



# Varige veger

Sluttrapport

**STATENS VEGVESENS RAPPORTER**

**Nr. 598**



**Tittel**

Varige veger

**Undertittel**

Sluttrapport

**Forfatter**

Leif Jørgen Bakløkk

**Avdeling**

Vegavdelingen

**Seksjon**

Drift, vedlikehold og vegteknologi

**Prosjektnummer**

603102

**Rapportnummer**

Nr. 598

**Prosjektleder**

Leif Jørgen Bakløkk

**Godkjent av**

Joralf Aurstad

**Emneord**

Vegbygging, asfaltdekker, dimensjonering av overbygninger, kompetanse, kvalitet, kontroll

**Sammendrag**

Vegdekke og vegfundament er hovedelementer som utgjør en stor del av kostnadene ved bygging og vedlikehold av veier. Det er et stort behov for utvikling og faglig oppdatering innenfor dette området og behovet for forbedringer og besparelser er stort. Denne rapporten beskriver FoU-programmet Varige veier (2011-2015), hvor det er satt i verk tiltak og forbedringer for alle deler av dekkekonstruksjonen. Det er iverksatt flere tiltak for bedre utførelse og kontroll av asfaltdekker, og Varige veier har bidratt til innføringen av mer robuste vegbyggingsmaterialer og forbedret frostsikring. For å styrke kompetansen innen vegteknologi er det utarbeidet en lærebok og et grunnleggende kurs i vegteknologifaget. Mange av resultatene fra Varige veier er allerede implementert i normaler, veiledninger og kontraktmaler, og prosessen med implementering vil fortsette videre fremover.

**Title**

Durable Roads

**Subtitle**

Summary report

**Author**

Leif Jørgen Bakløkk

**Department**

Roads Department

**Section**

Operation, Maintenance and Road Technology

**Project number**

603102

**Report number**

No. 598

**Project manager**

Leif Jørgen Bakløkk

**Approved by**

Joralf Aurstad

**Key words**

Road building, asphalt pavements, structural design, expertise, quality, control

**Summary**

Road pavements account for a major part of the cost of road building and maintenance, and there is a great need for technical development and development of expertise in pavement technology. The need for improvements and cost saving is strong. This report describes the R&D program Durable Roads (2011 – 2015), under which a number of measures and improvements for all parts of the road structure are initiated. Several measures are taken to improve workmanship and quality control of asphalt paving and the Durable Roads program has contributed to the introduction of more robust road building materials and improved frost protection. To strengthen the expertise within the area of pavement engineering a textbook and a basic course in pavement engineering are developed. Most of the results from the Durable Roads program are already implemented in standards, guidelines and contract templates and the process of implementation will continue to go forward.

## Forord

Vegdekke og vegfundament er hovedelementer i all vegbygging og tilstanden har stor betydning for trafikantene. Kostnadmessig utgjør dekkekonstruksjonen 10 – 30 % av investeringskostnadene for ny veg og 25 – 30 % av drift/vedlikeholdsbudsjettet. Det er et stort behov for utvikling og faglig oppdatering innenfor dette området og potensialet til forbedringer og besparelser er stort.

Statens vegvesen har gjennomført FoU-programmet «Varige veger» der det er satt i verk tiltak og forbedringer for alle deler av dekkekonstruksjonen. Målsettingen har vært å bidra til kompetanseheving både hos Statens vegvesen og andre byggherrer, entreprenører og konsulenter samt undervisnings- og forskningsinstitusjoner.

Denne rapporten gir en samlet oversikt over hva som er utført og de viktigste resultatene fra Varige veger.

Rapporten er skrevet av Leif Jørgen Bakløkk med hjelp fra delprosjektlederne Nils Uthus, Jostein Aksnes, Joralf Aurstad og andre prosjektdeltakere.

En oversikt over alle rapportene fra Varige veger er gitt i vedlegg. Denne rapportoversikten er også benyttet som referanseliste.

Alle rapportene og mer informasjon om FoU-programmet finnes på nettsiden til [Varige veger](#) (Varige veger / Statens vegvesen).

FoU-programmet «Varige veger» er gjennomført i perioden 2011 – 2015 med oppfølging og implementering i 2016 – 2017. Programmet er nå avsluttet, men arbeidet med implementering videreføres gjennom blant annet kurs/konferanser, fagnettverk og oppdatering av vegnormaler og veiledninger.

Prosjektlederen ønsker å rette en stor takk til alle som har deltatt i planlegging og gjennomføring av Varige veger, og til de som bidrar til implementering og prosessen videre.

Trondheim november 2017.

Leif Jørgen Bakløkk  
Prosjektleder

# Sammendrag

## Bakgrunn

I Nasjonal transportplan er vedlikeholdsetterslepet for vegfundament og vegdekke kostnadsberegnet til 7,3 mrd. kr for riksveger og 20,9 mrd. kr for fylkesveger. utfordringene med forsterkning og oppgradering av eksisterende vegnett er store, og det legges opp til betydelig økt satsing på investering/nybygging i årene fremover. Dette står i sterk kontrast til den store mangelen vi i dag har på godt kvalifisert personell innenfor vegteknologi og behovet for å styrke kompetansen innenfor dette området.

Flere eksempler på feil og skader på nybygde veger tilsier at potensialet til forbedringer og sparte kostnader er stort. Endringer i trafikkbelastning, klima og nye materialer samt utstyr/utførelse har også gjort det nødvendig å oppdatere normaler og veiledninger. Behovet for faglig utvikling og kompetanseheving var derfor stort når det i 2010 ble vedtatt å gjennomføre FoU-programmet Varige veger.

## Målsettinger

FoU-programmet er gjennomført i perioden 2011 – 2015 og effektmålet til Varige veger er: **Økt dekkelevetid og reduserte årskostnader for hele vegkonstruksjonen på det norske vegnettet.**

FoU-programmet ble inndelt i følgende tre hovedtema/arbeidspakker:

1. **Vegdekker**
2. **Dimensjonering og forsterkning**
3. **Kunnskapsformidling og implementering**

Varige veger har hatt som mål å heve kompetansen både hos Statens vegvesen, andre byggherrer, entreprenører og konsulenter samt hos undervisnings- og forskningsinstitusjoner. Tidlig i prosessen ble det erkjent at det innenfor dette området var minst like viktig å ta i bruk kjent kunnskap, som å drive forskning og utvikling. Derfor ble kunnskapsformidling og implementering prioritert som en egen arbeidspakke.

NTNU har vært en viktig samarbeidspartner i Varige veger og det er utført sju masteroppgaver og tre ph.d.-studium innenfor sentrale tema i etatsprogrammet. Studentoppgavene har gitt svært verdifulle bidrag og er en god form for kompetansebygging. Ph.d. og postdoktor-studiene gir i tillegg bedre grunnlag for forskning og undervisning samt å løfte status og interesse for fagfeltet.

Arbeidet i Varige veger er koordinert med andre forskningsprosjekter og aktuelle oppgaver innenfor fagområdet. Etter mange år med milde vintre kom det to påfølgende svært kalde vintre ved oppstarten av FoU-programmet. Det ble da registrert betydelig telehiv på flere nye vegstrekninger, og det medførte stort fokus på vegteknologi som fag og til at oppgavene i Varige veger ble vinklet mer mot frostsikring og å forhindre tilsvarende problemer fremover. I startfasen var det også stort fokus på utslipp fra asfaltproduksjon, og dette medførte at asfaltbransjen gjennomførte sitt LTA-prosjekt (Lavtemperaturasfalt). Her har Varige veger fulgt opp med registrering av utvikling i dekketilstand og bindemiddelegenskaper over tid.

## Vegdekker

En viktig del av arbeidet i Varige vegger har gått på å bedre utførelse og kontroll av asfaltdekker. Det er foretatt en kartlegging av hvilke faktorer som påvirker kvaliteten og hva som bør gjøres for å øke levetiden. Følgende områder er pekt ut som de viktigste å ha fokus på:

- Homogenitet
- Komprimering
- Skjøter
- Klebing til underlaget

Det er laget en veiledning «*Riktig utførelse av asfaltdekker*» som vil være til hjelp ved planlegging og utførelse både for byggherre og utførende entreprenør.

Bitumenemulsjon for klebing av asfaltdekker er sårbar både for lagring, utførelse og værforhold. Kontroller viste at påført mengde klebeemulsjon ofte var betydelig mindre enn kravet. Dette er nå innskjerpet, og det er innført nytt krav til restbindemiddel som er lettere å kontrollere. Undersøkelsene av bindestyrke viser at mengden emulsjon bør tilpasses underlaget og heften mellom asfaltlagene er svært påvirket av betingelsene ved utførelsen, for eksempel skittent underlag og regnvær.

Det er innført krav til hulrom i asfaltskjøter (maksimalt to prosent høyere hulrom enn dekket for øvrig), som vi mener vil bidra til å redusere skadene på grunn av dårlige skjøter.

En betydelig del av asfalten som legges, transporteres med båt (ca. 21 % for SVV og totalt ca. 30 % i 2014) og det er da vanskelig å holde homogen temperatur og oppnå tilfredsstillende kvalitet. I samarbeid med entreprenørene er det derfor laget en veileder for båttransport som gir informasjon om hva det er viktig å gjøre for å sikre best mulig homogenitet og kvalitet. Bruk av formater eller Shuttle buggy for å utjevne temperaturen er svært aktuelt for slike prosjekter.

IR-skanning er benyttet til å dokumentere temperatur ved utlegging av asfaltdekker og som grunnlag for bonus/trekk for homogenitet. Vi ser at denne metoden er nyttig for entreprenørene til styring av utlegging og komprimering. Målingen gjøres samtidig med utlegging og korrigerende tiltak kan raskt iverksettes.

Det er utviklet en homogenitetsmodul knyttet til ViaPPS-laserskanneren som vi håper kan benyttes til kartlegging av kvaliteten på utførelsen av asfaltdekker. Det må imidlertid jobbes videre med utvikling av dette systemet før det kan tas i bruk ved etterkontroll av ferdig utlagt dekke.

Erfaring viser at kontroll er av stor betydning for å sikre at levert kvalitet er i henhold til spesifikasjoner og krav i kontraktene. Det er en målsetting å få en mer ensartet og målrettet asfaltkontroll og det er laget en veileder «*Kontroll av asfaltarbeider*» som viser hva det er viktig å ha fokus på.

Evalueringsarbeidet viser at det er behov for en helhetlig revisjon av kravspesifikasjonene og konkurransegrunnlaget for å sette klare krav som kan kontrolleres objektivt og med tilhørende sanksjonsmuligheter. Dette er et viktig arbeid som bør prioriteres ved videre arbeid etter Varige vegger.

Som grunnlag for utvikling av funksjonskrav er det gjort undersøkelser av bindemidler og av deformasjon- og slitastmotstand samt heft til underliggende lag for asfaltdekker.

### **Dimensjonering og forsterkning**

Hovedårsaken til problemene med telehiv på nybygde veger var bruk av usortert sprengt-stein i overbygningen. Ved moderne anleggsdrift med grov fjellsprenning og store maskiner er det stor risiko for at sprengt-stein som vegbyggingsmateriale blir inhomogent med både for stor stein og for mye finstoff. Det er derfor innført krav om at alle steinmaterialer for bruk i overbygningen skal være knust i en kontrollert produksjon, og det er innført nye korngraderingskrav for å sikre homogenitet og frostmotstand.

Kravene til frostsikring i håndbok N200 er revidert og tydeliggjort slik at det nå er mindre sjanse for å gjøre feil i dimensjoneringen. Det er blant annet utarbeidet nye figurer for beregning av frostdybde som tar hensyn til ulike materials frosttekniske egenskaper. Frostmengdetabeller for hver kommune i hele landet er oppdatert og det er lagt inn nye kolonner som viser hvordan frostmengdene varierer innen en og samme kommune.

Det norske vegnettet har store mangler når det gjelder bredde på kjørefelt og skulder. På mer enn 3500 km av riks- og fylkesvegnettet er det behov for mer enn 1 m breddeutvidelse. Gjennom en kost/nytte-analyse av den samfunnsmessige effekten av breddeutvidelse av smale veger, slik at de tilfredsstillende vegnormalstandarder, er det beregnet at breddeutvidelse er lønnsomt. Dette gjelder med unntak av veger med  $\text{ÅDT} \leq 500$  og i bratt terreng.

Forsterkning og utbedring av veger byr ofte både på tekniske og økonomiske utfordringer med begrensede ressurser. Riktige valg i planlegging og dimensjonering av disse prosjektene har stor betydning for fremtidige vedlikeholdskostnader. Det er utarbeidet en rapport «*Forsterkning av veger*» som vil være til hjelp ved utførelse av utbedringsarbeider. Rapporten er inndelt i tre hoveddeler:

- A. Planlegging og prosjektering
- B. Forsterkningstiltak
- C. Forsterkningseksempler

For å sikre at overbygningen har riktig stivhet og tåler trafikkbelastningen uten skadelige deformasjoner, er det helt avgjørende at alle lag er godt komprimert. Det er derfor innført krav om bruk av GNSS (Global Navigation Satellite System) ved komprimering. Dette er til stor hjelp for valseføreren for å holde oversikt over antall overfarer på hele arealet og det gir en enklere og kvalitetsmessig bedre dokumentasjon på utført arbeid.

### **Kunnskapsformidling og implementering**

Manglende kunnskap og kompetanse er en viktig faktor som hindrer at vi oppnår god kvalitet og varige vegdekker. Dette viser seg blant annet gjennom at eksisterende kunnskap ikke utnyttes ved valg av tekniske løsninger og i praktisk utførelse samt ved manglende oppfølging av gjeldende krav.

Det er stort behov for å styrke kompetansen innen vegteknologi, både i og utenfor Statens vegvesen. Kurs og undervisning må forbedres og status til vegteknologifaget må økes for å sikre tilfredsstillende rekruttering. Mangelen på godt undervisningsstoff innenfor disse emnene har medført at Varige veger har utarbeidet en lærebok i vegteknologi. I tillegg er det utarbeidet et todagers kurs i grunnleggende vegteknologi som har vakt svært stor interesse

både internt og eksternt. Undervisnings- og presentasjonsmaterieell har også blitt oppgradert på grunnlag av arbeidet i Varige veger.

Implementering av kjent kunnskap har vært en viktig del av Varige veger og mye innsats er lagt ned på oppdatering av vegvesenets styrende dokumenter og veiledninger.

Kompetansebygging, informasjon og kunnskapsformidling har også vært en viktig del av dette implementeringsarbeidet.

Implementering av FoU innebærer endringer både på individnivå og organisatorisk nivå og er i mange tilfeller en mye større utfordring enn forsknings-/utviklingsfasen. Utviklingsfasen utgjør bare en liten del av prosessen frem til at produktet/metoden er fullt implementert. Arbeidet med å ta i bruk resultatene fra Varige veger må derfor følges opp i flere år videre fremover.

### **Nytten av Varige veger**

ViaNova har utført en nytteberegning av resultatene fra Varige veger som viser en besparelse over 20 år på 8.950 – 17.750 mill. kr som i gjennomsnitt tilsvarer 450 – 900 mill. kr pr. år. Det forutsettes da at alle resultatene fra Varige veger implementeres fullt ut.

I tillegg kommer nytte for undervisning og kompetanseoppbygging gjennom undervisningsmaterieell og annet (styringsdokumenter, veiledere mm) som vil bedre kvaliteten på undervisningen og redusere ressursforbruket. Forlenget levetid på overbygning og vegdekker gir positive miljøeffekter gjennom redusert ressursbruk, utslipp og mindre problemer med trafikkavvikling ved vegarbeid.

Effekten av Varige veger er langsiktig og det er først etter 10 – 15 år at en får de store gevinstene av dette arbeidet. Maksimal årlig nytte (besparelse) ligger i området 700 – 1.400 mill. kr pr. år etter 15 – 20 år. Tilsvarende vil en ofte heller ikke se utslagene av dårlig kvalitet eller for enkle og billige løsninger før etter lang tid, ofte 10 – 20 år. Dette er en stor utfordring når stramme budsjetter og ønske om rask fremdrift kommer i konflikt med de teknisk beste og på lang sikt rimeligste løsningene.

# 1. INNHOLD

1.	Innhold .....	8
2.	Innledning .....	9
2.1	Bakgrunn .....	9
2.2	Mål og effekter .....	9
2.3	Fokusområder og aktiviteter .....	11
3.	Organisering og samarbeidspartnere .....	13
3.1	Prosjektorganisasjon .....	13
3.2	Samarbeidspartnere .....	14
3.3	Tilknyttede prosjekter .....	15
4.	Vegdekker .....	19
4.1	Utførelse og kontroll av asfaltdekker .....	19
4.2	Funksjonsegenskaper .....	29
4.3	Spesialbindemidler og tilsetninger .....	36
5.	Dimensjonering og forsterkning .....	39
5.1	Dimensjonering av overbygninger .....	39
5.2	Forsterkning og utbedring av veger .....	40
5.3	Frost og tele .....	42
5.4	Komprimering av granulære lag .....	43
5.5	Tilstandsutviklingsmodeller .....	44
6.	Kompetanse og opplæring .....	47
6.1	Kompetanse innen vegteknologi .....	47
6.2	Kurs og lærestoff .....	49
7.	Implementering .....	51
7.1	Forhold som påvirker implementering .....	51
7.2	Informasjon fra Varige veger .....	54
7.3	Gjennomførte implementeringstiltak .....	55
7.4	Anbefaling/plan for videre implementering .....	57
8.	Nytten av Varige veger .....	60
8.1	Generelt .....	60
8.2	Pris-satt nytte .....	61
8.3	Ikke pris-satt nytte .....	66
8.4	Sammenstilling av nytteeffekter .....	67
9.	Konklusjoner .....	70

Vedlegg: Rapportoversikt – Varige veger



## 2. INNLEDNING

### 2.1 BAKGRUNN

Utfordringene innenfor vegteknologiområdet i Norge er mange, og det har over lang tid bygd seg opp et stort behov for faglig utvikling og kompetanseheving. I Nasjonal transportplan 2018 – 2027 er vedlikeholdsetterslepet for vegfundament og vegdekke kostnadsberegnet til 7,3 mrd. kr for riksveger og 20,9 mrd. kr for fylkesveger. Behovet for forsterkning og oppgradering av eksisterende vegnett er formidabelt, og i tillegg legges det opp til stor satsing på investering/nybygging i årene fremover. Det er derfor svært viktig at fagmiljøene både på byggherresiden og hos de utførende er godt rustet til å gjennomføre dette på best mulig måte.

Det finnes dessverre også flere eksempler på feil og skader på nye veger. Telesaken som kom opp etter de kalde vintrene i 2010 og 2011 er ett slikt eksempel. Her ligger det et stort potensial til forbedringer og sparte kostnader og ressurser.

Økt fokus på kontrakt og jus har medført at konfliktnivået har blitt høyere de siste årene. Dette stiller større krav til faglig forståelse og nøyaktige beskrivelser og kontrakter. God faglig kompetanse er nødvendig for å oppveie sterkt fokus på økonomi og fremdrift. Endringer i trafikkbelastning, klima og nye materialer samt utstyr/utførelse har også gjort det nødvendig å oppdatere normaler og veiledninger.

Over mange år har vi i Norge hatt en uheldig utvikling, med stort sprik mellom antall fagfolk som pensjoneres og de få unge som tar utdanning og i dag velger å jobbe innenfor dette fagområdet. Et faglig «løft» med spennende utviklingsoppgaver og styrking av undervisningen i vegteknologi er derfor svært viktig.

Vegteknologi er et av kjerneområdene der det forventes at Statens vegvesen tar ansvar, og der svært få andre bidrar til forskning og kunnskapsoppbygging. Det er derfor viktig at Statens vegvesen selv har god kompetanse på dette fagfeltet, og gjennomføring av FoU-program er et viktig bidrag til dette. Det forrige større forskningsprogrammet innenfor fagområdet var BUAB (Bedre Utnyttelse Av vegens Bæreevne) som ble avsluttet i 1995. Ved starten av Varige veger hadde det derfor bygd seg opp et stort behov for utvikling og kompetanseheving innenfor dette fagområdet.

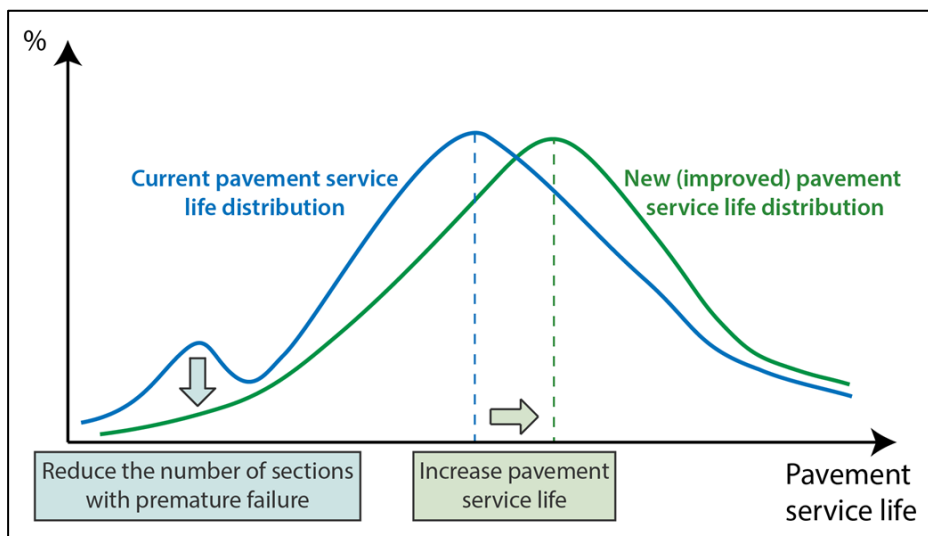
I 2010 gjennomførte Vegdirektoratet et forprosjekt med arbeidstittelen *Varige vegdekker*. Her fikk vi innspill fra mange i det norske fagmiljøet/bransjen på prioritering av fokusområder i FoU-programmet. Som en del av dette forprosjektet ble det også utført en analyse av utviklingsbehovet innenfor fagfeltet. Denne analysen ble utført av ViaNova As og la et godt grunnlag for utvelgelse og prioritering av tema for FoU-programmet, se rapport nr. 26.

Etatsprogrammet ble vedtatt i desember 2010, og ELM (Etatsledermøtet i Statens vegvesen) presiserte at arbeidet måtte omhandle hele overbygningen. Etatsprogrammet fikk da navnet Varige veger.

### 2.2 MÅL OG EFFEKTER

Effekt målet til Varige veger er:

**Økt dekkelevetid og reduserte årskostnader for hele vegkonstruksjonen på det norske vegnettet.**



Figur 1 Færre tidligskader og økt levetid er målsettingen i Varige veger

Gode vegdekker og bra fremkommelighet er svært viktig for trafikantene og bidrar også til at tids-, ulykkes- og kjøretøykostnadene reduseres. Lengre dekkelevetider og bedre kvalitet på dekkearbeidene fører også til mindre trafikkforstyrrelser og reduserte kostnader til oppfølging.

Ved å sette fokus på faglig viktige spørsmål og involvering av nøkkelpersoner i hele bransjen, stimulerer forskningsaktivitetene også til en generell positiv utvikling og bedre holdninger. Mange studenter har deltatt i viktige deloppgaver, som vi mener har bidratt til generelt økt status og interesse for fagområdet hos nyutdannede og bedre grunnlag for rekruttering.

De konkrete resultatmålene i varige veger har vært:

1. Utvikle bedre metoder for tilstandskartlegging og kvalitetssikring av vegdekker og overbygninger.
2. Dokumentere deformasjonsegenskapene til norske asfaltdekker (inkludert effekten av bruk av PMB) og ut fra dette utarbeide nye krav til deformasjonsmotstand.
3. Utvikle kunnskapen om klimabestandighet (aldring, forvitring, vannfølsomhet/vedheft) for norske asfaltdekker.
4. Opprette database for materialegenskaper for norske asfaltdekker og overbygningsmaterialer. Dette blant annet for å gjøre oss bedre i stand til å utnytte nye beregningsverktøy for tilstandsutvikling og dimensjonering av veier.
5. Utvikle det norske systemet for dimensjonering av overbygninger slik at det på en bedre måte tar hensyn til grunnforhold, behov for frostsikring, reelle trafikkbelastninger, endrede klimabelastninger og nye materialer.
6. Vurdere kost/nytte av å bygge sterkere og mer robust, herunder lengre dimensjoneringsperiode og økt veg-/skulderbredde.

7. Tilpasse verktøy for beregning av tilstandsutvikling til norske forhold.
8. Innarbeide kjent kunnskap og «best practice» i normaler, veiledninger og kontraktsmaler.
9. Utarbeide nye veiledninger, blant annet om forsterkning av veger.
10. Utvikle kursmateriell for opplæring i faget vegteknologi.

Prosjektplanen for Varige veger er gitt i rapport nr. 27.

## **2.3 FOKUSOMRÅDER OG AKTIVITETER**

For prioritering av innhold og tema, ble det i forprosjektet og starten av etatsprogrammet gjennomført en omfattende prosess med involvering/innspill fra fagpersoner og ledere i Statens vegvesen og bransjen forøvrig. Gjennom denne prosessen ble det også skapt mange forventninger til etatsprogrammet og det ga inspirasjon til alle involverte. I tillegg ble programmet godt kjent i fagmiljøet, og denne prosessen la også grunnlaget for videre samarbeid og implementering.

