lindland

Langs vegnettet i byer og tettsteder er det mange gatetrær og annen vegetasjon. Om høsten kan løvfallet føre til gjentetting av sluk og sandfang. På mange strekninger er det derfor behov for høstfeiing for å unngå tette sluk om høsten og utover vinteren.

I de største byene er det behov for å feie og støvdempe også i vinterhalvåret for å tilfredsstille kravene til luftkvalitet som KLIF (Klima- og forurensningsdirektoratet) har satt. Dette er spesielt aktuelt i perioder med tørr og bar vegbane, og når det er kaldt. Først feies gatene, og deretter legges det oftest på en vannlake med magnesiumklorid for å binde gjenværende støvpartikler.

Søppelkasser må ofte tømmes hver dag i sommerhalvåret, noe sjeldnere i vinterhalvåret. Men variasjonene kan være store avhengig av søppelkassenes plassering. Dette er en arbeidsoppgave som i mange områder må gjøres tidlig om morgenen for at byen skal være fri for søppel når ”byen våkner til liv”.

23.6 Skilt og oppmerking

I byer og tettsteder er tettheten av skilt mye større enn ellers på vegnettet. I tillegg er mange av skiltene plassert svært nær kjørebanelen, og faren for å skade skilt ved påkjørsel og under drift og vedlikehold, f.eks. ved snøbrøyting, er større enn ellers. Oppretting og reparasjon av skadde og nedkjørte skilt er derfor en kontinuerlig arbeidsprosess. Kostnadene til reparasjon av nedkjørte skilt dekkes gjennom forsikringen til skadevolder, når denne er kjent. Ved ukjent skadevolder kan kostnadene bli dekket av Forsikringspoolen.

Det vil være stort behov for oppmerking av gangfelt, piler og stopplinjer i byer. Behovet for remerking av disse vil være stort på mange veger og gater grunnet stor trafikk. Kostnadene til den type drift er derfor også vesentlig høyere i byer og tettsteder.

Mange byer har også et omfattende sykkelvegnett markert som egne felt i veibanen med tilhørende symbolbruk og bokser. Disse krever jevnlig vedlikehold og remerking. Spesielt inn mot kryss og holdeplasser er frekvensen på vedlikeholdsmerkingen stor. Flere og flere steder kommer andre farger inn som markering av sykkelbokser og sykkelfelt, da gjerne rødfarge.

Kollektivmerking av felt og holdeplasser med tilhørende symboler er også utbredt i de større byene.

I boligkater vil imidlertid behovet for langsgående oppmerking være lavere i byer enn i landdistrikt på grunn av lavere kjørehastighet.



Figur 23.4 Nedkjørt skilt, Foto: Terje Lindland

23.7 Vinterdrift

Problemene man har å stri med i byer og tettsteder vinterstid er forskjellig fra vinterdrift på landevegen. Det er ikke bare framkommeligheten for trafikantene som skal sikres, men en skal også legge opp arbeidet slik at andre funksjoner i bysamfunnet ikke blir urimelig skadelidende.

Det vil si at man i langt større grad må ta hensyn til det som finnes utenom selve kjørebane og ikke minst til dem som bor eller har sitt virke langs vegen/gaten. Vintervedlikeholdskostnadene er derfor vesentlig høyere enn i landdistrikt.

Det er mindre plass til lagring av snø i byer, mange kryss må ryddes osv. Framkommeligheten for bilistene og trafikksikkerheten for fotgjengere er bedret gjennom en rekke trafikktekniske anlegg, men dette har ofte vanskeliggjort vintervedlikeholdet. Av slike tiltak kan nevnes kanalisering av vegkryss med trafikkøyer, midtdelere og lysanlegg. I tilknytning til dette settes det opp trafikkgjerdene både i veikryss og ellers på steder der en vil unngå fotgjengerkryssinger. Videre bygges det sidehindre og humper i boligater for å redusere fartsnivået. Slike trafikk-sikkerhetstiltak er positive, men vil ofte vanskeliggjøre rydding av kjørebane og fortau, og skaper også vansker ved etterrydding.