Etatsprogrammet er delt inn i følgende tre hovedtema som også har utgjort hver sin arbeidspakke:

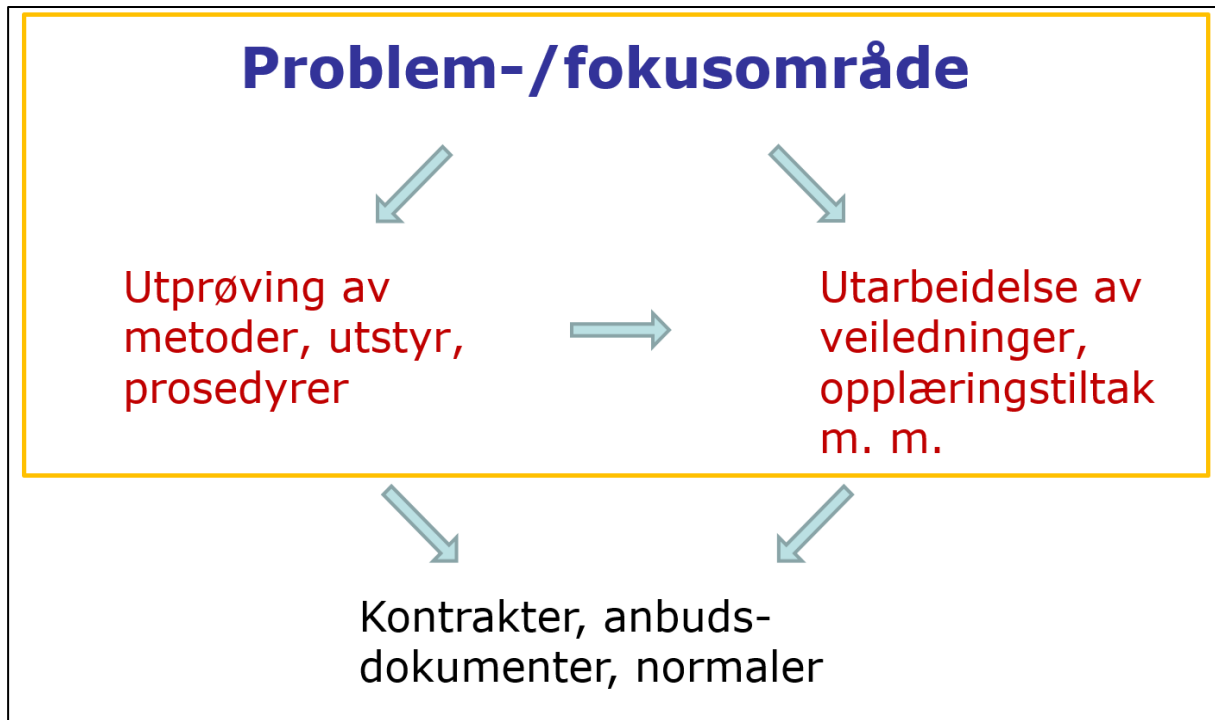
- 1. Vegdekker**
- 2. Dimensjonering og forsterkning**
- 3. Kunnskapsformidling og implementering**

I Varige veger har det vært viktig å bidra til å heve kompetansen både hos Statens vegvesen og andre byggherrer, entreprenører og konsulenter samt hos undervisnings- og forskningsinstitusjoner. Tidlig i prosessen ble det erkjent at det innenfor dette området var minst like viktig å ta i bruk kjent kunnskap, som å drive forskning og utvikling. Derfor ble kunnskapsformidling og implementering prioritert som et hovedtema og en egen arbeidspakke.

Aktivitetene/tiltakene for å nå målene har hovedsakelig vært konsentrert om:

- Sikre god håndverksmessig kvalitet (spesielt asfaltdekker)
- Forbedre materialbruk og metoder
- Innføre bedre kontrollmetoder for tilstandsregistrering og kontroll
- Forbedre dimensjonering og beskyttelse mot frost/teleskader
- Utvikle systemet og metodene for forsterkning av veger
- Innføre bedre krav og spesifikasjoner i kontrakter
- Utarbeide nye veiledninger og retningslinjer
- Kunnskapsutvikling gjennom studentoppgaver og støtte til ph.d.-studium
- Bedre kunnskapen om vegbygging gjennom:
  - Forbedret lærestoff og kursmateriell
  - Forbedret lærestoff/kursmateriell
  - Kurs i vegteknologi (egne og bidrag til andre sine kurs)
  - Lærebok i Vegteknologi

I figur 2 er det vist en illustrasjon av arbeidsmetoder og avgrensningene det er jobbet etter. Varige veger har i utgangspunktet bare hatt ansvaret for det som ligger innenfor den øverste firkanten i figuren, med utvikling av metoder og utstyr samt å lage veiledninger osv. I tillegg har vi forsøkt å legge til rette for at nye ting som er tatt fram, lett skal kunne tas inn i normaler og kontraktdokumenter.

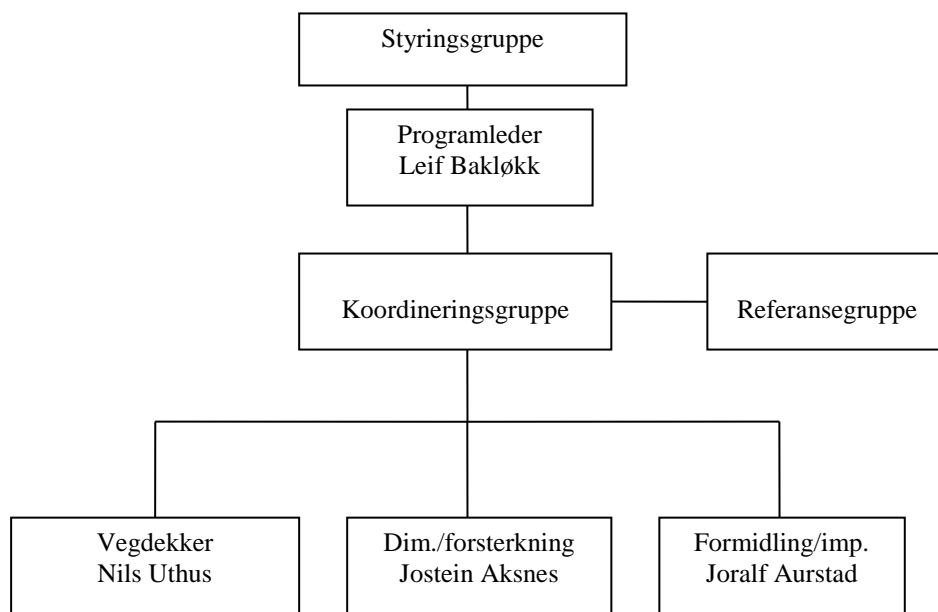


Figur 2 Arbeidsmetoder og avgrensning av Varige veger

### 3. ORGANISERING OG SAMARBEIDSPARTNERE

#### 3.1 PROSJEKTORGANISASJON

Etatsprogrammet Varige veger (2011 – 2015) er utført av TMT, Vegteknologiseksjonen. Programleder har vært Leif Bakløkk og lederne av de tre arbeidspakkene har vært Jostein Aksnes, Joralf Aurstad og Nils Uthus. Organiseringen av Varige veger er vist i figur 3.



Figur 3 Organisasjonsplan for Varige veger

Styringsgruppen for Varige veger har bestått av følgende personer:

- Kjell Inge Davik                      Regionvegsjef, Region sør (leder)
- Marit Brandtsegg                      Direktør, TMT
- Morten Rannem/Randi Harnes       Seksjonsleder Vegforvaltning og utvikling, VT
- Leif Jenssen                              Seksjonsleder Geo og lab, Region nord

I tillegg har Svein Ryan (seksjonsleder Vegteknologiseksjonen) vært fast sekretær og deltatt på alle styringsgruppemøtene.

Referansegruppen har fungert som bindeledd mellom etatsprogrammet og aktuelle fagmiljø som har interesse av resultatene og aktivitetene i etatsprogrammet. Det er viktig med faglige innspill og korrektiv på de aktivitetene som igangsettes samt spre informasjon om arbeidet og resultatene fra programmet. Referansegruppen i Varige veger har hatt følgende sammensetning:

- Jens K. Lofthaug                      Region sør, Dekkeseksjonen
- Arne Meland                              Region øst, Veg og gateplanlegging
- Geir Berntsen                            Region øst, Byggherre
- Ivar Hol                                    Region midt, Veg og transportavdelingen
- Ove Frøylog                                Region vest, Vegavdeling Rogaland

- Rolf Johansen                      Vegdirektoratet, VT Byggherre
- Tomas Winnerholt                Trafikverket Vägteknik
- Inge Hoff                            NTNU Bygg, anlegg og transport
- Børge Wigum                        Norsk Bergindustri
- Tor Erik Saltnes                    RIF
- Fred Arild Gyldenås               MEF
- Thomas Norland                    EBA Kompetanseavdelingen
- Arne Aakre                          EBA Vei og jernbane
- Niklaus Haugrønning              NLF

Koordineringsgruppen har hatt en viktig rolle i den operative gjennomføringen av etatsprogrammet. Her har følgende personer deltatt (alle fra Vegteknologiseksjonen):

- Leif Bakløkk                        Programleder
- Nils Uthus                            Leder for arbeidspakke 1
- Jostein Aksnes                      Leder for arbeidspakke 2
- Joralf Aurstad                       Leder for arbeidspakke 3
- Marit Fladvad
- Bjørn Hoven
- Terje Lindland
- Svein Ryan
- Rabbira Garba Saba
- Brynhild Snilsberg

For å gi innspill og bidra på enkelte tema eller arbeidsoppgaver har følgende arbeidsgrupper blitt opprettet:

- Veiledning i forsterkning
- Utførelse av asfaltdekker
- Arbeidsgruppe «Frost og tele»
- Arbeidsgruppe «Bindemidler»
- «Metodegruppe» for krav i funksjonskontrakter
- Arbeidsgruppe for lærebok i vegteknologi

### **3.2 SAMARBEIDSPARTNERE**

Følgende konsulenter har vært engasjert til å utføre oppdrag på Varige veger:

- Konsulent Geir Refsdal
- NCC Roads AS
- Rambøll
- SINTEF Byggforsk
- Sivilingeniør Reitan AS
- Vectura Consulting AB/Sweco AS
- Veiteknisk Institutt
- ViaNova Plan og Trafikk AS
- ViaTech AS

De fleste oppdragene har blitt utført av ViaNova Plan og Trafikk AS og Veiteknisk Institutt.

NTNU har vært den klart største statlige samarbeidspartneren, og det er utført sju Master-oppgaver og tre ph.d.-studium innenfor sentrale tema i Varige veger. Oversikt over tema for de forskjellige oppgavene er gitt i vedlegg 1. En av disse ph.d.-studiene er finansiert i samarbeid med Avinor, der Vegdirektoratet og Avinor har betalt halvparten hver. Slike studentoppgaver er en god form for kompetanseoppbygging og har gitt svært verdifulle bidrag på sentrale tema.

Ephrem Tadesse ved Universitetet i Agder har deltatt med faglige innspill og bidrag til skrivingen av læreboka i Vegteknologi. I tillegg har vi hatt samarbeid med NGU (angående krav til steinmaterialer) og Meteorologisk institutt (oppdatering av klimadata). Det er også utført en Bachelor-oppgave ved Høgskolen i Sør-Trøndelag, med tema som direkte inngår i deloppgave på Varige veger.

Internt er det først og fremst ressursavdelingen i Region midt vi har samarbeidet med, men også noe med de andre regionene. Det er mest prøvetaking og laboratorie- og feltundersøkelser de har bistått med. Spesialtjenester av denne typen er helt avgjørende for å kunne gjennomføre gode undersøkelser for denne typen forskningsarbeid.

Internasjonalt samarbeid og kunnskapsinnhenting fra utlandet har vært viktig i Varige veger. Mest nytte har vi hatt av det nordiske samarbeidet, fordi dette er mest relevant for våre forhold med klima, byggemetoder osv. Her har vi hatt samarbeid på:

- NordFoU: Validation of Performance Models, rapport nr. 68.
- NordFoU: Development of the Prall-test method in a Nordic perspective, rapport nr. 67.
- Bestandighet av asfaltdekker.
- Kompetanseoppbygging på frost/tele.

Trafikverket i Sverige har vært den viktigste samarbeidspartneren internasjonalt, og vi har hatt årlige møter med erfaringsutveksling og diskusjon av felles utfordringer.

BCRRA-konferansen (Bearing Capacity of Roads Railroads and Airfields) i Trondheim i 2013 ble også brukt til kompetanseoppbygging innenfor relevante tema for Varige veger. Det ble arrangert en workshop på «*Pavement Design in Cold Regions*» som ble svært vellykket og ga nyttig informasjon med en «state-of-the-art» for dimensjonering av overbygning og beskyttelse mot frost/tele i Norden og Nord-amerika.

### **3.3 TILKNYTTETE PROSJEKTER**

#### **Telesaken**

Etter de to kalde vintrene i 2009/10 og 2010/11 ble det registrert betydelige frostskaider og telehiv på flere nye vegstrekninger. Vegdirektoratet satte da i gang et arbeid for å finne årsakene til problemene, og en ekspertgruppe ble nedsatt for å undersøke utvalgte vegstrekninger og foreslå forbedringstiltak. Rapport nr. 60 beskriver dette arbeidet.

Dette førte også til at oppgavene i Varige veger måtte vinkles mer mot problemstillingene og tiltakene som ble påpekt i denne undersøkelsen, og det ble spesielt fremhevet behovet for kompetanseoppbygging på frostsikring og lærebok i vegteknologi.

Problemene som ble avdekt etter disse skadene, synliggjorde hvor viktig det er å velge riktige materialer og løsninger ved bygging av overbygninger/dekkekonstruksjoner. Dette medførte et enda større fokus både på vegteknologi som fag og på FoU-programmet Varige vegger.



Figur 4 Skader på nybygde vegger medførte stort fokus på tele i starten av Varige vegger

### **LavTemperaturAsfalt 2011**

Arbeidstilsynet satte i 2009 fokus på arbeidsrelaterte forhold som kan påvirke luftveissykdommer og KOLS. Dette førte til at sentrale aktører i asfaltbransjen i 2011 utførte et stort forsøksprosjekt med LavTemperaturAsfalt (LTA 2011). Ved produksjon av LTA reduseres produksjonstemperaturen med ca. 30 grader i forhold til ordinær produksjon. Målsettingen var å redusere arbeidernes eksponering for asfaltrøyk uten å øke den mekaniske belastningen eller forringe asfaltkvaliteten. Forsøkene ble fulgt opp med kartlegging av det kjemiske arbeidsmiljøet og mekanisk belastning på arbeiderne. Resultatene viste en reduksjon i asfaltrøyk på 58 – 67 % ved en gjennomsnittlig reduksjon i temperaturen på 29 °C og det ble ikke målt forskjell i hjertefrekvens eller mekanisk belastning ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt.

Kvalitetsoppfølgingen ved utlegging av asfaltdekkene viste at LTA-dekkene ikke skilte seg fra referansedekken med hensyn på hulrom, deformasjonsegenskaper og vedheft. Rapport 64, 65 og 66 er fra utleggingen av disse forsøkene.

Videre oppfølging av forsøkene med utvikling av dekketilstand og eventuelle ulikheter i bindemiddelegenskapene over tid har vært gjort i Varige vegger.



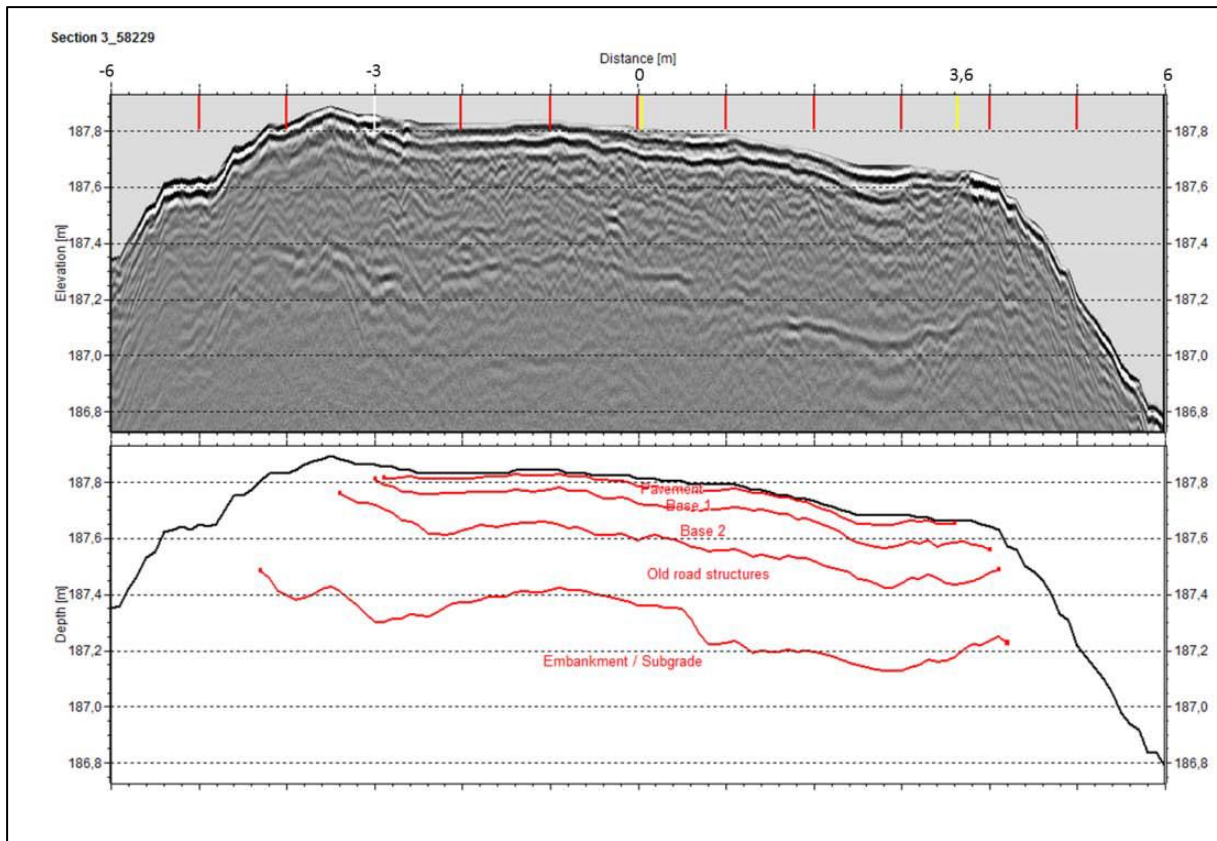


Figur 5 Utlekking av forsøksdekker med LTA i 2011 (foto Roar Telle)

### **Mara Nord**

Georadar har hittil vært lite benyttet til undersøkelser av veger og for kontroll/kvalitetssikring av vegbygging i Norge, men interessen er økende og det har skjedd en betydelig utvikling innenfor dette området de siste åra. Det har utviklet seg et sterkt fagmiljø på bruk av Georadar i Rovaniemi i Finland, med Roadscanners Oy og Universitetet i Rovaniemi som de fremste aktørene. Region nord og Vegdirektoratet har derfor deltatt i et nordisk Interreg-prosjekt, initiert av Universitetet i Rovaniemi, på bruk av Georadar innen vegbygging. Her ble det gjennomført en undersøkelse med sammenligning av hvor god ulike typer Georadar er til å bestemme lagtykkelse og materialer i veger. I tillegg ble det gjennomført opplæring/kurs på bruk av Georadar i Norge, Sverige og Finland. Et viktig produkt fra dette prosjektet er at det ble laget fem «Recommendations for guidelines» der det gis anbefalinger om hvordan Georadar skal brukes i ulike sammenhenger, for eksempel ved kvalitetskontroll og til forundersøkelser ved rehabilitering og forsterkning av veger.

For oppsummering av arbeidet i MaraNord-prosjektet ble det avholdt et sluttseminar i Trondheim med tittelen «Ground Penetrating Radar in Road Monitoring and Evaluation».



Figur 6 Ved å integrere resultater fra Georadar-undersøkelser med målinger av geometri/dekkeoverflate har man et godt verktøy for rehabilitering av veger (ref. Timo Saarenketo)

## 4. VEGDEKKER

### 4.1 UTFØRELSE OG KONTROLL AV ASFALTDEKKER

#### Betydning av riktig utførelse

Utførelsen har svært stor betydning for levetiden av asfaltdekkene. Med utførelse mener vi her transport, utlegging og komprimering av asfaltdekker. Moderne asfaltfabrikker produserer asfaltmasse med liten variasjon i sammensetningen. Kvalitetskontrollen viser at det er få prøver fra produksjonen som ligger utenfor kravene. Derimot er det betydelige variasjoner når asfalten er ferdig komprimert ute på veien.



*Figur 7 I moderne asfaltfabrikker er det normalt god kontroll på sammensetningen av asfaltmassen (foto Leif Bakløkk)*

Skader som skyldes feil/dårlig utførelse fører ofte til hull og lapping som også medfører redusert kjørekraft og ulemper for trafikantene. Det ligger derfor store samfunnsmessige besparelser i at asfaltdekker utføres på best mulig måte.

Problemet med utførelse varierer selvsagt mye, fra helt perfekte dekker uten noen defekter, til dekker der utførelsen er så dårlig at de umiddelbart må erstattes med nytt. Mange eksempler viser at utførelse er en vesentlig faktor både for dekker som får skader i garantiperioden på fem år og dekker som får skader etter garantiperiodens utløp.



*Figur 8 Dårlig planlegging og utførelse av asfaltdekker er den hyppigste årsaken til feil og mangler*

Gode asfaltdekker har levetid på 20 – 25 år når piggdekkslitasjen er liten og både materialvalg, utførelse og oppbyggingen av dekkekonstruksjonen er gjort riktig slik at det ikke oppstår uønskede deformasjoner. Studier viser imidlertid at den gjennomsnittlige levetiden for ulike dekker og trafikklasser i Region øst er bare 13,5 år. Dekkelevetider for ulike trafikklasser i Region øst er vist i tabell 1.

ÅDT	Dekkelevetid
0-1500	14
1500-3000	14
3000-5000	11
5000-100000	9
10000-20000	7
>20000	6

*Tabell 1 Gjennomsnittlige dekkelevetider for ulike trafikklasser i Region øst (studie ved HiO 2010)*

Denne forskjellen mellom potensiell og reell levetid kan skyldes mange forhold, men utførelsen har stor betydning for levetiden for asfaltdekkene og utgjør nok en betydelig del av dette.

På de høytrafikkerte vegene har vi tradisjonelt også hatt hyppig reasfaltering på grunn av piggdekkslitasje i Norge. Med overgang til piggfrie dekk og miljøpigg er dette problemet betydelig redusert og dekkelevetiden er derfor økende. Dette gjør at utførelsen får stadig større betydning. I tillegg medfører også økt bruk av PMB (Polymermodifiserte bindemidler) og høyverdige asfaltdekker med sterke steinmaterialer, at utførelsen blir viktigere.

I starten av Varige veger ble det foretatt en kartlegging av hvilke faktorer som påvirker kvaliteten/levetiden av asfaltdekker og hvilke forbedringer som bør gjøres for å øke levetiden.

Denne kartleggingen ble gjort gjennom samtaler med sentrale fagfolk i alle regioner i Statens vegvesen og hos entreprenørene. Det ble her gitt anbefalinger på en rekke tiltak som bør gjøres for å bedre kvaliteten av asfaltdekkene og følgende områder ble pekt ut som de viktigste å ha fokus på:

- Homogenitet
- Komprimering
- Skjøter
- Klebing til underlaget

I tillegg ble det påpekt at gode krav, kontrollmetoder og kontrakter er vesentlig for å oppnå godt resultat ved legging av asfaltdekker. Dette er beskrevet i rapport nr. 2 «Utførelsens betydning for asfaltdekkers levetid».

Fordi det kan være en utfordring å oppnå god utførelse av asfaltdekker og vi ofte ser skader eller mangler på grunn av dette, er det i Varige veger laget et forslag til veiledning «Riktig utførelse av asfaltdekker», rapport nr. 18. Denne veiledningen vil være til hjelp ved planlegging og utførelse av asfaltdekker, og det er gitt råd med bilder og illustrasjoner på både riktig og feil utførelse. Veiledningen er tenkt brukt ved opplæring for både byggherrer og utførende entreprenører.



*Figur 9 Eksempel på homogent og godt utført asfaltdekke (fot Jan Sundstrøm)*

### **Klebing**

God heft/klebing mellom asfaltlagene er viktig både for å unngå skader og for at dekket skal bli sterkt og ha god lastfordelende evne. Bitumenemulsjon som i dag brukes til klebing (liming) er sårbar for både lagring, utførelse og værforhold.

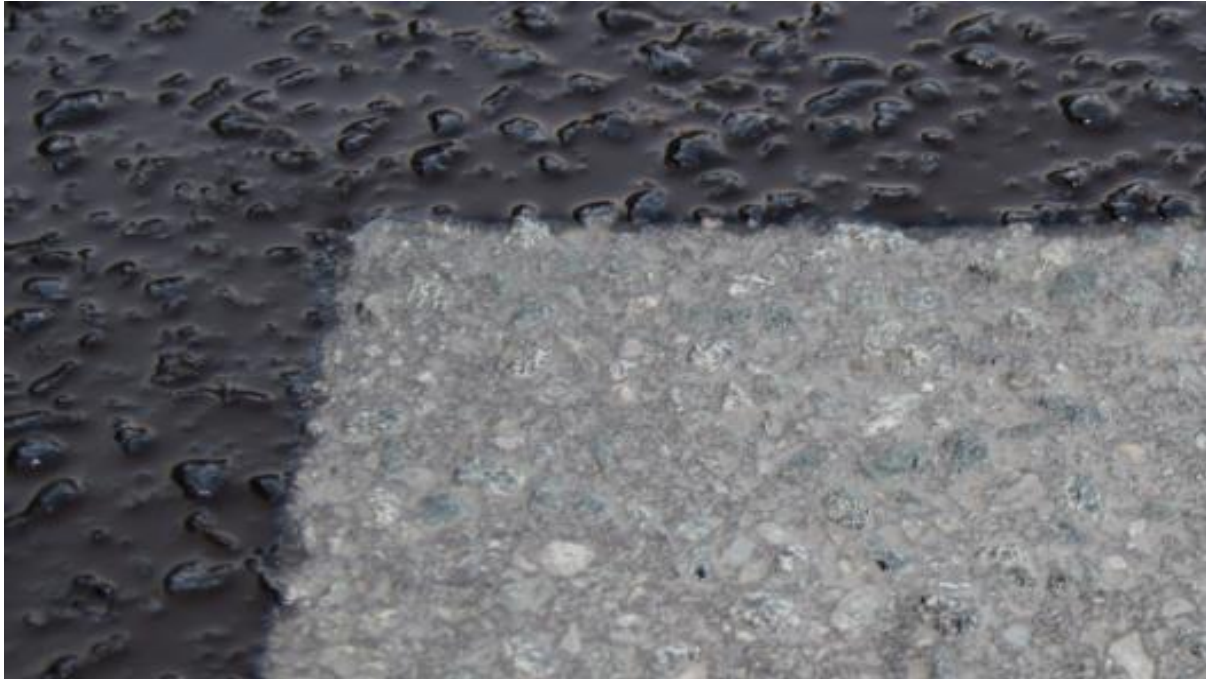


Figur 10 *Mangelfull klebing fører til en rekke skader på asfaltdekkene*

De største problemene/manglene knyttet til klebing har vært:

- Emulsjonen har delvis brutt i lagertanken slik at det som påføres vegen har lavere bitumeninnhold enn forutsatt
- Tetting av dyser medfører ujevn påføring av emulsjon
- Mangelfull rengjøring fører til at støv/finstoff binder opp bindemidlet og gjør at limingen ikke blir god nok
- Etterkontroll av påført mengde klebemiddel er i praksis umulig
- Statens vegvesen har hatt for lite fokus på klebing og i svært liten grad fulgt opp dette med kontroll under utførelse

Kravet var tidligere at det skulle påføres 0,3 kg bitumenemulsjon pr. kvadratmeter, men kontroller viste at påført mengde ofte var betydelig mindre. Dette har ført til at kravet i asfaltkontraktene er endret, slik at det nå skal være 0,15 kg/kvm påført mengde restbitumen. Dette er mer kontrollerbart og enklere å forholde seg til, enn det gamle kravet med mengde emulsjon.



*Figur 11 Riktig mengde klebemiddel er avgjørende for å få god heft mellom underliggende lag og det nye dekket*

### **Skjøter**

Skjøter er alltid et svakt punkt på asfaltdekkene, og dårlige skjøter oppleves som et betydelig problem på det norske vegnettet. Dårlige skjøter medfører at vann trenger ned mellom asfaltlagene og etter hvert vil skjøten rakne. Ofte vil høyt hulrom i dekket inn mot skjøten kombinert med dårlig klebing til dekket under medføre at skjøten går i oppløsning.



*Figur 12 Eksempel på dårlig utført midtskjøt i kombinasjon med dårlig klebing (foto Roar Telle)*

Skader i skjøter reduserer fremkommelighet/kjørekomfort og levetiden på dekket. Ofte velger man å reasfaltere tidligere enn hva tilstanden på resten av dekket skulle tilsi, fordi skjøtene er for dårlig. I noen tilfeller kan dårlige skjøter også være et sikkerhetsproblem.

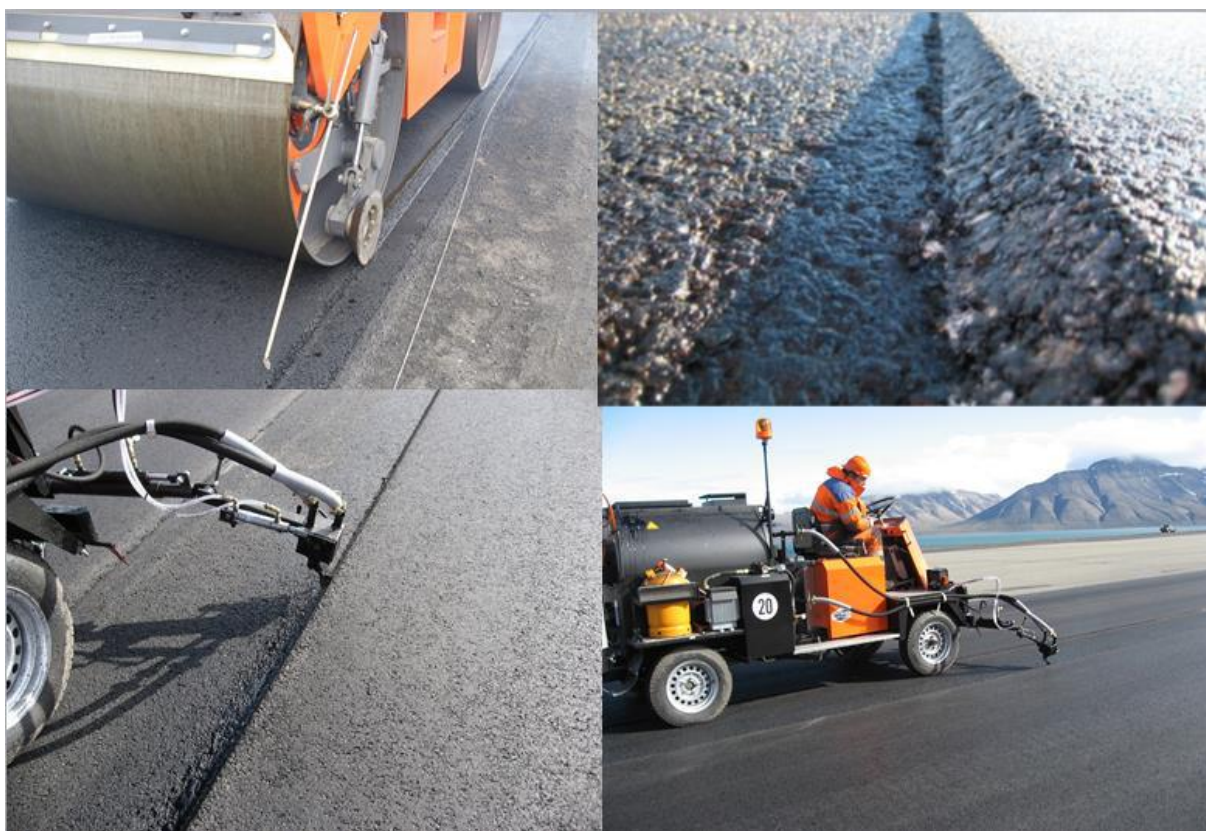
Bruk av forsterket vegoppmerking med fresing i asfaltdekket innebærer at skjøter blir ytterligere svekket og behovet for god og jevn kvalitet øker.

Statens vegvesen har tidligere ikke hatt krav til hulrom i skjøt (prøvetaking minimum 50 cm fra skjøten). I utlandet har en i flere land krav knyttet til utførelse eller hulrom i skjøt og en har sett at dette har ført til bedring av kvaliteten på skjøtene. Avinor har hatt utførelseskrav til skjøter og på flyplasser er det spesielt viktig med gode skjøter, der trafikkbelastningen er like stor på skjøtene som dekket for øvrig.

Krav til hulrom i skjøt, med maksimalt 2 prosent høyere hulrom enn for resten av dekket, er derfor innført i asfaltkontraktene.

Planleggingen av arbeidet er også veldig viktig. Antall skjøter bør reduseres så mye som mulig, og de skjøter en ikke kan unngå må legges på riktig sted der trafikken er minst. Legging av to eller flere felt samtidig (varmt i varmt) er den beste måten for å oppnå god kvalitet, men ut ifra trafikkavviklingen er dette ofte ikke gjennomførbart. Det krever også stor kapasitet på produksjon i asfaltfabrikk og mye utstyr for transport, legging og komprimering.

Å oppnå god komprimering av kanter uten innspenning/mothold er i praksis umulig. For å bedre komprimeringen langs kanten og samtidig få en tettere skjøt, kan det benyttes klemhjul på valsen. Dette er derfor tatt inn som krav i enkelte kontrakter. I tillegg kan det påføres bindemiddel for å oppnå ekstra sikkerhet for tett og god skjøt.



Figur 13 *Bruk av klemhjul på vals og sprøyting av skjøt med varmt bindemiddel (foto Eddie Engebretsen)*



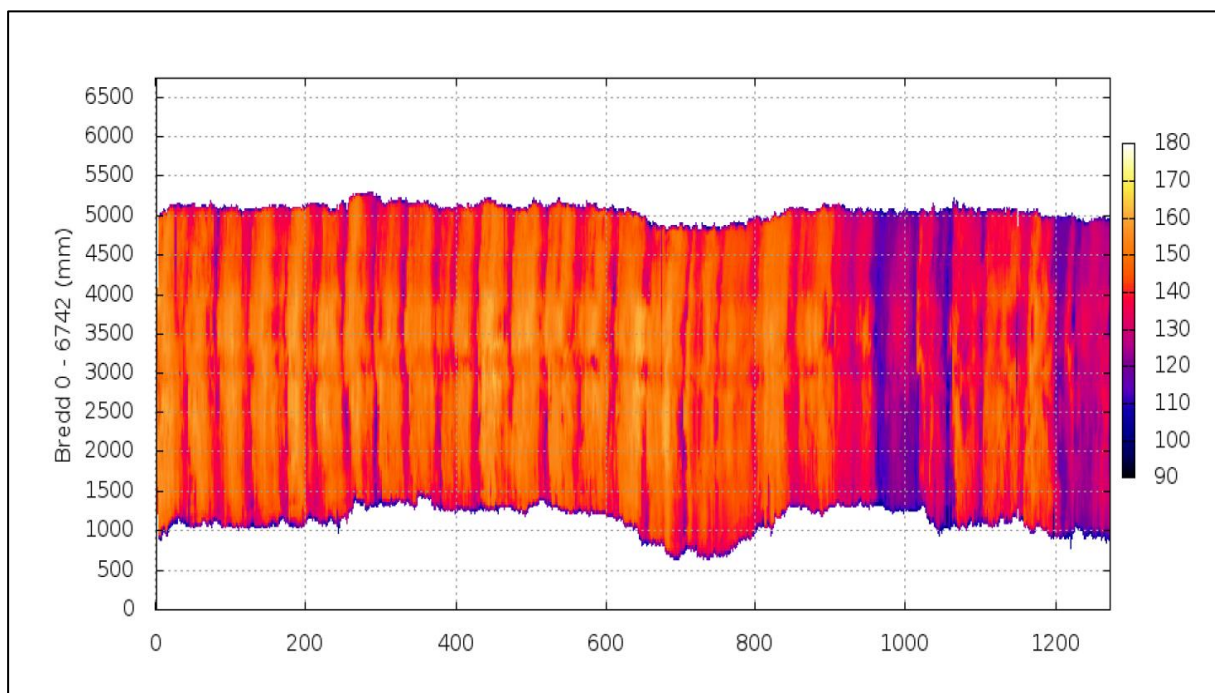
Tverrskjøter er også en kritisk arbeidsoperasjon som krever både god planlegging og håndverksmessig godt arbeid. Det oppstår lett ujevnheter eller inhomogeniteter dersom tverrskjøtene ikke utføres på en god måte.

### Båttransport

En betydelig del av asfaltdekkene som legges for Statens vegvesen transporteres med båt. I 2014 ble totalt 21 prosent av all asfalt som ble lagt på driftskontraktene fraktet med båt og i Region vest utgjorde denne andelen nesten halvparten. Båttransport innebærer omlasting og lang transporttid for asfaltmassen, noe som medfører økt risiko for nedkjøling/varmetap og separasjon.

Med dette som bakgrunn valgte en å se nærmere på noen utvalgte asfaltkontrakter med båttransport. Rapport nr. 4 «Båttransport av asfalt» oppsummerer erfaringene fra denne oppfølgingen. Her ble det klart dokumentert at det er vanskelig å opprettholde homogen temperatur og tilfredsstillende kvalitet ved utlegging av asfalt som er transportert med båt.

I figur 14 er det vist et diagram fra IR-skanning på en strekning som er lagt med båttransporterte asfaltmasser i 2013. Målingene viser at temperaturen varierte mye og at enkelte områder ble lagt med asfalt der temperaturen var mye lavere enn det den skal være for å oppnå tilstrekkelig komprimering.



Figur 14 Målt temperatur bak asfaltutleggeren ved legging av båttransporterte asfaltmasser

Oppfølgingen viste klart et stort behov for bedre opplæring og kvalitetssikring av denne prosessen, spesielt selve båttransporten og opplastingen fra båt til lastebil for transport til utlegging. I samarbeid med entreprenørene er det derfor laget en egen instruks om «Båttransport av asfalt», ref. rapport nr. 19.

Denne instruksjonen er også utgitt på engelsk, «Asphalt transport – by boat», rapport nr. 20.

Instruksen gir en kort innføring i hva som er viktig å gjøre for å sikre homogenitet og best mulig kvalitet ved båttransport.

### **Kontroll**

Som nevnt tidligere er det i dag vanligvis god styring og kontroll av produksjonen på asfaltfabrikkene som også har krav om kvalitetssystem (produksjonskontrollsystem) og skal være sertifisert av tredjepart. Det skal foreligge ytelseserklæring for alle delmaterialer (tilslag, sorteringer og bindemidler) og for alle asfaltresepter (massetyper) som produseres.

Derfor er det i Varige veger lagt mest fokus på utførelsen av asfaltdekkene, og erfaring viser at asfaltkontrollen er av stor betydning for å sikre at levert kvalitet er i henhold til spesifikasjoner og krav i kontraktene.

Det er viktig at kontrollen er forutsigbar og ensartet. Entreprenørene skal vite hva som kreves og hva de blir kontrollert på. Det må legges vekt på å følge opp de faktorene som har størst betydning for kvaliteten av asfaltdekkene når de er ferdig komprimert ute på veien.

Kontrollen har tradisjonelt vært rettet mot prøvetaking og etterkontroll av sammensetningen av asfaltmasse, hulrom etc. Dette ser vi nå mindre behov for, men det er stort behov for kontroll av utførelse og mer tilstedeværelse og oppfølging med kontrollører ute på veganlegget.



*Figur 15 Prøvetaking og etterkontroll av ferdig utlagt asfaltdekke*

Til støtte for kontrollører og byggeledere er det laget et forslag til veileder «Kontroll av asfaltarbeider», rapport nr. 21.

Denne veilederen omfatter kontroll av reseptbaserte kontrakter og viser hva det er viktig å ha fokus på ved denne kontrollen/oppfølgingen. Veilederen er introdusert gjennom de årlige hospiteringskursene for laboranter, kontrollører og byggeledere og målsettingen er å få en mer ensartet og målrettet asfaltkontroll.

Ragnhild Oksavik Lockertsen har gjennom sommerjobb hos Statens vegvesen og i sin bacheloroppgave ved høyskolen i Sør-Trøndelag også jobbet med dette. Tittelen på hennes oppgave er «Kvalitetskontroll av asfaltarbeid» (rapport nr. 59) og hun har sammenlignet stikkprøvekontrollen som gjennomføres av byggherre med konkurransedokumentet og andre styringsdokumenter entreprenørene skal forholde seg til. Konklusjonene fra dette arbeidet er:

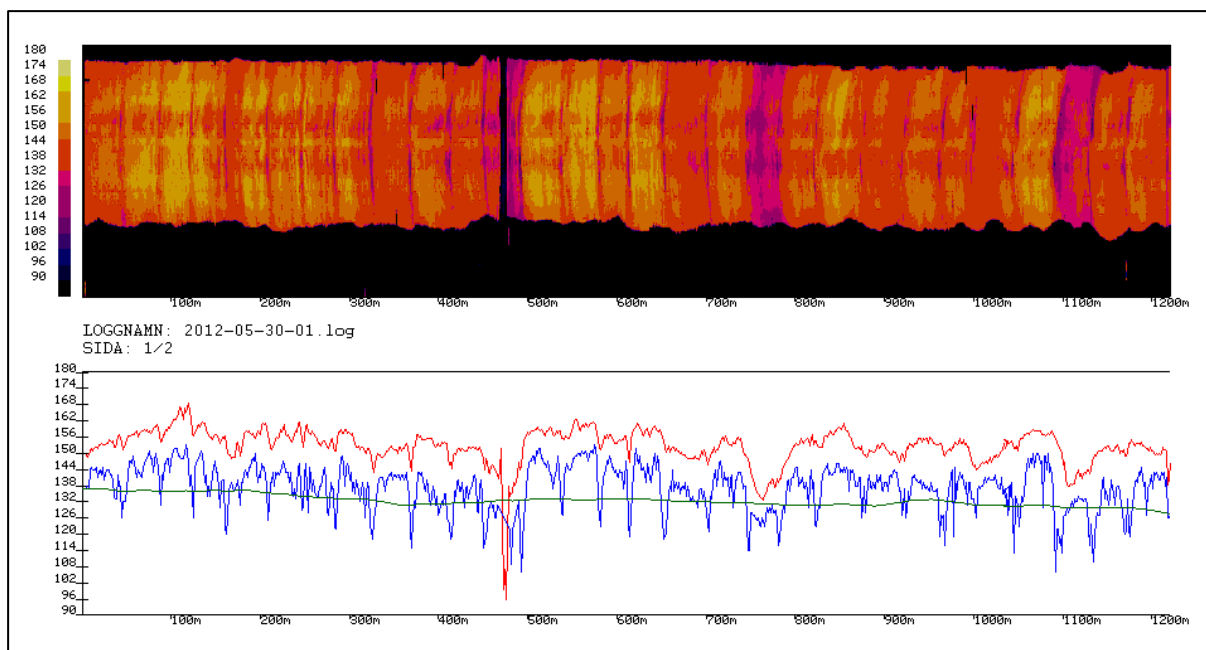
1. Stikkprøvekontrollen som utføres av Statens vegvesen er ikke så ensartet som ønsket.
2. Det stilles mange krav til entreprenørene angående utførelse av asfaltarbeid, men det finnes få sanksjonsmuligheter.
3. Det er mange anbefalinger knyttet til utførelse av asfaltarbeid, men disse er ikke kravsatt.

Hovedkonklusjonen er at det er behov for en helhetlig revisjon av kravspesifikasjonene, konkurransegrunnlaget og andre styringsdokumenter for å sette **klare krav** som kan kontrolleres objektivt og med tilhørende **sanksjonsmuligheter**.

Her ligger det derfor store utfordringer som det må arbeides videre med fremover.

### **IR-skanning**

Riktig og jevn temperatur er en forutsetning for å oppnå god komprimering og homogene asfaltdekker. IR-skanning av temperaturen på asfaltdekket rett bak screeden på utleggeren kan benyttes både til kontroll/dokumentasjon og styring/korrigerende av produksjonen. I Norge har teknikken blitt tatt i bruk i asfaltkontrakter, hvor temperaturvariasjon under utlegging danner grunnlag for trekk og bonus. Et eksempel på fremstilling av resultater fra IR-skanning er vist i figur 16.



Figur 16 Eksempel på temperaturprofil registrert med IR-skanning, risikoandel 3,17 % (Roar Telle 2012)

Siden teknikken allerede var tatt i bruk, har en i Varige veger bare hatt oppfølging av enkelte prosjekter for å bygge opp erfaring med metoden, rapport nr. 5, 35 og 36. I tillegg er metoden brukt for dokumentasjon av temperaturvariasjon ved båttransport.

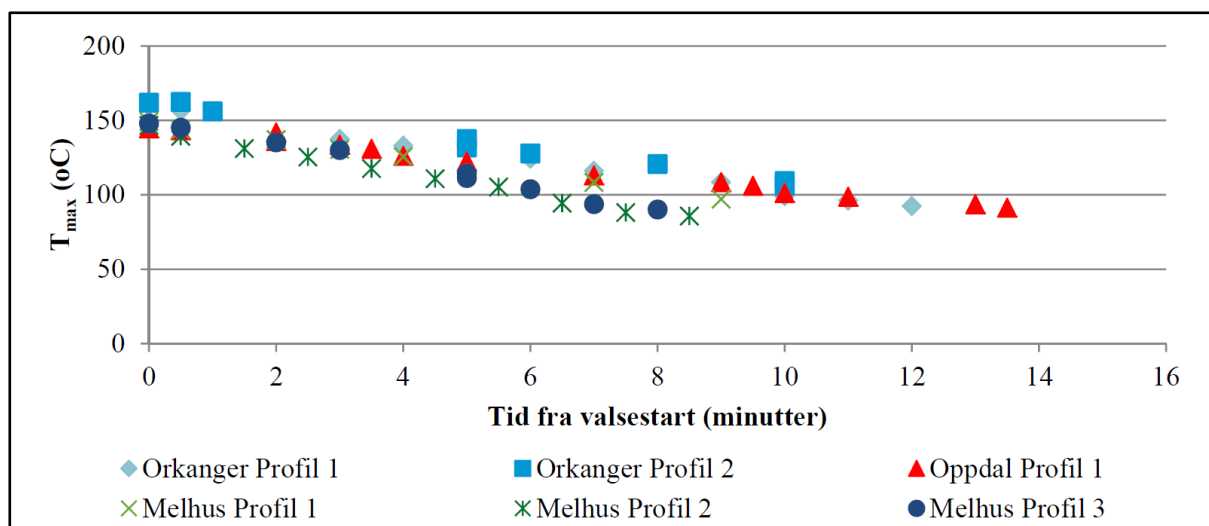
Erfaringene fra de asfaltkontraktene der IR-skanning er tatt i bruk viser at dette kvalitetsmessig gir en klar positiv effekt, og en får mye større fokus på å holde jevn temperatur. IR-skanning gir entreprenørene et godt redskap til å kontrollere og eventuelt korrigere produksjonen, og bør derfor benyttes mer som hjelpemiddel for å sikre kvaliteten.

God planlegging, logistikk og riktig arbeidsopplegg er viktig for å oppnå et godt resultat. Det anbefales at IR-skanning benyttes på «kritiske» prosjekter for eksempel ved båttransport.

### **Komprimering av asfaltdekke**

Mangelfull komprimering gir høyt hulrom og etter-komprimering (av trafikken) i hjulspor som medfører redusert levetid for asfaltdekket. Høyt hulrom gir også dårligere bestandighet og aldringsegenskaper for dekket. Hulrommet har ofte sammenheng med homogeniteten til dekket. Separasjon i asfaltmassen gir ujevnt hulrom og variasjon i temperatur gir ujevn komprimering og hulromvariasjoner som resultat.

Kapasiteten på valsingen vil ofte være begrensende på utleggingshastigheten og i mange tilfeller vil det være behov for to valser på ett utleggerlag. Ved asfaltering ved lave temperaturer er det spesielt viktig med stor kapasitet på komprimeringen da temperaturen reduseres veldig raskt. I Varige veger er det registrert hvor raskt temperaturen i overflaten av dekket reduseres etter utlegging ved normale temperaturer, se figur 17. Komprimering bør utføres når dekketemperaturen er mellom 140 og 100 °C for ordinær varmprodusert asfalt. Dette viser at tidsrommet en har til rådighet for komprimering er veldig kort.



Figur 17 Registrert temperaturutvikling i overflaten av nylagte asfaltdekker (rapport 5)

I veiledningen «Riktig utførelse av asfaltdekker» (rapport nr. 18) er det i vedlegg 2 vist et eksempel på hvordan behovet for valsekapasitet kan beregnes. Kapasiteten må alltid vurderes i forhold til utleggingshastighet og avkjøling av dekket slik at riktig komprimering oppnås.

## 4.2 FUNKSJONSEGENSKAPER

De tradisjonelle kontraktene med laveste pris som eneste tildelingskriterium krever god oppfølging og kontroll, og gir ingen incitament til entreprenørene om utvikling og å gjøre god innsats for å levere best mulig kvalitet. Målsettingen har derfor lenge vært å gå mer over til nye kontraktsformer der en i stedet kontrollerer funksjonelle egenskaper på ferdig utlagt dekke. Dette vil gi større ansvar og frihet til entreprenørene, og på sikt er målet bedre kvalitet, ressursutnyttelse og innovasjon.

Flere former for funksjonskontrakter basert på sporutvikling og jevnhet har vært prøvd, men disse har hittil ikke oppnådd særlig suksess på grunn av sen oppgjørsform og usikre kravspesifikasjoner (ofte diskusjon om spor skyldes svakhet i dekkfundamentet eller ikke).

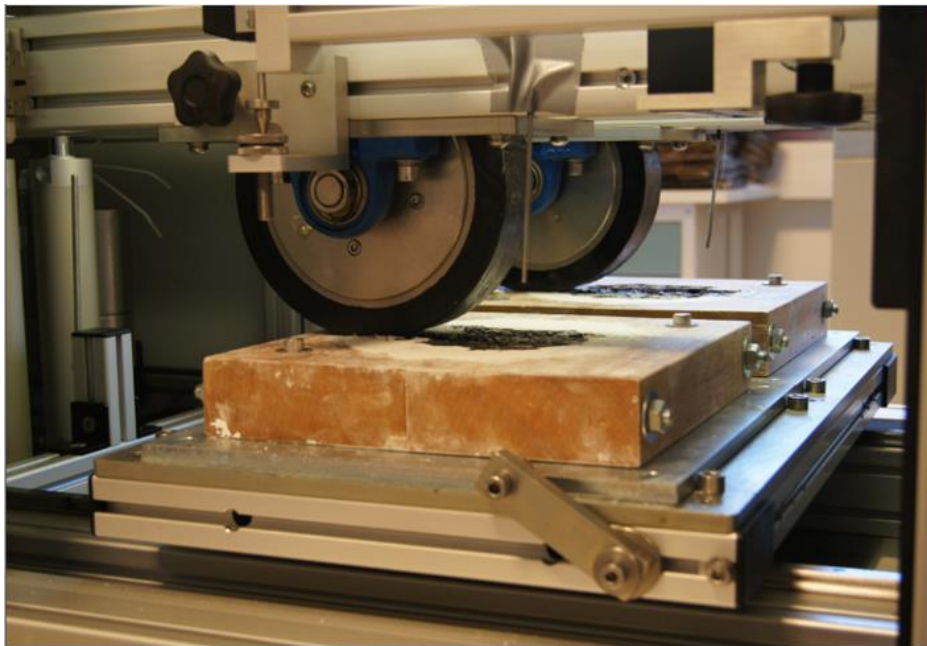
Etatsprogrammet Varige veier har derfor sett på de viktigste parameterne som har betydning for dekkelevetid og som kan benyttes som funksjonskrav, både krav til egenskaper for asfalten (materialkrav) og krav til utførelsen av dekket:

1. Egenskapskrav:
  - Deformasjonsmotstand
  - Slitasjeegenskaper
  - Bestandighet
2. Utførelseskrav:
  - Klebing/vedheft
  - Homogenitet

Ved å benytte egenskaps- og utførelseskrav vil en unngå diskusjoner om kvaliteten på dekkfundamentet og kontraktstypen kan benyttes på en mye større del av vegnettet. I tillegg vil en kunne gjøre ferdig oppgjøret mye raskere enn for sporutviklingskontrakter.

### Deformasjonsmotstand/ Wheel track

Med innføringen av krav og spesifikasjoner fra CEN, har Marshall-kravene til stabiliteten for asfaltdekker falt bort. Deformasjonsegenskaper i henhold til EN-standarden er nå knyttet til Wheel track-metoden som skal gi en realistisk simulering av trafikkbelastningene på veg. Testen utføres ved at et kompakt 5 cm bredt gummihjul ruller frem og tilbake over asfaltprøven og deformasjonsutviklingen registreres, se figur 18. Metoden er funksjonell og relevant for påkjenningen ute på vegen og egner seg godt til sammenligning og rangering av deformasjonsegenskapene til asfaltmasser.



Figur 18 Eksempel på utstyr for testing av deformasjonsegenskaper ved bruk av Wheel track

For å gi grunnlag/dokumentasjon for krav og oversikt over deformasjonsmotstanden for ulike dekker/materialer, er det i Varige veger gjennomført omfattende testing av norske asfalttyper med Wheel track. For dokumentasjon av repeter- og reproduserbarhet er det i tillegg utført ringanalyser for alle Wheel track-enhetene som pr. i dag finnes i Norge. Undersøkelsene er utført både på prøver laget i laboratoriet og prøver tatt fra ferdig utlagte asfaltdekker på veg.

Resultatene fra disse undersøkelsene er oppsummert i rapport nr. 37 «Vurdering av resultater fra testing med Wheel track og Prall». Kravene til deformasjonsmotstand er gitt i N200, se tabell 2 og er basert på tidligere undersøkelser og erfaring fra utlandet.

	ÅDT				
	≤ 1500	1501-3000	3001-5000	5001-10000	>10000
Maks. tillatt spordybde, % av prøvetykkelse		20	12	7	5

Tabell 2 Krav til deformasjonsmotstand bestemt med Wheel track i N200

Resultatene viser at kravene for de høyeste ÅDT-klassene er klart oppnåelige, men det må gjøres en god jobb ved proporsjoneringen for at kravene skal oppnås. Stivheten på bindemidlet har stor betydning for deformasjonsmotstanden og det vil normalt være

nødvendig å benytte PMB for å oppnå kravet for de mest høytrafikkerte dekkene med maks tillatt spordybde på 5 og 7 prosent.