Økt krav til skilting med skiltportaler og stolper har heller ikke gjort snørydding lettere. Plasseringen av slike skilt er heller ikke alltid like godt gjennomtenkt, og ofte styres plassering av skilt av lover og forskrifter for skilting framfor driftsframkommelighet. Utgiftene til oppretting/utskifting av skiltstolper etter brøyting og påkjørsler blir betydelige.

Trær i sentrumsområder, og da spesielt på fortau, kommer ofte i konflikt med vedlikeholdets og driftens interesser. Imidlertid må man prøve å påvirke slik at plasseringen er godt gjennomtenkt. Trær tåler sjelden hardhendt behandling av brøyteutstyr, og brøyting og snørydding ved slike steder krever derfor stor forsiktighet.

Hovedproblemet for dem som arbeider med vinterdrift i sentrumsområder er nok likevel den stadige økningen i biltallet. Etter hvert som antall parkeringsplasser i sentrumsområdene i byene går ned, får en også økt parkering i sentrumsnære områder.

Tidligere hadde en i sentrumsområder snøopplagringsplasser slik at en lettere unngikk opplasting og bortkjøring. Men disse har stadig blitt redusert etter som gatenettet utnyttet mer og mer til trafikkformål og ledige plasser tas i bruk til parkeringsformål.

Samtidig som en i større grad må foreta snørydding om natten, har også støyforskrifter og arbeidsmiljølov lagt begrensninger på dette arbeidet.

Trafikk og parkering tilsier at rydding av kjørebane i sentrumsområder i langt større grad må gjøres utenom ordinær arbeidstid med spesialutstyr som veghøvler og hjullastere. Snøfall på dagtid må i stor grad ligge inntil etterrydding kan skje. Ved større snøfall utenom ordinær arbeidstid satser en umiddelbart på å rydde kjørebane, spesielt i hovedgater.

Hovedgatene blir fortrinnsvis ryddet med større traktorer, alternativt høvler og/eller lastebiler kjørende i tandem, og snøen blir lagt inn mot fortauet hvor det imidlertid ofte er sterkt begrenset lagerplass. Langs strekninger hvor det er anlagt sykkelfelt er denne lagringsplassen ytterligere blitt begrenset. I enkelte kommuner brøyter en snøen inn mot midten av kjørebane hvoretter den umiddelbart blir kjørt bort og lagret på midlertidige lagringssteder eller permanente snødepot. Ved lagring på midlertidige lagringssteder som f.eks. fortausutvidelser, parkometerplasser eller på parkeringsplasser med boligsoneparkering er det viktig at sikt ikke hindres, og at snøen ikke blir liggende på parkeringsplassene mer enn ett døgn. I mange områder med boligsoneparkering kan det være behov for utskilting med parkering forbudt for å få ryddet skikkelig. Dette krever god koordinering med parkeringsetaten, og det kan ta flere døgn å få gjort det fordi parkeringsforbudet må varsles minimum 24 timer på forhånd, og alle gatene i et område kan ikke skiltes ut samtidig.

Ved snøfall om natta, skal en rydde fortau og gangbaner der en har ryddeplikt før gang- og sykkeltrafikken starter om morgenen. En del etterrydding av gangarealer må gjøres manuelt,

f.eks. rundt trafikklys, ved fotgjengerfelt og ved over- og underganger. Dette arbeidet kan gjøres på dagtid. Etter hvert som parkering og trafikkforholdene for øvrig har vanskeliggjort etterrydding (opplasting og bortkjøring av snø etter brøyting av gatene), må også dette mer og mer gjøres om nettene. I tillegg bør også parkeringsplassene være ryddet slik at parkeringsforholdene ikke forverres på dagtid.

Vanligvis er ansvaret for rydding av fortau i tettbygde strøk fastlagt i politivedtektene. Disse varierer fra sted til sted, men mange steder pålegges byens borgere å gjøre en betydelig innsats. Denne innsatsen kan bestå i at eier av hus eller grunn mot offentlig veg snarest etter snøfall plikter å rydde fortau og rennestein for snø og strø når det er glatt.