Resultatene gir ikke grunnlag for å endre på de norske kravene til deformasjonsmotstand basert på Wheel track. Metoden kan anbefales til både kontroll og dokumentasjon i kontraktsammenheng, og kravene er allerede tatt i bruk i enkelte kontrakter.

### Slitasjemotstand / Prall-undersøkelse

Piggdekkslitasje er en av de viktigste nedbrytningsmekanismene i Norge, og har stor betydning for dekkelevetiden. I reseptbaserte kontrakter settes det krav til styrken på steinmaterialene (kulemølleverdien) for å kontrollere slitasjeegenskapene til asfaltdekkene. I tillegg har mengden steinmateriale og steinstørrelsen (massetypen) stor betydning for slitasjestyrken.

Tilsvarende som for deformasjonsmotstand har en i Varige veger jobbet med å ta i bruk og dokumentere funksjonsrelaterte krav for slitasjeegenskapene til asfaltdekker.

Det er også her valgt å følge EN standarden og benytte Prall som test-metode for slitasjemotstanden. Figur 19 viser en illustrasjon av Prall-slitasjetesten.



Figur 19 Prall-apparat for slitasjetesting av asfalt. Neders prøveklusser før og etter forsøk (foto Statens vegvesen)

Det har vist seg at det er ganske stor spredning mellom ulike Prall-utrustninger, og derfor er det de siste årene kjørt et NordFoU-prosjekt for å samkjøre Prall-utrustningene i Norden og forbedre metodens målenøyaktighet. Resultatene fra dette arbeidet er vist i rapport nr. 67 «Development of the Prall-test method in a Nordic perspective». Disse undersøkelsene har også dannet grunnlaget for revisjon av CEN-metoden NS-EN 12697-16 «Bituminøse masser - Prøvningsmetoder for varmblendet asfalt - Del 16: Piggdekkslitasje».

I Varige veger er det tatt ut prøver av ulike typer asfaltdekker fra alle fem regionene og testet med både Prall og Wheeltrack, ref. rapport 38 og 39. Resultatene fra denne undersøkelsen er sammenlignet med andre undersøkelser av slitasjeegenskaper for asfalt og vurdert opp mot kravene i håndbok N200. Dette er sammenfattet i rapport nr. 37 «Vurdering av resultater fra testing med Wheel Track og Prall» (Veiteknisk Institutt 2016).

Konklusjonene fra disse undersøkelsene er:

- Slitasjemotstanden målt med Prall påvirkes både av steinstyrken og andelen grovt steinmateriale. Metoden gir derfor mer informasjon om slitasjeegenskapene til et asfaltdekke enn ved bare å stille krav til styrken på steinmaterialet (Kulemølleverdien).
- Undersøkelsene viser at PMB bidrar til lavere slitasjeverdi målt med Prall, spesielt i kombinasjon med svake steinmaterialer.
- Gjeldende egenskapskrav til motstandsevne mot slitasje i N200 er ikke i samsvar med kategoriene angitt i produktstandardene i NS-EN 13108-serien. For kravstilling ved proporsjonering/typeprøving er dette problematisk, men for dokumentasjon av ferdig dekke står man friere i forhold til standarden.
- Undersøkelsene viser at slitasjemotstanden for prøver tatt ut fra felt er 30 – 40 % høyere enn laboratorietillagde prøver. Det bør gjennomføres mer testing av prøver fra felt fordelt over et bredt spekter av varianter.

### **Bestandighet**

Med bestandighet i denne sammenheng menes steinslipp og forvitring av dekket på grunn av klimapåvirkning fra vann, temperaturpåvirkninger (frysing og tining) og lys/luft (aldring som gir stivere og sprøere bindemiddel). Trafikkbelastningen bidrar indirekte til denne nedbrytningen med utrivning av steiner når dekket er svekket på grunn av klimapåvirkningen. Bestandigheten til asfaltdekker kommer til syne etter at dekket har ligget noen år, og har stor betydning for levetiden. Dette er godt illustrert i figur 20 som viser to asfaltdekker som i utgangspunktet skulle være like og som er lagt samtidig, men som har helt forskjellig tilstandsutvikling og levetid.





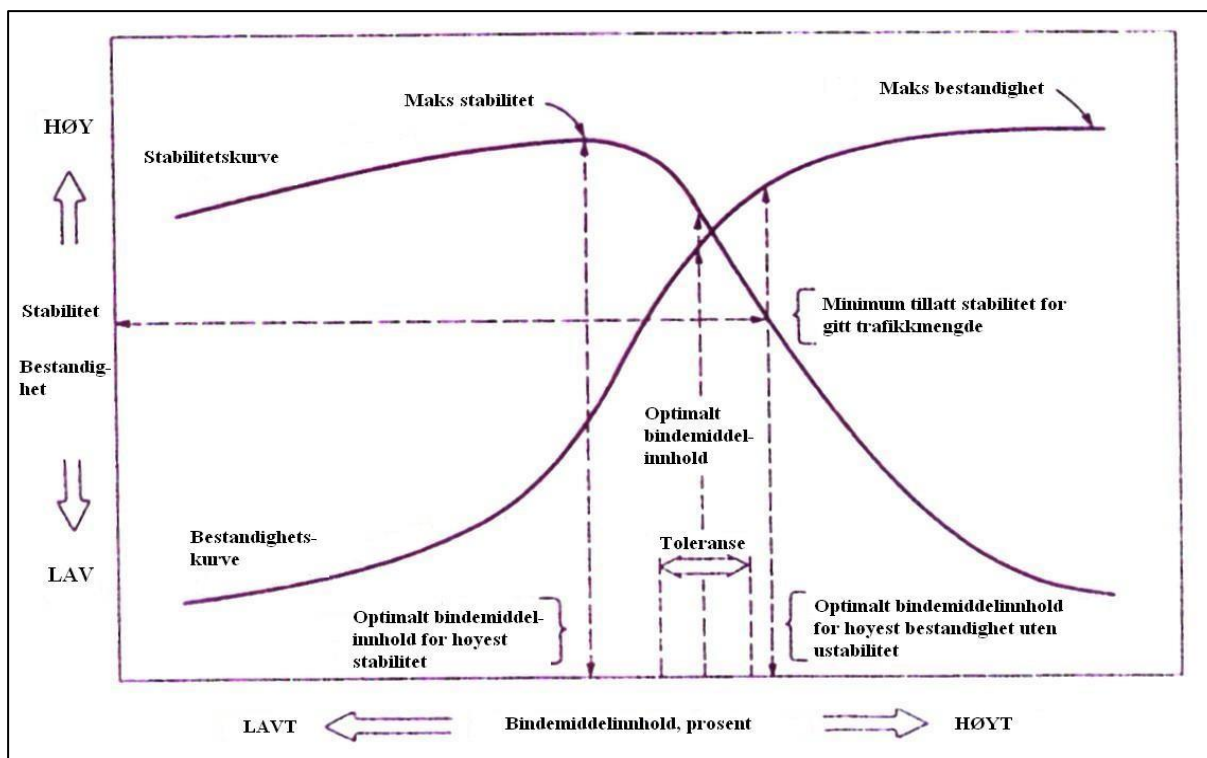
*Figur 20 Eksempel på asfaltdekker med god og dårlig bestandighet. Begge dekkene ble lagt samtidig. (Foto Rune Lien)*

Det er i mange tilfeller bare små endringer av sammensetningen av asfaltmassen som avgjør bestandigheten av dekket, og grunnleggende kunnskap om hvilke faktorer som påvirker dette er viktig. Varige veger har derfor initiert og støttet ph.d.-studiet til Sara Anastasio som har studert vedheftningsegenskaper for forskjellige steinmaterialer i asfalt (heft mellom bindemiddelet og steinmaterialet). Dette studiet har vært finansiert i samarbeid med AVINOR, og avhandlingen har tittelen «Evaluation of the effect of aggregate mineralogy on the durability of asphalt pavements», ref. rapport 48. Dette arbeidet har blant annet resultert i at det er gitt åpning for bruk av sement og hydratkalk som middel for forbedring av vedheft i asfaltkontrakter (tidligere var kun amin tillatt).

I tillegg har Pernille Sælen gjennom sin masteroppgave ved NTNU sett på glimmers betydning for vedheft og vannømfintlighet i asfalt, ref. rapport 51.

I Varige veger er det også startet et nordisk samarbeid med erfaringsutveksling om temaet bestandighet. Det langsiktige målet her har vært å utvikle en felles nordisk funksjonsrelatert testmetode for bestandighet. Temaet er imidlertid svært komplekst og det legges forskjellig betydning i begrepet bestandighet i de nordiske landene. På grunn av dette, samt begrenset kapasitet, har det innenfor tidsrammen til Varige veger ikke lyktes å enes om hvordan vi går videre med dette på nordisk basis.

Når en tar i bruk nye kontraktsformer er det imidlertid svært viktig å ha med krav til bestandighet. Dette for å unngå en sub-optimalisering med fokus bare på deformasjonsmotstand og slitasjeegenskaper. Det er lett å oppnå god deformasjonsmotstand ved å redusere bindemiddelinholdet, men dette går på bekostning av bestandigheten. Denne balanseringen av ulike egenskaper er illustrert i figur 21.



Figur 21 Illustrasjon av optimalisering/balansering av ulike egenskaper ved sammensetning av asfalt

For å ivareta bestandighetsegenskapene til asfaltdekker i funksjonskontrakter jobbes det derfor med å ta i bruk testmetoder som sikrer tilstrekkelig vedheft og vannfølsomhet for asfaltmassen. Det finnes flere aktuelle metoder for dette, og i Norge har en valgt å benytte rulleflaskemetoden og koketest. Dette arbeidet må videreføres og inngår i postdoktor-arbeidet til Sara Anastasio.

### Heft til underliggende asfaltlag

Som nevnt tidligere i kapittel 4.1 er god heft (klebing) mellom asfaltlagene viktig både for dekkets levetid og vegens bæreevne. I starten av Varige veger ble det derfor innført krav til mengde klebemiddel (restbitumen) og startet kontroll av utlagt mengde klebemiddel påført på veg. Samtlige av kontrollene gav verdier utenfor krav. Dette avdekte både en generell mangel på kalibrering av utstyret for påføring av klebemiddel og manglende kjennskap til hvordan riktig mengde klebing ser ut på veggen.

Det innførte mengdekravet til klebingen sier imidlertid lite om hvor stor heft som er oppnådd mellom asfaltlagene. I Varige veger er derfor utvalgte asfaltjobber fulgt opp med dokumentasjon av klebing og testing av bindingsstyrke mellom asfaltlagene. Dette er vist i rapport nr. 3 «Klebing mellom asfaltlag». En del av denne rapporten omhandler en litteraturundersøkelse på hva som gjøres i andre land på dette feltet. Denne undersøkelsen viser at klebing har fått stort fokus også i andre land de siste årene, og det er dokumentert at god heft mellom asfaltlagene har stor betydning for dekkekvaliteten.

Undersøkelsen av bindingsstyrke (heft) viser at mengden emulsjon bør tilpasses underlaget. På nylagte dekker bør det ikke påføres klebeemulsjon fordi dette medfører svakere binding. Dette skyldes at det ofte benyttes mykere bindemiddel i klebingen enn i asfaltdekkene og at det med klebingen introduseres et «glidesjikt». På gamle dekker med grov tekstur (slitt

overflate) og på freste dekker er det nødvendig å øke mengden emulsjon for å få god heft/liming.

I Norge benyttes klebeemulsjoner som for det meste er basert på bitumen 160/220 som er mykere enn bindemiddelet som vanligvis benyttes i asfaltdekkene. Undersøkelsene viste at bindingsstryken gikk ned når mengden klebemiddel økte, til tross for at mengden restbindemiddel ligger lavt i forhold til det som er anbefalt for klebing. Det bør derfor vurderes å benytte stivere bindemiddel i klebeemulsjonene.

Undersøkelsene viste også at heften mellom asfaltlagene er svært påvirket av betingelsene ved utførelsen, for eksempel skittent underlag og regnvær.



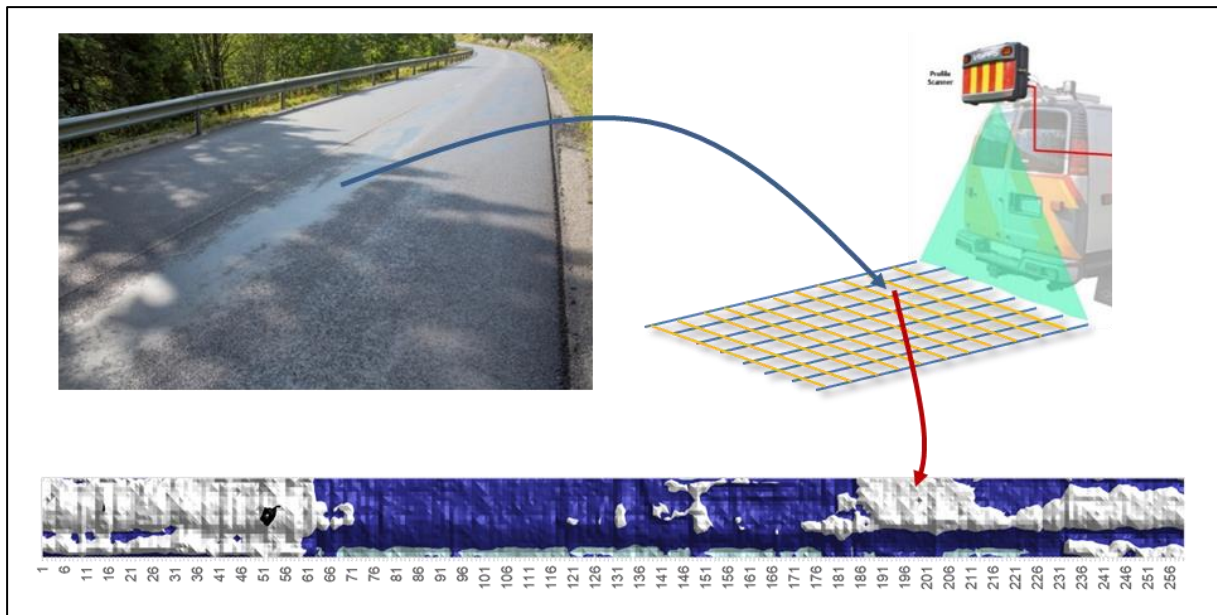
Figur 22 Testing av bindingsstyrke mellom asfaltlag

### Undersøkelse av homogenitet ved laserskanning

Som nevnt i kapittel 4.1 er homogenitet og håndverksmessig utførelse av asfaltdekker en av de viktigste kvalitetsfaktorene for om vi har oppnådd et bra dekke eller ikke. Hittil har vi imidlertid ikke hatt noen objektiv målemetode for å bestemme homogeniteten. Ved ferdigbefaringen (overleveringen) av nylagte asfaltdekker har homogenitet og håndverksmessig utførelse ofte vært et «tema» men dette har sjelden fått konsekvenser for oppgjøret, selv om avvik her har stor betydning for levetiden av asfaltdekket.

I Varige veger har en imidlertid sett på muligheten for å utnytte målesystemet for spor og jevnhet til også å kartlegge homogenitet. Dette bygger på å benytte overflateteksturen som en parameter for hvor god utførelsen av dekket er. Målsettingen er å benytte statistikk og beregne variasjonen i tekstur som en ikke destruktiv og rask målemetode for asfaltdekkets homogenitet etter utførelse.

Det er derfor gjennomført et utviklingsarbeid hvor en benytter laserskanning med ViaPPS-utstyret til måling av homogenitet. I rapport nr. 6 «Måling av homogenitet på asfaltdekker» er det gitt en oppsummering av dette arbeidet. Prinsippet for målingene er vist i figur 23.



Figur 23 Prinsipp for måling av homogenitet ved bruk av ViaPPS-utstyret

Dette utviklingsarbeidet har gitt lovende resultater som vi håper vil kunne danne grunnlaget for et fremtidig utførelseskrav til asfaltdekker. Dette er imidlertid en helt nyutviklet ikke standardisert målemetode som det kreves svært god dokumentasjon av. Dette er et arbeid som må videreføres etter Varige veger. Det er også behov for tilpassing av programmet til den nye laseren (som ble tatt i bruk i 2015) og forbedring av rapporteringen av homogenitet i ViaPPS Desktop.

### 4.3 SPESIALBINDEMIDLER OG TILSETNINGER

#### **Polymermodifisert bindemiddel (PMB)**

Siden 2008 har bruken av PMB (plastmodifisert bindemiddel) i asfalt økt betraktelig. Mindre bruk av piggdekk, og større belastning fra tungtrafikken har gjort at deformasjon av asfalt har fått større betydning og polymertilsetning i bindemidlet bidrar til økt deformasjonsmotstand og redusert spordannelse. På enkelte områder med spesielt høy belastning, for eksempel i rundkjøringer har polymermodifisert asfalt også vist seg å være klart bedre enn dekker med ordinært bindemiddel, ref. figur 24.



*Figur 24 Eksempel på dekkeskade i rundkjøring. Bruk av PMB er et tiltak som kan benyttes for å redusere dette problemet (foto Leif Bakløkk)*

For å dokumentere tilstandsutviklingen for asfaltdekker med PMB er utvalgte dekker i Region øst og sør fulgt opp med spormåling og laboratorieundersøkelser. I tillegg er teststrekningene fra SIV-prosjektet på E18 i Vestfold, der PMB ble brukt i 4 av 7 forsøksdekker, fulgt opp og langtidsutviklingen evaluert (disse dekkene ble etablert i 2002). Rapport nr. 8 «Feltforsøk med polymer-modifisert bindemiddel» oppsummerer resultatene fra dette arbeidet.

Målingene viser en vesentlig forbedring av tilstandsutviklingen med bruk av PMB, og Ab 16 med PMB har ca. 40 % mindre spor enn tilsvarende dekke uten modifisert bindemiddel. Piggdekkslitasjen dominerte sporutviklingen og bruken av PMB forbedret motstanden mot slitasje.

I Varige vegers delaktivitet om bindemidler har målet vært å ta i bruk forbedrede prøvingsmetoder og spesifikasjoner, til hjelp ved valg og bedømmelse av kvalitet på bindemidler, med vekt på polymermodifisert bitumen. For å nå dette målet er det gjennomført et litteraturstudium på nye PMB-spesifikasjoner og prøvningsmetoder i utlandet.

Bindemiddeltesting med nye og tradisjonelle målemetoder er gjennomført på sentrallaboratoriet i Trondheim, og resultatene fra dette er sammenlignet med sporutvikling for dekker der tilsvarende bindemidler er benyttet. Disse undersøkelsene er rapportert i rapport nr. 9 «Polymermodifisert bitumen – Egenskaper og krav».

Fjorten PMB-prøver fra asfalteringsjobber lagt i 2009 – 2012 er analysert. Vegstrekningene som de aktuelle PMB-prøvene stammet fra, ble fulgt opp på sporutvikling med data fra Vegdatabanken. Etter 4 – 6 års brukstid viser de fleste dekkene med PMB en klar nedgang i årlig sporutvikling sammenlignet med de foregående asfaltdekkene, der det var benyttet ordinær bitumen med stivhetsgrad 70/100.

I bindemiddelanalysen ble bl.a. kompleksmodul ( $G^*$ ) og MSCRT-Jnr verdi bestemt. Alle PMB-bindemidlene tilfredsstilte det amerikanske PMB-kravet for *Høy trafikk*, 13 tilfredsstilte kravet for *Veldig høy trafikk* og 10 tilfredsstilte kravet for *Ekstremt høy trafikk*. En PMB tilfredsstilte ikke kravet til spennings-sensitivitet (stress-sensitivitet).

Et forslag til ny ytelsesrelatert PMB-spesifikasjon er utarbeidet. I denne erstatter DSR-metodene mykningspunkt, og Bending Beam Rheometer erstatter Fraass' bruddpunkt. Nye benevnninger til PMB er også foreslått. I tillegg foreslås fortsatt bruk av flere veletablerte, tradisjonelle prøvingsmetoder.

Dette arbeidet bør videreføres med tilpassing (kalibrering) av krav til norske forhold mht. klima, trafikkbelastning, dekkekonstruksjon, bæreevne mv.

### **Epoksy-modifisert bindemiddel**

Et av målene med etatsprogrammet Varige vegger er å teste ut nye spesielle dekketyper som har gode deformasjons- og slitasjeegenskaper. Tilsvarende har målet i OECD-prosjektet «Long Life Pavements for Busy Roads» vært å utvikle varige slitelagsdekker for høytrafikkerte vegger. En av dekketyperne som ble utviklet i dette prosjektet var epoksyasfalt, dvs. asfalt tilsatt epoksy. Her ble medlemslandene i OECD invitert til utprøving av disse dekkene i felt, for å få dokumentasjon på hvordan epoxy-modifiserte asfaltdekker fungerte under ulike forhold. Dette ble tatt inn som en del av Varige vegger og kontakt med OECD-prosjektet ble opprettet.

Etter nærmere undersøkelse viste det seg at epoksyasfaltmaterialet ikke var testet for motstand mot piggdekksslitasje. Som et første skritt ble det derfor satt i gang laboratorieforsøk for å teste slitasjemotstanden til epoksyasfalt, før materialet eventuelt skulle legges ut i felt.

Her ble det laget standard Ab 11 asfaltprøver, hvor kun bindemidlet varierte, med epoksy og med vanlig 70/100 bindemiddel. Alle prøvene ble testet for motstand mot piggdekksslitasje, dvs. Prall-testing. Epoksyasfaltprøvene ble testet etter forskjellige herdingsperioder (1, 2, og 7 dager). Testresultatene ble analysert ved bruk av ANOVA (variensanalyse). Analysen viste at epoksyasfalten var mer slitesterk enn den vanlige asfalten etter 1 og 2 dagers herding, men etter 7 dagers herding var slitasjeverdiene fra prøvene statistisk like.

En gikk derfor ikke videre med utprøving i felt, da man konkluderte med at den høye kostnaden til epoksyasfalt ikke kan forsvares uten store forbedringer i motstanden mot slitasje. Dette arbeidet er beskrevet i rapport nr. 7 «Testing av epoxyasfalt».

### **Modifisering med bruk av gummigranulat**

Flere forsøk fra andre land og noen tidligere undersøkelser i Norge viser at asfalt tilsatt gummigranulat har bedre motstand mot deformasjon og slitasje samt gunstige egenskaper i forhold til vegtrafikkstøy. Stadig flere gummiprodukter kommer på markedet og det er behov for testing både i lab og felt for å vurdere effekten av produktene på asfaltens egenskaper.

I Varige vegger er det gitt støtte til SASMO As som i samarbeid med Veidekke Industri har testet et spesielt gummiprodukt med betegnelsen Unirem. Varige vegger har også gitt innspill til opplegget for disse undersøkelsene. Det spesielle med dette produktet er at det kan blandes direkte inn samtidig med produksjon på asfaltfabrikken. En slipper et eget blandeverk for produksjon av modifisert bitumen og egne bitumentanker for dette bindemidlet.

Et feltforsøk er lagt på Fv 941 der asfalt tilsatt Unirem samt asfalt med PMB og vanlig bindemiddel er brukt. Det planlegges å følge opp strekningen fremover med årlig måling av tilstand. Rapport nr. 70 «Unirem- Laboratory testing and Field trials 2013. Rubber powder additive from Unicom» gir en oppsummering av undersøkelsene både i lab og felt.

## 5. DIMENSJONERING OG FORSTERKNING

Varige veger har hatt tett kobling til arbeidet med revisjon av håndbok N200. Dette har gjort vegen kort fra FoU-program til implementering i håndboka for en rekke av de sentrale aktivitetene i arbeidspakke 2. Disse er nærmere omtalt nedenfor.

### 5.1 DIMENSJONERING AV OVERBYGNINGER

#### Dimensjoneringsystemet

Det norske dimensjoneringsystemet består av to deler:

1. Dimensjoneringsstabeller for vegoverbygning som ut fra opplysninger om trafikk og grunnforhold angir materialer og lagtykkelser som sikrer ønsket bæreevne/tilstandsutvikling for dekkekonstruksjonen.
2. Krav til frostsikring og beskrivelser av frostmessig dimensjonering for å sikre mot ujevne telehiv og problemer med redusert bæreevne i teleløsningen.

Varige veger har ikke prioritert store endringer av del 1 Dimensjoneringsstabellene. Vi har likevel, ved aktiv deltakelse i revisjon av håndbok N200, bidratt til en del mindre forbedringer og forenklinger av dimensjoneringsystemet. Det er blant annet tydeliggjort hvilke løsninger vi anser som robuste gjennom å kutte ned på antall anbefalte varianter av bærelag. Det er også innført noe skjerpede krav til overbygning på gang- og sykkelveger for at disse bedre skal tåle belastning fra maskiner som brukes i drift og vedlikehold.

Når det gjelder del 2 Krav til frostsikring er det gjort store endringer. Bakgrunnen for dette ligger i «Telesaken» og er nærmere omtalt under kap. 5.3.

#### Undergrunn

Riktig dimensjonering av vegoverbygning krever god kunnskap om grunnforholdene. Vi trenger opplysninger om grunnens styrkeegenskaper for å bestemme nødvendig tykkelse på forsterkningslaget og kunnskap om jordartenes telefarlighet for å dimensjonere riktig frostsikring.

For å forenkle arbeidet er det i håndbok N200 nå lagt opp til en mer aktiv bruk av kvartærgeologiske kart i kombinasjon med vegens vertikalgeometri for å rette prøvetakingen mot de områder langs veglinja en har størst behov for grunnundersøkelser.

#### Materialkrav

Oppgraving av nye veger med telehiv avdekket at en av hovedårsakene til problemene var knyttet til bruk av sprengt stein i vegoverbygningen. Ved moderne anleggsdrift med grov fjellsprenging og bruk av store maskiner er det stor risiko for at sprengt stein som vegbyggingsmateriale blir inhomogent med både for stor stein og for mye finstoff. Sprengt stein er dessuten et materiale som i praksis er meget vanskelig for entreprenøren å dokumentere og for byggherre å kontrollere gjennom stikkprøvekontroll.

Denne erkjennelsen førte til at sprengt stein i første og omgang ble forbudt brukt i forsterkningslag og senere også i frostsikringslag. Det er derfor i dag et generelt krav om at alle steinmaterialer for bruk i vegoverbygningen skal være knust i en kontrollert produksjon. Varige veger har stått sentralt i utformingen av de nye kravene som i vesentlig grad bidrar til bedre kvalitet og mer robust vegbygging.