Ved brøyting av ei gate som mangler eget snøopplag mellom gangbane og kjørebane, er det ikke til å unngå at snøen blir trent ut til sidene og inn på gang- og sykkelarealene, selv om dette er lite ønskelig. Rydding av mange gang- og sykkelarealer må skje ved at brøytekanten først må kjøres bort før en kommer til med selve fortausryddingen. Fortau med stor gangtrafikk og fortau langs hovedgater, og spesielt der offentlige kommunikasjonsmidler går, må derfor prioriteres.

Et annet problem i mange tettsteder er at snø blir brøytet fra bilvegen og inn på gang- og sykkelvegnettet som ligger langs hovedvegnettet. Dette er spesielt et problem der det ikke er avsatt snølagringsplass mellom gang- og sykkelvegnett og hovedveg. For å løse dette kreves det god koordinering mellom sjåførene som brøyter på bilvegen og sjåførene som brøyter på gang- og sykkelvegene.

I tettbygde strøk har en også ulemper med vannavrenning i mildværsperioder. Da får en ofte vannavrenning som kan gjøre stor skade på tilstøtende eiendommer; f.eks. kjellere, garasjer og hager. Ved vekslende kulde- og mildværsperioder får man ofte gjenfrysing av slukledninger, og disse må åpnes med spesialutstyr som steamkjele, salt eller andre kjemikalier. Det er ikke til å unngå at mange sluk svikter i slike perioder.



Figur 23.5 Snø fra kjørebanelen har lagt seg langs kantsteinen i sykkelfeltet, Foto: Terje Lindland

23.8 Universell utforming

I byer og tettsteder har en flere anlegg for universell utforming. Derfor bør en tenke nøye gjennom hvordan slike anlegg skal driftes, og eventuelt utarbeide egne rutiner og planer for drift og vedlikehold med tanke på universell utforming. Krav om universell utforming er lovfestet.

Hovedmålet med drift og vedlikehold er å opprettholde en gitt standard på anleggene. Hovedregelen er at standarden skal være lik hele året, og at den skal være forutsigbar. Dersom en av ulike årsaker må redusere standarden i deler av året, bør en definere klart hvilke områder som skal holde universell utforming hele tiden og kravene må være tydelige. Det er spesielt viktig for bevegelseshemmede og synshemmede å opprettholde universell standard på drift og vedlikehold. For bevegelseshemmede kan konsekvensen bli at en påbegynt reise ikke kan gjennomføres. Hele reisekjeden må altså tilfredsstillende kravene til universell utforming. F.eks. må både atkomst til bussholdeplass og selve bussholdeplassen tilfredsstillende kravene til universell utforming. For synshemmede, som ofte har lært en reiserute, er konsekvensen ved manglende drift problemer med å finne fram samt uhell.

Dette betyr også at dersom standarden av en eller annen årsak er midlertidig redusert, må det informeres godt om dette. Det er ikke nok å informere på stedet da mange trenger slik informasjon før de skal gjennomføre reisen. Det bør derfor finnes en slik informasjon på internett.

For å ivareta universell utforming kan en spesielt gjøre følgende i tilknytning til drift og vedlikehold:

- Ryddige vedlikeholdsrutiner for å oppnå universell utforming
 - Rette opp skader, setninger og hull i gangsoner
 - Skifte ut skadde elementer som belegning, ledelinjer, varselsindikatorer og kantstein
 - Etterfuge
 - Opprettholde kontraster (f.eks. vegmerking)
 - Merke farer før en får utbedret f.eks. hull og snublekanter
 - Opprettholde sklisikkert dekke
- Ivareta riktige nivåsprang
 - Nivåsprang som har en funksjon skal opprettholdes
 - Andre nivåsprang skal unngås
- Passe på følgende ved brøyting og snørydding
 - Være nøye på bussholdeplasser, ved gangfelt, inntil trykknapper på signalanlegg osv.
 - Plassere brøytetekant som ledelinje hvis mulig
 - Sikre at bommer og sperringer, som f.eks. saksebommer i gangveger, blir holdt åpne og at det ikke bare brøytes inntil fra hver side