## 5.2 FORSTERKNING OG UTBEDRING AV VEGER

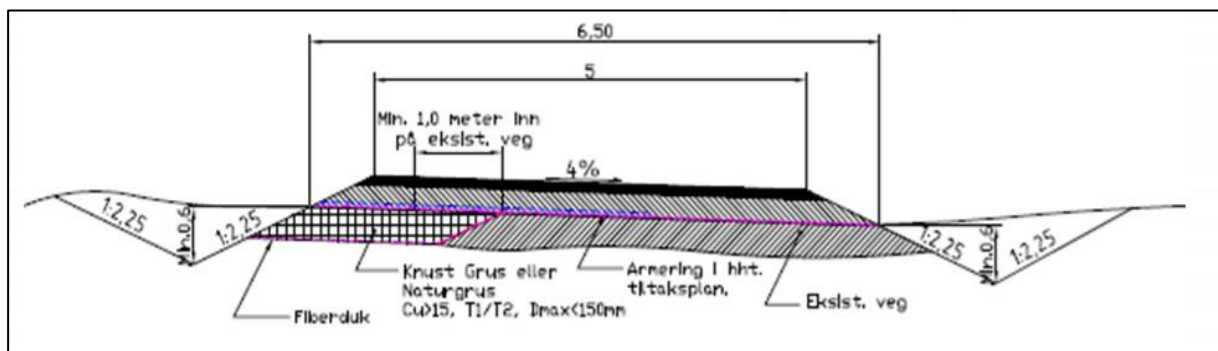
### Veiledning

En stor andel av Statens vegvesens virksomhet dreier seg om forsterkning og utbedring av eksisterende veg. Utgangspunktet kan være for kort dekkelevetid, ønske om økt tillatt aksellast eller fast dekke på grusveg. Riktige valg i planlegging og dimensjonering av disse prosjektene har stor betydning for fremtidige vedlikeholds-kostnader. Fra regionene har det lenge vært et sterkt ønske om en forsterkningsveiledning. Dette er bakgrunnen for at arbeidet med denne veiledningen ble prioritert i Varige vegger.

I dette arbeidet har vi brukt både intern ekspertise i Statens vegvesen og våre konsulenter, først og fremst ViaNova. Resultatet foreligger i form av forslag til veiledning i «Forsterkning av vegger», ref. rapport nr. 23. Rapporten inneholder tre hoveddeler:

- A. Planlegging og prosjektering
- B. Forsterkningstiltak
- C. Forsterkningseksempler

Rapporten danner et godt grunnlag for i neste omgang å få laget en veiledning om forsterkning i håndboksystemet.



Figur 25 Forsterkning og utbedring av vegger innebærer ofte både tekniske og økonomiske utfordringer

### Nytte/kost-analyse

Det norske vegnettet har store mangler når det gjelder bredde på kjørefelt og skulder. Dette gjelder spesielt det lavtrafikkerte vegnettet. Vegeier merker dette i form av redusert dekkelevetid som følge av kantoppsprekking, kantsig og raskere spordannelse på grunn av kanalisering av trafikken og manglende innspenning av vegkonstruksjonen. Problemet er økende på grunn av større andel supersingeldekk og økende ringtrykk på vogntog.

For trafikantene har smale vegger konsekvenser i form av redusert hastighet, utrygghet i møte med tunge kjøretøy, redusert kjørekomfort og mange utforkjøringsulykker.

Varige vegger har gjennomført en kost/nytte-analyse for å se på den samfunnsmessige effekten av å breddet utvide smal veg slik at den tilfredsstillende vegnormalstandarder slik den er definert i håndbok N100. Analysen er begrenset til tofelts vegger med ÅDT mellom 300 og 1500 og med tillatt hastighet 70 eller 80 km/t.



Resultatene fra analysen foreligger i rapport nr. 15 «Kostnader og nytte ved økt vegbredde». Her er det beregnet et behov for mer enn 1 m breddeutvidelse på mer enn 3500 km av det eksisterende riks- og fylkesvegnettet i Norge. Med unntak av de laveste trafikkmengdene ( $\text{ÅDT} \leq 500$ ) og i bratt terreng er det beregnet at det vil være samfunnsmessig lønnsomt med breddeutvidelse av smale veger.



*Figur 26      Breddeutvidelse av smale veger er samfunnsmessig lønnsomt for de fleste terrengtyper og ÅDT-klasser*

### **Georadar**

Georadar har vært brukt til undersøkelser/kontroll av dekkekonstruksjoner på veger siden 1980-tallet, men utviklingen av både måleutstyret og databehandlingen har gjort at mulighetene og påliteligheten av utstyret nå har blitt mye bedre. Innen vegbygging har Georadar hovedsakelig følgende bruksområder:

- Tilstandskartlegging av eksisterende veger (lagtykkelse etc.)
- Kartlegge rør, kabler, store steiner og andre «fremmedlegemer».
- Kartlegge tilstand, for eksempel hulrom i nylagte asfaltdekker

I tillegg brukes Georadar til andre formål som kartlegging av bruer, tunneler (bestemme avstand mellom betongelementer og fjell) osv.

For våre forhold i Norge er det ved planlegging av forsterkning/rehabilitering av veger at Georadar har størst potensiale. Brukt sammen med andre metoder for eksempel bæreevne måling, vil Georadar gi en god oversikt over eksisterende vegkonstruksjon. Her har Region nord vært ledende og benyttet Georadar til dette formålet i flere år.

Som nevnt i kapittel 3.3 har Varige veger deltatt i det nordiske samarbeidsprosjektet på Georadar (Mara Nord). Dette prosjektet har gitt god dokumentasjon og kompetanseoppbygging på hvordan Georadar skal brukes for ulike formål, og initiert et verdifullt kontaktnettverk innenfor dette området. Anne Lalague sin ph.d. er også svært verdifull i den norske kompetanseoppbyggingen på dette området, ref. rapport nr. 49 «Use of Ground Penetrating Radar for Transportation Infrastructure Maintenance».

Bruk av Georadar er omtalt i forsterkningsveiledningen og flere regioner bør ta i bruk utstyret til dette formålet. Tolking av resultatene fra målingene vil nok fortsatt være en utfordring, da det er veldig få som har god erfaring på dette i Norge i dag. Sentrallaboratoriet på Heimdal har imidlertid anskaffet en Georadar og kan utføre målinger og evaluering av overbygninger med basis i disse undersøkelsene.

### 5.3 FROST OG TELE

Frostsikring av veg ble et sentralt tema i Varige veger etter «Telesaken» og anbefalingene gitt av “ekspertgruppe telehiv” som leverte sin rapport i februar 2012, ref. rapport nr. 60 «Telehiv på nye norske veger». Ekspertgruppen pekte på behov for tydeliggjøring og revisjon av våre krav og retningslinjer samt oppgradering av klimadata, frosttekniske egenskaper av frostsikringsmaterialer, beregning av frostdybder og levetidsbetraktninger. Gjennom NA-rundskriv nr. 12/09 fikk Varige veger et klart mandat/oppgave med å ta tak i disse problemene. Her sto det blant annet at «Det vil bli nedsatt en hurtigarbeidende arbeidsgruppe som forankres i etatsprogrammet Varige veger, som skal foreslå nødvendig revisjon av dagens retningslinjer for frostdimensjonering i håndbok 018.»

Arbeidsgruppen leverte sin rapport «Frostsikring av norske veger» (rapport nr. 14) i mars 2013. Konklusjoner og anbefalinger gitt i denne rapporten ble tatt videre inn i revisjon av håndbok N200, som kom i ny utgave i juni 2014. Her er kravene til frostsikring revidert og tydeliggjort slik at det nå er mindre sjanse for å gjøre feil i dimensjoneringen. Det er blant annet utarbeidet nye figurer for beregning av frostdybde som tar hensyn til de ulike materialers frosttekniske egenskaper. Kravene til steinmaterialer for bruk i frostsikringslaget er skjerpet, slik at materialene nå skal være knust i en kontrollert produksjon, og det er innført nye korngraderingskrav for å sikre homogenitet og frostmotstand. Frostmengdetabeller for hver kommune i hele landet er oppdatert og det er lagt inn nye kolonner som viser hvordan frostmengdene varierer innen en og samme kommune.

For å bidra til en heving av den frosttekniske grunnkunnskapen har vi satt fokus på dette temaet i våre vegteknologikurs og i forelesninger og foredrag i andre sammenhenger. Temaet frost og tele er også grundig omtalt i læreboka i Vegteknologi (rapport nr. 17).

Et viktig ledd i kompetansehevingen innenfor frost og tele skjer på NTNU der Elena Kuznetsova gjennomfører sitt postdoktor arbeid innenfor «Frost og tele» (2014 – 2017), finansiert av SVV. Hennes doktorgrad har tittelen: “*The thermal properties and phase composition of water in the frozen volcanic ashes and cinders (Kamchatka)*” og er utført ved Lomonosov Moscow State University.

NTNU gjennomfører også prosjektet «*Frost protection of roads and railways*» (2015 – 2019) med Norges Forskningsråd, Statens vegvesen, Jernbaneverket og Universitetet i Laval (Canada) som samarbeidspartnere/finansører. Målet med dette prosjektet er å bygge ny kunnskap om materialtekniske egenskaper til knust fjell og undergrunnsmaterialer brukt i veg

og jernbanebygging i kalde strøk. Dette vil kunne gi grunnlag for å forbedre dimensjoneringsmetodene for frostsikring av veg og jernbane.

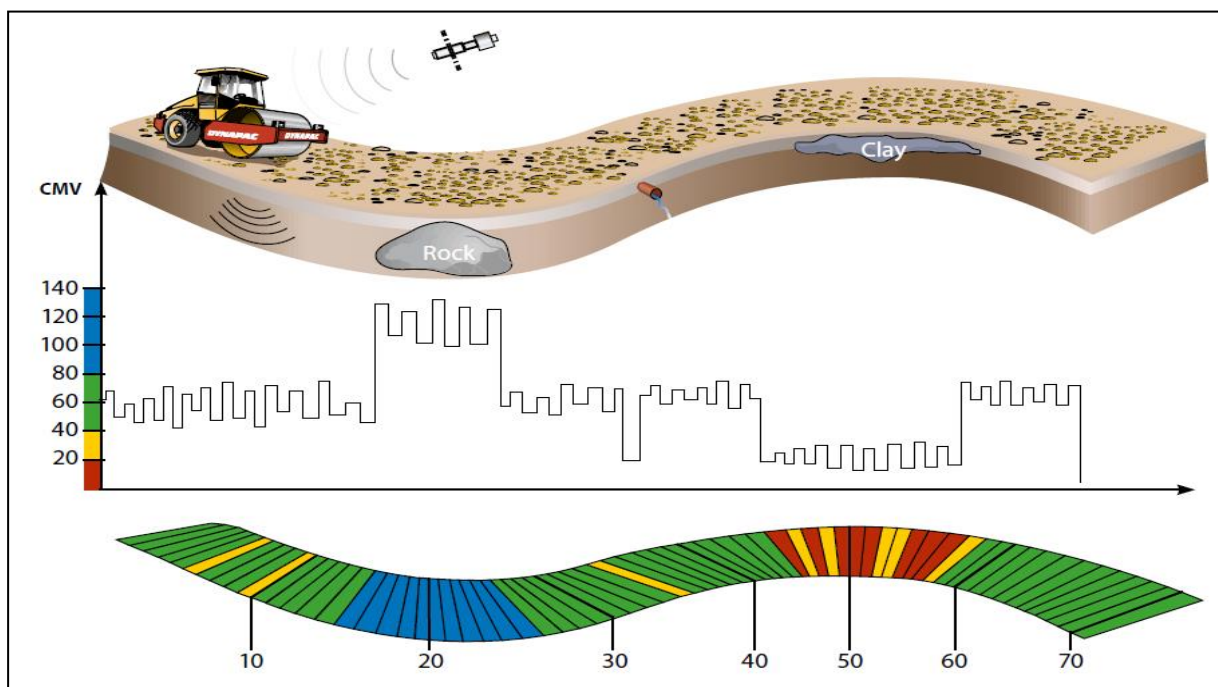
## 5.4 KOMPRIMERING AV GRANULÆRE LAG

For at granulære lag i vegoverbygningen skal få tilsiktet stivhet, lastfordelende evne og deformasjonsmotstand er det avgjørende at komprimeringen blir utført med egnet valseutstyr og på riktig måte med hensyn på antall overfarer, hastighet og vibrasjon.

For å bidra til at komprimeringsarbeid utføres på en god måte, har Varige veger deltatt aktivt i revisjon av håndbok N200 sine krav og retningslinjer på dette området. I tillegg er det utarbeidet et forslag til veiledning for komprimering av granulære lag i vegoverbygningen. Denne veiledningen har tittel «Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid», ref. rapport 22.

Som et resultat av Varige veger sin innsats på dette området, er det nå innført krav om bruk av GNSS (Global Navigation Satellite System) ved komprimering. Dette er til stor hjelp for valseføreren for å holde oversikt over antall overfarer på hele arealet og det gir en enklere og kvalitetsmessig bedre dokumentasjon på utført arbeid.

Bruk av valsemontert responsmåler (intelligent komprimering) er også en ny metode som gir bedre styring og kontroll med komprimeringsarbeidet. Her kan amplituden tilpasses stivheten på underlaget og en får god oversikt over hvor det er sterke og svake partier. Denne metoden virker svært lovende og vil sannsynlig vis spille en viktig rolle på dette området fremover. Foreløpig er det imidlertid valgt å ikke innføre dette som krav.

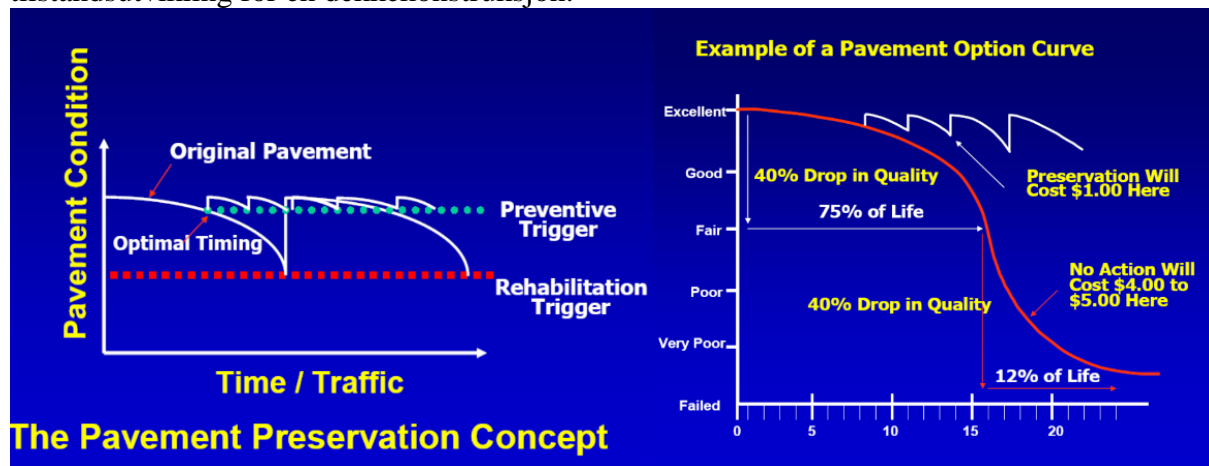


Figur 27 Valsemontert responsmåler gir god oversikt over sterke og svake deler av området som komprimeres

## 5.5 TILSTANDSUTVIKLINGSMODELLER

### Beregningsmodeller

Tilstandsutviklingsmodeller er matematiske verktøy som brukes til beregning av framtidig tilstandsutvikling, dvs. skadeutvikling, for vegkonstruksjoner. En tilstandsutviklingsmodell for sporutvikling gir for eksempel framtidig utvikling av spordybde for en vegstrekning. Dette gjør at vi kan beregne dekkelevetid og gjøre riktige valg (vedlikeholds- eller forsterkningstiltak) til riktig tid. I figur 28 er det vist en skisse over prinsipiell tilstandsutvikling for en dekkekonstruksjon.



Figur 28 Tilstandsutvikling for dekkekonstruksjoner og optimalisering av tiltak.

For planlegging av dekkevedlikeholdet benyttes i dag PMS2010 (Pavement Management System) som er godt egnet til planlegging av dekketiltak noen år fram i tid. PMS2010 er basert på tilstandsregistrering av dekkeoverflata (hovedsakelig spor og jevnhet) og utviklingen av dekketilstanden over tid. Prognosenøyaktigheten er meget god mot slutten av vegdekkets levetid, når det gjenstår to-tre år før tiltak må gjøres, men gir dårligere nøyaktighet ved starten av dekkets levetid og for prognoser over lengre tidsperioder. PMS2010 tar ikke hensyn til vegens oppbygging (den strukturelle styrken) eller klima.

Modeller som bestemmer dekkelevetid og skadeutvikling fra «vugge til grav» gir oss grunnlag for beslutninger om:

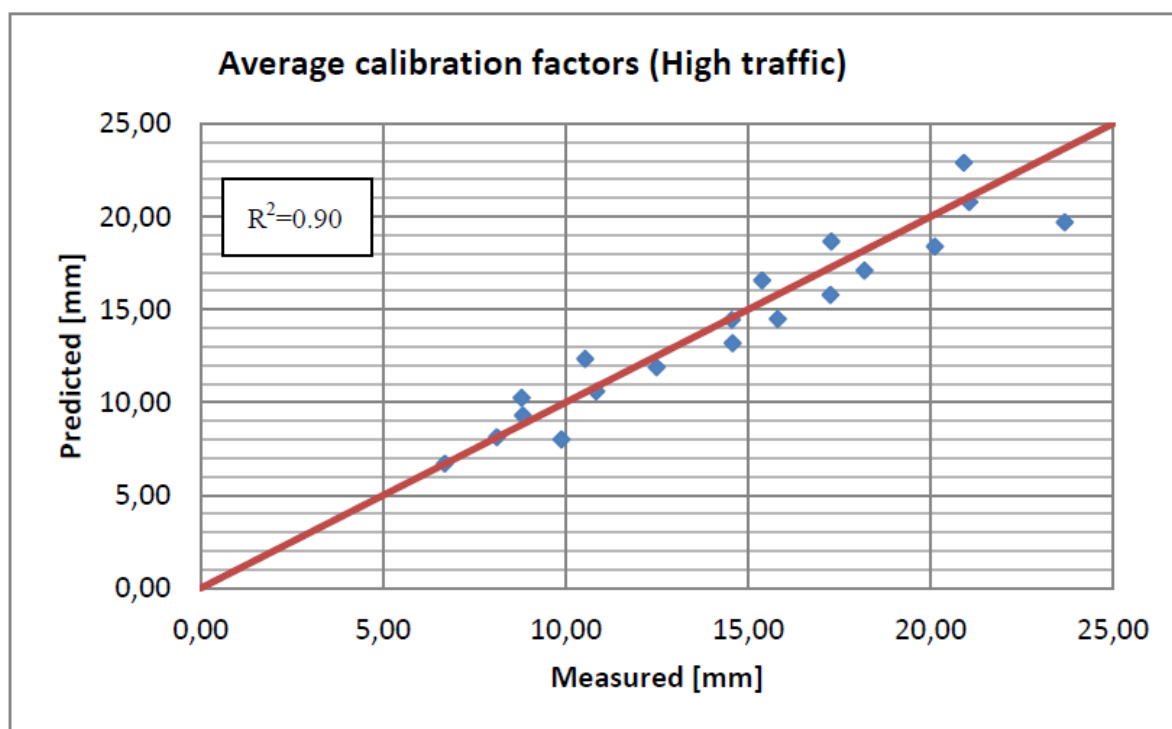
- Langsiktige vedlikeholdsplaner
- Effekten av ulike tiltak (optimalisere valg)
- Valg av materialer/løsninger
- Konsekvenser av økt aksellast eller totalvekt
- Konsekvenser av endret klima
- Miljøkonsekvenser
- LCA (Livssyklusanalyser)
- Budsjettering

Det skiller ofte mellom to hovedtyper tilstandsutviklingsmodeller; de som benyttes på parsellnivå og vegnettnivå.

I første del av NordFOU prosjektet "Pavement Performance Models" ble utvalgte tilstandsutviklingsmodeller kalibrert til nordiske forhold ved bruk av svenske data. I fase to av dette prosjektet ble modellene kalibrert mot tilstandsdata fra hvert enkelt land, og

dataprogrammet som ble utviklet i den første fasen ble forbedret, ref. rapport nr. 68 (PPM2 – Validation of Performance Models).

Kalibrering av modellene til norske forhold ble utført som en del av Varige veger og omfattet innsamling og behandling av material-, trafikk-, klima-, og tilstandsdata for fire norske vegstrekninger. I tillegg er det i et studentarbeid (Sara Pinto) utført beregninger for å teste modellene og tilpasse kalibreringskoeffisienter, ref. rapport 58 (Performance Prediction Models for Flexible Pavements). Et eksempel på resultat fra dette kalibreringsarbeidet er vist i figur 29.



Figur 29 Sammenheng mellom målt og beregnet spordybde for høytrafikkerte veger i Norge

Proessen med utvikling og implementering av tilstandsutviklingsmodeller er krevende. I Norge har vi store mengder med gode data for tilstandsutviklingen registrert på dekkeoverflata. Men vi har for lite data/kunnskap om kvalitet og oppbyggingen av dekkekonstruksjonene. Arbeidet som er gjort så langt danner et godt grunnlag for utvikling og anvendelse av tilstandsutviklingsmodeller, men her gjenstår det mye arbeid. Tilstandsutviklingsmodellene må integreres med et analytisk dimensjoneringsystem for å få på plass et helhetlig system som kan brukes til optimalisering for ulike forhold. Det anbefales at det jobbes videre med dette i et nytt forskningsprogram.

### Trafikkdata

Bruk av tilstandsutviklingsmodeller krever gode trafikkdata. For å skaffe en bedre oversikt over dagens trafikk både med hensyn på aksellaster, hjulkonfigurasjoner og sammensetning ble det i samarbeid med ITS-seksjonen etablert 9 såkalte WIM-målepunkter på ulike steder i landet. På grunn av en del måletekniske problemer fikk vi ikke ut den ønskede mengde trafikkdata av god kvalitet i løpet av programperioden, men datainnsamlingen fortsetter og vil forhåpentlig etter hvert gi et godt grunnlag for bruk av tilstandsutviklingsmodeller.

Resultater og erfaringer med etablering og drift av WIM-målepunktene er rapportert i rapport nr. 61 «Registrering av aksellast. Erfaringer fra veiing i fart 2011 – 2015».

### **Materialdata**

For å ta i bruk tilstandsutviklingsmodeller og analytiske dimensjoneringsystemer trenger man materialdata. I Varige veger er det startet et arbeid med å samle materialdata fra forskjellige kilder. En del data om deformasjonsmotstand bestående av hovedsakelig Wheel-track resultater for asfalt er samlet i en database knyttet opp mot Labsys.

For å utføre beregninger ved bruk av analytiske dimensjoneringsystemer trenger man i tillegg data om elastiske egenskaper (e-modul) både for asfalt og ubundne materialer. Her finnes det relativt mye data fra Treks-undersøkelser på norske vegbyggingsmaterialer som er utført ved NTNU/Sintef. NTNU har også startet en jobb med å samle og systematisere disse dataene. Dette er også et arbeid som må videreføres.

## 6. KOMPETANSE OG OPPLÆRING

### 6.1 KOMPETANSE INNEN VEGTEKNOLOGI

I Norge har vi hatt en betydelig nedgang i antall vegteknologer med erfaring og god kompetanse den senere tiden. Dette skyldes i første rekke:

- Stor aldersavgang.
- Liten interesse for fagområdet blant studenter og vansker med å rekruttere nye/unge medarbeidere.
- En dreining av fokus fra fag og kvalitet av vegbygging til kontrakt, økonomi og prosjektgjennomføring.
- Oppsplitting av fagmiljøene på forskjellige organisatoriske og geografiske enheter.

Det har medført at det nå er stort underskudd av godt kvalifisert personell med erfaring innen vegteknologi, og dermed mindre forståelse av hvor viktig dette fagområdet er.

I forprosjektrapporten for Varige veier ble det trukket frem at manglende kunnskap og kompetanse også er en viktig faktor som hindrer oppnåelse av kvalitet og varige vegdekker. Dette viser seg blant annet gjennom følgende forhold:

- Mangelfull utnyttelse av eksisterende kunnskap; eksisterende kunnskap utnyttes ikke godt nok i valg av tekniske løsninger og i praktisk utførelse.
- Svikt i utførelse og kvalitetskontroll; neglisjering/manglende oppfølging av gjeldende krav.

Det er altså stort behov for å styrke kompetansen innen vegteknologi, både i og utenfor Statens vegvesen. Kurs og undervisning må forbedres og status til vegteknologfaget må økes for å sikre tilfredsstillende rekruttering.

Etatsprogrammet «Kompetanseutvikling Drift og vedlikehold» (2007 – 2010) hadde opplæring som en av sine hovedpilarer. Det var naturlig at også Varige veier har løftet fram dette som et eget delprosjekt, inspirert av og delvis som en direkte videreføring av tilsvarende aktiviteter i KDV-programmet.

#### **Dagens opplæringstilbud**

Det er laget en oversikt over de undervisningstilbud som finnes i Norge i dag knyttet til vegbyggings-/vegteknologifagene. Hensikten har vært å få en samlet oversikt over tilbudet som finnes og et grunnlag for å vurdere på hvilke områder det er størst behov for å styrke undervisningen. Dette er presentert i rapport nr. 16 «Status dagens opplæringstilbud i vegteknologi».

Rapporten viser at det finnes opplæringstilbud innen vegteknologiske emner for både fagarbeidere (videregående skole og andre kurs) og for høyere nivå (høgskoler og universiteter). I tillegg finnes en rekke etter- og videreutdanningskurs. Tilbudet er bredt og variert, men man sliter med få søkere og høyt frafall.

Asfaltfaget hadde som eksempel bare 5 søkere i 2010 og 9 søkere i 2011. Omtrent 50 % av dem som starter på vegteknologisk utdanning i den videregående skolen slutter. Det er også meget lav kvinneandel (rundt 1 %) på disse emnene.

Det er gode søknadstall på de studieretningene som tilbyr vegfag ved høgskoler og universiteter, men mange studenter velger til sjuende og sist andre retninger enn vegbygging. Kvinneandelen er høyere her enn på videregående utdanning.

Det er tydelig mangel på undervisningsstoff til bruk innenfor disse emnene, og særlig lærere ved høgskolene og universitetene etterspør bedre litteratur. Det er lite samkjøring mellom undervisningsinstitusjonene om forelesninger og utvalgte emner, og dermed varierer det mye hva som blir pensum. Kapasiteten til å utvikle lærestoff ved høgskolene er svært begrenset og undervisningen er hovedsakelig basert på det som finnes tilgjengelig.

Mange av utdanningsinstitusjonene bruker håndbøkene fra Statens vegvesen som lærebøker, særlig håndbok N100 Veg- og gateutforming og håndbok N200 Vegbygging. Ingen av disse bøkene er i utgangspunktet utarbeidet for å brukes som undervisningsmaterieell og er ikke pedagogisk gode.

### **Viktigheten av god kompetanse – krav til kompetanse?**

Gjennom KDV-prosjektet (se foran) ble det iverksatt obligatorisk kurs i vinterdrift for alle operatører knyttet til nye driftskontrakter. Dette ganske så radikale grepet ble gjort ut fra både sikkerhetsmessige og faglige/kvalitetsmessige motiver. Alt operativt personell hos entreprenører (både hovedentreprenør og underentreprenører) som skal gjøre arbeid ute på vegen *skal* nå gjennomgå et obligatorisk tredagers vinterdriftskurs pluss en praksisdag knyttet til utstysbruk etc. I tillegg tilbys et eget to-ukers (2x4 dager) kurs for ledere av driftskontrakter (både byggherre og entreprenør).

Ut fra at man i Varige veger har satt så sterkt søkelys på utførelse og fagkunnskap har man også drøftet muligheten for å innføre noe tilsvarende innenfor asfalt og vegdekker.

Blant annet har man diskutert å innføre krav om formell kompetanse (fagbrev) til en eller flere arbeidere i asfaltleggelag, eventuelt ekstra bonus til de som foreviser slik kompetanse.

Man har ikke kommet i mål med dette innenfor programperioden, men dette er et viktig tema det vil arbeides videre med.

### **Ph.d.-studier og postdoktor**

Kompetanseoppbygging gjennom ph.d. og postdoktor-studier er viktig for å ha spiss-/forskerkompetanse innen fagfeltet. Dette vil også gi bedre grunnlag for forskning og undervisning på høyere nivå samt bidra til å løfte status og interesse for fagfeltet.

Varige veger har bidratt til oppstart og delvis finansiering av følgende ph.d.-studier:

- Influence of Subsoil Conditions on the Design and Performance of Flexible Pavements, Girum Yimer Yesuf, NTNU 2014 (rapport 47).
- Evaluation of the effect of aggregate mineralogy on the durability of asphalt pavements, Sara Anastasio, NTNU 2015 (rapport 48).
- Use of Ground Penetrating Radar for Transportation Infrastructure Maintenance, Anne Lalague, NTNU 2015 (rapport 49).

Som nevnt foran (kap. 5.3) er det også startet et postdoktorstudium (Elena Kuznetsova) for å styrke kompetanseoppbyggingen innen frost og tele. Sara Anastasio fortsetter også på postdoktor-studium for å videreføre kompetanseoppbyggingen innen bestandighet av asfaltdekker.



## 6.2 KURS OG LÆRESTOFF

Å stimulere til faglig oppdatering og kompetanseutvikling anses som meget viktig med tanke på å få bedre kvalitet på utført arbeid samt gjøre de riktige valg knyttet til teknikk og materialbruk.

Det er slik sett et mål at resultater og erfaringer fra Varige veger spres ved at resultatene stilles til disposisjon for universitet, høgskoler, fagskoler og andre, slik at deres kursmateriell og lærebøker oppdateres. Det forutsettes at denne aktiviteten gjennomføres i kontakt med Vegdirektoratets Senter for kompetanseutvikling og i nært samarbeid med skoleverket og læreinstusjonene.

Av spesielle tiltak innen kurs og opplæring kan nevnes følgende:

### **Intensivkurs vegteknologi**

Som et av tiltakene etter telesaken er det i samarbeid med Senter for kompetanseutvikling utarbeidet et to-dagers kurs i grunnleggende vegteknologi. Bakgrunnen for dette er det store behovet for økt kompetanse innen vegteknologi og telesaken i 2010/11 utløste et umiddelbart behov for å sette i gang tiltak på dette området. Kurset er først og fremst myntet på «ikke-vegteknologer» som har stillinger/arbeidsoppgaver der en basisforståelse for faget er viktig. Her vektlegges først og fremst forståelse av frost og tele-mekanismen, riktig dimensjonering, god drenering og riktig materialbruk i overbygningen.

I perioden 2012-2015 er det avholdt seks slike kurs i Trondheim med over 500 deltakere. Det har vært en egen kvote for deltakere utenfor Statens vegvesen. En slik interaksjon gir erfaringsmessig gode diskusjoner og fin erfaringsutveksling, ut fra at man har ulike roller/ståsted. Tilbakemeldingene på disse kursene er veldig bra.

### **Hospiteringskurs asfaltkontrollører**

Varige veger har også iverksatt en årlig to-dagers samling for asfaltkontrollører, med deltagelse fra alle regioner. Målet er å presentere faglige «nyheter» samt skape en felles forståelse for hvilke ting som bør vektlegges i kontroll/utearbeid. Dette for at Statens vegvesen kan framstå som en enhetlig byggherre, uavhengig av geografi, region, distrikt etc. Disse samlingene benyttes også til sammenligning og kalibrering av måleutstyr, herunder densitetsmålere.



### *Figur 30 Fra hospiteringskurs; sammenligning av isotopmålere*

Veiledningene «Kontroll av asfaltarbeider» og «Riktig utførelse av asfaltdekker» (rapport nr. 21 og 18) er utarbeidet spesielt for denne målgruppen.

#### **Ekstern undervisning**

Vegvesenet bidrar i stor utstrekning når det gjelder undervisning av vegfagene på høgscoler og universitet. Kunnskap utviklet/forbedret innenfor Varige veger har bidratt til oppgradering av undervisnings- og presentasjonsmateriell. Blant annet er det satt fokus på frost og tele for å heve grunnkunnskapen på dette viktige feltet.

#### **Lærebok i vegteknologi**

Gjennom KDV-prosjektet ble det utarbeidet en lærebok i drift og vedlikehold av veger, ref. rapport nr. 63. Denne har blitt tatt svært godt imot og blir benyttet i stor utstrekning både ved høgscolene (bachelor-nivå), ved NTNU og ved forskjellige interne kurs i vegvesenet. I tillegg er boka spredt rundt i mange miljøer som oppslagsverk og kilde til kunnskap.

Mangel på tilpasset lærestoff for bruk i undervisning ble også påpekt som et av de største problemene i rapport nr. 16 «Status dagens opplæringstilbud i vegteknologi». Derfor kom det tidlig opp ønske om å lage en tilsvarende lærebok i vegteknologi. Siden behovet er så stort og ingen andre har tatt dette ansvaret, ble det besluttet å lage lærebok i Vegteknologi i regi av Varige veger.

Læreboka har blitt til gjennom en dugnad der ulike fagpersoner, hovedsakelig innenfor Statens vegvesen, har bidratt på ulike kapitler. Følgende emner er behandlet:

- Vegteknologi, en innledning
- Vegplanlegging og prosjektering
- Underbygning
- Vegens oppbygning
- Materialvalg og krav
- Asfaltdekker
- Andre dekketyper
- Tilstandsregistrering
- Frostsikring
- Drenering
- Forsterkning av veger
- Drift og vedlikehold

Læreboka (rapport nr. 17) er forsøkt tilpasset behovet ved høgscolene men kan også brukes ved etterutdanning og opplæring i Statens vegvesen eller øvrige deler av bransjen. Vi håper boka vil bli en nyttig tilvekst til undervisningsmateriellet rundt om, og bidra til en litt mer enhetlig undervisning på høgscolene.

## 7. IMPLEMENTERING

### 7.1 FORHOLD SOM PÅVIRKER IMPLEMENTERING

#### Generelt

Like viktig som FoU-arbeidet er implementeringen av resultatene i praktisk bruk. Uten implementering er verdien av forskningen svært begrenset, og implementeringen er i mange tilfeller en mye større utfordring enn selve utviklingsjobben. Denne erkjennelsen har medført at for eksempel Federal Highway Administration (FHWA) i USA nå bruker mer ressurser på implementering av FoU enn forskning. En snakker der om «Paving the gap», dvs. redusere gapet mellom forskningsmiljøene og kunnskapen/praksisen hos de som utfører arbeidene.

I figur 31 er det illustrert hva implementering kan/vil innebære innen vegbyggingssektoren slik den er organisert i Norge med skille mellom bestiller og utførende. Figuren viser klart at utviklingsfasen bare utgjør en liten del av hele prosessen som må gjennomføres før produktet/metoden er implementert. Ofte vil det også være nødvendig å gå flere «runder» i denne prosessen fordi metodene eller produktene må tilbake i utviklingsfasen igjen etter at de er prøvd ut i prosjekter.

Andre aktører som for eksempel konsulenter og undervisning må også involveres, men dette er ikke tatt med i denne figuren.



Figur 31 Utvikling og implementering av FoU innen vegbygging

I forprosjektet til Varige veger ble det slått fast at vi kunne oppnå veldig mye med å ta i bruk kunnskap som allerede fantes, og dette ble sett på som minst like viktig som utvikling av ny kunnskap. Dette var bakgrunnen for at det ble opprettet en egen arbeidspakke på «Kunnskapsformidling og implementering» som har vært et viktig mål gjennom hele programperioden.

I starten av etatsprogrammet ble det også gjennomført en omfattende prosess med involvering av både interne og eksterne fagmiljøer. Nært samarbeid med og involvering av flest mulig i det norske fagmiljøet innen vegteknologi er et viktig ledd i implementeringen av resultatene.

### **Barrierer mot implementering**

Selv om anbefalte tiltak medfører betydelige besparelser på sikt, vil økte kostnader og små budsjetttrammer ofte være klare barrierer mot å ta i bruk nye metoder osv. Dette ser en ofte i forbindelse med forsterkningsprosjekter der en på grunn av budsjettbegrensninger ikke velger de beste løsningene som på lang sikt er lønnsom. Overordnede målsettinger, uttrykt som «mer veg for pengene» og «rask gjennomføring» kan også være et hinder for metoder/arbeidsformer som totalt sett gir laveste årskostnader.

Statens vegvesens aktører innen feltet er fordelt på mange ansvarsområder og organisering samt at bemanningen (kapasiteten) varierer fra region til region. Dette er en betydelig barriere mot å oppnå god og enhetlig byggherrekontroll, samt at det kreves betydelige ressurser til kommunikasjon og koordinering. Omlegging av rutiner er krevende når bemanningen i utgangspunktet er knapp.

Tradisjonelle kontrakter med laveste pris som tildelingskriterium innbyr heller ikke til at entreprenørene gjør en best mulig jobb for å oppnå optimal kvalitet eller ta i bruk nye metoder. Konkurransesituasjonen sammen med de knappe marginene som entreprenørene hevder de har i Norge utgjør også en barriere for investeringer og innføring av nye metoder. Ofte blir det også hevdet at ny teknologi eller nye metoder kan være konkurransevridende (dersom bare en eller få aktører behersker teknologien) og ikke kan tas i bruk av den grunn. Dette er imidlertid et kortsiktig problem som ikke bør være til hinder for implementering av gode metoder/løsninger.

Statens vegvesens nokså omfattende regime med kontrakter, prosesskode, normaler, retningslinjer og veiledninger er også en utfordring med hensyn på rask implementering av ny teknolog, metoder osv. Ansvar for oppdatering av disse dokumentene er fordelt på forskjellige enheter, noe som medfører utfordringer når helhetlige revisjoner/endringer er nødvendig.

Standarder kan i visse tilfeller også utgjøre en barriere for å ta i bruk ny teknologi, men i dette tilfellet mener vi standardene ikke har vært begrensende.

Omlegging av gamle innarbeidede rutiner er ofte krevende og mindre «behagelig» enn å fortsette etter gammelt mønster. Denne utfordringen gjelder både for byggherrer og entreprenører og «kulturer» med stor grad av «frivillighet» og «vi vet best» holdninger er en barriere for å få tatt i bruk nye metoder osv.

### Drivere for implementering

Den generelle interessen for faget og mediens fokus på temaene har stor betydning for utviklingen innen fagområdet. Telesaken fra 2010/2011 er et godt eksempel der nye krav raskt ble tatt i bruk.

Synliggjøring av fagområdet vegteknologi og betydningen det har innen samferdselssektoren er også viktig, både for den generelle utviklingen av fagområdet og for implementering av ny teknologi. Bevisstgjøring om nytten ved implementering av resultatene fra Varige veger ser vi som en viktig driver for å arbeide videre med å ta resultatene i bruk (se kapittel 8).

God kompetanse og riktige holdninger er grunnlaget for å få riktig kvalitet samt implementering av forbedringer og nye metoder. Bygging av veger har utviklet seg til å bli mer og mer kompleks og kostbart. Veger og gater er i dag «samferdselsårer» som inneholder mange typer infrastruktur og må også ivareta miljø og estetikk. God vegteknologisk utførelse har en tendens til å skyves til side fordi konsekvensene av feil/mangler ikke synes før etter mange år. Derfor er det viktig med sterkt fokus på kvalitet og god kompetanse i alle ledd helt fra planlegging til snorklipping.



*Figur 32 Skader på grunn av feil dimensjonert overbygning kommer ikke til syne før etter noen år (foto Leif Bakløkk)*

Reduserte kostnader eller enklere utførelse er en viktig driver for implementering. Klare besparelser vil raskt medføre at nye løsninger blir tatt i bruk.

Involvering i utviklingsarbeidet er en viktig driver for implementering. At forskere/utviklere «følger med» produktene helt til de er ferdig implementert er vanlig i mange utviklingsmiljø, og er en god form for implementering av ny teknologi. utfordringene er betydelig større når

andre som ikke er kjent med produktene/resultatene og ikke har et «forhold» til dem skal gjennomføre implementeringen.

## 7.2 INFORMASJON FRA VARIGE VEGER

Informasjon og kunnskapsformidling er som nevnt en viktig del av implementeringen og utgjør en betydelig del av arbeidet i Varige vegger. Informasjons- og formidlingsplanen (rapport nr. 28) har vært retningsgivende for kommunikasjonen fra Varige vegger både internt i etaten og eksternt.

Nettsida til Varige vegger har også vært viktig i dette arbeidet, og er benyttet både til å legge ut informasjon/nyheter og fagrapporter. Dette bør videreføres også etter avslutning av FoU-programmet.

### Møter og Work-shops

For å få innspill om prioriteringer og innholdet i etatsprogrammet ble det i startfasen gjennomført møter i regionene. Her deltok de mest sentrale fagfolka innen dette området og rammer, målsettinger og tiltak i Varige vegger ble gjennomgått/drøftet. Gjennom gruppearbeid fikk vi gode innspill til videre arbeid og denne involveringen ga et godt grunnlag for videre arbeid i FoU-programmet og for implementering.

Sammen med prosessen i forprosjektet ga dette et godt grunnlag for prosjektplanen i Varige vegger (rapport nr. 27).

For å drøfte problemer i tilknytning til «*Utførelse av asfaltdekker*» er det også holdt møter med fagfolk fra alle regionene samt asfaltentreprenørene og MEF (Maskinentreprenørenes forening). Dette er nærmere omtalt i kap. 4.1.

Det er avholdt tre møter/workshops med våre kolleger i Trafikverket i Sverige hvor utvalgte problemer/utfordringer er drøftet. Problemstillingene innenfor vegteknologi er nokså lik i Norge og Sverige og vi har hatt godt utbytte av disse drøftingene. Videre fremover er det behov for å fortsette dette samarbeidet med gjensidig informasjonsutveksling og eventuelt arbeidsdeling på enkelte oppgaver der vi jobber mot felles mål.

### Fagseminar

Varige vegger har i perioden 2011 til 2015 årlig arrangert et seminar under Teknologidagene i Trondheim. Disse seminarene har hatt god deltakelse fra hele det norske fagmiljøet (over 100 deltakere i gjennomsnitt) samt noen kolleger fra våre naboland. Dette har vært viktig, både for å dele kunnskap/informasjon og som milepæler/delmål for arbeidet i FoU-programmet.

I tillegg har Varige vegger, i samarbeid med andre, arrangert følgende seminar på spesielle tema:

1. **Armering i vei.** Arrangert i samarbeid med «*International Geosynthetics Society*» (IGS).
2. **Telehiv.** Arrangert i samarbeid med «*Ekspertgruppe telehiv*».
3. **Ground Penetrating Radar in Road Monitoring and Evaluation – Now and in future.** Arrangert i samarbeid med interregprosjektet “*Mara Nord*”.

### Innlegg på konferanser og kurs

En viktig del av formidlingen fra Varige vegger har skjedd gjennom faglige innlegg på andres konferanser, kurs og seminar. Til sammen er det holdt over 40 slike innlegg (ca. 10 pr. år).

Varige veger har årlig bidratt med innlegg på de viktigste norske konferansene som Asfalt dagen, Stein i Vei og Dekkekonferansen. I tillegg er kunnskapen formidlet i ulike kurs, både interne og kurs arrangert av for eksempel Tekna.

### **Publisering**

Publisering i vitenskapelige artikler (papers) og på konferanser er viktig både for synliggjøring og kunnskapsdeling, samt for implementering av resultatene.

En oversikt over vitenskapelig publisering er gitt i rapportoversikten (rapport nr. 40 – 46). Det tas sikte på at det her også kommer mer etter at programmet er avsluttet.

Ulike tema fra Varige veger har vært omtalt i et titalls artikler i fagpressen/tidsskrifter.

## **7.3 GJENNOMFØRTE IMPLEMENTERINGSTILTAK**

Implementering av kjent kunnskap har vært et mål i Varige veger og en stor del av innsatsen er lagt ned på oppdatering av vegvesenets styrende dokumenter og veiledninger.

Kompetansebygging og introduksjon/innarbeiding av nye krav, rutiner og metoder innenfor dette området har også vært en viktig del av implementeringsarbeidet.

### **Nye krav i Håndbok N200 Vegbygging**

Varige veger bidratt til følgende endringer i N200:

1. Dimensjonering av overbygninger
  - Tydeliggjøring og forenkling av dimensjoneringsystemet
  - Mer robuste løsninger med færre valgmuligheter/varianter av bærelag
  - Skjerping av kravene til overbygning på G/S-veger
  - Retta prøvetaking for bedre oversikt over grunnforhold ved dimensjoneringen, basert på bruk av kvartærgeologiske kart i kombinasjon med vegens vertikalgeometri.
2. Mer robuste materialkrav
  - Sprengt stein ikke lenger tillatt i forsterkning- og frostsikringslag
  - Krav om at alle steinmaterialer i overbygningen skal være knust i en kontrollert produksjon
3. Frost/telesikring
  - Bedre beregning av frostdybde
  - Nye korngraderingskrav for å sikre homogenitet og frostmotstand
  - Oppdaterte frostmengdetabeller for hver kommune inkludert variasjoner innen kommunen
4. Komprimering
  - Krav om bruk av GPS/GNSS for dokumentasjon og kartfremstilling av utført valsearbeid
  - Sluttdokumentasjon med platebelastning på øverste mekanisk stabiliserte lag i overbygningen

De fleste av disse endringene er innført som resultat av «telesaken», og dette er årsaken til at disse endringene raskt ble tatt inn i normalen. Varige veger ble en arbeidsplass for oppgaver som det var nødvendig å gjennomføre umiddelbart, og mye av aktiviteten i Varige veger ble rettet inn mot dette arbeidet.

## **Forslag til nye veiledninger**

Gode beskrivelser og veiledninger er viktig for å oppnå god kvalitet og enhetlig praksis ved gjennomføring av vegbygging. Dette er spesielt viktig ved innføring av nye metoder eller ved opplæring og mangel på godt kvalifisert personell. Innenfor vegbygging/vegteknologi har det manglet veiledninger på enkelte viktige områder. Varige veger har derfor utarbeidet følgende rapporter/veiledninger:

1. Riktig utførelse av asfaltdekker (rapport nr. 18)
2. Båttransport av asfalt (rapport nr. 19)
3. Asphalt transport – by boat (rapport nr. 20)
4. Kontroll av asfaltarbeider (rapport nr. 21)
5. Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid (rapport nr. 22)
6. Forsterkning av veger (rapport nr. 23)
7. Knust betong i vegbygging (rapport nr. 24)
8. Veileder i gjenbruk av asfalt (rapport nr. 25)

Veilederen i gjenbruk av asfalt er utgitt i regi av Kontrollordningen For Asfaltgjenvinning (KFA), men SVV har bidratt både faglig og med økonomisk støtte.

Veiledningene er laget der en har sett at behovet har vært størst. Det er forskjellig omfang og målgruppe for disse veiledningene. Veilederen for båttransport av asfalt er en enkel brosjyre myntet på de som utfører dette arbeidet. Siden dette ofte er utenlandske arbeidere er denne veilederen også utgitt på engelsk. Veiledningen om forsterkning av veger er en svært omfattende rapport med beskrivelse av hele prosessen fra planlegging av forsterkningsarbeid til ulike metoder som benyttes for oppgradering av gamle dekkekonstruksjoner.

Veiledningen om kontroll av asfaltarbeid er primært laget som støtte for kontrollører og byggeledere og viser hva det er viktig å ha fokus på ved kontroll av reseptbaserte asfaltkontrakter. Målet er at denne kontrollen skal være mest mulig forutsigbar og enhetlig.

Målet fremover er at de foreliggende rapportene med forslag til veiledninger tas inn i Statens vegvesens håndbokserie. Dette innebærer at de må ses i sammenheng med normaler/krav, kontrakt dokumenter og andre håndbøker, samt at det er aktuelt med en høringsrunde. Inndelingen av veiledningene i håndbokserien på dette området er foreløpig ikke bestemt, og det er derfor ikke gitt at alle rapportene ender opp som «offisielle» veiledninger i håndbokserien, men innholdet vil nyttiggjøres på ulike måter.

## **Nye krav i konkurransegrunnlaget for asfaltkontrakter**

I konkurransegrunnlaget for asfaltkontraktene (vedlikehold av asfaltdekker) har Varige veger initiert følgende endringer:

- Krav til hulrom i skjøt.
- Krav om bruk av klemhjul for å bedre kvalitet og komprimering av asfalskjøt. Tiltaket er benyttet på spesielle kontrakter med sterkt trafikkerte skjøter.
- Endret krav til påført emulsjon (fra mengde emulsjon til mengde restbitumen).
- Åpnet for bruk av sement og hydratkalk som middel for forbedring av vedheft (tidligere var kun amin tillatt).

## **Kompetansetiltak**

De viktigste kompetansetiltakene i Varige veger er:



1. Lærebok Vegteknologi (rapport nr. 17).
2. Kurs og kunnskapsformidling:
  - Intensivkurs i vegteknologi.
  - Hospiteringskurs for asfaltkontrollører.
  - Oppdatering av undervisnings- og presentasjonsmaterieell (intern og ekstern undervisning).
3. Spesialistutdanning i ph.d.-studier:
  - Influence of Subsoil Conditions on the Design and Performance of Flexible Pavements, Girum Yimer Yesuf, NTNU 2014 (rapport nr. 47).
  - Evaluation of the effect of aggregate mineralogy on the durability of asphalt pavements, Sara Anastasio, NTNU 2015 (rapport nr. 48)
  - Use of Ground Penetrating Radar for Transportation Infrastructure Maintenance, Anne Lalague, NTNU 2015 (rapport nr. 49).

## 7.4 ANBEFALING/PLAN FOR VIDERE IMPLEMENTERING

Plan for videre arbeid med implementering av resultater, konklusjoner og leveranser fra Varige veger er gitt i rapport nr. 34. Her er det gitt en rekke konkrete forslag til både implementering, forbedringstiltak og videreføring av arbeidet i Varige veger. Disse forslagene er delt inn i følgende hovedgrupper/tema:

1. Egenskaps- og utførelseskrav til asfaltdekker
2. Oppdatering av N200 Vegbygging
3. Forsterkning og rehabilitering av veger
4. Kvalitetssikring
5. Kompetanse og samarbeid
6. Oppfølging av igangsatte tiltak
7. Videreføring av FoU

Implementering av FoU og forbedringer innenfor dette området er et felles ansvar, der både regionene og Vegdirektoratet må bidra aktivt både med ressurser og finansiering. Det er viktig at Vegdirektoratet følger arbeidet videre helt til resultatene er tatt i bruk. Implementeringen blir betraktelig mer utfordrende om andre som ikke er like godt kjent med grunnlaget og målsettingene skal utføre dette arbeidet alene.

I prosessen videre med implementeringen av forbedringstiltakene er det nødvendig å arbeide gjennom prosjekt og fagnettverk på tvers av linjeorganisasjonen i Statens vegvesen. Både regionene og flere avdelinger i Vegdirektoratet må involveres.

Tabell 3 viser hovedelementene i hvordan prosessen videre er planlagt.

Tema	Arena for implementering	Ansvarlige/deltakere
Kontraktutvikling – Vedlikehold av asfaltdekker	Nettverk for asfalt og vegoppmerking	<b>Vd- Vegavd.</b> og Regionene
Oppdatering av N200	Prosjekt: Revisjon av N200	<b>Vd-Veg</b>
Utvikling av vegteknologi-arbeidet i SVV	Fagnettverkene vegteknologi og Teknisk kvalitetskontroll	<b>Vd og Regionene</b>

Kompetanseutvikling	Kurs og kompetansetiltak internt og eksternt	<b>Vd-Veg, HR og Regionene</b>
Videreføring av FoU	FoU-program/prosjekt	<b>Vd og andre</b>

Tabell 3 Videre arbeid og ansvar for implementering

### **Kontraktutvikling – Vedlikehold av asfaltdekker**

Oppgaven her blir å jobbe videre med de egenskaps- og utførelseskravene som er utviklet, slik at disse kan tas i bruk i nye kontraktsformer. Det er opprettet en egen gruppe for funksjonskontrakter som ledes av Region øst og arbeidet koordineres gjennom nettverk for asfalt og vegoppmerking.

Vegdirektoratet og regionene må samarbeide for å etablere gode kontraktsmaler på dette området.

### **Oppdatering av N200**

Arbeidet med revisjon av N200 er kommet langt og målsettingen er å få på plass en ny utgave av normalen i første del av 2018.

Viktige oppgaver her er:

1. Gode og utvetydige krav.
2. Sørge for godt samsvar mellom normal og kontrakt dokumenter.
3. Gode veiledninger tilpasset revidert normal.

Det er i denne runden lagt opp til en stram tidsplan for revisjonsarbeidet av N200 og det kan være at det ikke blir mulig å få inn alle tiltakene nå i første omgang. Det må derfor sørges for at dette følges opp videre ved senere revisjoner.

### **Utvikling av vegteknologiarbeidet i Statens vegvesen**

Dette er en omfattende oppgave med mange utfordringer:

1. Forbedre arbeidet med forsterkning og rehabilitering av veger (tiltak 3.1 – 3.6).
2. Sørge for bedre og mer enhetlig kvalitetssikring og kontroll samt dokumentasjon (tiltak 4.1 – 4.6).
3. Sørge for god kompetanse, kapasitet og godt samarbeid på vegteknologiarbeidet i regionene (tiltak 5.1 – 5.5).
4. Følge opp at innførte krav og nye metoder blir tatt i bruk (tiltak 6.2, 6.3 og 6.4).

Fagnettverket for vegteknologi vil spille en viktig rolle i dette arbeidet. Vegdirektoratet har derfor påtatt seg større ansvar i ledelsen av dette nettverket, og ser arbeidet her som en viktig del av implementeringen i Varige veger. Fra regionene ser de også stor nytte av arbeidet i dette nettverket og ønsker å delta aktivt med gjennomføring av oppgaver i egen region.

Fagnettverket for kvalitetskontroll er også viktig i dette arbeidet, og har spesielt arbeidet med systemene som benyttes ved datainnsamling og lagring (LABSYS og KVALINK). Det blir viktig å koordinere arbeidet mellom disse fagnettverkene fremover, også mot nettverket for asfalt og vegoppmerking.