23.9 Drift av anlegg for gående og syklende

I mange byer er det et ønske å flytte ferdsel fra privatbilisme og bilveger over på kollektivtrafikk og sykkelanlegg. De siste årene har det vært satset på utbygging av anlegg for sykling. For å kunne hente ut full effekt av de gjennomførte og framtidige investeringene er det nødvendig med et tydeligere fokus på drift og vedlikehold av sykkelanlegg. Det er derfor nødvendig å legge opp til økt innsats mht. drift av sykkelanlegg. Dette gjelder i hovedsak vinterdrift, men også sommeraktiviteter som dekkevedlikehold, oppmerking og renhold.

De siste årene har det blitt anlagt sykkelfelt langs flere strekninger. Om våren er det spesielt viktig med jevnlig og tidlig feiing av sykkelfeltene. Slik drift bør opprettholdes gjennom hele sykkel sesongen. Spesielt på høsten med løvfall er periodisk feiing viktig. Skitt blåses fra kjørearealet og inn mot kantsteinen som avgrenser sykkel feltet på yttersida. Spesielt glasskår og strøgrus/sand er lite populært blant sykklistene. Dersom det ikke feies med jevne mellomrom blir det lite attraktivt å bruke sykkel feltet. Det er også viktig at oppmerkingen av sykkel feltet holdes intakt slik at det ikke er tvil om hvor skillet mellom bil- og sykkeltrafikk er. Ved reasfaltering er det viktig at det ikke legges en asfaltskjøt/-kant i sykkel feltet. Selv om det forvarmes, blir ikke kvaliteten på denne skjøten/kanten, i de fleste tilfeller, god nok med tanke på sykling. Tidligere var det vanlig å legge en asfaltskjøt litt innenfor kantsteinen for å unngå å måtte frese asfaltdekket så ofte. Rutinene må derfor legges om slik at en reasfalterer helt ut til kantsteinen. Det er heller ikke attraktivt å sykle på frest dekke når det er frest for grovt, og det er tydelige langsgående spor i dekket.

I vinterdriften er det viktig at sykkelanleggene er driftet til morgen- og ettermiddagsrushet. Dersom ikke sykkel forholdene er gode på disse tidspunktene blir det vanskelig å få opp sykkel andelen på vinteren. For å oppnå gode attraktive sykkel forhold om vinteren, er det spesielt viktig at sykkelanleggene er brøytet og eventuelt strødd på de tidspunktene når det er flest sykklister der. Dette krever god koordinering mellom de sjåførene som brøyter vegnettet og de som brøyter sykkelvegnettet. Når snø blir brøytet fra bilvegen og inn på sykkelvegnettet etter at sykkelanlegget er brøytet er ikke koordineringen god nok.

Også sykkel feltene krever ekstra vinterdrift på samme måte som renhold om sommeren. Biltrafikken vil "blåse" snø fra bilvegen og inn på sykkel feltet. Derfor må en fjerne denne snøen med jevne mellomrom, selv om det ikke har vært snøfall. Dette må ofte utføres med bruk av kost for å oppnå ønsket resultat. Bruk av salt på bilvegnettet fører også til spesielle utfordringer for drift av gang- og sykkelvegnettet om vinteren, når saltblandet snø kastes inn på gang- og sykkelvegnettet. En kan da fort få en såle av snø som nærmest er som en "grøt". Derfor er det behov for å høvle og brøyte sykkelvegnettet oftere når det brukes salt på bilvegnettet.

23.10 Graving i veg

I byer og tettsteder er det mange som ønsker å grave i det kommunale vegnettet. Spesielt den siste tiden med utbygging av bredbånd, har det vært mye graving i mange områder. Det kreves et forholdsvis omfattende apparat for å administrere hele prosessen med gravesøknad, planlegging av gravearbeider, arbeidsskilting og -varsling, utførelse av gravearbeider, gjenfylling/reparasjon, kontroll og garanti/erstatning.