## **Kompetanseutvikling**

Som en del av sektoransvaret til Statens vegvesen er det viktig å videreføre arbeidet med kompetanseutvikling innenfor fagområdet. Vegteknologi er også identifisert som et av de kritiske fagområdene som kan medføre at gjennomføringsevnen svekkes dersom nødvendige tiltak ikke settes inn, ref. Strategisk kompetanseplanlegging 2014 – 17 fra HR- og administrasjonsavdelingen.

De viktigste oppgavene her er:

1. Videreutvikle lærebok og undervisningsmateriell.
2. Utvikle og videreføre arbeidet med egne kurs og fagkonferanser.
3. Samarbeid med universiteter om utvikling av undervisningen innenfor fagområdet og støtte til oppgaver og studier på ulike nivå.
4. Bidrag på kurs og seminar som bransjen arrangerer (Norsk asfaltforening, Tekna og andre).
5. Vurdering og implementering av krav til kompetanse på ulike nivå.

Arbeidet på dette området må koordineres med utvikling og andre kompetansetiltak både i Statens vegvesen og eksternt. I tillegg må videre arbeid gjøres i samarbeid med HR som har et overordnet ansvar for kompetanse, samt ansvaret for avtalene med universitet og andre. Vegdirektoratet har ansvar for de formelle kravene til kompetanse.

## **Videreføring av FoU**

Som nevnt tidligere er det i Varige veger startet en del arbeid/utvikling som bør videreføres i nye prosjekter. Aktiviteten innenfor både vegbygging, vedlikehold og forsterkning er stor i Norge, med fortsatt mange utfordringer som krever videre utvikling. I tillegg er det få andre aktører som bidrar med FoU innenfor dette området og vegvesenet har derfor et spesielt ansvar for å ivareta FoU på dette området.

Seksjon for Drift, vedlikehold og vegteknologi vil ha hovedansvaret for å videreføre arbeidet på dette området gjennom nytt FoU-program og andre prosjekter. I tillegg inngår NTNU sitt arbeid med langsiktig kompetanseutvikling på frost/tele og bestandighet av asfalt som veldig viktige deler av dette arbeidet.

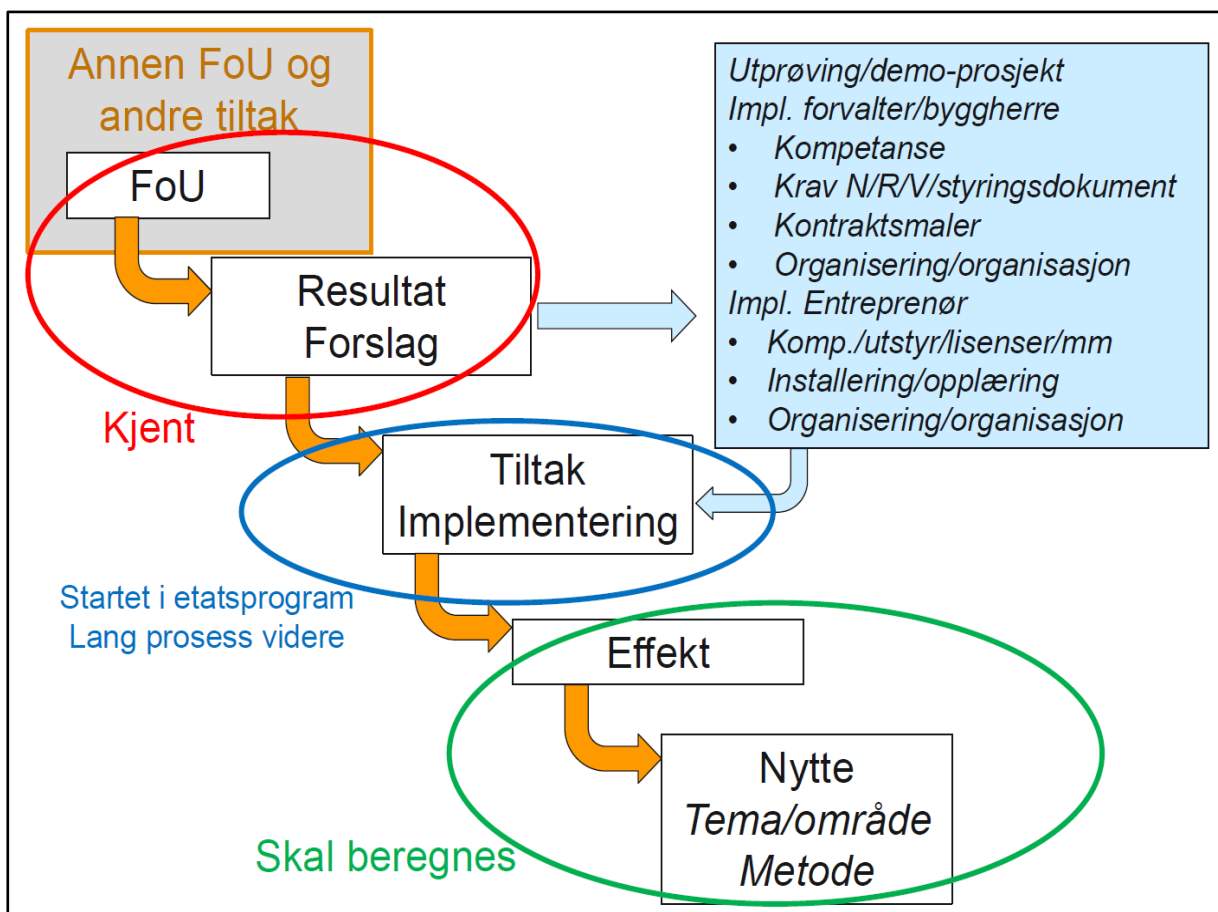
## 8. NYTTEN AV VARIGE VEGER

### 8.1 GENERELT

ViaNova As har utført en nytteberegning av resultatene fra Varige vegger og resultatene er presentert i rapport nr. 33. De viktigste resultatene fra denne rapporten er gjengitt her.

Vurderingen tar utgangspunkt i resultatene fra etatsprogrammets delprosjekter og disse resultatenes potensielle nytte innenfor relevante områder. Metoden som er benyttet til beregning av nytten av Varige vegger er basert på en gjennomgang av forskjellige metoder som andre har benyttet til slike nytteberegninger. Beregningsmetoden er tilpasset FoU-programmets mål og innhold samt tilgjengelig datagrunnlag og ressurser.

Rammebetingelsene for nytteberegningen er illustrert i figur 33.



Figur 33 Rammebetingelser for nytteberegning av Varige vegger

Nytten er kategorisert i pris-satt nytte (kvantifiserbar) og ikke pris-satt nytte (ikke kvantifiserbar) ut i fra mulighetene til å beregne eller estimere nytteverdien i kroner.

De viktigste influensområdene hvor resultatene fra Varige vegger har betydning er vist i tabell 4. Disse er inndelt i kategoriene pris-satt (kvantifiserbar) og ikke pris-satt (ikke kvantifiserbar) nytte.

Pris-satt nytte	Ikke pris-satt nytte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegbygging</li> <li>• Forsterkning av vegoverbygning</li> <li>• Vedlikehold av vegdekker</li> <li>• Lapping av vegdekker</li> </ul> <p><i>Merknad: Beregning gjøres for hhv statlig/fylkeskommunal virksomhet og kommunal/privat virksomhet.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompetanse i sektoren</li> <li>• Undervisning</li> <li>• Rekruttering</li> <li>• Miljø</li> <li>• Spesialområder <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lavtemperaturasfalt</li> <li>○ Tilstandsutviklingsmodeller</li> <li>○ Vegbredde</li> </ul> </li> </ul>

Tabell 4 Oversikt over hvor forbedringene fra Varige veger kommer til nytte

For pris-satt nytte er parameteren (veg)dekkelevetid, med tilhørende kostnader uttrykt ved årskostnader, valgt som indikator for nytteverdi. Nyttien er beregnet som den besparelse implementeringen av resultater fra Varige veger medfører, dvs. som forskjell i årskostnader for situasjonen med og uten innføring av resultater/tiltak fra Varige veger.

Nytteverdien er vurdert over en periode på 20 år og det er benyttet 2015-prisnivå uten korrigeringsfaktor for forventet prisstigning.

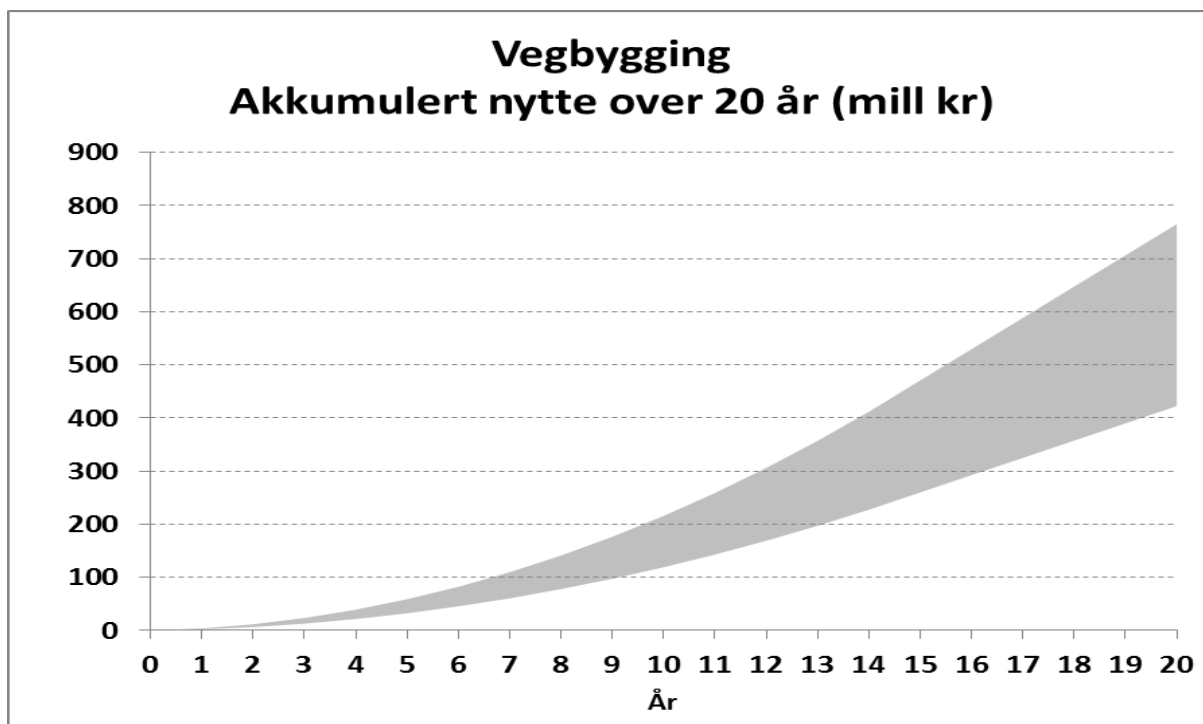
## 8.2 PRIS-SATT NYTTE

### Vegbygging

For vegbygging er følgende resultatområder sentrale for nytteeffektene:

- Grunnundersøkelser
- Materialkrav for forsterkningslag og bærelag
- Frostsikring
- Komprimering granulære materialer (krav, oppfølging, veileder)
- Dimensjoneringssystem
- Asfaltlag (materialer, produksjon, transport, utlegging, kontroll)

Implementering av disse resultatene vil gi riktig utført vegoverbygning med redusert nedbrytning av vegkropp og økt dekkelevetid. Økt levetid på grunn av resultatene fra Varige veger anslås å ligge i området 20 – 30 %. Dette gir akkumulert nytte (besparelse) over 20 år som vist i figur 34. Den totale (akkumulerte) nytten (besparelsen) etter 20 år er beregnet til å ligge i området fra 425 (lavt anslag) til 775 (høyt anslag) mill. kr.



Figur 34 Akkumulert nytte (besparelse) for vegbygging

### Forsterkning av vegoverbygning

Nytte av forsterkning, målt som endring i dekkelevetid og dekkekostnader, kan fremstilles som vist i tabell 5. Det er her forutsatt en dekkekostnad på 1,0 mill. kr pr. km.

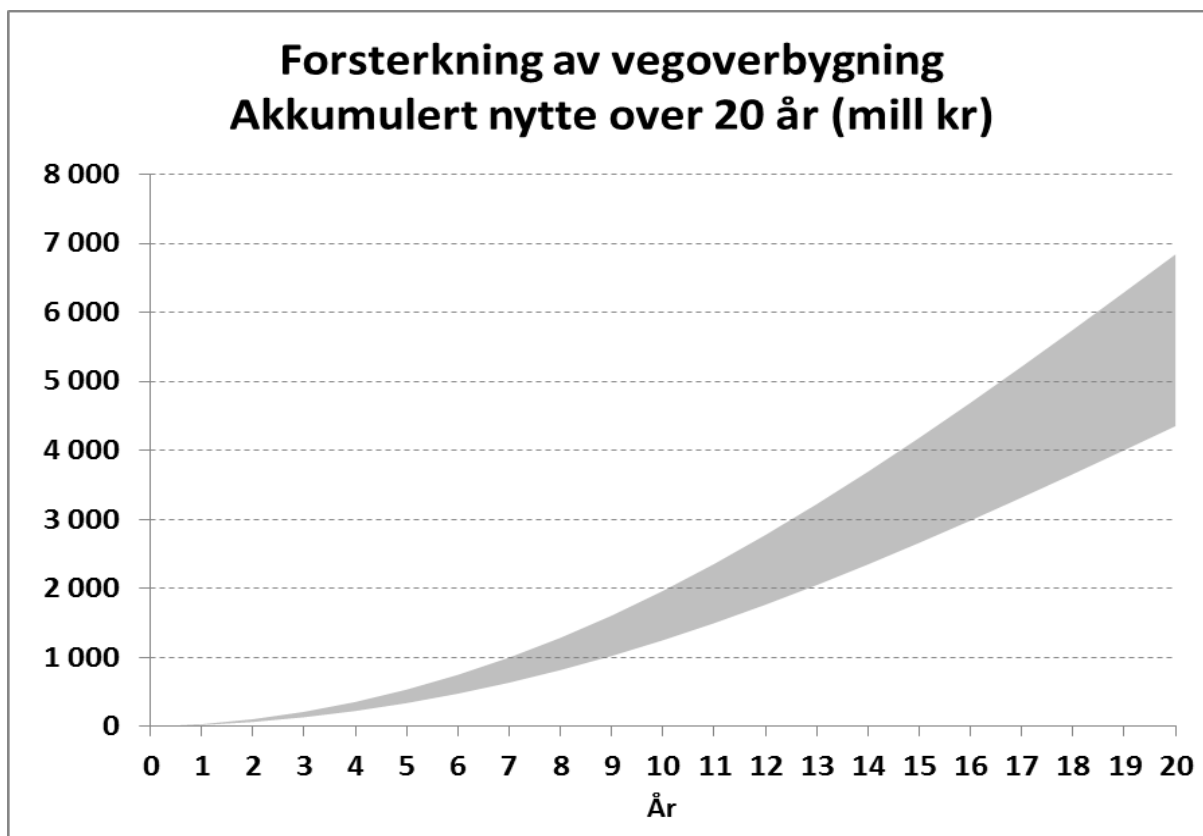
Forsterkning	Typisk dekkelevetid (år)	Årlig kostnad vegdekke (kr/km/år)
Før: Typisk levetidsfaktor 0,5 – 0,7	7	143.000
Etter: Typisk levetidsfaktor 1,8 – 2,2	20	50.000
Differanse		93.000

Tabell 5 Endring i dekkelevetid og kostnader ved forsterkning

Ved gjennomføringen av forsterkningsarbeider vil man ha nytte av implementerte resultater fra Varige veger på samme måte som for bygging av veger. Nytteregningen er utført med et spenn i potensiell nytte (besparelse) i området 35.000 – 55.000 kr/km/år.

Ut i fra innsamlede data om utført forsterkning er det antatt at samlet volum av forsterkning på riks- og fylkesvegnettet vil være 650 km pr. år i 10 år framover og deretter en gradvis reduksjon av volumet ned mot 0 km pr. år ved utløpet av 20-års perioden. Dette gir et samlet volum for forsterkning på om lag 10.000 km i 20-års perioden.

Dette gir en nytte (besparelse) over 20 år som vist i figur 35. For hele 20 års perioden gir dette en nytte (besparelse) i området 4.350 – 6.850 mill. kr.



Figur 35 Akkumulert nytte (besparelse) for forsterkning av veger

#### Vedlikehold av vegdekker

Omfanget av asfaltering på riks- og fylkesvegnettet de siste årene er vist i tabell 6.

Rv og Fv	Mill. kr	Km	1000 Tonn	Reasfalteringsfrekvens (år)
2015	2 672	3 683	2 284	14,9
2014	2 677	3 507	2 261	15,7
2013	2 267	3 230	1 966	17,0
2012	2 014	3 246	2 160	16,9
2011	2 230	3 759	2 207	14,6
2010	1 871	3 484	1 952	15,8

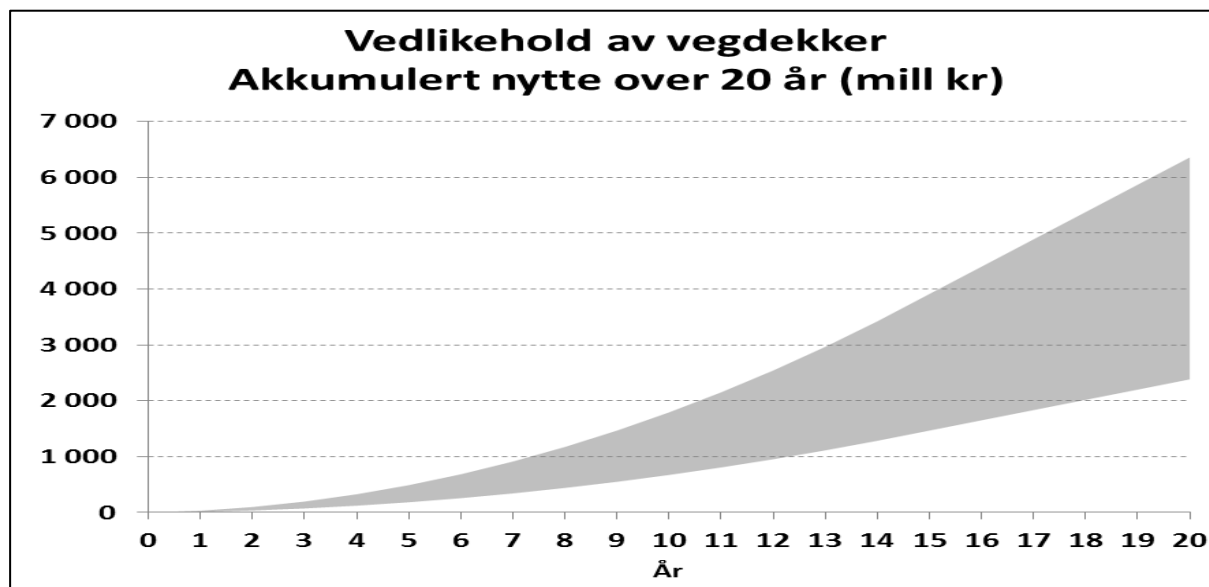
Tabell 6 Omfang av reasfaltering på riks- og fylkesveger 2010 – 2015

Reasfalteringsfrekvens er valgt som grunnlag for nytteberegningen og det er antatt en økning av dekkelevetiden på 1 – 3 år (lavt – høyt anslag). Dette anses å være et rimelig og oppnåelig mål dersom resultatene fra Varige veger implementeres. I praksis vil den resulterende reasfalteringsfrekvensen til dels være en følge av tilgjengelige budsjettmidler og er ikke bare knyttet til tilstand.

Nytte målt som endring i dekkelevetid og dekkekostnader, kan da framstilles som vist i tabell 7. Dette gir akkumulert nytte (besparelse) over 20 år som vist i figur 36. For hele 20 års perioden gir dette en nytte (besparelse) i området 2.375 – 6.350 mill. kr.

Reasfaltering	Reasfalteringsfrekvens (år)	Årlig kostnad vegdekke (kr/km/år)
Før	15	53.500
Etter (lavt anslag)	16	50.000
Etter (høyt anslag)	18	44.500

Tabell 7 Dekkekostnader ved forbedret kvalitet og endring i reasfalteringsfrekvens



Figur 36 Akkumulert nytte (besparelse) for vedlikehold av vegdekker

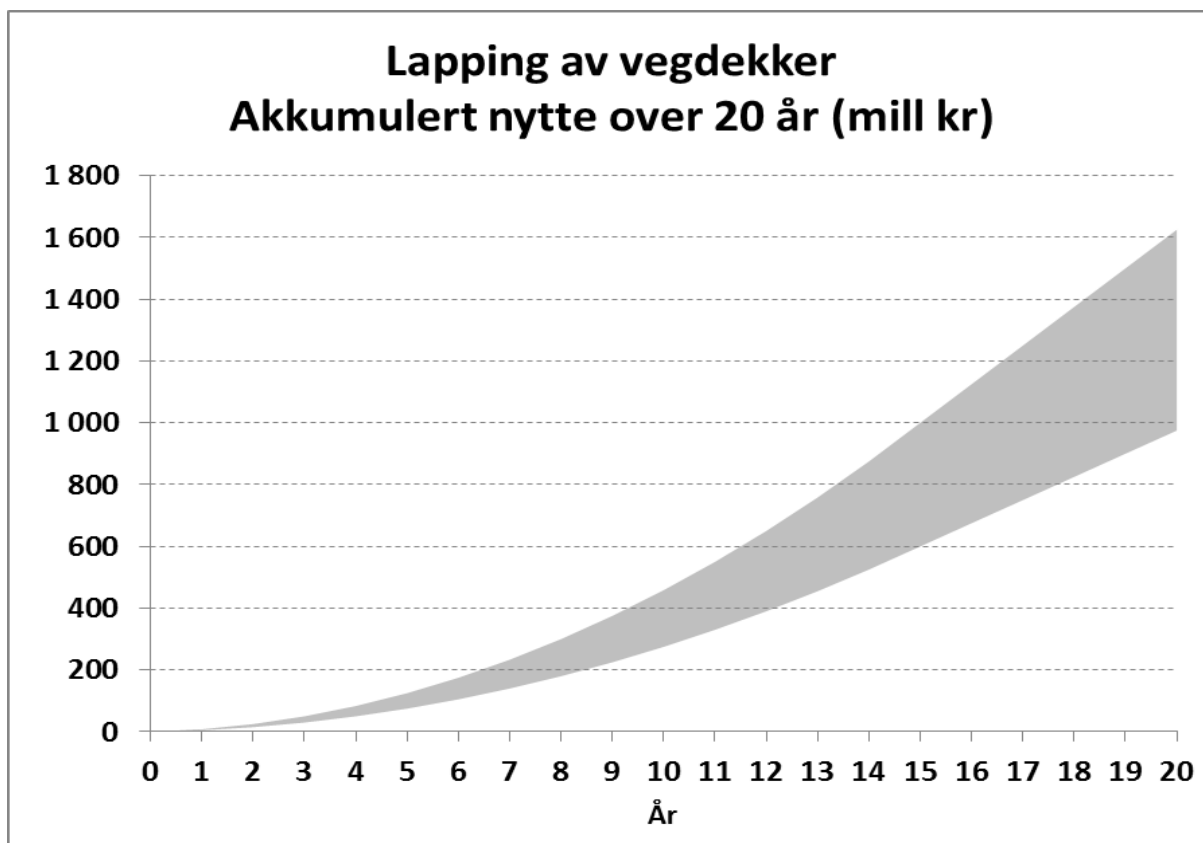
### Lapping av vegdekker

Etter hvert som resultatene fra Varige veger implementeres og reasfalteringene gjennomføres i tråd med kravene og anbefalingene i Varige veger, vil kostnaden til lapping reduseres.

Årlige kostnader til lapping er anslått til å ligge på ca. 225 mill. kr. Nyten av resultatene fra Varige veger er anslått til å komme opp i 75 – 125 mill. kr pr. år i løpet av 15 – 20 år.

Akkumulert nytte over 20 år er vist i figur 37 og er beregnet til å gi en besparelse på 975 – 1.625 mill. kr.





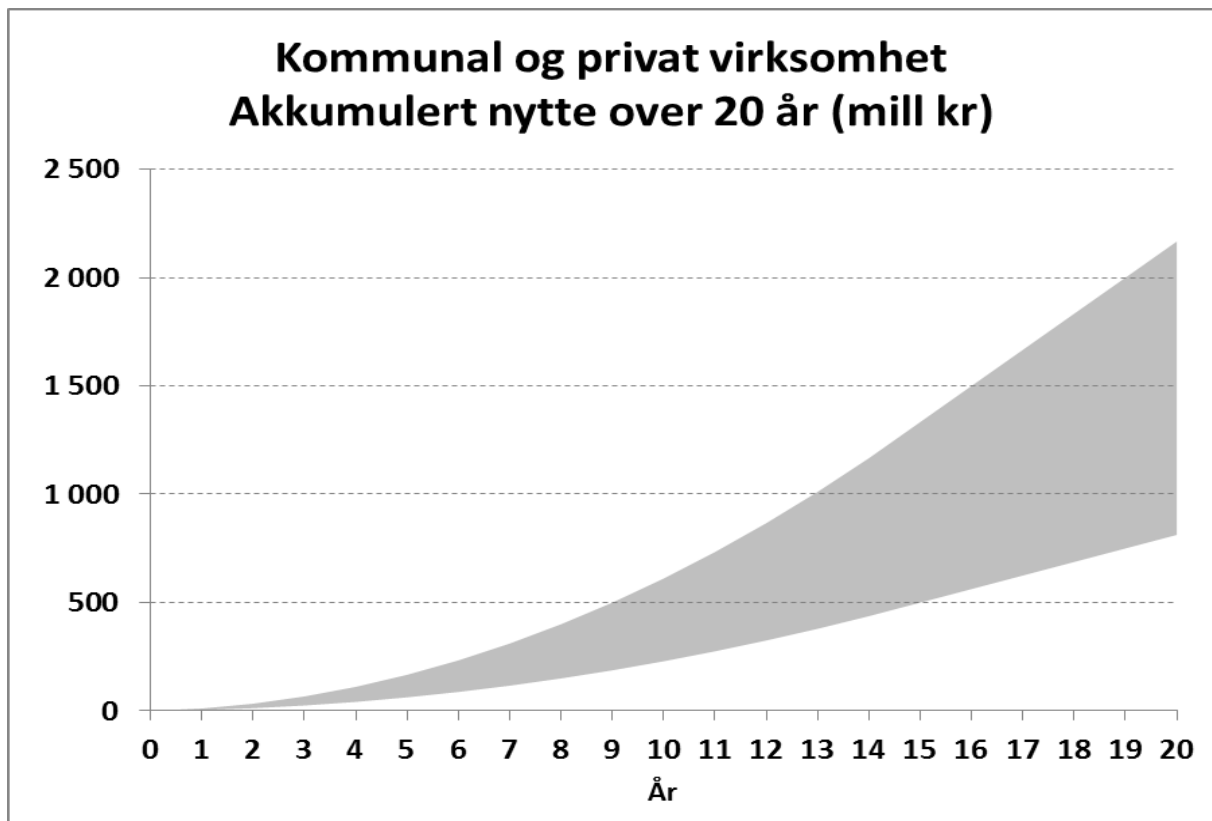
Figur 37 Akkumulert nytte av lapping av vegdekker

#### Kommunal og privat virksomhet

Total asfaltproduksjon i Norge ligger ifølge oversikter fra EBA på om lag 6,5 mill. tonn pr. år. Av disse går om lag 3,5 mill. tonn til Statens vegvesen, med 2,25 mill. tonn til vedlikehold på riks- og fylkesveg og 1,25 mill. tonn til nybygging. Leveransene til kommuner og private er om lag 3 mill. tonn pr. år.

Dersom resultatene fra Varige veger også implementeres i kommunal og privat sektor vil det gi en kvalitetsforbedring og en nytte (besparelse). Beregningen er her gjort med en nytteeffekt som er 1/3 av effekten for riks- og fylkesveger.

Dette gir akkumulert nytte (besparelse) over 20 år som vist i figur 38. Den akkumulerte nytten er her på 825 – 2.175 mill. kr.



Figur 38 Akkumulert nytte for kommunal og privat virksomhet

### 8.3 IKKE PRIS-SATT NYTTE

Økt kompetanse i sektoren: Økt kompetanse hos vegholdere (vegforvalter og byggherre), entreprenører, konsulenter, undervisningsinstitusjoner, m.fl. vil bidra til forbedret sluttprodukt, men også ha andre nytteeffekter som forbedret kommunikasjon, bedre grunnlag for innovasjon, færre konflikter osv. Økt kompetanse i sektoren utgjør således både en nytte i seg selv samtidig som denne kompetansen utgjør en betingelse for at pris-satt nytte kan realiseres.

Undervisning: Etatsprogrammets resultater gir grunnlag for oppdatert og rasjonell undervisning gjennom direkte tilrettelagt undervisningsmateriell og annet materiell som kan nyttes i undervisning (styringsdokumenter, veiledere mm). Dette gir direkte nytte for alle som underviser innen fagfeltet gjennom redusert ressursbruk i forberedelse av undervisningen og det bedrer kvaliteten på undervisningen.

Rekruttering: Økt kompetanse og synliggjøring av denne, samt høyt faglig nivå og utfordrende oppgaver med krav til god kompetanse, gir økt status til sektoren og bedrer sektorens omdømme. Dette gir også bedre grunnlag for rekruttering til sektoren. Innsatsen innen doktorgradsarbeid, masteroppgaver, bacheloroppgaver og andre studentoppgaver gir også nytte på dette området.

Miljø: En generell forlenging av levetid på vegoverbygning inkludert vegdekkene vil i sin tur bidra til en positiv miljøeffekt gjennom redusert forbruk av ressurser, redusert utslipp/avfall knyttet til produksjonen og redusert eksponering for arbeidstakerne. Økt dekkelevetid vil pga

reduisert omfang av vegarbeid også bidra til reduksjon av negative miljøeffekter knyttet til trafikkavviklingen.

Lavtemperaturasfalt: Varige veger har bidratt til realisering av opprinnelig mål for LTA; forbedret HMS, mindre utslipp og lavere energiforbruk gjennom å verifisere at metoden ikke medfører forringet kvalitet.

Tilstandsutviklingsmodeller: Primært gir arbeidet med tilstandsutviklingsmodeller nytte gjennom bruk til utvikling av dimensjoneringsystemet for vegoverbygning og praktisk bruk for valg av materialer og tiltak. I tillegg gir modellbygging en sammenstilling og utprøving av tilgjengelig kunnskap og data, noe som klart bidrar til å identifisere svake punkter og mangler både i kunnskap og datagrunnlag. Således utgjør modellbygging et vegkart for prioritering av videre arbeid innen fagområdet.

Vegbreddeutvidelse: Resultatene kan nyttes i lokale vurderinger av vegutbedringsstrategier og –tiltak og gi grunnlag for riktig valg. I tillegg kan de gi bidrag med hensyn til vegbreddevurderinger i arbeidet med vegnormalene for vegers utforming.

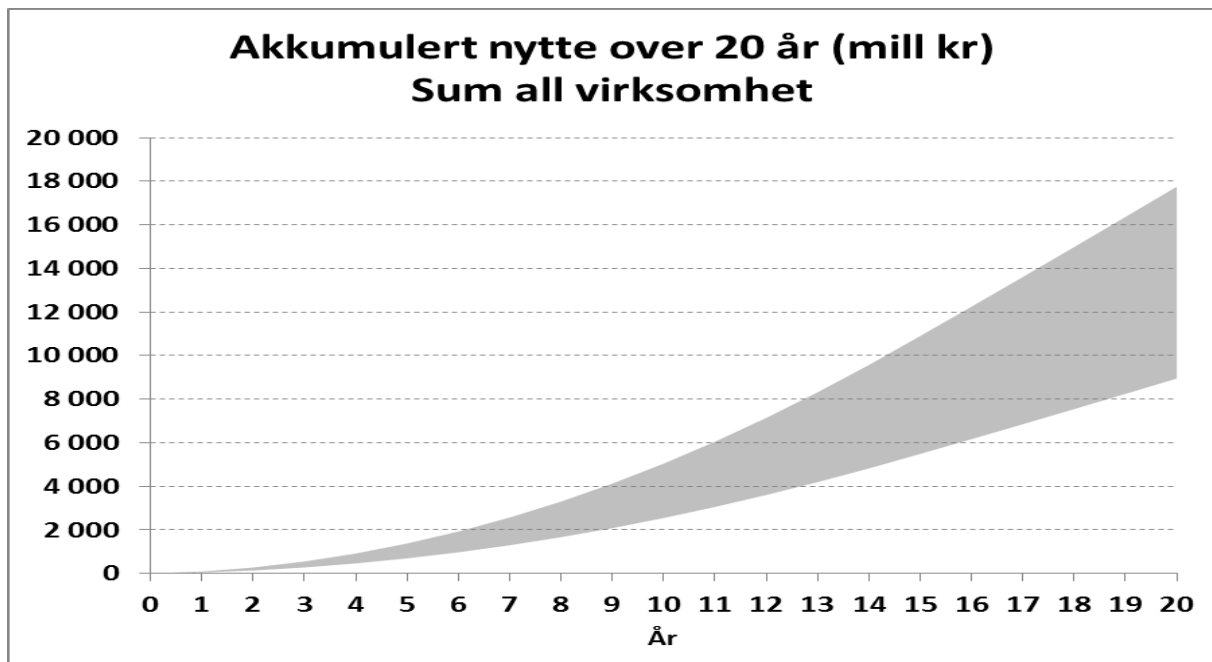
#### 8.4 SAMMENSTILLING AV NYTTEEFFEKTER

Samlet potensiell nytte (besparelse) for pris-satte elementer er vist i tabell 8.

Område	Nytte (besparelse) over 20 år Lavt – høyt anslag (mill. kr)	Gjennomsnittlig nytte (besparelse) pr år I 20-års perioden Lavt – høyt anslag (mill. kr)
Vegbygging	425 – 775	20 – 40
Forsterkning av vegoverbygning	4.350 – 6.850	220 – 350
Vedlikehold av vegdekker	2.375 – 6.350	120 – 20
Lapping av vegdekker	975 – 1.625	50 – 80
Kommunal/privat virksomhet	825 – 2.175	40 – 110
<b>Sum</b>	<b>8.950 – 17.750</b>	<b>450 – 900</b>

Tabell 8 Potensiell nytte for pris-satte elementer

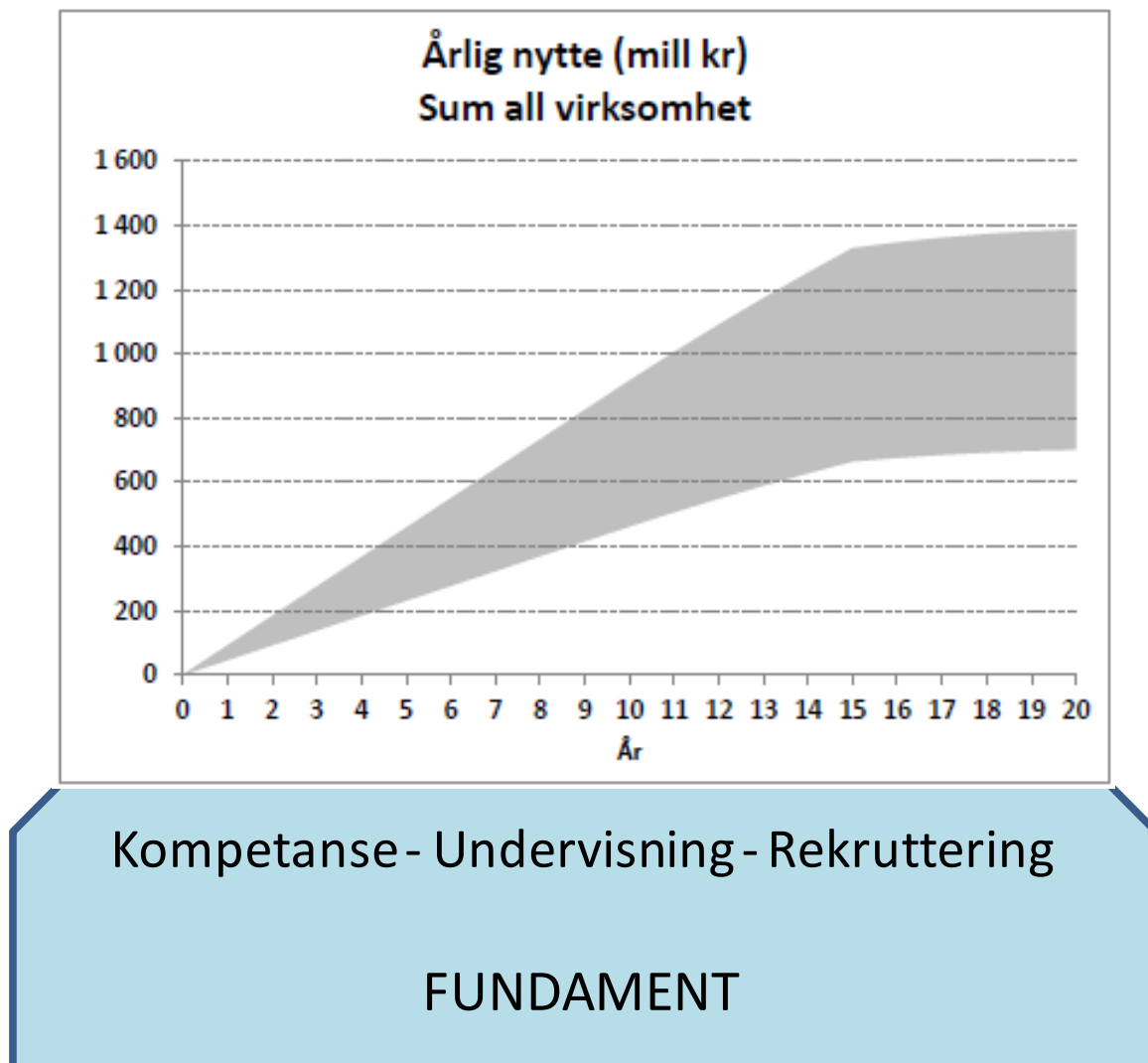
I figur 39 er det vist en fremstilling av akkumulert nytte over 20 år ved implementering av alle resultater/tiltak.



Figur 39 Akkumulert nytte (besparelse) ved implementering av alle tiltak i Varige vegger

Hvordan den årlige nytten øker etter hvert som resultatene fra Varige vegger implementeres er vist i figur 40. Etter om lag 15 år er den årlige nytten kommet opp til et nivå på 675 – 1.325 mill. kr og flater deretter ut mot et nivå på 700 – 1.400 mill. kr etter 20 år.

Den maksimale årlige nytten på ca. 700 – 1.400 mill. kr oppnås dersom alle resultatene/tiltakene fra Varige vegger implementeres fullt ut. Denne nytten (besparelsen) tilsvarer om lag 10 – 20 % av den årlige kostnaden til asfaltarbeid i Norge, som ligger på om lag 6.500 mill. kr.



Figur 40 *Årlig nytte (besparelse) ved implementering av alle tiltak i Varige veger. Sammenheng mellom pris-satt og ikke pris-satt nytte*

Figur 40 viser klart at effekten av Varige veger er langsiktig og det er først etter 10 – 15 år at en virkelig får store gevinster av dette arbeidet. Tilsvarende vil en heller ikke se utslagene av enkle og billige løsninger før etter 10 – 20 år. Dette er ofte et problem når stramme budsjetter og ønske om raske løsninger kommer i konflikt med de teknisk gode og langsiktig riktige løsningene.

Sammenstilling av pris-satt og ikke pris-satt nytte er utfordrende. Samtidig er de veldig nært knyttet til hverandre gjennom at den ikke pris-satte nytten danner en basis for realisering av den pris-satte nytten, både med hensyn til hvor stor del av pris-satt nytte som kan realiseres og hvor fort den kan realiseres. Dette er forsøkt illustrert i figur 40 der fundamentet for å kunne ta ut den fremtidige gevinsten av Varige veger er basert på kompetanse og andre ikke kvantifiserbare nytteeffekter.

## 9. KONKLUSJONER

### Vegdekker

- Utførelsen har stor betydning for levetiden av asfaltdekker. For å oppnå god kvalitet av asfaltdekkene er det viktig å ha fokus på:
  - Homogenitet
  - Komprimering
  - Skjøter
  - Klebing til underlaget
- Det er behov for mer tilstedeværelse og oppfølging med kontrollører ute for å sikre god kvalitet av asfaltdekkene. Stikkprøvekontrollen som utføres av Statens vegvesen er ikke så ensartet som ønsket. Det er behov for en helhetlig revisjon av kravspesifikasjonene og konkurransegrunnlaget for å sette klare krav som kan kontrolleres objektivt og med tilhørende sanksjonsmuligheter.
- Nye kontrollmetoder for asfaltdekker med bruk av IR-skanning og varmekamera samt laserskanning (teksturmåling) har vist seg å være nyttige verktøy til objektiv måling/kontroll av homogenitet. Det må jobbes videre med ViaPPS-utstyret før dette kan tas i bruk til slik kontroll.
- God heft/klebing mellom asfaltlagene er viktig og bitumenemulsjonen som brukes er sårbar både for lagring, utførelse og værforhold. Undersøkelsene av bindestyrke viser at mengden emulsjon bør tilpasses underlaget og heften mellom asfaltlagene er svært påvirket av betingelsene ved utførelsen, for eksempel skittent underlag og regnvær.
- Ved legging av asfalt transportert med båt er det utfordrende å holde jevn temperatur og oppnå tilfredsstillende kvalitet. Bruk av formater eller Shuttle buggy for å utjevne temperaturen er svært aktuelt for slike prosjekter.
- Det er utviklet funksjonsbaserte krav til deformasjon- og slitasjemotstand for asfaltdekker og for PMB som gir bedre grunnlag for å ta i bruk funksjonsbaserte kontrakter.

### Dimensjonering og forsterkning

- Moderne anleggsdrift medfører at bruk av sprengstein i overbygningen ikke lenger kan tillates. Krav om at alle steinmaterialer skal være knust i en kontrollert produksjon er innført.
- Frostsikring av veg er en svært viktig del av dimensjoneringen og kravene til frostsikring er tydeliggjort og skjerpet. De nye kravene og oppdaterte frostmengdetabeller er tatt inn i håndbok N200 Vegbygging.
- Det norske vegnettet har store mangler når det gjelder bredde på kjørefelt og skulder. På mer enn 3500 km av riks- og fylkesvegnettet er det behov for mer enn 1 m breddeutvidelse. Ut i fra en kost/nytte-analyse av den samfunnsmessige effekten av breddeutvidelse av smale veger, slik at de tilfredsstillende vegnormalstandarder, er det beregnet at breddeutvidelse er lønnsomt. Dette gjelder med unntak av veger med ÅDT  $\leq 500$  og i bratt terreng.
- Utbedringsbehovet er stort på vegnettet i Norge, mens det oftest er begrenset med ressurser. Det er utarbeidet en veileder i forsterkning av veger som vil være til hjelp for optimal utførelse av utbedringsarbeider.

- God komprimering av alle lag sikrer at overbygningen har riktig stivhet og tåler trafikkbelastningen uten skadelige deformasjoner. Krav om bruk av GNSS (Global Navigation Satellite System, for eksempel GPS) gir en enklere og kvalitetsmessig bedre dokumentasjon av utført arbeid.

## **Kunnskapsformidling og implementering**

- Manglende kunnskap og kompetanse er en viktig faktor som hindrer oppnåelse av kvalitet og varige veger. Det er et stort behov for å styrke kompetansen innen vegteknologi, både i og utenfor Statens vegvesen og statusen til vegteknologifaget må økes for å sikre tilfredsstillende rekruttering.
- Det har vært stor mangel på godt undervisningsstoff innenfor disse emnene. Varige veger har derfor utarbeidet en lærebok i vegteknologi til bruk på høyskoler og i andre sammenhenger. Dette mener vi er et viktig bidrag til kompetanseheving innenfor fagområdet.
- Implementering av FoU innebærer endringer både på individnivå og organisatorisk nivå og er i mange tilfeller en mye større utfordring enn selve utviklingsprosessen.
- Implementering av kjent kunnskap har vært et mål i Varige veger og en stor del av innsatsen er lagt ned på oppdatering av vegvesenets styrende dokumenter og veiledninger. Kompetansebygging, informasjon og kunnskapsformidling har også vært en viktig del av dette implementeringsarbeidet.
- Involvering i utviklingsarbeidet er en viktig driver for implementering. Det er også viktig at de som gjennomfører utviklingsarbeidet har en sentral rolle i implementeringen.
- Varige veger har gitt viktige resultater og heving av kunnskapsnivået innen fagfeltet som legger grunnlag for økt kvalitet og lengre levetid både for asfaltdekker og vegfundament.

## **Nytten av Varige veger**

- Beregning av nytten av resultatene fra Varige veger viser en besparelse over 20 år på 8.950 – 17.750 mill. kr som i gjennomsnitt tilsvarer 450 – 900 mill. kr pr år i perioden. Det forutsettes da at alle resultatene fra Varige veger implementeres fullt ut.
- I tillegg kommer nytte for undervisning og kompetanseoppbygging gjennom undervisningsmaterieell og annet (styringsdokumenter, veiledere mm) som vil bedre kvaliteten på undervisningen og redusere ressursforbruket.
- Forlenget levetid på overbygning og vegdekker gir positive miljøeffekter gjennom redusert ressursbruk, utslipp og mindre problemer med trafikkavvikling ved vegarbeid.
- Effekten av Varige veger er langsiktig og det er først etter 10 – 15 år at en får de store gevinstene av dette arbeidet. Maksimal årlig nytte (besparelse) ligger i området 700 – 1.400 mill. kr pr. år etter 15 – 20 år.
- Konsekvensene av dårlig kvalitet eller for enkle og billige løsninger ser en heller ikke før etter lang tid, ofte 10 – 20 år. Dette er en stor utfordring når stramme budsjetter og ønske om rask fremdrift kommer i konflikt med de teknisk beste og på lang sikt rimeligste løsningene.

### Rapportoversikt – Varige veger

1. Varige veger – Sluttrapport (SVV rapport nr. 598)

#### Asfaltdekker

2. Utførelsens betydning for asfaltdekkers levetid (SVV rapport nr. 392)
3. Klebing mellom asfaltlag (SVV rapport nr. 627)
4. Båttransport av asfalt (SVV rapport nr. 583)
5. Effekt av IR-skanning og bruk av feeder (SVV rapport nr. 86)
6. Måling av homogenitet på asfaltdekker (SVV rapport nr. 600)
7. Testing av epoxyasfalt (SVV rapport nr. 241)
8. Feltforsøk med polymer-modifisert bindemiddel (SVV rapport nr. 103)
9. Polymermodifisert bitumen – Egenskaper og krav (SVV rapport nr. 489)
10. LTA 2011 – Oppfølging av forsøksstrekninger (SVV rapport nr. 197)
11. LTA 2011 – Prøvestrekninger 2013 (SVV rapport nr. 265)
12. LTA 2011 – Oppfølging av prøvestrekninger 2014 (SVV rapport nr. 355)

#### Dimensjonering og forsterkning

13. Vurdering av testmetoder for tilslagsmaterialer (SVV rapport nr. 121)
14. Frostsikring av norske veger (SVV rapport nr. 338)
15. Kostnader og nytte ved økt vegbredde (SVV rapport nr. 384)

#### Kunnskapsformidling

16. Status dagens opplæringstilbud i vegteknologi (SVV rapport nr. 214)
17. Lærebok Vegteknologi (SVV rapport nr. 626)

#### Veiledninger

18. Riktig utførelse av asfaltdekker (SVV rapport nr. 352)
19. Båttransport av asfalt (Statens vegvesen 2014)
20. Asphalt transport – by boat (Statens vegvesen/NPRA 2014)
21. Kontroll av asfaltarbeider (Statens vegvesen 2015)
22. Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid (SVV rapport nr. 284)
23. Forsterkning av veger (SVV rapport nr. 373)
24. Bruk av knust betong i vegbygging (SVV rapport nr. 262)
25. Veileder i gjenbruk av asfalt (Kontrollordningen For Asfaltgjenvinning, KFA 2013)

#### Andre Varige veger rapporter/notater

26. Kunnskap og løsninger – Forprosjektrapport (ViaNova 2010)
27. Prosjektplan (Statens vegvesen 2011)
28. Informasjons- og formidlingsplan (Statens vegvesen 2013)
29. Årsrapport 2011 (Statens vegvesen 2012)
30. Årsrapport 2012 (Statens vegvesen 2013)
31. Årsrapport 2013 (Statens vegvesen 2014)



32. Årsrapport 2014 (Statens vegvesen 2015)
33. Varige veger – Nytteberegning (ViaNova 2015)
34. Implementeringsplan (Statens vegvesen 2016)
35. IR-skanning ved dekkelegging på Rv 2 (Veiteknisk Institutt notat 2012)
36. IR-skanning ved dekkelegging på E6 i Follo (Veiteknisk Institutt notat 2012)
37. Vurdering av resultater fra testing med Wheel Track og Prall (Veiteknisk Institutt, Teknisk notat 2016)
38. Rapport Laboratorietesting Prall og Wheeltrack (Sintef Byggforsk 2013)
39. Kvalitetskontroll og målemetoder – Borprøveuttak (Sintef Byggforsk 2012)

### **Publisering**

40. Long-term performance of asphalt surfacings containing polymer modified binders (Saba R., Aurstad J., Uthus N., The 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul 2012)
41. Measurement and analysis of inhomogeneity in asphalt pavements (Espe E., Bakløkk L., BCRRA, Trondheim 2013)
42. The influence of asphalt workmanship on pavement service life (Aurstad J., Uthus N., Telle R., Bakløkk L., The 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Praha 2016)
43. Boat transport and quality of hot mix asphalt (Snilsberg B., Hoven B., Telle R., The 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Praha 2016)
44. An investigation into the effect of tack coat application rate on interlayer bond strength (Saba R., Hovin W., Jørgensen T., The 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Praha 2016)
45. Measurement and analysis of homogeneity in asphalt pavements (Espe E., Bakløkk L., The 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Praha 2016)
46. Quality assessment of polymer modified bitumen – performance related test methods and field performance (Jørgensen T., Hovin W., Saba R., The 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Praha 2016)

### **Doktorgrader tilknyttet Varige veger**

47. Influence of Subsoil Conditions on the Design and Performance of Flexible Pavements, Girum Yimer Yesuf, NTNU 2014.
48. Evaluation of the effect of aggregate mineralogy on the durability of asphalt pavements, Sara Anastasio, NTNU 2015.
49. Use of Ground Penetrating Radar for Transportation Infrastructure Maintenance, Anne Lalague, NTNU 2015.

### **Masteroppgaver tilknyttet Varige veger**

50. Vegutformingens betydning for bæreevne og skadeutvikling nær vegkant, Magnus Weydahl, NTNU 2011.
51. Fritt glimmers innvirkning på asfaltens egenskaper, Pernille Sælen, NTNU 2012.
52. Kontinuerlig komprimeringskontroll, Marit Fladvad, NTNU 2012.
53. Calculating condition of pavement structure, Daria Krystyna Romanowska, NTNU 2012.
54. Determining the Rheological Properties of Neat and Rubber Modified Soft Bitumen, Andreas Meling Kjosavik, NTNU 2013.
55. Frosttekniske egenskaper for frostsikringsmaterialer og effekt av ulike frostsikringsmetoder, Lars Andreas Solås, NTNU 2014.

56. Veg-geometriens betydning for trafikkulykker, Fredrik Lofthaug, NTNU 2014.
57. Erfaringer med ulike bærelag ved forsterkning av veg i Region nord, Greger Lyngedal Wian, NTNU 2014.

#### **Andre studentarbeider tilknyttet Varige veger**

58. Performance Prediction Models for Flexible Pavements, IAESTE-student Sara Pinto, Hospitering ved TMT Vegteknologiseksjonen 2012.
59. Kvalitetskontroll av asfaltarbeid, Ragnhild Oksavik Lockertsen, Bacheloroppgave HiST 2015 (rapporten er fortrolig).

#### **Rapporter fra tilgrensende prosjekter**

60. Telehiv på nye norske veger (SVV rapport nr. 79)
61. Registrering av aksellast. Erfaringer fra veing i fart 2011 – 2015. (SVV rapport nr. 613)
62. Kompetanseutvikling drift og vedlikehold, Sluttrapport (SVV rapport nr. 64)
63. Lærebok – Drift og vedlikehold av veger (SVV rapport nr. 365)
64. Prosjekt LavTemperaturAsfalt 2011, Hovedrapport (Foreningen for Asfalt og Veiservice – FAV 2012)
65. Norwegian WMA project – Low Temperature Asphalt 2011, Main report (FAV 2012)
66. Kartlegging av kjemisk arbeidsmiljø og mekanisk belastning ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt – Oppfølgingsforsøk 2013 (Statens Arbeidsmiljøinstitutt/Stami 2013)
67. Development of the Prall-test method in a Nordic perspective (NordFoU 2015)
68. PPM2 – Validation of Performance Models (NordFoU 2014)
69. GPR recommendations for guidelines (Interreg Mara Nord project 2012)
70. Unirem – Laboratory testing and Field Trials 2013 (Veidekke Industri 2013)
71. Kontraktsformer som oppfordrer til innovasjon og utvikling (NVF Det norske Belegningsutvalget 2014)





Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47) 22073000  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**