Gravinger i vegbanen er en av de viktigste årsakene til nedbryting av vegnettet i mange byer og tettsteder. Derfor er det viktig at en har klare regler for hvordan veg og vegområde skal istandsettes etter graving. Viktige momenter som en må ha klare regler for er:

- Søknadsprosess og godkjenning/koordinering av tiltak
- Rett bruk av sperremateriell
- Bruk av oppgravde masser
- Utbedring av undergraving
- Lagvis komprimering
- Fjerning av stempling/spunt
- Midlertidig istandsetting
- Skjæring og fresing av asfalt
- Reasfaltering i fortau og gang-/ sykkelveger

- Legging av langsgående asfaltkjøter
- Remerking og istandsetting av fartsdempere
- Istandsetting av grøntarealer og sidearealer
- Sluttdokumentasjon av utførende

Kapittel 24 Andre drifts- og vedlikeholdsoppgaver

Øystein Larsen, Statens vegvesen

24.1	Mangfold av oppgaver	374
24.2	Oppgaver og vegutstyr som ikke er beskrevet i egne kapitler	374
24.2.1	Renhold	374
24.2.2	Rasteplasser og toaletter	375
24.2.3	Leskur	375
24.2.4	Rekkverk	376
24.2.5	Støyskjermer	377
24.2.6	Fartsdempere	377
24.2.7	Ferister	379
24.2.8	Trafikksignalanlegg og andre overvåkings- og styringssystemer	379
24.2.9	Annet vegutstyr	380
	Referanser	380

24 Andre drifts- og vedlikeholdsoppgaver

24.1 Mangfold av oppgaver

En av de største utfordringene med drift og vedlikehold er mangfoldet av oppgaver og tilhørende utstyr som skal følges opp og vedlikeholdes slik at det fungerer etter sin hensikt og i forventet levetid.

Dette skal gjøres på et vidstrakt vegnett 24 timer i døgnet, 365 dager i året. Vegnettet har varierende standard og alder, og samme type objekt kan ha helt forskjellig utforming og materialsammensetning avhengig av type, leverandør og årgang. Dette gjør at de som har ansvaret for det daglige vedlikeholdet må ha tilgang til mange typer utstyr og reservedeler for å kunne gjennomføre reparasjoner raskt. I tillegg behøves bred kompetanse og erfaring.

Trafikken på vegnettet varierer både i omfang og i type trafikanter. Fotgjengere og syklistar har andre behov enn motorsykler og biler, og det må spesielt tas hensyn til kravene til universell utforming. Lokale forhold knyttet til vær, veg, trafikforhold, naboer og omgivelser gjør også at oppgaver og valg av metoder og utstyr vil kunne variere innenfor korte avstander.

24.2 Oppgaver og vegutstyr som ikke er beskrevet i egne kapitler

Drift og vedlikehold er et så bredt og omfattende fagområde at det her ikke er mulig å gå i dybden på alle oppgaver. De største og viktigste oppgavene er detaljert beskrevet i egne kapitler. I dette kapitlet er de mest vanlige av “øvrige oppgaver” kort beskrevet for å gi en totaloversikt over bredden og omfanget.

24.2.1 Renhold

Renhold av vegbane og vegområde er nødvendig både av hensyn til trafikksikkerhet, miljø og estetikk. Vegbanen spyles eller koster normalt hver vår for å fjerne rester av strøsand, piggdekkslitasje og andre fremmedlegemer. Dette er viktig både for å forbedre friksjonen og for å unngå oppvirling av støv. Løse partikler i svinger er ekstra farlig for motorsykler og andre to-hjulinger. På gang- og sykkelveger utgjør i tillegg glasskår, løvfall og annet avfall en ekstra fare for syklistar. Til renhold brukes kjøretøy med spyleutstyr, feiekoster og utstyr for oppsug. I gater med stor trafikk gjennomføres renhold flere ganger i løpet av sommeren. I byer med problemer med luftforurensning må renhold også gjennomføres i tørre og kalde perioder om vinteren for å begrense støvproblemene.



Figur 24.1 Feiebil og traktor som brukes i bygater og tettsteder (Foto: Øystein Larsen)

Fjerning av søppel i vegkanter og skråninger er en typisk våraktivitet som gjennomføres når snøen er forsvunnet. Søppel langs vegen kommer både fra nærliggende områder, fra ubetenksomme trafikanter og fra last som faller av kjøretøy i fart. I tettbygd strøk med mye trafikk og omgivelser som genererer avfall er det behov for fjerning av søppel flere ganger i året.

Tagging er et utbredt problem enkelte steder, og fjerning av skjemmende graffiti er en arbeidskrevende og kostbar oppgave som også er en utfordring for arbeidsmiljøet fordi løsemidler ofte må brukes.

24.2.2 Rasteplasser og toaletter

På riks- og fylkesveger er det etablert rasteplasser med jevne mellomrom for å gi trafikantene en mulighet til korte stopp. Enkelte rasteplasser er kun åpne om sommeren av kostnadsmessige årsaker. Noen av rasteplassene er lagt til utsiktsplasser hvor turister også får en estetisk opplevelse når de stopper. Dette forutsetter at rasteplassene er godt vedlikeholdt.

I perioder med stor trafikk må rasteplassene kontrolleres daglig og toaletter vaskes og ettersees flere ganger pr dag. Typiske driftsoppgaver er vask og renhold, skifting av lypærer, etterfylling av toalettpapir og tørkepapir, tømning av søppeldunker, klipping av gras, pleie av planter og busker og fjerning av søppel. Rasteplasser er dessverre utsatt for røff behandling og hærverk så det er ofte behov for reparasjoner og utskifting av skadede deler i tillegg til de mer naturlige vedlikeholdsoppgavene som maling og beising av bygninger, benker og lekeapparat. Lekeapparater må ha jevnlig tilsyn og tilfredsstillende alle sikkerhetskrav.

De mest populære rasteplassene er også populære overnattingssteder for bobiler og campingvognturister, til tross for skilt om campingforbud. Det settes ikke inn store ressurser på håndheving av dette forbudet så lenge det er nok plass til alle som ønsker å stoppe.



Figur 24.2 Rasteplassene er også populære som overnattingsplass (Foto: Øystein Larsen)

24.2.3 Leskur

Leskur på busslommer er et godt tiltak i dårlig vær. Det finnes ulike varianter av leskur, fra solide betongkonstruksjoner til smekre glass/stål-konstruksjoner. Leskur av glass og lettere materialer er ofte utsatt for hærverk som knusing og tagging.

Vanlige drift og vedlikeholdsoppgaver er snørydding, strøing, renhold og reparasjoner.

Leskur krever ekstra oppmerksomhet om vinteren i forbindelse med snørydding. Dette er både tidkrevende og kostbart, men viktig for at skurene skal fungere som planlagt. En del leskur har reklamefinansiert vedlikehold, dvs. at et firma har ansvaret for å vedlikeholde leskuret finansiert av inntekter fra reklame.



*Figur 24.3 Leskur med reklame. Til høyre leskur med forsømt snørydding.
(Foto: Øystein Larsen)*

24.2.4 Rekkverk

Rekkverk skal forhindre skadeomfang ved utforkjøring samt skille møtende trafikk eller ulike typer av trafikanter. Rekkverk skal bare settes opp dersom det er farligere å kjøre utfor vegen enn å kjøre inn i rekkverket. Alternativ til rekkverk bør vurderes, for eksempel å fjerne eller flytte faremomenter eller flate ut skråninger. I tillegg brukes rekkverk for å sikre myke trafikanter mot påkjørsler der gs-veger ligger tett inntil bilveger.

De senere årene er det satt opp mye midtrekkverk for å hindre møteulykker. Denne løsningen forutsetter tilstrekkelig bredde på begge sider slik at det er mulig å passere kjøretøy som har fått ufrivillig stopp. Dette er et svært effektivt 0-visjonstiltak som reduserer faren for alvorlige ulykker, men det skaper samtidig en del utfordringer for gjennomføring av enkelte drift og vedlikeholdstiltak. Dette gjelder bl.a. for vinterdriften når det dannes fokkskavler og problemer med avrenning og smeltevann og ved asfaltering og annet vedlikehold med brede og saktegående utstyr.

Ståltrekkverk er mest vanlig, men betongrekkverk og betonglameller finnes også. På steder som er utsatt for snøfokk og i en del midtrabatter brukes wire-rekkverk. Wire-rekkverk krever større utbøyningsrom enn de andre rekkverkstypene. Rekkverk står vanligvis på ytterkant av høye vegfyllinger, og det er viktig at rekkverksstolpene har tilstrekkelig innspenning både for å motstå påkjørsler og for å unngå at stolpene etter en tid siger utover.

Skader ved påkjørsler skjer forholdsvis ofte og krever rask sikring og reparasjon. For øvrig er de viktigste årsakene til vedlikehold at rekkverkstolpene siger utover eller at rekkverket blir for lavt pga. at vegkanten må rettes opp eller asfalteres. Rekkverk som er utbøyd mer enn 10 cm eller er mer enn 10 cm lavere enn opprinnelig høyde skal rettes opp.



Figur24.4 Rekkverk mellom kjøreveg og gang- og sykkelveg. Til høyre utbøyd rekkverk med skader på stolper. (Foto: Øystein Larsen)

24.2.5 Støyskjermer

Støyskjermer skal redusere støyen fra vegtrafikken til omgivelsene gjennom å absorbere eller reflektere luftbåren støy. Støyskjermer skal være tette for å unngå at lyd slipper gjennom. Det finnes mange typer støyskjermer av ulike materialer. Der hvor det er tilstrekkelig plass kan støyvoller være et godt alternativ.

Støyskjermer må rettes opp ved setninger og skjevheter og treskjermer må beises/males ved jevne mellomrom. Justerbart innfesting til fundamentet gjør det lettere å rette opp skjevheter uten å demontere skjermene, se figuren under til høyre. Skjermene må holdes rene både av estetiske årsaker og for å unngå forringelse. Tagging og knusing av glassruter er et problem enkelte plasser.



Figur 24.5 Støyskjermer utsatt for tagging. Til høyre justerbart feste til fundament. (Foto: Øystein Larsen)

24.2.6 Fartsdempere

Fartsdempere skal bidra til å redusere farten på kjøretøy og brukes mye i områder med blanding av biltrafikk og myke trafikanter. Mest vanlige tiltak er innsnevring av bredde, retningsendringer og fartshumper. Fartshumper brukes ofte i forbindelse med gangfelt for å redusere farten og fremheve gangfeltet. Det er viktig å sørge for at vannet har nødvendig avrenning til sluk eller vegskråning ved fartshumpene.

For å redusere ulempene for busser brukes fartspuiter som er smalere enn hjulene på brede kjøretøy. Det er viktig at putene markeres god før vinteren for å unngå påkjørsler ved brøyting og høvling, og området på siden av putene må holdes åpent slik at vann mest mulig kan passere fritt forbi.



Figur 24.6 Opphøyd gangfelt med feilplassert sluk. Til høyre fartspute. (Foto: Øystein Larsen)

I miljøgater brukes ofte brostein for å markere fartshumper og opphøyde gangfelt. Dette gir en god markering, men kan være en utfordring ved reasfaltering og snøridding. Ved setninger og asfaltslitasje vil brostein kunne komme ut av posisjon og føre til ekstra påkjenninger på kjøretøy og vedlikeholdsutstyr. Brostein som stikker opp over asfalten kan skape farlige situasjoner og gi skader på utstyret hvis brøyteskjæret hekter seg fast under passering. Det er derfor ekstra viktig å sjekke slike forhold før vinteren.



Figur 24.7 Opphøyd gangfelt med brosteinmarkering. Til høyre brostein farlig for brøyte- skjær (Foto: Øystein Larsen)

24.2.7 Ferister

Ferister skal hindre at dyr på beite beveger seg ut av beiteområdet sitt ved å gå langs vegen. Feristene må inspiseres jevnlig for å sjekke tilstand og behov for renhold slik at det ikke oppstår fare for dyr og trafikanter. Gropa under feristen må tømmes for grus og sand og eventuelle andre fremmedlegemer slik at det ikke er mulig for dyr å passere. Feristene må sikres før vinteren for å unngå skader i forbindelse med brøyting.



Figur 24.8 Ferist (Foto: Øystein Larsen)

24.2.8 Trafikksignalanlegg og andre overvåkings- og styringssystemer

Trafikksignalanlegg og annet elektronisk utstyr er ikke detaljert beskrevet i denne versjonen av læreboka. Dette er utstyr som krever spesiell teknisk kompetanse. Det er imidlertid viktig at de som er ansvarlig for drift og vedlikehold kjenner til denne typen utstyr for å unngå å skade utstyret ved drift- og vedlikeholdsarbeid og for å kunne oppdage og varsle de ansvarlige om feil og mangler.

Alle signalanlegg skal være godt synlig for trafikantene og krever derfor jevnlig tilsyn og renhold. Vegetasjon og snø foran signalanlegg må fjernes slik at de er godt synlige for trafikantene på god avstand. Adkomst til utendørs koplingskap og kontrollrom må sikres også om vinteren.

Eksempel på andre anlegg for overvåking og styring som også må følges opp:

- Fjernstyrte vegbommer og lyssignal
- Tavler for informasjon om rutetider/bussavganger
- Utstyr for trafikkteiling og måling av hastighet og vekt
- ATK (automatisk trafikkontroll)
- Værstasjoner og videokamera
- Miljøstasjoner for overvåking av luftkvalitet
- Varmekabler

24.2.9 Annet vegutstyr

Det finnes mye annet utstyr på og langs vegen som trenger tilsyn og vedlikehold. Her er noen eksempler på annet utstyr og vegobjekter som ikke er spesielt beskrevet andre steder i læreboka. Under hvert objekt er de vanligste behovene for oppfølging og vedlikehold stikkordsmessig beskrevet. Listen er ikke komplett men gir en grov oversikt over noen av de viktigste oppgavene.

- *Murer*
Kontroll av stabilitet, sprekker, setninger. Rensk av drenering, oppretting ved behov.
- *Rister* (for å hindre fremmedlegemer å komme inn i og tette rør) Rensk før og etter flom.
- *Gjerder* (viltgjerder, sikringsgjerder og gjerder for å regulere og separere trafikk) Renhold, oppretting og reparasjon ved skader.
- *Trapper*
Renhold og reparasjon, måking og strøing om vinteren.
- *Kantstein*
Utskifting av skadet kantstein. Festing av løs stein. Justering av høyde etter asfaltering.
- *Trafikkøyer*
Renhold, eventuelt klipping og reparasjon av overflate, belegninger o.l.
- *Snøskjermer*
Oppretting, reparasjon og maling/beising.
- *Strøsandkasser*
Oppfylling og supplering av sand om vinteren. Vedlikehold av kasser.
- *Avfallsbeholdere*
Jevnlig tømning og reparasjon av beholdere.
- *Trafikkspeil*
Renhold, oppretting og reparasjon.
- *Stativ for sykkelparkering*
Renhold, oppretting og reparasjon.
- *Lekeapparater*
Jevnlig tilsyn og kontroll, renhold og reparasjon.

Nærmere informasjon om disse objektene finnes i Statens vegvesens håndbøker N100 Veg- og gateutforming, N200 Vegbygging, R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger og Statens vegvesens rapport 2337 Temaheftet til Håndbok 111.

Referanser

- Statens vegvesen intern rapport nr. 2337 ”Temahefte til Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold”, november 2003



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen