

Frostsikring av norske veger

Grunnlag for revisjon av håndbok 018
Varige veger 2011 - 2014

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 338



Foto: Statens vegvesen



VARIGE VEGER

Tittel

Frostsikring av norske veger

Undertittel

Grunnlag for revisjon av håndbok 018
Varige veger 2011 - 2014

Forfatter

Hurtigarbeidende arbeidsgruppe frost,
Jostein Aksnes et al.

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og
teknologiavdelingen

Seksjon

Vegteknologi

Prosjektnummer

603104

Rapportnummer

Nr. 338

Prosjektleder

Leif Bakløkk

Godkjent av

Svein Ryan

Emneord

Frostsikring, frost, tele, telehiv, telemekanismen, frostmengde, frostdybde

Sammendrag

Denne rapporten ble utarbeidet av en hurtigarbeidende arbeidsgruppe i perioden september 2012 til mars 2013. Arbeidet hadde sin forankring i etatsprogrammet "Varige veger". Rapporten inneholder forslag til nødvendig revisjon av dagens retningslinjer for frostdimensjonering i håndbok 018. Revisjonsforslagene vil også medføre behov for endringer i andre håndbøker, spesielt håndbok 025.

Title

Frost protection of Norwegian roads

Subtitle

Basis for revision of the Norwegian pavement design manual

Author

Working group frost,
Jostein Aksnes et al.

Department

Traffic Safety, Environment and
Technology Department

Section

Vegteknologi

Project number

603104

Report number

No. 338

Project manager

Leif Bakløkk

Approved by

Svein Ryan

Key words

Frost protection, frost heave, freezing index, frost depth, frost penetration, frost susceptibility, frost action

Summary

This report was worked out by a fast-track committee in the period September 2012 till March 2013. The work was based in the Norwegian R&D-program "Varige veger". The report comprises suggestions for necessary revisions of the current guidelines for frost protection of Norwegian roads, as it is given in the Pavement design manual "Håndbok 018". The suggested revisions will also affect the content of other handbooks, especially "Håndbok 025".

Forord

Etatsledelsen i Statens vegvesen (ELM) besluttet i møte den 21. juni 2012 å innføre enkelte nye krav og bestemmelser knyttet til oppbygging og frostsikring av vegkonstruksjoner. Dette med bakgrunn i de undersøkelser og anbefalinger ekspertgruppen, som ble nedsatt i forbindelse med at det er registrert telehiv på nybygde veger spesielt i vintersesongene 2009/10 og 2010/11, kom med i sin rapport (2012).

Tilbakemeldinger fra brukere av håndbok 018 tyder på at det er vanskelig å skaffe seg oversikt over alle krav og bestemmelser knyttet til frostsikring på grunn av at temaet er omtalt på forskjellige steder i håndboken, og at gitte krav og bestemmelser i enkelte tilfeller er uklare. Det ble derfor nedsatt en hurtigarbeidende arbeidsgruppe, som skulle foreslå nødvendig revisjon av dagens retningslinjer for frostdimensjonering i håndbok 018. Arbeidsgruppen har bestått av:

Jostein Aksnes, Statens vegvesen Vegdirektoratet (leder)
Øystein Myhre, Statens vegvesen Vegdirektoratet
Terje Lindland, Statens vegvesen Vegdirektoratet
Geir Berntsen, Statens vegvesen Region Øst
Per Otto Aursand, Statens vegvesen Region Nord
Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk

Det ble også etablert en referansegruppe med følgende medlemmer:

Ivar Horvli, Statens vegvesen Region Midt
Inge Hoff, NTNU
Anne Lise Berggren, eget firma
Ketil Isaksen, Meteorologisk institutt

Arbeidsgruppen startet arbeidet 17. september 2012 og hadde i alt 6 møter samt jevnlig kontakt både på e-post og telefon i perioden frem til ferdigstillelse av denne rapporten.

Arbeidsgruppen hadde 2 møter med referansegruppen.

Rapporten er utarbeidet av arbeidsgruppen i fellesskap og med forankring i etatsprogrammet Varige veger. I tillegg har Marit Fladvad, Statens vegvesen Vegdirektoratet, stått for utarbeiding av vedlegg 6 og 8.

Trondheim, 1. mars 2013

Innhold

Forord

Innhold

Sammendrag

1.	Bakgrunn.....	11
2.	Mandat og tolking av oppgaven.....	12
3.	Definisjon av overbygning.....	13
4.	Telemekanismen	15
5.	Grunnundersøkelser som grunnlag for dimensjonering av overbygning.....	20
5.1	Bakgrunn og grunnlag	20
5.2	Vurderinger.....	20
5.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger	21
5.4	Betydning for håndbok 018	21
5.5	Betydning for andre håndbøker	23
6.	Årsmiddeltemperatur og frostmengder	24
6.1	Bakgrunn og grunnlag	24
6.2	Vurderinger.....	24
6.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger	33
6.4	Betydning for håndbok 018	34
6.5	Betydning for andre håndbøker mv.	34
7.	Frosttekniske egenskaper og beregning av frostdybde	36
7.1	Bakgrunn og grunnlag	36
7.2	Vurderinger.....	36
7.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger	46
7.4	Betydning for håndbok 018	46
7.5	Betydning for andre håndbøker	47
8.	Krav til frostsikringslag, materialkvalitet	48
8.1	Bakgrunn og grunnlag	48
8.2	Vurderinger.....	48
8.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger	52
8.4	Betydning for håndbok 018	53
8.5	Betydning for andre håndbøker	53
8.6	Videre arbeid	53
9.	Utkilinger	54
9.1	Bakgrunn og grunnlag	54
9.2	Vurderinger.....	54
9.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger	56
9.4	Betydning for håndbok 018	56
9.5	Betydning for andre håndbøker	56
10.	Krav til dysprensning i fjellskjæringer	57
10.1	Bakgrunn og grunnlag.....	57
10.2	Vurderinger	57
10.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger.....	58
10.4	Betydning for håndbok 018	58
10.5	Betydning for andre håndbøker	59
11.	Drenssystemets høydebeliggenhet	60
11.1	Bakgrunn og grunnlag.....	60
11.2	Vurderinger	60
11.3	Konklusjoner/forslag til endringer og anbefalinger	61

11.4	Betydning for håndbok 018	61
11.5	Betydning for andre håndbøker	62
12.	Ising på veg ved bruk av isolasjonsmaterialer	63
12.1	Bakgrunn og grunnlag.....	63
12.2	Vurderinger	63
12.3	Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger.....	63
12.4	Betydning for håndbok 018	64
12.5	Betydning for andre håndbøker	64
13.	Frostsikring - en lønnsom investering?	65
13.1	Bakgrunn og grunnlag.....	65
13.2	Beregning av netto nytte	65
14.	Endrede krav til frostsikring i dimensjoneringsystemet	67
15.	Konklusjoner, oppsummering og videre arbeid	69
16.	Referanser.....	73

VEDLEGG

Vedlegg 1: NA-rundskriv nr 12/09. Nye krav og bestemmelser knyttet til håndbok 018
Vegbygging

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder (nye tabeller og kart fra MI)

Vedlegg 3: Drenssystem ved stor overbygningstykkelse.

Notat ViaNova Plan og Trafikk AS datert 10.11.2012

Vedlegg 4: Revisjon av HB 018 Beskyttelse mot differensiell ising

Notat ViaNova Plan og Trafikk AS datert 24.10.2012

Vedlegg 5: Frostsikring – en lønnsom investering?

Notat ViaNova Plan og Trafikk AS datert 05.02.2013.

Vedlegg 6: Oppsummering av svenske og finske retningslinjer for frostsikring

Vedlegg 7: Innarbeiding av frostsikring i dimensjoneringsystemet

Vedlegg 8: Digital billedanalyse

Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet av en hurtigarbeidende arbeidsgruppe som er forankret i etatsprogrammet "Varige veger". Rapporten inneholder forslag til nødvendig revisjon av dagens retningslinjer for frostdimensjonering i håndbok 018. Revisjonsforslagene vil også medføre behov for endringer i andre håndbøker, spesielt håndbok 025.

Definisjon overbygning

Arbeidsgruppen anbefaler at frostsikringslaget defineres som en del av vegoverbygningen. For frostsikringslag av sand, grus- og steinmaterialer er kravene til finstoff satt slik at materialet kan være litt telefarlig (T2).

Frostsikringen kan i enkelte tilfeller være delt i to lag. Dette gjelder når vi legger inn et isolasjonslag (XPS, lettklinker eller skumglass) over frostsikringslaget. Arbeidsgruppen anbefaler at man ved bruk av isolasjonsmaterialer (lettklinker, skumglass eller XPS) krever et minimum 30 cm tykt frostsikringslag (utfrysingslag) under for å sikre mot ujevne telehiv ved gjennomfrysing av isolasjonslaget.

Grunnundersøkelser som grunnlag for dimensjonering av overbygning

Arbeidsgruppen foreslår at dagens krav til grunnundersøkelser (kapittel 510.2) i håndbok 018 beholdes, men det innføres en metodikk basert på studie av kvartærgeologiske kart og vegens vertikolgeometri for å begrense prøveomfanget.

Klimadata for vurdering av frostsikringsbehov

Arbeidsgruppen har konkludert med at det fortsatt trengs tabeller for årsmiddeltemperatur og frostmengde, og anbefaler at de nye tabellene fra met.no (2012) benyttes i håndbok 018. Tabellen vil inneholde data også om variasjon i frostmengde innen kommunen.

Arbeidsgruppen anbefaler også at man i håndbok 018 henviser til kartportal som kan vise variasjon i årsmiddeltemperatur og frostmengde på en mer detaljert måte enn i tabeller.

Arbeidsgruppen mener at de nye dataene for årsmiddeltemperatur og frostmengde også må gjelde for tunneler (og bruer).

Frosttekniske egenskaper og beregning av frostdybde

I NA-rundskriv 12/09 er maks overbygningstykkelse (inkludert frostsikringslag) på 1,8 m opphevet for ÅDT>8000 i påvente av arbeidsgruppens arbeid. Arbeidsgruppen foreslår at grensen for maks overbygningstykkelse settes til 2,4 m for ÅDT>8000.

For XPS stemmer antatte termiske verdier og beregninger dårlig med eksisterende versjon av håndbok 018 og med leverandørens brosjyremateriell. Arbeidsgruppen foreslår at det må vurderes om det skal innføres en maksimal isolasjonstykkelse på 150 mm, og om en skal anbefale ikke å bruke XPS som isolasjon i de kaldeste deler av landet.

Krav til frostsikringslag, materialkvalitet

Det er viktig å skille mellom forsterkningslag og frostsikringslag ved bygging av veg. I henhold til NA-rundskriv 12/09 kreves nå knusing og sikting av steinmaterialer for bruk i forsterkningslag. Når det gjelder steinmaterialer til frostsikringslag tilsier erfaringene at gjeldende krav ikke fungerer tilfredsstillende. Arbeidsgruppen anbefaler derfor endringer i

kravformuleringer her. De foreslåtte krav er entydige, kontrollerbare og skal ivareta følgende egenskaper hos frostsikringslag av steinmaterialer:

- Homogenitet
- Passe mengde finstoff
- Ikke for grovt og ensgradert

Arbeidsgruppen har vurdert to alternative kravformuleringer og foreslår følgende krav til frostsikringslag av sprengt stein:

- Største steinstørrelse, målt som største sidekant, skal ikke overstige halvparten av lagtykkelsen og det tillates ikke steiner med største sidekant større enn 500 mm.
- Minimum 30 % skal passere 90 mm siktet
- Krav til kornfordeling for materiale < 90 mm i henhold til NS-EN 13285:2010, kategori G_v. For denne kategorien stilles det for en 0/90 masse krav til gjennomgang på siktene 5,6 mm og 45 mm:
 - 15-75 % < 5,6 mm regnet av materiale ≤ 90 mm (mindre viktig, velger å se bort fra dette kravet)
 - 47-87 % < 45 mm regnet av materiale ≤ 90 mm
- Krav maksimum finstoff: UF₇ (dvs. maksimum 7 % < 0,063 mm regnet av materiale ≤ 90 mm)
- Krav minimum finstoff: LF₂ (dvs. minimum 2 % < 0,063 mm regnet av materiale ≤ 90 mm)

Arbeidsgruppen anbefaler at kravet til graderingstall Cu (d₆₀/d₁₀) heves fra minimum 3 til minimum 5.

Homogenitet en veldig viktig parameter som en ønsker å sette sterk fokus på. Opplasting direkte fra røys ved bruk av hjullaster antas normalt sett ikke å gi tilfredsstillende homogenitet. For å ha kontroll på kornfordelingen må det innføres krav om at materialet splittes og blandes under opplasting. Et alternativ til splitting og veiing er bruk av *digital bildeanalyse* på ferdig utlagt frostsikringslag.

For å få til et godt samarbeid mellom byggherre og entreprenør og en god forståelse for de nye kravene til forsterknings- og frostsikringslag vil det være viktig at dette tas opp som tema i samhandlingsprosessen.

Det foreslås å flytte isolasjonsmaterialene lettklinker og skumglass fra bæreevnegruppe 3 til bæreevnegruppe 4.

Utkilinger

For veger med ÅDT < 1500 foreslås det å øke dimensjonerende frostmengde til F₁₀ og største utkilingsdybde til 1,8 m.

Kravet om utkiling bør endres slik at de gjelder steder der materialene i undergrunnen tilhører telefarlighetsklasse T3 eller T4.

Krav til dypsprengning i fjellskjæringer

Det anbefales å innføre 2 hovedprinsipper for å sikre mot telehiv og avrenning i traubunn i fjellskjæringer:

1) Dypspregning med minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg 1,75 m, og krav til stikkprøvekontroll ved sjaktgraving. Mest aktuelt ved sprengning i sterke bergarter.

2) Grunnspregning som alternativ til dypspregning, men da med krav om utlasting til fast fjell for kontroll av fjellsåle og tilbakefylling med ikke-telefarlige materialer. Minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg 0,75 m. Mest aktuelt ved sprengning i svake bergarter.

Drenssystemets høydebeliggenhet

Det er svært viktig for overbygningens funksjonelle egenskaper og tilstandsutvikling å etablere og holde vedlike et drenssystem som reduserer risikoen for at forsterkningslag og bærelag får redusert bæreevne som følge av uønsket høyt vanninnhold. I en del tilfeller vil det derimot være gunstig å ha et visst vanninnhold i frostsikringslaget dersom dette består av sand, grus eller knust fjell. Så lenge materialene i frostsikringslaget består av ikke telefarlige, ikke vannømfintlige materialer, vil et vanninnhold i størrelsesorden 3-5 % være gunstig for materialenes varmekapasitet og redusere frostnedtrengningen. Av den grunn er det gunstig at frostsikringslag av sand, grus eller knust fjell ligger udrenert dersom ikke andre forhold gjør dette uønsket.

Åpne sidegrøfter

Kravet til dybden foreslås i prinsippet beholdt uendret i forhold til kravene i håndbok 018 utgave 2011. For veg uten frostsikringslag og for veg med frostsikringslag av sand/grus/knust fjell, skal bunnen på åpne sidegrøfter ligge 35 cm lavere enn underkant av forsterkningslaget. Grøftebunnens bredde bør være 50 cm slik kravet i håndbok 018 er i dag. For veger hvor frostsikringen inkluderer isolasjonslag av lettklinker, skumglass eller XPS, skal bunnen på åpne grøfter ligge 35 cm under underkant av isolasjonslaget.

Lukket drenering

Som et minstekrav skal bunnen av drensledningen ligge 35 cm under underkant av forsterkningslaget. Det bør presiseres at hovedregelen er at lukket drenering legges frostfritt.

For veger hvor hele eller deler av frostsikringslaget består av isolerende materialer, som lettklinker, skumglass eller XPS, skal lukket drenering alltid ligge minst 35 cm under isolasjonslaget.

For dybden til lukket drenering som skal være frostfri, bør plassering av drensledningen dimensjoneres for F10. Firefelts motorveger, evt. hvor det er sannsynlig at vegen utvides til firefelts motorveg i løpet av dimensjoneringsperioden, dimensjoneres for F100.

Grunne overvannsgrøfter

Dybden på grunne overvannsgrøfter, regnet fra vegkant, bør minst være 40 cm. Dette kravet foreslås satt uavhengig av vegens standardklasse. Bunnen på grunne overvannsgrøfter bør være 50 cm bred.

Planum på leire

Det bør vurderes om det på leire, også på andre tette materialer, er behov for å sette strengere krav, f.eks. 10 % tverrfall slik det er gjort for dypspregning.

Ising på veg ved bruk av isolasjonsmaterialer

For å hindre ising ved bruk av isolasjonsmaterialer, er det i dag satt krav om minst 30 cm granulære materialer over isolasjonsplater av XPS. Det er i dag ikke satt tilsvarende krav ved isolering med skumglass eller lettklinker. Dagens krav om minstetykkelse for granulære

materialer over isolasjon av XPS foreslås utvidet til å omfatte alle typer materialer med varmeledningstall $< 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. I tillegg foreslår arbeidsgruppen at kravet økes til minst 50 cm for alle steder hvor risiko for differensiell ising kan føre til redusert funksjonsevne for dekket.

Innarbeiding av frostsikring i dimensjoneringsystemet

Endrede krav til frostsikring må innarbeides i dimensjoneringsystemet i håndbok 018.

Følgende 3 opplegg for dimensjoneringsdelen i kapittel 51 i håndbok 018 synes aktuelle:

1. Tilsvarende som i dagens utgave av håndbok 018, men med dimensjonering for frost flyttet frem til dimensjonering for bæreevne.
2. Dimensjonering for bæreevne og frostsikring samlet i en felles dimensjoneringstabell
3. Fire separate dimensjoneringstabeller:
 - a) For bæreevne i teleløsningsperioden
 - b) Med frostisolasjon av knust fjell, grus eller sand
 - c) Med frostisolasjon av lettklinker eller skumglass
 - d) Med frostisolasjon av XPS

Det synes som om alternativ 3 med fire separate dimensjoneringstabeller er mest aktuelt å innarbeide i håndbok 018.

1. Bakgrunn

Etatsledelsen i Statens vegvesen (ELM) besluttet i møte den 21. juni 2012 å innføre enkelte nye krav og bestemmelser knyttet til oppbygging og frostsikring av vegkonstruksjoner.

Dette med bakgrunn i de undersøkelser og anbefalinger ekspertgruppen, som ble nedsatt i forbindelse med at det er registrert telehiv på nybygde veger spesielt i vintersesongene 2009/10 og 2010/11, har kommet med. Det vises til VD-rapport nr 79 fra februar 2012 (Telehiv på nye norske veger – hvorfor, og hva kan gjøres for å unngå dette?). Denne undersøkelsen viste at det er ulike forhold som har ført til at det har oppstått telehiv. Det er registrert både prosjekteringsfeil ved at det er valgt feil forutsetninger for prosjekteringen, mangler ved utførelsen av vegoverbygningen og mulige mangler ved dressystemet.

Tilbakemeldinger fra brukere av håndbok 018 tyder på at det er vanskelig å skaffe seg oversikt over alle krav og bestemmelser knyttet til frostsikring på grunn av at temaet er omtalt på forskjellige steder i håndboken, og at gitte krav og bestemmelser i enkelte tilfeller er uklare. Bestemmelsene i håndbok 018 må derfor gjennomgås slik at kravene blir mer entydige, enklere å oppfylle, dokumentere og kontrollere, og bedre tilpasset dagens byggemetoder. Dette er avgjørende både for de som skal planlegge og dimensjonere vegkonstruksjoner, for entreprenører som skal levere materialer, utføre og dokumentere hva som er levert gjennom sin driftskontroll og for byggherrens stikkprøvekontroll.

2. Mandat og tolking av oppgaven

Mandatet til hurtigarbeidende arbeidsgruppe frost framgår av NA-rundskriv nr 12/09:

«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. Dette arbeidet skal omfatte både oppgradering av klimadata, frosttekniske egenskaper av frostsikringsmaterialet, beregning av frostdybder og levetidsbetraktninger.»

På første møte i arbeidsgruppen ble mandatet gjennomgått og diskutert. Arbeidet ble delt inn i ulike tema. Følgende oversikt viser de ulike temaene, samt hvilke kapitler de ulike temaene er behandlet i:

- Behov for grunnundersøkelser som grunnlag for dimensjonering av overbygning (Kapittel 5)
- Oppdatering av frostmengdetabeller og årsmiddeltemperatur (Kapittel 6)
- Frosttekniske egenskaper og beregning av frostdybde i ulike materialer (Kapittel 7)
- Krav til frostsikringslag, materialkvalitet (Kapittel 8)
- Utkilinger (Kapittel 9)
- Krav til dypsprengning i fjellskjæringer (Kapittel 10)
- Drenssystemets høydebeliggenhet (Kapittel 11)
- Ising på veg ved bruk av isolasjonsmaterialer (Kapittel 12)
- Frostsikring – en lønnsom investering? Levetidsbetraktninger (Kapittel 13)
- Innarbeiding av frostsikring i dimensjoneringssystemet (Kapittel 14)
- Gjennomgang av svenske og finske retningslinjer for frostsikring (Vedlegg 6)

Arbeidsgruppens forslag til revisjon av dagens retningslinjer for frostdimensjonering vil også føre til at det er behov for å gjøre mindre endringer i andre håndbøker. Derfor har vi for de fleste av temaene nevnt ovenfor, tatt med et underkapittel om betydning for andre håndbøker.

3. Definisjon av overbygning

Frostsikringslaget – en del av vegoverbygningen eller ikke?

I 2011-versjonen av håndbok 018 er overbygning definert på følgende måte:
Den del av vegkroppen som er over traubunn (planum). Overbygningen kan bestå av frostsikringslag, filterlag (evt. fiberduk), forsterkningslag, bærelag og vegdekke (bindlag og slitelag).

I 2011-versjonen av håndbok 018 er det noe uklart om frostsikringslaget skal regnes med som en del av vegoverbygningen eller ikke. Dette har betydning for overordnede krav for materialer i vegoverbygningen samt for definisjon av traubunn og planum i byggetegninger.

Arbeidsgruppen har diskutert dette, og har konkludert med at vi anbefaler at frostsikringslaget defineres som en del av vegoverbygningen.

Generelle krav til overbygningen

Alle materialer i vegoverbygningen, inkludert frostsikringslaget skal bestå av bæredyktige materialer. Krav til frostsikringslaget er omtalt i kapittel 8. Krav til materialer i frostsikringslaget er ikke satt så strengt som krav til materialer i den overliggende del av overbygningen. For frostsikringslag av sand, grus- og steinmaterialer er kravene til finstoff satt slik at materialet kan være litt telefarlig (T2). For øvrige lag i vegoverbygningen gjelder fortsatt kravet om at disse utelukkende skal bestå av ikke telefarlige materialer.

Isolasjon over frostsikringslaget

Frostsikringslaget kan i enkelte tilfeller være delt i to lag. Dette gjelder når vi legger inn et isolasjonslag (XPS, lettklinker eller skumglass) over frostsikringslaget. Som beskrevet i kapittel 7 er hensikten med et isolasjonslag å øke varmestøtstanden for varme som frigjøres ved nedkjøling av undergrunnsmaterialer og ved frysing av vann under isolasjonslaget. Dette betyr at frosten ofte vil trenge gjennom isolasjonslaget. En viss utfrysing av massene i underkant av isolasjonslaget vil derfor normalt skje, og dette medfører at vi må ha kontroll på hvilke masser dette sjiktet består av.

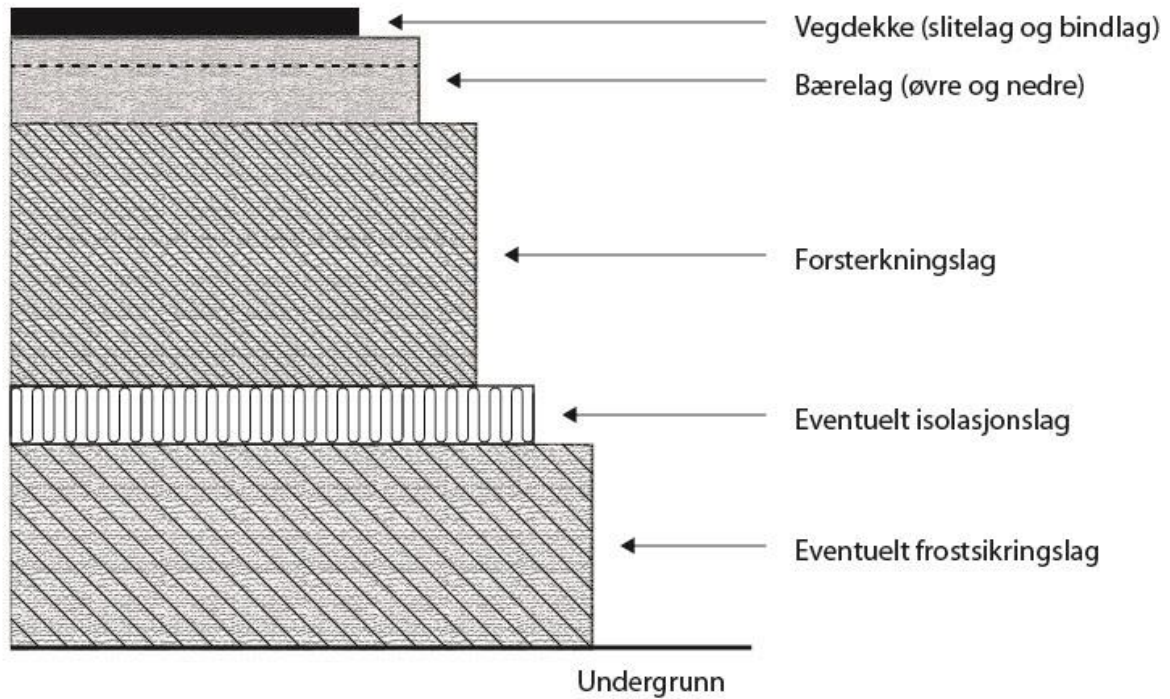
Arbeidsgruppen anbefaler at man ved bruk av isolasjonsmaterialer (lettklinker, skumglass eller XPS) krever minimum 30 cm tykt frostsikringslag under isolasjonen. Dette frostsikringslaget vil fungere som et utfrysingslag for å sikre mot ujevne telehiv ved gjennomfrysing av isolasjonslaget. Dette frostsikringslaget (utfrysingslaget) skal bestå av sand, grus- eller steinmaterialer og oppfylle de samme materialkrav satt for frostsikringslag (når det ikke brukes eget isolasjonslag). Isolasjonslaget regnes som en del av frostsikringslaget; frostsikringslaget kan bestå av to lag; isolasjonslag og frostsikringslag. Oppbygging av overbygningen, med både isolasjonslag og frostsikringslag, er vist i figur 3.1.

Drensnivå

Drensnivåets beliggenhet i forhold til forsterkningslag og frostsikringslag er beskrevet i kapittel 11.

Forslag definisjon av frostsikringslag

Den del av vegens overbygning som er beregnet på, helt eller delvis, å hindre frosten i å trenge ned i telefarlig undergrunn eller underbygning. Når det legges inn et eget isolasjonslag (XPS, lettklinker eller skumglass), vil frostsikringen bestå av to lag; isolasjonslag og frostsikringslag.



Figur 3.1 Oppbygning av overbygning med både isolasjonslag og frostsikringslag

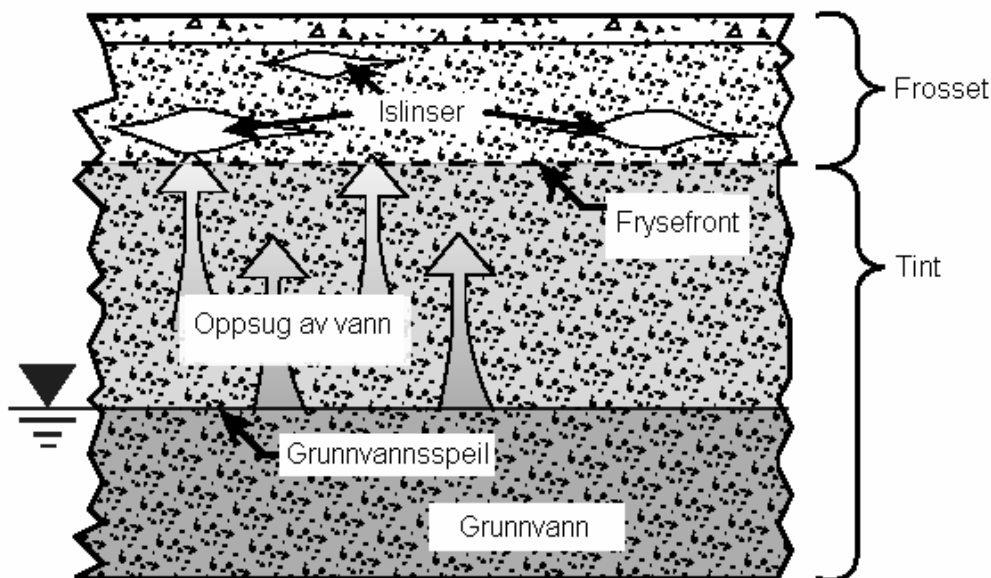
4. Telemekanismen

Ved dimensjonering av veger i områder med sesongmessig frost må en ta hensyn til de problemer som frostens effekt har på vegkonstruksjonen. De største problemene med frost er ujevnt telehiv om vinteren, og redusert bæreevne om våren. Under beskrives telemekanismen kort.

For å kunne få telehiv er det tre forhold som må være til stede:

- Temperaturer under frysepunktet
- Telefarlige materialer
- Tilgjengelighet på vann

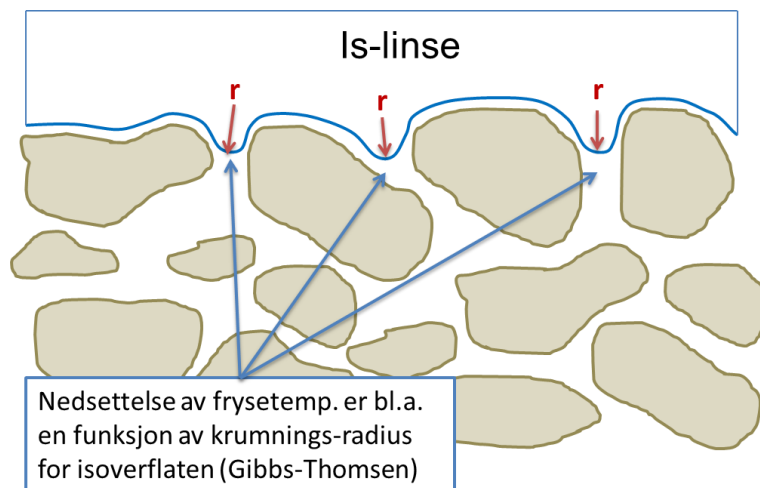
Når en jordart blir utsatt for frysetemperaturer vil det dannes en temperaturgradient som innebærer en vertikal varmefluks, se figur 4.1. Når varme blir ledet bort fra frostfronten vil temperaturen synke, og vannet i jorda vil krystalliseres ut til is. Frysing av in-situ vann vil ikke skape store hiv.



Figur 4.1 Dannelse av islinser. Modifisert etter ADPTF (2004).

Når den utkrystalliserte isen skal trenge videre ned i porene i et jordmateriale, vil isoverflaten få en krumning som gir en reduksjon av frysepunktet. Frysepunktnedsettelsen skyldes overflatespenninger mellom is- og vannfasen og krumningen på isoverflaten. Krumningen på isoverflaten er avhengig av størrelsen på porene og disse vil igjen være avhengig av materialets kornfordeling; se figur 4.2. Kornfordelingen er derfor avgjørende for materialets telefarlighet.

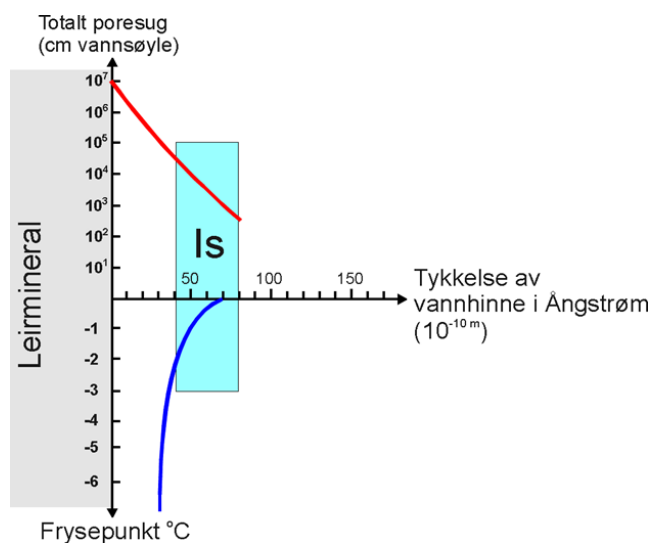
Denne mekanismen beskriver ved Gibbs–Thomson ligning, som ikke beskrives her. Isfronten vil ikke trenge videre nedover før temperaturen faller under den reduserte frysepunkttemperaturen.



Figur 4.2 Nedtrengning av is i et jordmateriale

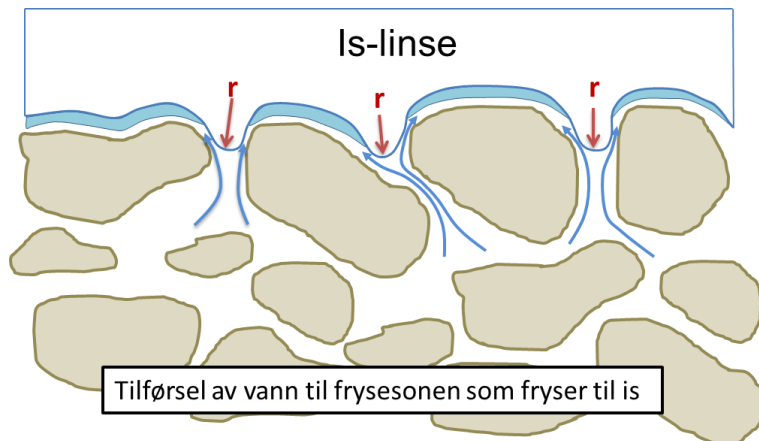
Overflatespenningene mellom vann og is vil også gi et poresug på samme måte som overflatespenninger mellom vann og luft gir et kapillært sug i et poresystem.

Vann er adsorptivt bundet til mineraloverflaten. Bindingene er sterkest inn til overflaten for så å reduseres med avstanden. Om vann som er bundet adsorptivt fryser, vil det oppstå et sug for å erstatte dette vannet, og dette suget (reduksjon av fri energi) vil føre til at frysepunktet nedsettes slik som illustrert i figur 4.3.



Figur 4.3 Binding av vann til mineraloverflate

Den krumme isoverflaten i porene fører til en frysepunktsnedsettelse og poresug samtidig som utfrysing av adsorptivt bundet vann på mineralkornenes kalde side gir et poresug. Dette gjør at vann transporteres fra undersiden av fryseseonen til oversiden av mineralkornene hvor vannet fryser til is. Vannet vil alltid strømme til den kalde siden av mineralkornet fordi poresuget er størst her; dvs. til underkanten av islinsen. Se figur 4.4.



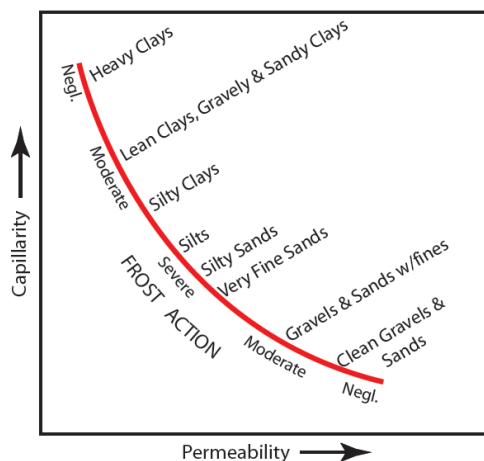
Figur 4.4 Transport av vann til fryseseonen og utfrysing

Frosten trenger videre ned i materialet når temperaturen blir lavere enn den reduserte frysetemperaturen i porene. Nye islinser vil kunne dannes etter samme mekanisme videre nedover i materialet. Det er kun vann fra undersiden av islinse som er med på å danne telehiv. I et frosset materiale vil det alltid være en viss mengde adsorptivt vann som ikke er frosset.

Islinsene vil være orientert horisontalt på varmefluksretningen, det vil si parallelt med overflata. Varigheten og intensiteten på frosten vil ha mye å si for hvor i konstruksjonen, hvor mange og hvor store islinser som dannes i løpet av frostperioden. Milde vintre vil føre til lave frostnedtrengningshastigheter, og store islinser vil kunne dannes nær overflaten. Ved lave frostnedtrengningshastigheter vil frostfronten befinne seg på samme sted over lengre tid, mer vann kan trekkes inn mot dette området, og det vil dannes store islinser. Store islinser høyt oppe i vegkonstruksjonen er ugunstig både med hensyn til telehiv og redusert bæreevne om våren. Ved kalde vintre vil det være større frostnedtrengningshastighet, og islinsene vil bli mindre, flere og dannes lengre ned i konstruksjonen. Tykke islinser høyt oppe i konstruksjonen er mer ugunstig enn tynne islinser lenger nede i konstruksjonen. Når frostfronten nærmer seg sitt maksimum kan store islinser dannes i nedre deler av konstruksjonen på grunn av at fronten står her over lengre tid. (Simonsen 1997). Klimaendringene med mildere vintre er i så måte sannsynligvis ugunstig ved at de grove islinnene kommer høyere oppe i konstruksjonen i en gjennomsnittsvinter.

I jordarter utsatt for frost er størrelsen på telehivet først og fremst bestemt av vanntilgangen og finstoffinnholdet i jorda. Store islinser vil bare dannes i finstoffrike jordarter på grunn av den store kapillære effekten. Avstanden til grunnvannspeilet eller kapillært vann er avgjørende. Er denne for stor eller permeabiliteten i materialet for liten, vil ikke vannet nå frostfronten. Det er særlig siltfraksjonen som er utsatt på grunn av dens optimale egenskaper med hensyn på permeabilitet og kapillærsug. Leirfraksjonen vil ikke ha god nok permeabilitet til å kunne suge opp nok vann, mens sand og grus vil ha god permeabilitet, men ikke den samme kapillæreffekten. Kombinasjonen med lave frostnedtrengningshastigheter, god vanntilgang og siltmaterialer er særlig uheldig med tanke på islinsedannelse. (Simonsen 1997).

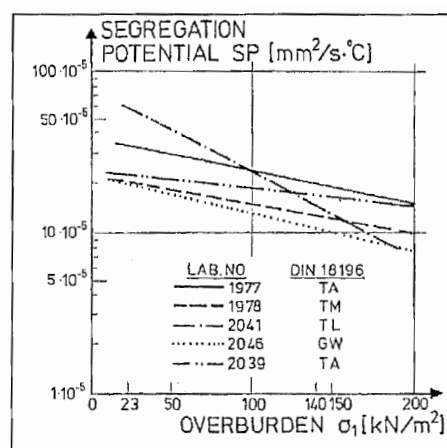
Figur 4.5 viser sammenhengen mellom kapillaritet, permeabilitet og telefarligheten for et materiale.



Figur 4.5 Sammenheng mellom permeabilitet, kapillaritet og telefarlighet

Telehivets størrelse er også avhengig av overlageringsstrykket. Dette trykket tilsvarer vekten av overliggende materialer om telehivet skjer på en lengre strekning. Dersom telehivet oppstår i et punkt eller begrenset område (ofte tilfellet ved ujevne telehiv) vil de frosne materialene medføre at belastningene blir betydelig større enn vekten av overliggende materialer skulle tilsi, fordi det frosne laget vil fungere som en stiv plate/bjelke som overfører laster fra omkringliggende områder til punktet med telehiv.

Segresjonspotensialet SP benyttes ofte i beregning av telehiv og dette er en materialkonstant som beskriver mengden vann som tilføres frysesonen som en funksjon av temperaturgradienten. Figur 4.6 viser hvordan dette endres som funksjon av overlageringstrykket for noen materialer, og felles for alle er at segresjonspotensialet reduseres med økende overlageringstrykk. Dvs. at mengden vann som tilføres islinsen og dermed størrelsen på telehivet, reduseres med økende overlageringstrykk.

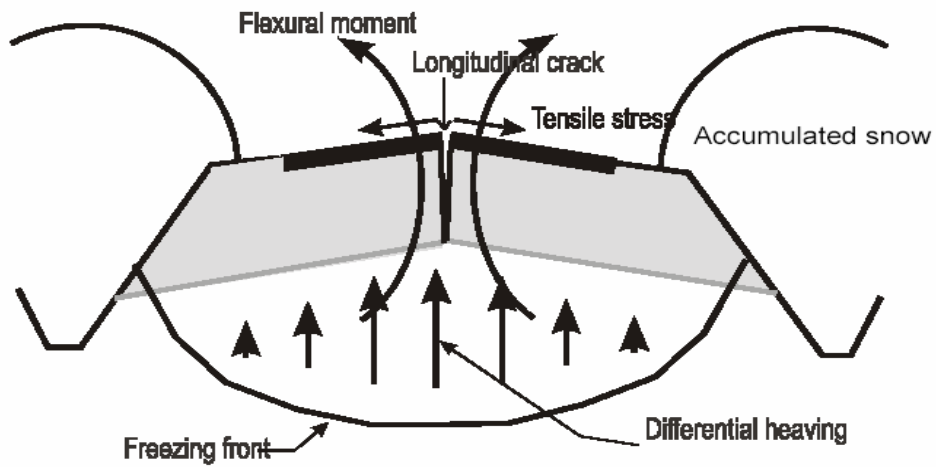


Figur 4.6 Segresjonspotensialet som funksjon av overlageringstrykk. (Jessberger/Jagow 1989)

Jevn heving får man når materialer, frostnedtrengning og vanntilgang er uniforme over en lengre strekning. Dette er en idealisering og vil sjelden forekomme. Som oftest vil man få ujevn heving, som kan gi seg utslag i sprekker og ujevnheter i dekket. Dette kan skyldes overgang fra ikke-telefarlige til telefarlige materialer, ulik tilgang på vann eller ulikt frostregime grunnet stikkrenner og kulverter. Jevnt telehiv over en lengre strekning, selv om de er store, vil ikke gi utslag på IRI-målinger og vil heller ikke påvirke kjørekomforten i særlig stor grad. De kan imidlertid merkes under tineprosessen da man vil kunne få mye vann i konstruksjonen og redusert bæreevne.

Problemene med telehiv får en først og fremst når hivene er ujevne. Ujevnhetene vil føre til forringet kjørekomfort, og større dynamisk belastning på vegen. Både brukers og vegholders kostnader vil øke. Sprekker kan oppstå slik at vann trenger inn i konstruksjonen, og man får akselerert nedbryting av denne. Mest vanlig er langsgående telesprekker i midten av vegen, mens krakelering kan oppstå som følge av redusert bæreevne om våren. Langsgående

sprekker dannes ved at isolerende snø på siden av vegen fører til større frostnedtrengning midt i vegen enn utenfor og man får et ujevnt tversgående telehiv; se figur 4.7.



Figur 4.7 Langsgående oppsprekking på grunn av ujevnt tversgående telehiv. Gjengitt etter Doré (2002)

5. Grunnundersøkelser som grunnlag for dimensjonering av overbygning

5.1 Bakgrunn og grunnlag

I NA-rundskriv 12/09 står det:

«En går bort fra inndeling av grunnforhold i variasjonsklasser og legger dagens dimensjonering for variasjonsklasse 3 (svært skiftende undergrunn) til grunn for frostdimensjonering der det er dokumentert telefarlig grunn klasse T3 og T4.»

I følge NA-rundskrivet vil det være behov for å kartlegge områder langs veglinja med T3 og T4-grunn. Revidering av kapittel 510.2 i håndbok 018 er nødvendig som følge av dette.

5.2 Vurderinger

I 2005-versjonen av håndbok 018 kom det inn et krav om å utføre grunnundersøkelser som et grunnlag for dimensjonering av veger. I 2011-versjonen av håndbok 018 er kravet utvidet og presisert flere steder i boken. De nye kravene til frostsikring i henhold til NA-rundskrivet gir ikke et redusert behov for grunnundersøkelser, men dagens krav til grunnundersøkelser er for unyanserte og avspeiler ikke variasjonene i de reelle behov.

Det har vist seg at kravet om grunnundersøkelser ikke blir fulgt opp i praksis. Dette har delvis sammenheng med kapasitetsproblemer på landsbasis for grunnundersøkelser da mye kapasitet både hos Statens vegvesen og konsulenter går med til tradisjonelle geotekniske undersøkelser i forbindelse med stabilitet- og setningsproblematikk og fundamentering for konstruksjoner. Det er derfor viktig å utføre grunnundersøkelser for dimensjonering av vegkonstruksjon på de områder der det virkelig er behov. Det vil derfor være nyttig å ta en gjennomgang av kvartærgeologiske kart for å sortere ut områder med henholdsvis sannsynlig T1/T2-materialer og T3/T4-materialer. En bør imidlertid ikke stole for mye på kvartærgeologiske kart da erfaringer viser at f.eks. detaljeringsgraden i enkelte tilfeller ikke er god nok. Kvartærgeologiske kart kan indikere hvor det er behov for å gjøre grunnundersøkelser.

I tillegg vil det være nyttig å se på vegens vertikalkurvatur for å utelukke områder med for eksempel store fyllingshøyder. De områdene som da gjenstår som må undersøkes er områder med potensielt T3/T4-materailer og lave fyllingshøyder eller skjæringer. Innenfor disse områdene bør dagens krav til antall prøver i håndbok 018 videreføres. En vil også oppnå fordeler ved å samkjøre denne prøvetakingen med de tradisjonelle geotekniske undersøkelsene. Ved å innføre dette prinsippet vil prøvetaking for dimensjonering av overbygning bli mer overkommelig enn slik det står beskrevet i dag. Det er diskutert i arbeidsgruppen om teksten må strammes inn for å få fram at prøveomfanget er under forutsetning av at kvartærgeologiske forhold og terreng peker i retning av homogene grunnforhold.

Behovet for grunnundersøkelser vil dermed være begrenset til å dokumentere omfanget av områder med materialer i T1 og T2, dvs. områder uten behov for frostsikring, og bekrefte/avkrefte T3/T4-materailer i linja. Tilstrekkelig dokumentasjon av T1/T2-undergrunn vil være områder som faller inn under grunnforhold *«Sannsynlig T1-T2 materiale»* ut fra klassifiseringen i tabellen (se kapittel 5.4 - tabell 510.3 i forslag til ny tekst i håndbok 018)

under (basert på kvartærgeologiske kart). For områder som faller inn under grunnforhold «Potensielt T3-T4 materialer» må det utføres grunnundersøkelser (prøvetaking) for å gi tilstrekkelig dokumentasjon. Krav til undersøkelser bør også differensieres på ÅDT for hovedveger. En naturlig grense vil være ÅDT 1500 da figur 512.8 i håndbok 018 ikke omfatter veger med ÅDT mindre enn 1500.

Ved prøvetaking vil det i hovedsak være behov for analyse av finstoffinnhold for telefarlighet. I spesielle tilfeller kan det være behov for analyse av andre styrkeegenskaper (udrenert skjærstyrke, vanninnhold, sensitivitet og evt. egenskaper etter omrøring) for å dimensjonere for anleggstrafikk. Behovet for disse styrkeegenskapene bør vurderes spesielt i hvert enkelt tilfelle av geotekniker.

Dimensjonering for anleggstekniske forhold i anleggsperioden kan også gjøre at det er behov for grunnundersøkelser.

5.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

Dagens krav beholdes, men det innføres en metodikk basert på studie av kvartærgeologiske kart og vegens vertikalgeometri for å begrense prøveomfanget til områdene der det er størst behov. Dette gjøres for at det skal bli overkommelig og lettere å tilfredsstille kravene til grunnundersøkelser. Det foreslås også å gjøre noe revisjon av dagens tekst.

5.4 Betydning for håndbok 018

Under er forslag til ny tekst i kapittel 510.2 og revisjon av figur 510.3 (nytt figurnummer 510.4), samt forslag til ny figur (ny figur på figurnummer 510.3) vist.

Nødvendig behov for grunnundersøkelser, som grunnlag for dimensjonering av overbygningen, skal kartlegges med metodikken vist i figur 501.3. Innenfor områder med behov for grunnundersøkelser skal minimum omfang være som vist i figur 510.4. I tillegg skal det minimum være 1 prøvetakingsprofil pr. homogen seksjon. Prøveomfanget er under forutsetning av at kvartærgeologiske forhold og terreng tilsier homogene grunnforhold. Kartlegging med tanke på behov for frostsikring skal inngå i undersøkelsen og omfatte en vurdering av grunnens telefarlighet se pkt. 512.4 og 513.2.

	Grunnforhold: Potensielt T3-T4 materialer		Grunnforhold*): Sannsynlig T1-T2 materialer
Grunnforhold fra kvartær-geologisk kart	<ul style="list-style-type: none"> - Tykk morene - Randmorene - Elveavsetning - Breelv- og bresjø-/innsjøavsetning - Hav- og fjordavsetning, strandavsetning, tykt dekke - Marin strandavsetning - (Vindavsetning og fyllmasse – vurderes spesielt) 		<ul style="list-style-type: none"> - Tynn morene **) - Hav- og fjordavsetning, strandavsetning, tynt dekke **) - Skred- og forvittringsmateriale - Tynt humus/torvdekke - Bart fjell - (Torv/myr - vurderes normalt av geotekniker)
Veglinje i fylling	Fyllingshøyde > Frostdybde	Trenger ikke grunnundersøkes	Trenger ikke grunnundersøkes
	Fyllingshøyde < Frostdybde	Skal grunnundersøkes	
Veglinje i skjæring	Skal grunnundersøkes		Trenger normalt ikke grunnundersøkelses

*) Hvis veglinjen går i grensen mellom grunnforhold T3-T4 og T1-T2 bør området klassifiseres som T3-T4 pga. kartenes unøyaktighet (+/- 50m på et 1:50 000 kart)

***) Forutsetningen for å ikke utføre grunnundersøkelser er at det skal beskrives rensk til fast fjell innenfor disse områdene

Figur 510.3 Behov for grunnundersøkelser

Vegtype	Antall profiler pr. km hvor det tas prøver
Hovedveger ÅDT > 1500	8
Hovedveger ÅDT < 1500 Samleveger og atkomstveger	4*)

*) Det bør fokuseres på områder der spesielle problemer knyttet til bæreevne og/eller ujevne telehiv er ventet. For eksempel overganger mellom fylling/skjæring og undergrunn med ulik telefarlighet (fra kvartærgeologisk kart), fundamentering på bløt undergrunn eller erfaringer med eksisterende veg som tilsier problemer.

Figur 510.4 Minste antall prøver for bestemmelse av bæreevnegruppen innenfor områder med behov for grunnundersøkelser iht. figur 510.3.

Forslag til ny tekst i grått kommentarfelt:

Grunnundersøkelser som en del av grunnlaget for geotekniske analyser og beregninger vil normalt kreve et større antall prøver. Så langt det er praktisk mulig, kan disse også inngå i grunnlaget for dimensjonering. Prøveserien bør gå ned til minimum 3 meters dybde under planlagt topp veg. Prøvetaking bør koordineres med ansvarlig geotekniker og utføres fortrinnsvis samtidig med ordinære geotekniske grunnundersøkelser.

For vurdering av behov for frostsikring, se pkt. 512.4 og 513.2, kan det være aktuelt å øke antall prøver, og/eller foreta spesiell kartlegging av områder med fare for stort eller ujevnt telehiv, for eksempel ved bløte partier, vannførende lag etc.

Endringene kan også innebære at tredje avsnitt i pkt. 202.4 bør justeres. I tillegg må det vurderes om det er behov for å justere teksten i kapittel 512.4.

Begrepene «Telefarlighetsklasse» og «telefarlighetsklassifisering» bør brukes konsekvent.

5.5 Betydning for andre håndbøker

Håndbok 016 Geoteknikk

- Det bør komme inn et eget kapittel (for eksempel 1.2.7) som behandler problemstillinger rundt nødvendige grunnundersøkelser med tanke på dimensjonering av overbygning og frostsikring (minst mulig overlapp med håndbok 018 – bør bare stå ett sted).

Håndbok 280 Geoteknisk felthåndbok

- Det kan være aktuelt å ta inn noe fra dette kapitlet i denne håndboka.

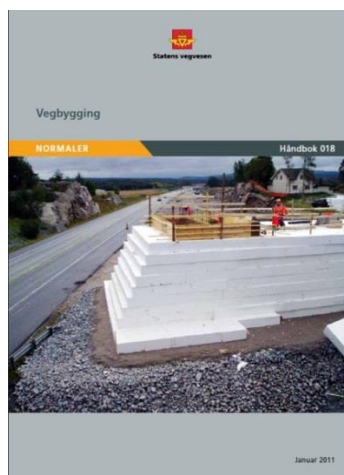
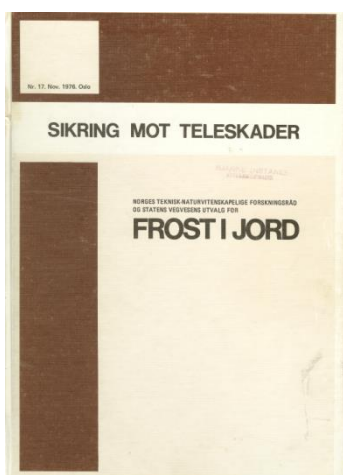
6. Årsmiddeltemperatur og frostmengder

6.1 Bakgrunn og grunnlag

Klimadata (årsmiddeltemperatur og frostmengde) for vurdering av frostsikringsbehov er foreldet slik de står i nåværende håndbok 018 (2011). Det er nødvendig å oppdatere dataene pga. endringer i målestasjonstetthet og -plassering, målenøyaktighet og beregningsmetodikk mv., samt reelle klimasvingninger.

Alle håndbok-018-utgavene f.o.m. 1980 t.o.m. 2011 har de såkalte kommunetabellene for årsmiddeltemperatur og frostmengder (F), basert på tilsvarende tabeller i «Sikring mot teleskader» (Frost i Jord-publikasjon nr. 17, 1976). Tabellverdiene er statistisk bearbejdede data fra målestasjoner i målestasjonsnettet til Meteorologisk institutt. Datagrunnlaget er fra normalperioden 1931-1960*). Tabellverdiene er vanligvis knyttet til kommunesenteret.

*) Meteorologisk Institutt opererer med såkalte normalperioder av 30 års varighet: 1931-1960; 1961-1990; osv. For visse formål opererer man også med mellomnormaler av 30-års varighet (f.eks. 1971-2000; 1981-2010; osv.).



6.2 Vurderinger

Byggedetaljblad 451.021 fra SINTEF Byggeforsk, 2009 (perioden 1971-2000)

Omtale av Byggedetaljblad 451.021 tas med her som bakgrunnsstoff, men også disse dataene er «foreldet» og vil ikke bli benyttet i ny håndbok 018.

SINTEF Byggeforsk har i samarbeid med Meteorologisk institutt (met.no) utarbeidet Byggedetaljblad 451.021 *Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring*, utgitt april 2009 (erstatte en anvisning med samme nummer fra 2006). Byggedetaljbladet har tabeller for årsmiddeltemperatur (°C) og frostmengde (h°C) for perioden 1971-2000, for samtlige kommuner. Dataene er vanligvis gjeldende for kommunesenteret.

En sammenligning av Byggedetaljblad 451.021 med tilsvarende data i 018-tabellene viser at det er til dels store forskjeller, og endringene slår ut i begge retninger: Noen kommuner har fått øket frostmengde fra normalperioden 1931-1960 til perioden 1971-2000, mens andre

kommuner har fått redusert frostmengde. Endringene kan skyldes statistisk sikkerhet på dataene, stasjonsplassering, driftsforhold for stasjonene, reelle klimaendringer/-svingninger, etc. Ulik datateknisk håndtering kan også være en årsak. F.eks. vil bruk av døgnmiddel-data gi systematisk avvik i forhold til bruk av månedsmiddel-data.

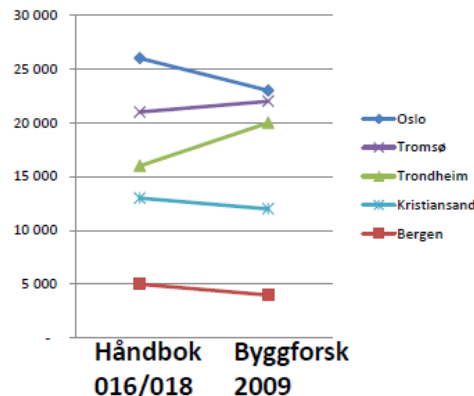
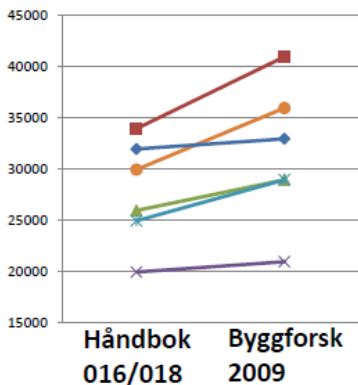
Håndbok 016/018

KOMMUNE	TEMP.		FROSTMENGDEN			
	t_m		F_2	F_5	F_{10}	F_{100}
	°C		h°C			
01 ØSTFOLD						
0101 Halden	6,0		7 000	13 000	18 000	22 000
0102 Sarpsborg	6,0		7 000	13 000	18 000	22 000
0103 Fredrikstad	6,3		9 000	11 000	16 000	24 000
0104 Moss	6,0		6 000	13 000	17 000	23 000
0105 Sarpsborg	6,3		7 000	14 000	17 000	21 000
0106 Fredrikstad	6,8		6 000	12 000	14 000	18 000
0111 Hvaler	7,3		4 000	9 000	11 000	14 000
0118 Aremark	5,3		9 000	17 000	21 000	25 000
0119 Marker	5,0		11 000	20 000	23 000	28 000
0121 Rømskog	5,1		13 000	23 000	27 000	32 000
0122 Tregstad	5,2		10 000	19 000	23 000	28 000
0123 Spydeberg	5,7		9 000	17 000	21 000	26 000
0124 Askim	5,5		9 000	18 000	21 000	26 000
0125 Eidsberg	5,1		9 000	18 000	21 000	26 000
0128 Rakkestad	5,5		9 000	17 000	20 000	25 000
0135 Råde	5,8		7 000	15 000	18 000	22 000
0136 Rygge	6,1		6 000	12 000	15 000	18 000
0137 Våler	6,0		7 000	14 000	20 000	24 000
0138 Høvel	5,5		8 000	15 000	21 000	25 000

Byggforsk 2009

Kommune	θ_m	Frostmengde (h°C)						H_0 m
		F_2	F_5	F_{10}	F_{30}	F_{50}	F_{100}	
0101 Halden	6,9	7 000	13 000	16 000	20 000	23 000	1,6	
0104 Moss	6,6	6 000	11 000	14 000	17 000	19 000	1,4	
0105 Sarpsborg	6,3	7 000	14 000	17 000	21 000	23 000	1,6	
0106 Fredrikstad	6,8	6 000	12 000	14 000	18 000	20 000	1,5	
0111 Hvaler	7,3	4 000	9 000	11 000	14 000	16 000	1,3	
0118 Aremark	5,3	9 000	17 000	21 000	25 000	29 000	1,8	
0119 Marker	5,0	11 000	20 000	23 000	28 000	32 000	1,9	
0121 Rømskog	5,1	13 000	23 000	27 000	32 000	36 000	2,0	
0122 Tregstad	5,2	10 000	19 000	23 000	28 000	31 000	1,8	
0123 Spydeberg	5,7	9 000	17 000	21 000	26 000	29 000	1,8	
0124 Askim	5,5	9 000	18 000	21 000	26 000	29 000	1,8	
0125 Eidsberg	5,1	9 000	18 000	21 000	26 000	30 000	1,8	
0128 Rakkestad	5,5	9 000	17 000	20 000	25 000	28 000	1,7	
0135 Råde	5,8	7 000	15 000	18 000	22 000	25 000	1,6	
0136 Rygge	6,1	6 000	12 000	15 000	18 000	21 000	1,5	
0137 Våler	5,6	8 000	15 000	18 000	22 000	25 000	1,7	
0138 Høvel	6,0	8 000	16 000	20 000	24 000	27 000	1,7	

F_{100} (h °C), eksempler



$$H_0 = \sqrt{\frac{7200 \cdot F_d \cdot \lambda_f}{L + C \cdot \theta_m}} \quad (\text{m})$$

Økning i dimensjonerende frostdybde:

- 2 til 5% i ytre strøk (opp til ca 1 dm)
- 5 til 10% i indre strøk (opp til ca 2-3 dm)

Figur 6.1 Eksempler på endring av frostmengder fra perioden 1931-1960 til perioden 1971-2000 (etter Arne Instanes, Frost i Jord-seminar, 30. mars 2011):

Nye tabeller fra met.no, 2012 (perioden 1981-2010)

Vegdirektoratet har engasjert Meteorologisk institutt (met.no) til å lage tabeller og kartgrunnlag for årsmiddeltemperatur og frostmengde for perioden 1981-2010, for å være mest mulig ajour med utviklingen (måle-/datateknisk, klimamessig, statistisk). Frostmengdene er angitt for 2 års, 5 års, 10 års og 100 års gjentakintervall, dvs F_2 , F_5 , F_{10} og F_{100} . (I arbeidet med ny tabeller til håndbok 018 vil det bli vurdert om en trenger alle dataene eller om kan forenkle og bruke kun F_{10} og F_{100} .) De nye tabellene er vist i vedlegg 2.

I figur 6.2 er eksempel/utdrag fra tabellene fra 2011-utgaven vist, og i figur 6.3 vises eksempel/utdrag fra de nye tabellene. I tillegg til de tradisjonelle kolonner for frostmengde (for kommunesenter) er det tatt med kolonner med min. og maks. korreksjonsfaktor for den del av kommunen som har offentlig vegnett.

KOMMUNE	TEMP.	FROSTMENGDE			
	t _m	F ₂	F ₅	F ₁₀	F ₁₀₀
	°C	h°C			

01 ØSTFOLD					
0101 Halden	6,0	7 000	13 000	18 000	22 000
0102 Sørporsborg	6,0	7 000	13 000	18 000	22 000
0103 Fredrikstad	6,5	5 000	11 000	16 000	24 000
0104 Moss	6,0	6 000	12 000	17 000	21 000
0111 Hvaler	7,0	3 000	7 000	11 000	15 000
0113 Borge	6,5	5 000	11 000	16 000	20 000
0114 Varteig	6,0	7 000	13 000	18 000	22 000
0115 Skjeberg	6,0	7 000	13 000	18 000	22 000
0118 Aremark	5,0	10 000	15 000	21 000	25 000
0119 Marker	5,0	12 000	18 000	23 000	28 000
0121 Rømskog	4,5	14 000	20 000	25 000	30 000
0122 Trøgstad	5,0	10 000	16 000	21 000	26 000
0123 Spydeberg	5,0	10 000	16 000	21 000	26 000

04 HEDMARK

0419 Sør-Odal	4,0	18 000	25 000	34 000	39 000
0420 Eidskog	4,0	15 000	22 000	31 000	36 000
0423 Grue	3,5	20 000	27 000	36 000	41 000
0425 Åsnes	3,5	21 000	28 000	37 000	42 000
0426 Våler	3,5	21 000	28 000	37 000	42 000
0427 Elverum	3,0	23 000	30 000	39 000	44 000
0428 Trysil	2,0	27 000	34 000	43 000	48 000
0429 Åmot	2,5	26 000	32 000	42 000	47 000
0430 Stor-Elvdal	2,0	25 000	32 000	43 000	49 000
0432 Rendalen	2,5	25 000	30 000	42 000	48 000
0434 Engerdal	1,0	29 000	34 000	46 000	52 000
0436 Tolga	0,5	31 000	36 000	48 000	54 000
0437 Tynset	0,5	32 000	37 000	49 000	55 000
0438 Alvdal	1,0	28 000	33 000	45 000	51 000
0439 Folldal	0,5	30 000	36 000	45 000	53 000
0441 Os	0,5	31 000	36 000	48 000	54 000

Figur 6.2 Eksempler på gamle frostmengdetabeller (utdrag fra håndbok 018, 2011)

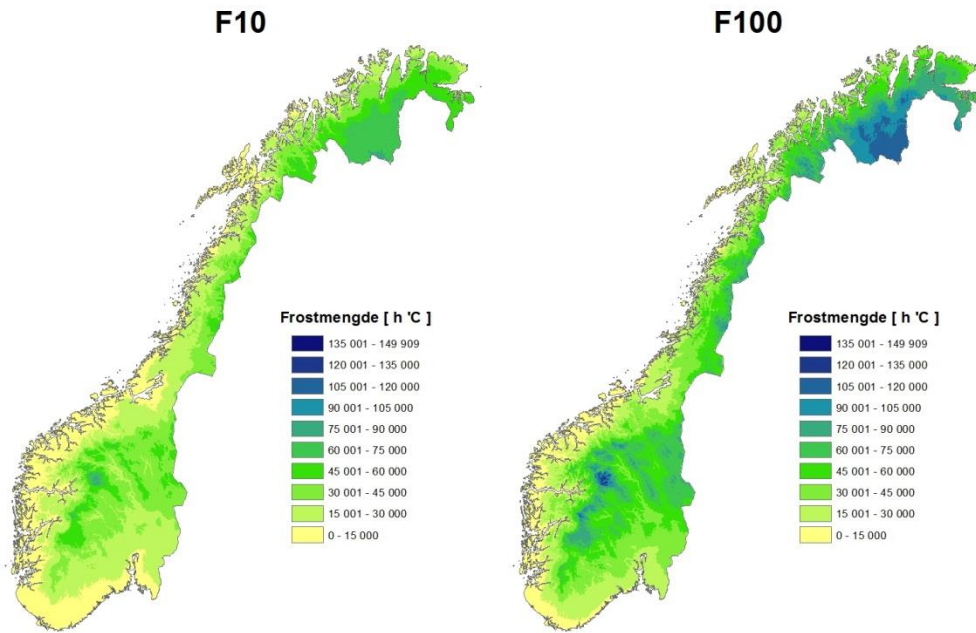
Komm.	NAVN	Fylke	normal [°C]	Frostmengde i kommunesenter				Korreksjonsfaktor for	
				F2	F5	F10	F100	min og max	
				[h°C]				Kmin	Kmax
101	Halden	Østfold	6,3	4000	9000	11000	20000	0,86	1,22
104	Moss	Østfold	6,4	4000	8000	11000	19000	0,93	1,15
105	Sarpsborg	Østfold	6,3	4000	9000	12000	21000	0,83	1,24
106	Fredrikstad	Østfold	6,7	3000	7000	10000	18000	0,84	1,21
111	Hvaler	Østfold	7,2	2000	6000	8000	14000	0,94	1,07
118	Aremark	Østfold	5,4	6000	12000	15000	26000	0,90	1,09
119	Marker	Østfold	5,0	8000	14000	18000	30000	0,89	1,14
121	Rømskog	Østfold	4,4	9000	16000	20000	34000	0,97	1,04
122	Trøgstad	Østfold	4,9	7000	13000	17000	29000	0,94	1,11
123	Snrleberg	Østfold	5,3	6000	12000	15000	27000	0,95	1,07
419	Sør-Odal	Hedmark	4,2	10000	17000	22000	37000	0,98	1,16
420	Eidskog	Hedmark	4,4	9000	16000	20000	34000	0,94	1,19
423	Grue	Hedmark	3,9	12000	20000	25000	41000	0,96	1,25
425	Åsnes	Hedmark	3,6	13000	21000	26000	43000	0,98	1,30
426	Våler	Hedmark	3,6	14000	22000	28000	45000	0,95	1,37
427	Elverum	Hedmark	3,3	15000	23000	29000	47000	0,96	1,49
428	Trysil	Hedmark	1,6	22000	34000	41000	65000	0,82	1,24
429	Åmot	Hedmark	2,4	18000	27000	34000	54000	0,99	1,26
430	Stor-Elvdal	Hedmark	2,1	17000	26000	32000	51000	0,89	1,54
432	Rendalen	Hedmark	2,2	14000	21000	27000	43000	0,99	1,58
434	Engerdal	Hedmark	0,1	24000	36000	44000	69000	0,88	1,08
436	Tolga	Hedmark	0,8	20000	30000	37000	60000	0,94	1,34
437	Tynset	Hedmark	1,2	17000	27000	34000	55000	0,70	1,17
438	Alvdal	Hedmark	1,6	17000	26000	32000	51000	0,89	1,18
439	Follidal	Hedmark	0,3	21000	31000	37000	58000	0,86	1,29
441	Os	Hedmark	0,4	20000	31000	38000	59000	0,98	1,24

Figur 6.3 Eksempler på nye frostmengdetabeller (utdrag av tabell fra met.no, 2012).
Korreksjonsfaktorene benyttes for å finne henholdsvis største og minste frostmengde i forhold til kommunesenter, for den del av kommunen som har offentlig vegnett.

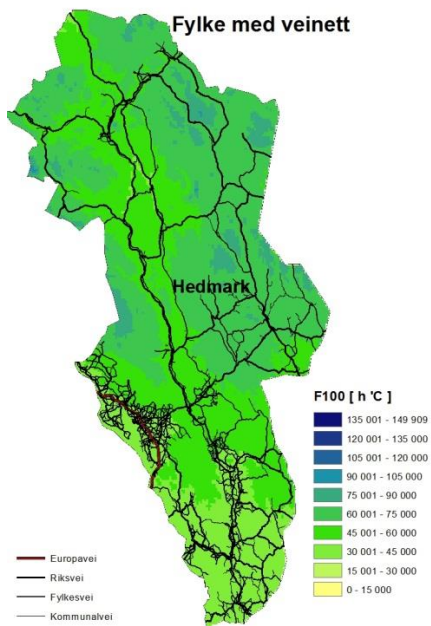
Norgeskart med mulighet for å finne data lokalt

Som supplement til tabellene kan dataene (frostmengde) presenteres i norgeskart. Elektroniske versjoner av disse kartene kan gjøres «zoombare» dvs. at man i en internettportal kan finne årsmiddeltemperatur/frostmengde for et gitt sted innen kommunen, utenom kommunesenteret. Dataene vil være «griddet» dvs behandlet slik at man har data for hver rute i et nett med størrelse 1 km² (1 km x 1 km).

På slike kart kan man legge inn eget «lag» som viser vegnettet, slik at mest mulig representativ frostmengde for et gitt vegprosjekt kan hentes ut direkte. Dette kan være nyttig dersom anleggsstedet har vesentlig annerledes klimaforhold enn i kommunesenteret. Klimavariasjoner innen en og samme kommune er vanlig, f.eks. på grunn av varierende høyde over havet og ulik avstand fra kysten..



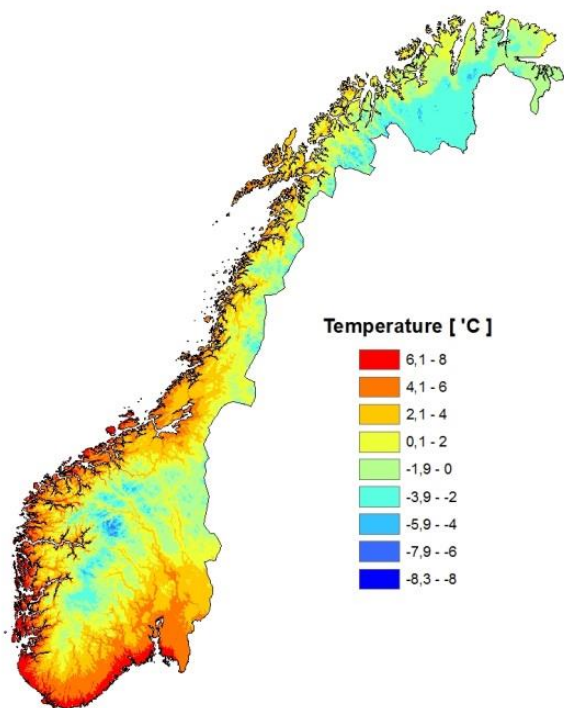
Figur 6.4 Eksempler på frostmengdekart, perioden 1981-2010 (met.no, 2012)



Figur 6.5 Eksempel på fylkeskart med vegnett

Norgeskart med fordeling av årsmiddeltemperatur (normaltemperatur) er vist i figur 6.6.

Normal 1981-2010



Figur 6.6 Fordeling av normaltemperatur (H.Tajet, met.no, des. 2012)

Inndeling i frostmengdesoner

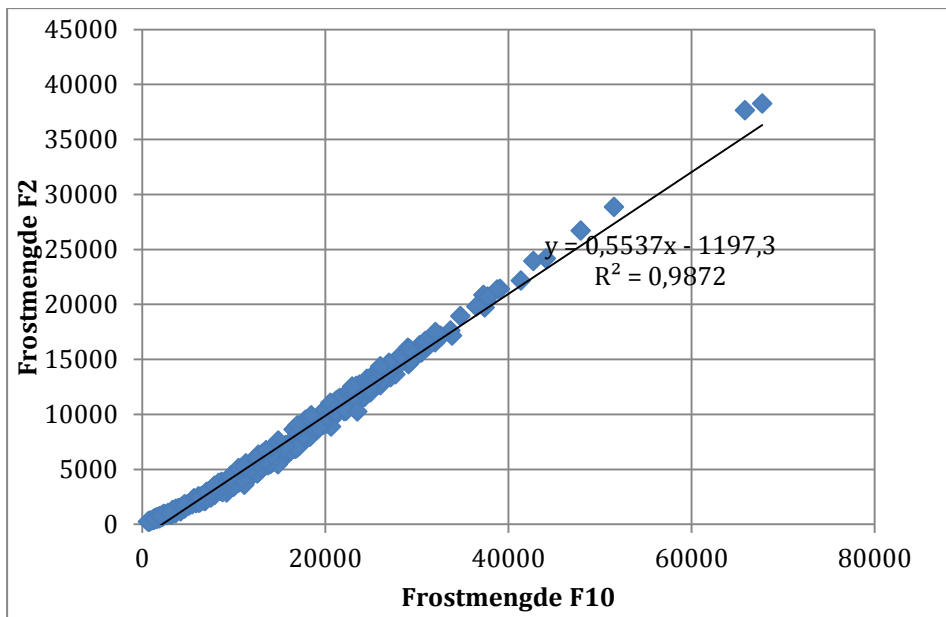
Alternativt til griddede kart (1 km²) og kommunetabeller som nevnt over, kunne man tenke seg å kun lage kart med grovinndeling av «klimasoner» (mht. frostmengde), slik det har blitt gjort i svenske og finske frostsikringsspesifikasjoner. Eksempler på dette er vist i vedlegg 6. Slik «soneinndeling» vil være relativt grov og vil ikke nødvendigvis fange opp «ekstreme» lokale variasjoner. Soneinndeling har gjerne vært knyttet til generelle krav om frostsikringsdybder (min. og/eller maks).

Sammenheng mellom frostmengder F2, F5, F10 og F100

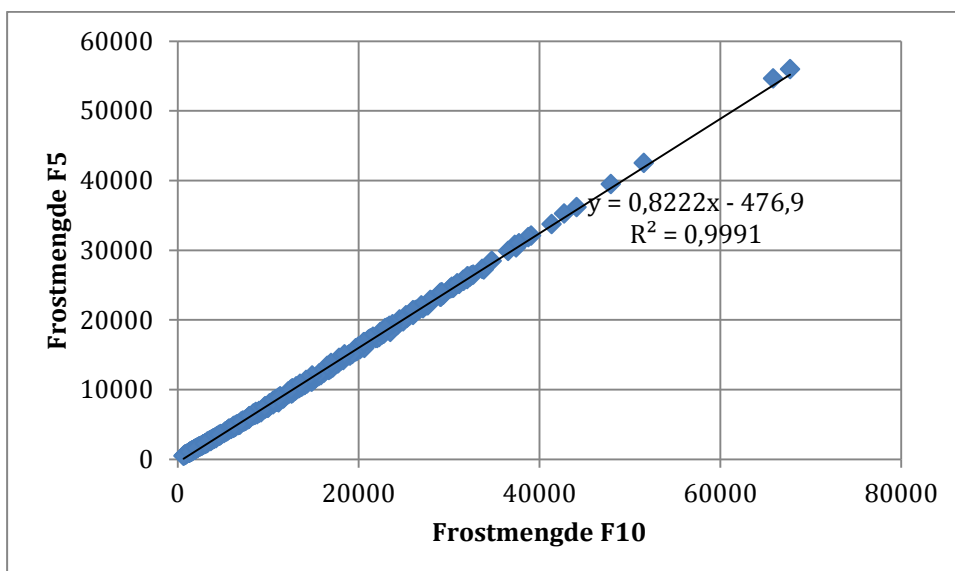
Arbeidsgruppa har gjort en innbyrdes sammenligning av de nye dataene fra met.no (frostmengde for kommunesenter), se figurene 6.7 t.o.m. 6.9. Følgende omtrentlige sammenhenger er dermed etablert og kan erstatte de tilsvarende formler i håndbok 016 kap. 13, se rapportens kap. 6.5.

$$\begin{aligned} F_2 &= 0,5524 \cdot F_{10} - 1168 && (\text{korrelasjonskoeffisient } R^2 = 0,9869) \\ F_5 &= 0,8217 \cdot F_{10} - 462 && (\text{korrelasjonskoeffisient } R^2 = 0,9991) \\ F_{100} &= 1,5583 \cdot F_{10} + 1457 && (\text{korrelasjonskoeffisient } R^2 = 0,9974) \end{aligned}$$

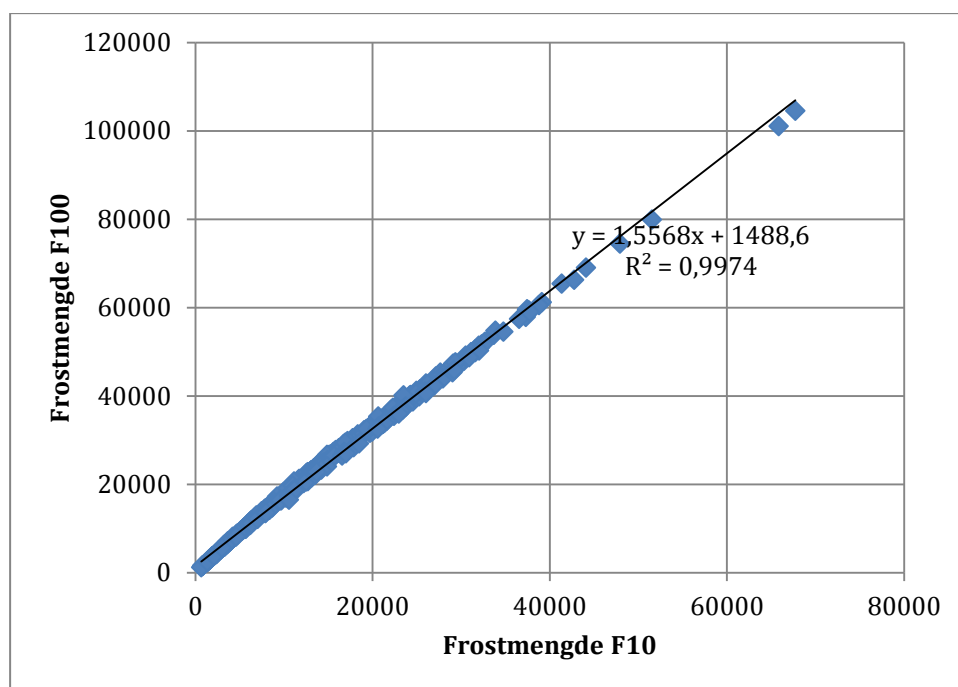
Som en ser er sammenhengen meget god (høy korrelasjonskoeffisient).
(met.no kan ha andre formler enn de som er vist her)



Figur 6.7 Sammenheng mellom frostmengde F_2 og F_{10} (data fra met.no, 2012).



Figur 6.8 Sammenheng mellom frostmengde F_5 og F_{10} (data fra met.no, 2012).



Figur 6.9 Sammenheng mellom frostmengde F_{100} og F_{10} (data fra met.no, 2012).

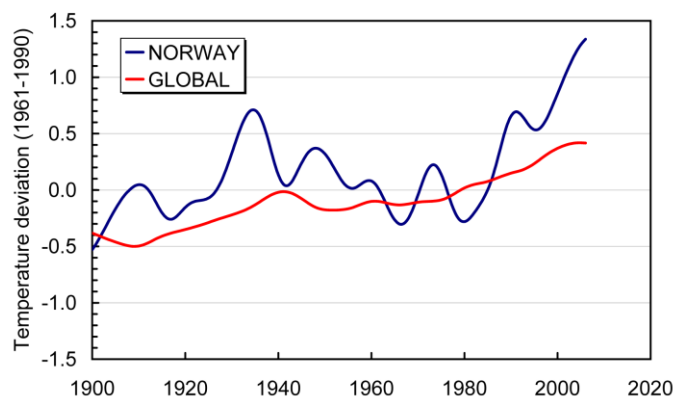
Utvikling i langt tidsperspektiv, temperatur og gjennomsnittlig frostmengde

Arbeidsgruppa har sammenlignet frostmengdedataene fra henholdsvis håndbok 018, byggetaljblad 451.021 og met.no/2012 for å se hvordan den gjennomsnittlige frostmengden har endret seg, ved beregning av aritmetisk middelværdi og standardavvik for alle kommunesenter-verdiene. Dette er vist i tabell 6.1. Det må påpekes at spredningen innen hver dataperiode er meget stor (se de fullstendige tabellene). F.eks. er det noen kommunesenter som har fått vesentlig øket frostmengde.

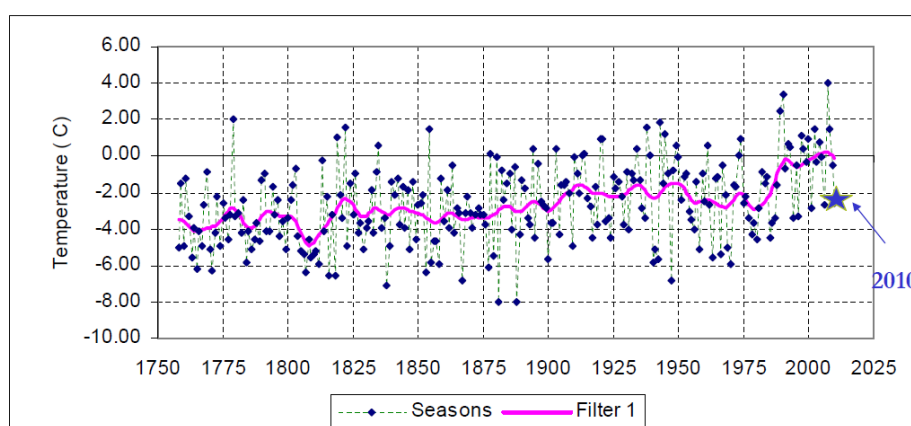
	Frostmengde (h°C), alle kommunesentra under ett, gjennomsnitt (gj.sn.) og standardavvik (st.av.), ca. tall		
	Håndbok 018/2011 (data: 1931-1960)	Byggforsk 451.021 (data: 1971-2000)	met.no, 2012 (data: 1981-2010)
F_{10}	Gj.sn. 14 700 St.av. 10 800	Gj.sn. 14 700 St.av. 10 800	Gj.sn. 13 700 St.av. 10 600
F_{100}	Gj.sn. 21 800 St.av. 13 600	Gj.sn. 22 800 St.av. 14 900	Gj.sn. 22 800 St.av. 16 500
F_{100}/F_{10}	1,27	1,55	1,66

Tabell 6.1 Sammenheng mellom frostmengde F_{100} og F_{10} (data fra met.no, 2012).

Generell nedgang i frostmengder kan for en stor del tilskrives temperaturstigning, se eksempler i figur 6.10 og 6.11. Disse diagrammene er basert på opplysninger fra met.no, men er laget uavhengig av arbeidet med de nye frostmengdetabellene.



Figur 6.10 Temperaturutvikling, Norge og globalt (Ø. Nordli, met.no, mars 2011)



Figur 6.11 Temperaturutvikling, ettervinteren og våren (februar-april) i et langsiktig, historisk perspektiv på Østlandet (Ø. Nordli, met.no, mars 2011)

Minimum og maksimum frostmengde på vegnettet, alle kommuner under ett

Arbeidsgruppa har også beregnet gjennomsnittlig minimum frostmengde og maksimum for den del av kommunene som har vegnett. Dette er vist i tabell 6.2. Som en ser er det gjennomsnittlig vesentlig større forskjell mellom maksimum frostmengde og kommunesenterverdien, enn forskjellen mellom minimum frostmengde og kommunesenterverdien (for vegnettbelagt del av kommunen). Dette kan selvfølgelig ha sammenheng med at kommunesenteret ligger i en lavtliggende del av kommunen. For vegprosjekter i høytliggende deler av kommunen vil det være større behov for å korrigere frostmengden som skal legges til grunn. Det er stor spredning i dataene (stort standardavvik, ikke vist her).

Tabellen vist her er kun orienterende og er ikke ment for praktisk bruk. Relevante minimum- og maksimum-korreksjoner for den enkelte kommune er vist i de foreslåtte nye kommunetabellene (se vedlegg 2, se også figur 6.3 foran).

	Frostmengde (h°C), alle kommuner, minimum og maksimum på vegnettet (ca. tall, basert på data fra met.no, perioden 1981-2010)		
		Frostmengde, absoluttverdi, gj.sn. (% av kommunesenter)	Frostmengde, avvik fra kommunesenter, gj.sn. (% av kommunesenter)
F ₁₀	Minimum på vegnett	Gj.sn. 11 200 (82 %)	Gj.sn. – 2 300 (17 %)
	Kommunesenter	Gj.sn. 13 700 (100 %)	-
	Maksimum på vegnett	Gj.sn. 21 200 (155 %)	Gj.sn. +7 600 (55 %)
F ₁₀₀	Minimum på vegnett	Gj.sn. 18 900 (83 %)	Gj.sn. – 3 600 (16 %)
	Kommunesenter	Gj.sn. 22 800 (100 %)	-
	Maksimum på vegnett	Gj.sn. 34 200 (150 %)	Gj.sn. +11 600 (51 %)

Tabell 6.2 Sammenheng mellom frostmengde F_{100} og F_{10} (data fra met.no, 2012).

6.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

Innarbeiding i håndbøker og elektroniske kart

Arbeidsgruppen har konkludert med at det fortsatt trengs tabeller for årsmiddeltemperatur og frostmengde, a la dagens tabeller, og anbefaler at de nye tabellene fra met.no (2012) tas inn i håndbok 018. Tabellen er utvidet med data om min./maks.-variasjon av frostmengde innen den del av kommunen som har vegnett.

Arbeidsgruppen anbefaler også å etablere kartportal med høyoppløselige filer hvor man kan «zoome» seg inn til ønsket sted. Kartene kan vise årsmiddeltemperatur og frostmengde. Slike kart vil normalt ha en oppløsning på 1 km² ruter (1 km x 1 km). Helt lokalt kan det trolig finnes «ekstreme» variasjoner som ikke fanges opp verken av tabellene eller kartene.

Kartportalen må koordineres med portal som er under etablering for andre klimadata (nedbør, snømengder mv), jfr. NIFS-etatsprogrammet.

De nye dataene for årsmiddeltemperatur og frostmengde anbefales også for bruk i tunnel- og bru-prosjektering (se kapittel 6.5). Det vil utvilsomt være ønskelig å ha oppdaterte klimadata for disse formål.

Videre oppfølging og oppdatering, klimaendringer

De nye klimadataene vil naturligvis inneholde noen usikkerheter. Det vil være ønskelig med en viss «kontinuerlig» oppfølging/oppdatering, f.eks. hvert 10. år. De foreliggende dataene avspeiler fortid, ikke framtid. Forventede klimaendringer er ikke en del av datagrunnlaget.

6.4 Betydning for håndbok 018

Inntil videre mener vi at klimadataene fortsatt bør stå i et eget vedlegg i håndbok 018 (nåværende vedlegg 2 i håndbok 018). Ønskelig endringer og nødvendige avklaringsbehov i den forbindelse vil være:

- Tabellen i håndbok 018 vedlegg 2 skiftes ut med ny tabell fra met.no. Noe redigering og justering av layout må påregnes (er levert som .xls-fil fra met.no). Hovedtrekkene i den nye versjonen bør oppsummeres i innledningen i vedlegget, likeledes bør det tas med noe om hvordan tabellen brukes (ifm. variasjon innen kommunene). Det bør dessuten tas med henvisning til elektronisk kartportal (zoombare kart), samtidig som «minikart» vises i vedlegg 2, på samme måte som temperaturkartene i håndbok 018 vedlegg 10. Det kan vurderes å ta med en kommentartekst om årsaken til endringer og variasjoner i klimadataene.
- Det anbefales å angi hvordan frostmengden kan variere innen hver kommune (egne kolonner i tabellen).
- Teksten i kravavsnittet (nåværende kap. 512.41 i håndboka) må om nødvendig endres og justeres i forhold til at vedlegg 2 er endret. Pkt. 512.4 skal uansett endres ifm. at F_{10} og F_{100} skal benyttes, se over. Det vil for øvrig være aktuelt å vurdere strukturering av dette pkt. i forhold til dimensjoneringstabellen pkt. 512.1 (figur 512.7 m.fl.)

6.5 Betydning for andre håndbøker mv.

Håndbok 016 Geoteknikk

- Kapittel 13, pkt. 13.3 m.fl. (tekst og tabelleksempler figur 13.5, 13.6 mv.) må endres pga. nye klimadata.

Håndbok 021 Vegtunneler

- Frostmengdetabellene i vedlegg E må skiftes ut pga. de nye klimadataene, erstattes med samme data som tas inn i håndbok 018.

Håndbok 163 Vann og frostsikring i tunneler

- Frostmengdetabellene i vedlegg B må skiftes ut pga. de nye klimadataene, erstattes med samme data som tas inn i håndbok 018.

Håndbok 185 Bruprosjektering

- Hb 185 (2011) pkt. 2.5.5.1 har henvisning til håndbok 016 og hb 018 mht. frostmengder. Det bør være henvisning til bare den ene av disse håndbøkene (fortrinnvis 018), tabellene bør stå bare «ett sted». Pkt. 5.8.1.3 omtaler EPS/XPS til lettfylling, frostisolasjon mv og henviser til håndbok 274 og 018. Det er ikke nødvendigvis behov for å endre dette, men man kan vurdere en mer presis henvisning. Pkt. 5.9.2 angir at all fundamentering og tilbakefylling inntil fundamenter eller andre konstruksjonselementer skal være i «frostsikker utførelse», dimensjonering skal minst tilsvare 100 års returperiode, se håndbok 018 [frostmengdetabellene]. Håndbok 185 viser altså ikke selve frostmengdetabellene, men de håndbokansvarlige må sørge for å lede brukerne til rett utgave av 018 (2013) som inneholder oppdaterte tabeller.

Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger

- Pkt. 2.0.8.2 omtaler en kommende skjerpelse til F_{50} evt. F_{100} . Må oppdateres, nå som denne skjerpelsen er vedtatt (jfr. NA-rundskriv 12/09).

Generelt, eventuell ny veiledning el.l.

- I og med at det er flere håndbøker som forutsetter tilgjengelighet på frostmengdetabeller etc. (andre klimadata mv) kan man vurdere om det bør lages en egen veiledning om klimadata, materialdata mv. – i stedet for den «tilfeldige» oppdateringen i hver håndbok.

7. Frosttekniske egenskaper og beregning av frostdybde

7.1 Bakgrunn og grunnlag

I dagens håndbok 018 er det beskrevet fremgangsmåter for dimensjonering av frostsikring ved bruk av:

- sand, grus, stein
- lettklinker og skumglass
- isolasjonsplater av XPS

For frostisolering med sand, grus og stein benyttes en tabell som har stått uendret siden 1977 og materialene som benyttes i dag er forskjellig fra det som ble brukt den gang. Tidligere var det mer vanlig å bruke velgradert grus i forsterknings- og bærelag. I dag benyttes godt drenerende materialer av knust og sortert sprengstein, og med de nye kravene som er gitt i NA-rundskriv 12/09 fra Vegdirektoratet vil forskjellen i materialene bli betydelig i forhold til grusmaterialene som ble brukt tidligere. Dagens materialer er ikke ømfintlig for vann, de er ikke telefarlige og har bedre bæreevne. Materialene inneholder svært lite fukt og dette gjør at frostmotstanden endres. Varmeledningsevnen er også forskjellig fra tidligere brukte materialer.

Disse forskjellene gjør det nødvendig å beregne frostdybden på ny. I tillegg skal større frostmengder enn tidligere benyttes ved dimensjonering som også gjør det nødvendig å utvide området for beregningene.

7.2 Vurderinger

Beregningsmetode

SINTEF Byggforsk har utarbeidet detaljblad 451.021 «Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring», for termisk dimensjonering og frostsikring av konstruksjoner mot grunnen, som fundamenter for oppvarmede og uoppvarmede bygninger, ledninger og vegger.

Formelverket brukt for beregning av frostdybde er gitt i NS-EN ISO 13793 og er som følger:

$$H_0 = \sqrt{\frac{7200 \cdot F_d \cdot \lambda_f}{L + C \cdot \theta_m}} \quad (\text{m})$$

hvor:

- F_d er dimensjonerende frostmengde (h°C)
- λ_f er varmeledningsevne ($\text{W}/(\text{mK})$) for frosset grunn.
- L er latent varme ved frysing av vann i grunnen per volumenhet av grunnen (J/m^3). L påvirkes bl. a av vanninnholdet.
- C er varmekapasiteten av ufrosset grunn per volum ($\text{J}/(\text{m}^3\text{K})$). $C = 3 \cdot 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$.
- θ_m er årsmiddeltemperatur ($^\circ\text{C}$)

Det var enighet i gruppen å bruke denne beregningsmetoden. Den er tilpasset vårt behov og beregningene er utført for en lagdelt konstruksjon ved hjelp av EXCEL.

Regnearket er kontrollert mot dataene oppgitt i SINTEF Byggforsks byggdetaljblad.

Frostmengder

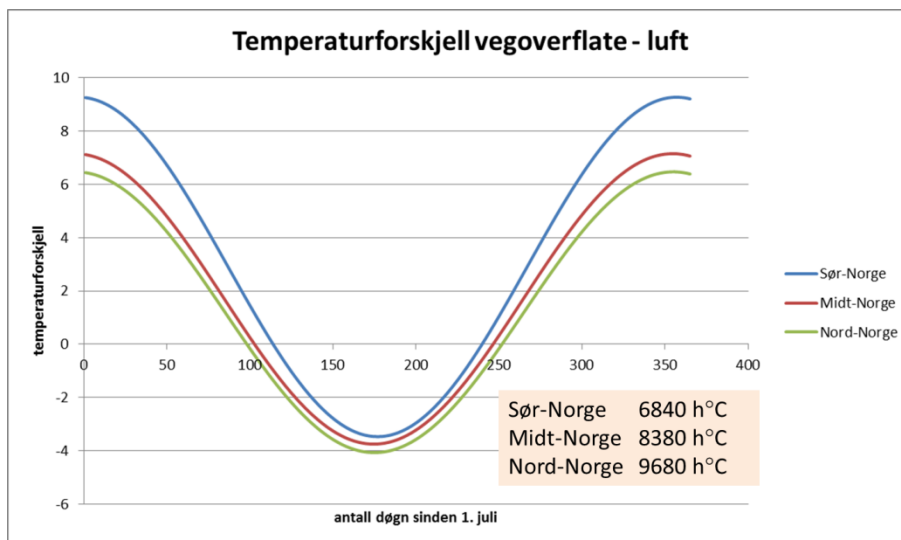
Frostmengder for hvert kommunesenter er beskrevet i kapittel 6 og vedlegg 2.

Det er kun 9 kommuner som har frostmengde $F_{100} > 60000 \text{ h}^\circ\text{C}$, og 6 av disse ligger i Finnmark. I tillegg har kommunene Røros, Trysil og Engedal større frostmengde enn dette og største frostmengde er her $69000 \text{ h}^\circ\text{C}$.

For kommunene i Finnmark er største trafikkmengde på riks- og fylkesvegnettet oppgitt i NVDB til $\text{ÅDT } 5720$ og kun 850 m har $\text{ÅDT} > 5000$. For de tre kommunene i Sør-Norge er største trafikkmengde 5920 og knappe 1,5 km har $\text{ÅDT} > 5000$.

Da trafikkmengden er mindre enn 8000 i disse kommunene, betyr dette at maksimal overbygningstykkelse i forbindelse med frostsikring skal være 1,8 m, og F_{10} skal benyttes som dimensjonerende frostmengde. Kun to kommuner har da frostmengde $F_{10} > 60000 \text{ h}^\circ\text{C}$. Karasjok har $66000 \text{ h}^\circ\text{C}$ og Kautokeino $68000 \text{ h}^\circ\text{C}$.

Stråling medfører at frostmengde på en vegoverflate er større enn frostmengde i luft. Strålingen varierer med breddegraden og er størst i Nord-Norge. Differansen i overflatetemperatur og lufttemperatur er beregnet ut fra formelverk gitt i Frost i jord nr 17 (Utvalg for frost i jord, 1976) og fremgår av figur 7.1. Økt frostmengde pga. stråling er mellom 6000 og $10000 \text{ h}^\circ\text{C}$.



Figur 7.1 Temperaturforskjell mellom overflate og luft som følge av stråling

Av diagrammet fremgår det også at overflatetemperaturen er betydelig høyere enn lufttemperaturen i sommerhalvåret. Denne varme vil til en viss grad magasineres i bakken og gjør beregningene av frostdybde mer komplisert.

Årsmiddeltemperaturen er tatt med for å ta hensyn til akkumulert jordvarme. Nødvendig frostmengde for å gi frostdybde 2 m for en overbygning med frostsikringslag beskrevet nedfor, endrer seg med ca. $3000 \text{ h}^\circ\text{C}$ om årsmiddeltemperaturen endrer seg med $2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Arbeidsgruppen mener at endret frostmengde som følge av stråling må tas hensyn til i beregningene. Da det er vanskelig å beregne dette har vi tatt utgangspunkt i frostdybder for

sand, grus og stein beregnet i dagens håndbok 018 og angitt parametere slik at frostdybder i de nye diagrammene blir omtrent lik eller større enn dagens verdier. Dermed vil hensynet til stråling bli ivaretatt på samme måte som tidligere.

Varmeledningsevne og varmekapasitet

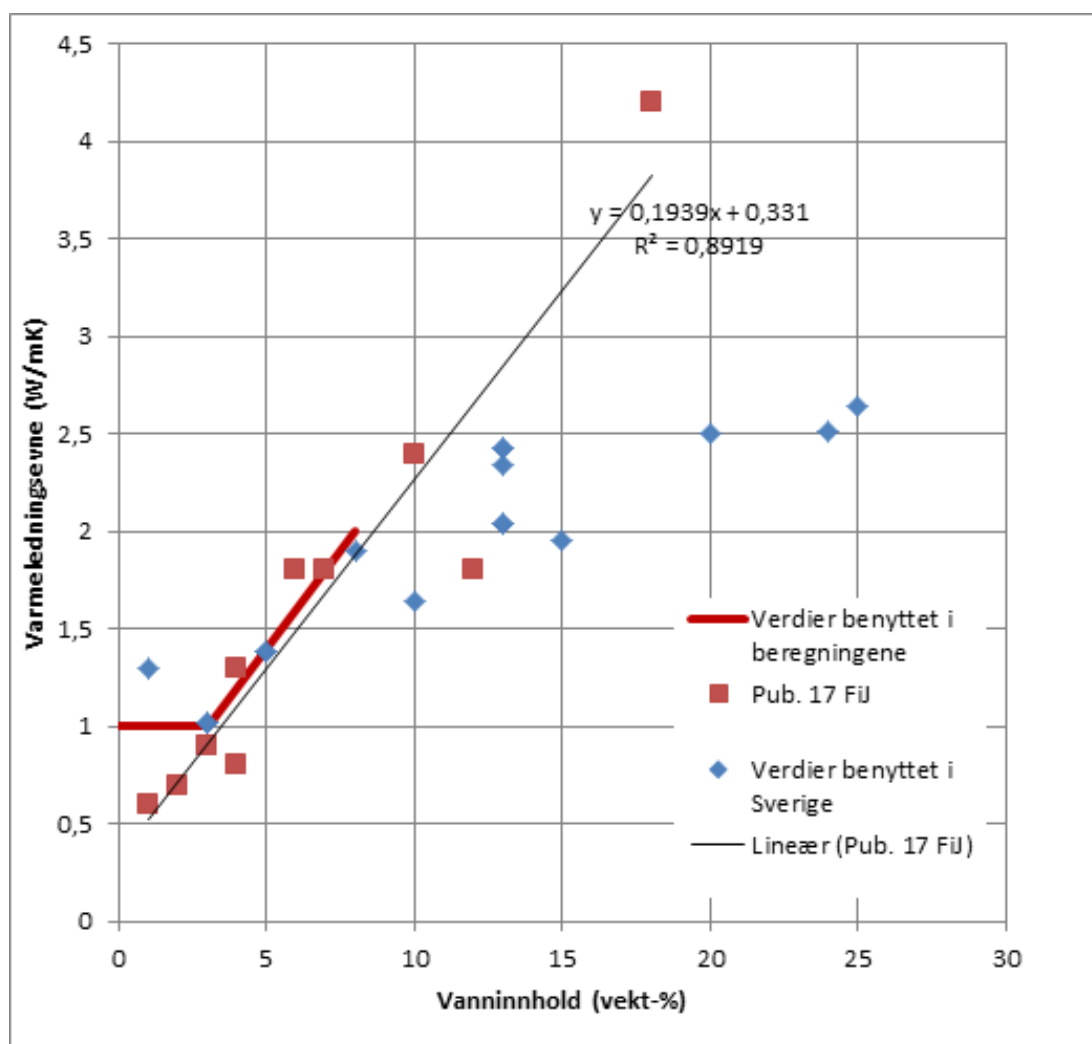
Parameterne som inngår i beregningene har et stort variasjonsområde, og det kreves mye spesialkunnskap om materialene for å angi riktige verdier. Variasjonene vil kunne gi svært ulike frostdybder, men for å få en praktisk beregningsmetode må det gjøres forutsetninger mht. varmetekniske materialeegenskaper og fuktinnhold som gir en tilstrekkelig frostsikring uten samtidig å bygge inn for store sikkerhetsmarginer. Beregningsmetoden må være enkel og robust.

Beregningene tar utgangspunkt i en ordinær vegkonstruksjon med asfaltmaterialer i dekke og bærelag og forsterkningslag som angitt i NA-rundskriv 12/09, dvs. at forsterkningslag er drenerende pukk uten finstoff. Vanninnholdet i forsterkningslaget er antatt å være mindre enn 1 %.

Vanninnholdet har stor betydning for jordmaterialets frostakkumulerende evne og har derfor stor betydning for de frostdybder som beregnes. Vanninnholdet er antatt ut fra verdier gitt i figur 12 i Frost i jord nr 17 (Utvalg for frost i jord, 1976).

Det er mange parametere som påvirker varmeledningsevnen og her er det valgt å benytte gjennomsnittsverdier. Bl.a. er metningsgrad, kvartsinnhold og vanninnhold av betydning her, men blir for vanskelig å forholde seg til i praksis.

Figur nr 19 i Frost i jord nr 17 (Utvalg for frost i jord, 1976) og verdier anvendt i Sverige er benyttet som utgangspunkt for fastsettelse av varmeledningsevnen ut fra vanninnhold og disse er vist i figur 7.2.



Figur 7.2 Varmeledningsevne for materialer avhengig av vanninnhold

Så lenge vanninnholdet er mindre enn 10 % synes det å være en lineær sammenheng mellom vanninnhold og varmeledningsevne. I beregningene er formelen $\lambda = 0,2 \cdot w + 0,4$ benyttet og denne sammenhengen er vist i figur 7.2. For verdier $\lambda < 1$ har vi valgt å sette denne lik 1. Dette vil ta hensyn til mulig konveksjon i grove, åpne materialer samtidig som dette vil bidra til en økt sikkerhet for at beregningene ikke gir for lave verdier.

Som gjennomsnittlig varmekapasitet for jordmaterialer er verdien fra Sintefs byggedetaljblad benyttet. Denne er satt til $C = 3 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3\text{K}$ (833Wh/m³K).

Vegkonstruksjon

Alle frostdybder er beregnet for en vegkonstruksjon med trafikkbelastning tilsvarende trafikkgruppe E og undergrunn bæreevnegruppe 4. Det er antatt at frostsikringslaget vil tilhøre denne bæreevnegruppen. Arbeidsgruppen foreslår at isolasjonsmaterialer (XPS, lettklinker og skumglass) plasseres i bæreevnegruppe 4 ved dimensjonering.

Disse forutsetningene gir 21 cm dekke+bærelag av asfaltmaterialer og et forsterkningslag lik 60 cm. Forsterkningslaget er delt i et avretningslag på 10 cm og 50 cm øvre+nedre forsterkningslag. Denne splittingen gir ubetydelige endringer i beregningene og kunne vært

sløyfet. Forutsetninger mht. densitet, vanninnhold og varmeledningsevne er vist i tabell 7.1 under.

Lag	Type	Tykkelse (m)	Densitet (kg/m ³)	w-vekt%	Lam-f (W/mK)
1	Asf	0,21	2400	0,5	1,7
2	Pukk	0,1	1900	1	1
3	Pukk	0,5	1800	1	1

Tabell 7.1 Forutsetninger mht. densitet, vanninnhold og varmeledningsevne

Det er videre antatt at skumglass og lettklinker har de samme egenskapene når det gjelder varmeledningsevne, densitet og vanninnhold. Verdiene som oppgis i ulike rapporter og håndbøker varierer betydelig. Eksempelvis oppgir håndbok 163 verdier vist i figur 7.2 (med henvisning til NS-EN ISO 10456):

Materiale	λ -verdi Tørt materiale	λ -verdi. Fuktig materiale (praktisk dim.)	Korreksjonsfaktor for praktiske verdier
XPS	0,03	0,05	1,7
Lettklinker	0,12	0,32	2,7
Rockwool	0,035	0,07	2,0

Tabell 7.2 Varmeledningsevne for XPS, lettklinker og rockwool

Varmeledningsevne for lettklinker for praktisk bruk er satt til $\lambda = 0,32$ W/mK og dette er høyt sammenlignet med tørr pukk. Isolering med denne materialtypen vil derfor sjelden være lønnsom.

I dokumentet Teknisk godkjenning, SINTEF Certification Nr. 2051, for Leca, fraksjon 10-20, er varmeledningsevnen for "Frostsikring i grunnen, drenert nivå" satt til $\lambda = 0,12$ W/mK. Vi forutsetter at materialet skal være drenert, men det vil ikke kunne beskrives som tørt.

Problemstillingen er diskutert i arbeidsgruppen og det er enighet om at verdier fra rapport 21, "Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer", Gjenbruksprosjektet, skal benyttes i beregningene. Densiteten er satt til 333 kg/m³, vanninnholdet til 15 vektprosent og varmeledningsevne $\lambda = 0,15$ W/mK.

For XPS er fuktinnhold og varmeledningsevne hentet fra CE-dokument fra to av de største produsentene. Densiteten er satt til 100 kg/m² og vanninnhold lik 2,5 volumprosent. Jackofoam oppgir dimensjonerende verdier for varmeledningsevne for isolasjonsplater lagt horisontalt i grunnen til 0,04 W/mK og Sundolitt 0,039 W/mK. I beregningene er $\lambda = 0,04$ W/mK og vektprosent vann lik 25 %.

I de fleste beregningene er det forutsatt at frostsikringslaget inneholder 6 % vann. Dette vanninnholdet gir også frostdybder som stemmer overens med dagens håndbok 018 når årsmiddeltemperaturen er omkring 4 °C.

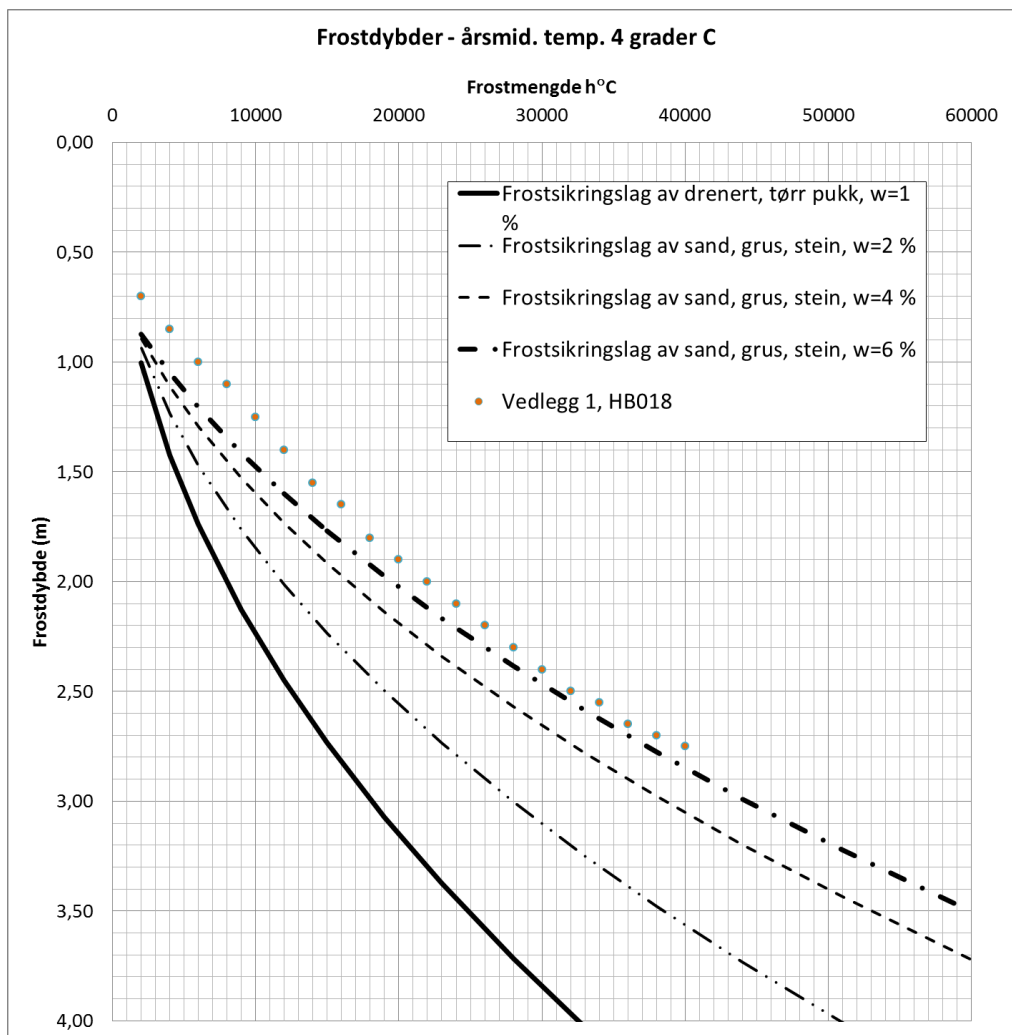
Det er også gjennomført en beregning hvor frostsikringslaget består av åpne og godt drenerende materialer for å vise konsekvensen av å benytte denne materialtypen.

Frostdybder ved bruk av sand, grus, stein

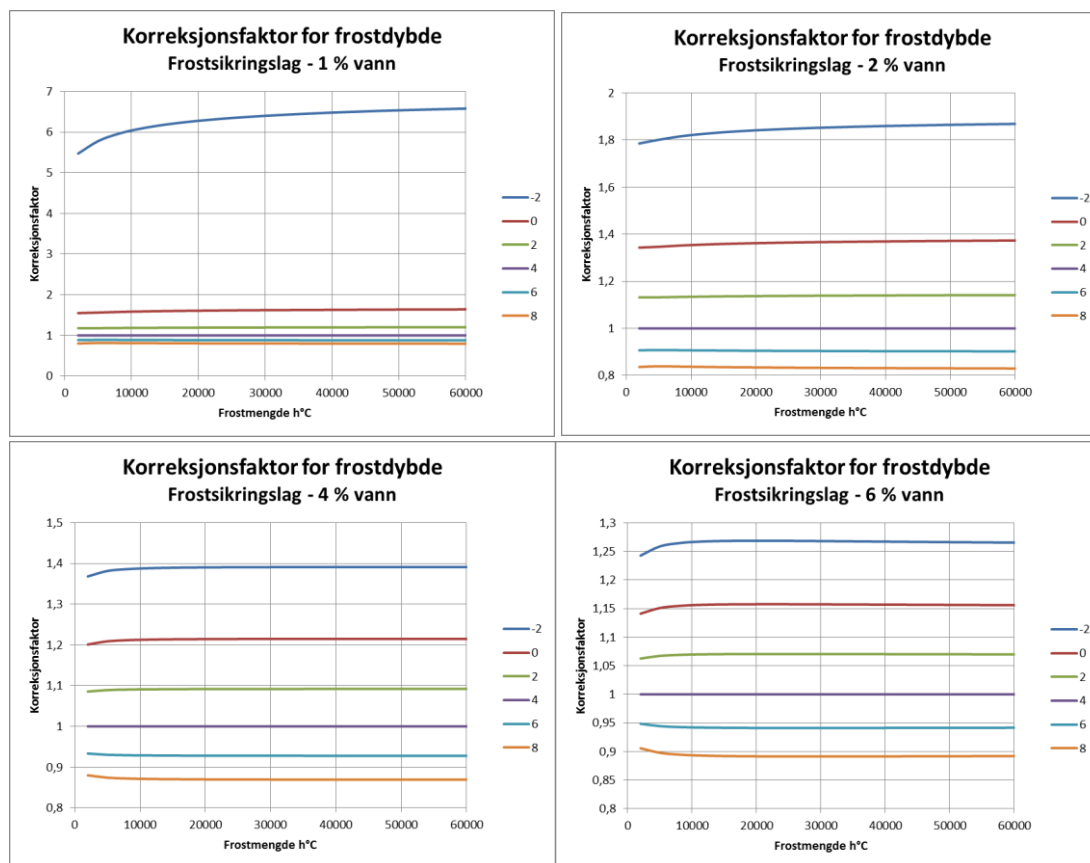
Figur 7.3 viser beregnede frostdybder for en vegoverbygning som beskrevet over hvor frostsikringslaget har 1, 2, 4 og 6 % vann. Beregningene viser tydelig konsekvensen ved å ta ut finstoffet slik at vanninnholdet reduseres.

Diagrammet angir frostdybder for årsmiddeltemperatur 4 °C og må korrigeres for andre verdier. Korreksjonsfaktorer fremgår av figur 7.4. I tabell 7.3 under figur 7.4 er det foreslått korreksjonsfaktorer på grunnlag av figuren. Tallene er gjennomsnittet av korreksjonsfaktorene for frostmengde fra 10 000 til 60 000 h°C.

Denne korreksjonen mangler i dagens håndbok 018. For materialer med lavt vanninnhold og lav årsmiddeltemperatur er korreksjonsfaktoren så høy at det i praksis vil være permafrost.



Figur 7.3 Frostdybder sand, grus og stein for årsmiddeltemp. 4 °C



Figur 7.4 Korreksjonsfaktor ved bruk av frostsikringslag med 1, 2, 4 og 6 % vanninnhold

Vanninnh. i frostsikringslag	Årsmiddeltemperatur °C					
	-2	0	2	4	6	8
1 %	6,40	1,62	1,19	1,00	0,88	0,80
2 %	1,85	1,37	1,14	1,00	0,90	0,83
4 %	1,39	1,21	1,09	1,00	0,93	0,87
6 %	1,27	1,16	1,07	1,00	0,94	0,89

Tabell 7.3 Forslag til korreksjonsfaktorer avhengig av vanninnhold og årsmiddeltemperatur

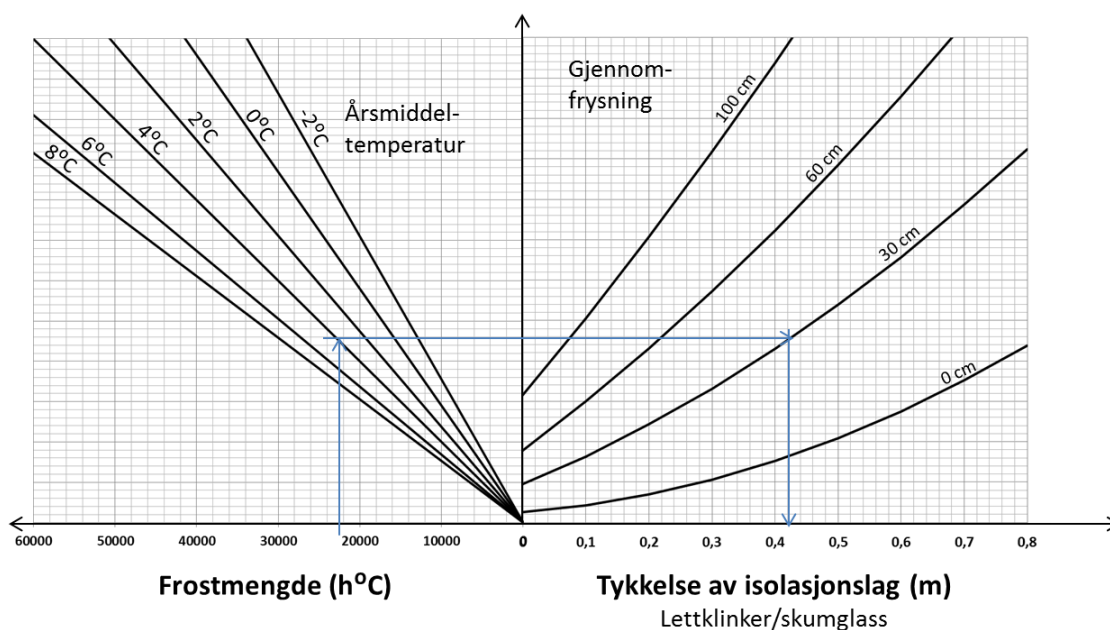
Frostsikring med lettklinker/skumglass

Hensikten med et isolasjonslag er å øke varmestrømsmotstanden for varme som frigjøres ved nedkjøling av undergrunnsmaterialer og ved frysing av vann under isolasjonslaget. Dette betyr at frosten ofte må trenge gjennom isolasjonslaget.

Varme lagres i bakken gjennom sommerhalvåret, og isolasjonsmaterialet vil øke motstanden for at denne varmen strømmer til overflaten i kalde perioder. I kalde områder vil mengde varme være minimal og effekten av isolasjonslaget bli mindre. Diagrammene nedfor gir derfor store utslag for lagtykkelser for isolasjonsmaterialer når årsmiddeltemperaturen endres.

I beregningene er det forutsatt at under isolasjonsmaterialet benyttes et frostsikringslag som ikke gir telehivsproblemer. Tykkelsen på dette frostsikringslaget er avhengig av frostmengde og lagtykkelse for isolasjonsmaterialet. Det er også her forutsatt at vanninnholdet for frostsikringslaget er 6 %.

Figur 7.5 viser hvordan tykkelsen for isolasjonsmaterialet av lettklinker/skumglass og frostsikringslaget (angitt som «Gjennomfrysning») vil bli som en funksjon av frostmengde og årsmiddeltemperatur. Bruk av diagrammet er illustrert med piler.



Figur 7.5 Frostsikring med lettklinker/skumglass

Beregningene stemmer overens med diagrammet i håndbok 018, vedlegg 1, for bestemmelse av isolasjonslagtykkelse under forutsetningen om at gjennomfrysningen er 30 cm.

Det er viktig å gjøre oppmerksom på at beregningen av hvor dypt frosten går under isolasjonlaget er svært avhengig av vanninnholdet i frostsikringsmaterialet. Brukes f.eks. pukk med lavt vanninnhold vil denne tykkelsen bli betydelig større.

Arbeidsgruppen har diskutert isolasjonslagets plassering i vegkonstruksjonen. Følgende eksempel illustrerer konsekvensene av om isolasjonlaget plasseres like under forsterkningslaget eller direkte på traubunnen; se figur 7.6. Forutsetningene er at frosten ikke skal gå ned under traubunnen.

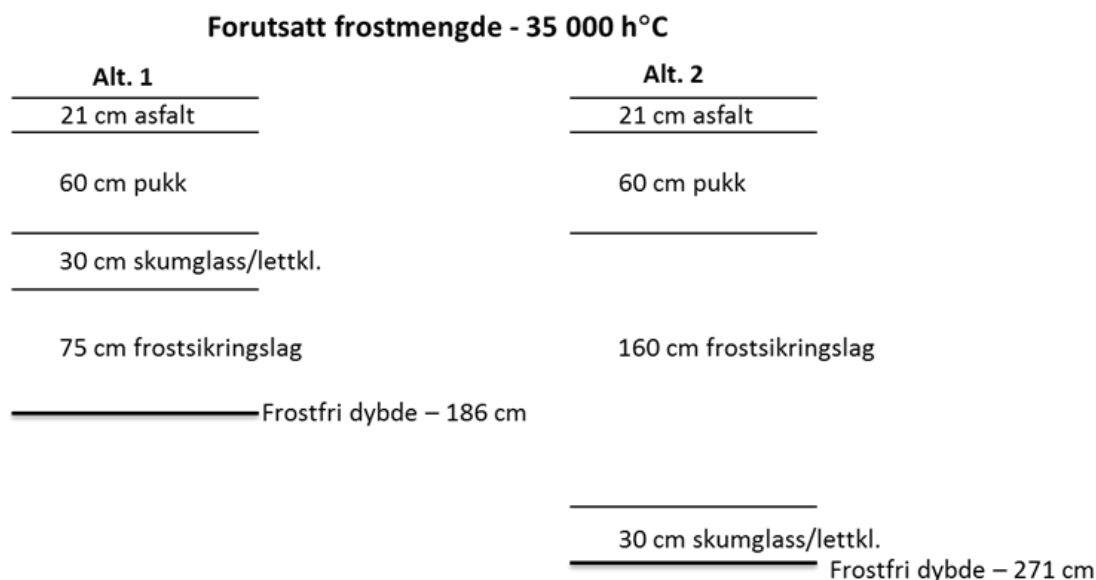
Det er antatt 35 000 frosttimer og vanninnholdet i frostsikringslaget er satt til 6 %.

Dersom isolasjonlaget er 30 cm tykt og legges under forsterkningslaget, vil det være behov for et frostsikringslag på 75 cm. Frostdybden blir totalt 186 cm.

Legges isolasjonlaget på traubunnen under et frostsikringslag, må tykkelsen for frostsikringslaget økes til 160 cm og frostdybden blir totalt 271 cm.

Isolasjonlaget har lav egenvekt og dermed også lav varmekapasitet. Det er forutsatt at vanninnholdet er 15 %; det vil si 15 liter vann pr. m².

Uten isolasjonslag på traubunnen blir den totale frostdybden 266 cm; dvs. 5 cm mindre. 25 cm frostsikringslag erstatter altså 30 cm skumglass. 25 cm frostsikringslag inneholder 28,5 l/m² med vann og har større frostakkumulerende evne. Å legge isolasjonslaget på bunnen er altså helt bortkastet da den isolerende evnen ikke blir utnyttet i det hele tatt.

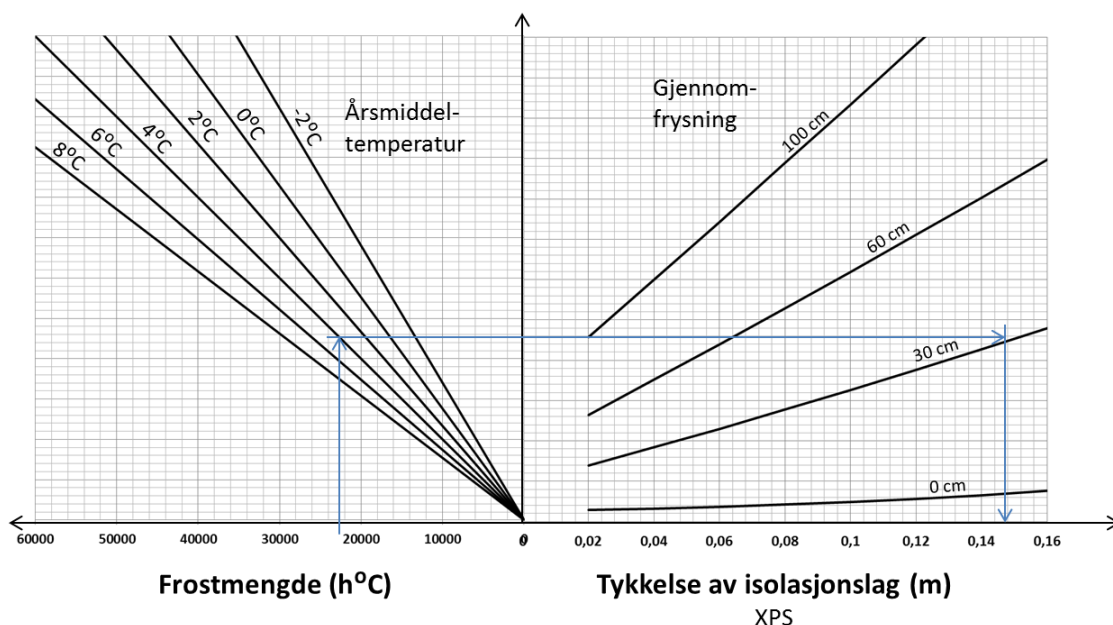


Figur 7.6 Virkning på frostsikringslagets tykkelse av ulik plassering av isolasjonslaget

Frostsikring med XPS

Antatt varmeledningsevne for XPS er satt til 0,04 W/mK. For lettklinker/skumglass er verdien 0,15 W/mK benyttet i beregningene. Forholdet mellom disse er 3,75. Dvs. at en lagtykkelse for XPS lik 1 cm har samme varmestrømsmotstand som 3,75 cm lettklinker/skumglass. I dagens håndbok 018 stemmer ikke dette og forholdet her er omkring 7. Isolasjonsevnen for XPS er med andre ord overvurdert i forhold til lettklinker/skumglass.

Diagrammet for bestemmelse av tykkelser for XPS og frostsikringslag vil bli som for lettklinker/skumglass og er vist i figur 7.7. Kontrollberegninger mht. frostdybder for de to forskjellige isolasjonstypene viser at frostdybden er lik når det tas hensyn til frostmotstanden i isolasjonsmaterialet. Store tykkelser av lettklinker/skumglass vil gi større frostmotstand slik at forholdstallet som nevnt over blir mindre enn 3,75.



Figur 7.7 Frostsikring med XPS

Brosjyrer fra leverandører av XPS henviser i hovedsak til tabeller i håndbok 018 når det gjelder frostsikring av veger. Produsenten Jackon har en brosjyre fra 2012 med tittelen «Isolasjon i grunnen» hvor isolasjonstykkelser er gitt for de enkelte kommuner. For de kaldeste kommunene (ca. 25 kommuner) er isolasjon ikke anbefalt med begrunnelsen at «den oppmagasinerte sommervarmen i grunnen blir da så beskjeden at frostsikring av kalde konstruksjoner med varmeisolasjon ikke anbefales». Tykkeste isolasjonstykkelse i brosjyren er 150 mm. En slik vurdering må også gjelde for veger.

Vurderinger mht. lagtykkelser

Det er kun veier med ÅDT > 8000 som skal frostsikres for frostmengden F_{100} . Vegen fundamenteres dermed som en betongkonstruksjon som heller ikke tåler frostbevegelser. Hvorvidt dette er nødvendig for en veg er annen sak, men dette er en forutsetning som er gitt.

Ingen veger med ÅDT > 8000 har $F_{100} > 60000$ h°C. 14 kommuner har frostmengde $50000 < F_{100} \leq 60000$ h°C (i kommunesenteret) og i disse kommunene er det kun 318 m som har ÅDT > 8000.

Ved bruk av frostsikringslag med 6 % vanninnhold vil maksimal frostdybde bli ca. 3,15 m med frostmengden 50000 h°C.

Telehiv er bl.a. en funksjon av overlagingstrykket. Når dette øker vil telehivet reduseres. Til nå har maksimal utskiftingsdybde vært 1,8 m eller h_{10} og dette har vist seg å fungere tilfredsstillende. Benyttes et fuktig frostsikringsmateriale vil dette fungere som en stiv bjelke når dette er frosset. Ujevne telehiv som oppstår under en slik bjelke vil få et langt større overlagingstrykk enn vekten av overliggende materialer skulle tilsi. Det frosne frostsikringslaget "bjelkevirkning" sørger for at vekten av tilstøtende overlagingmaterialer overføres til stedet med telehiv. Det vil derfor være rimelig å ha en øvre grense for frostsikring av sand, grus og stein. I Sverige benyttes 2,4 m som største overbygningstykkelse, og vi foreslår at dette også benyttes her i landet.

En tørr pukkk vil ikke kunne få denne "bjelkevirkingen" da det er det frosne vannet som binder materialet sammen.

Frostsikring med lettklinker/skumglass blir som tidligere med unntak av at det må benyttes et frostsikringslag under isolasjonslaget. I enkelte tilfeller kan det være vanskelig å legge ut et slikt lag av anleggstekniske årsaker (bløt grunn). Frostsikringslaget må i slike tilfeller økes og laget med lettklinker/skumglass kan da reduseres. Dette er årsaken til at diagrammene også kan brukes ved 1 m gjennomfrysning.

For XPS stemmer antatte termiske verdier og beregninger dårlig med eksisterende versjon av håndbok 018 og med leverandørens brosjyremateriell. Diagrammet i figur 7.7 må diskuteres på ny, og det kan være behov for å trekke inn leverandørene i denne diskusjonen.

Ut fra erfaringene til Jackon er det rimelig å anta at maksimal tykkelse på XPS bør være 15 cm.

7.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

Det foreslås å flytte isolasjonsmaterialene lettklinker og skumglass fra bæreevnegruppe 3 til bæreevnegruppe 4 (se også kapittel 11). Hovedbegrunnelse for dette er fare for differensiell ising og langtidsegenskaper med hensyn til fasthet og knusingsrisiko.

I håndbok 018 er maks overbygningstykkelse satt til 1,8 m. I NA-rundskriv 12/09 er maks overbygningstykkelse (inkludert frostsikringslag) på 1,8 m opphevet for $\text{ÅDT} > 8000$ i påvente av arbeidsgruppens arbeid. Arbeidsgruppen foreslår å beholde en maks overbygningstykkelse ved å heve grensen for maks overbygningstykkelse fra 1,8 m til 2,4 m.

For XPS stemmer antatte termiske verdier og beregninger dårlig med eksisterende versjon av håndbok 018 og med leverandørens brosjyremateriell. Diagrammet i figur 7.6 må diskuteres på ny, og det kan være behov for å trekke inn leverandørene i diskusjonen. I denne sammenheng må det også vurderes om det skal innføres en maksimal isolasjonstykkelse på 150 mm, og om en skal anbefale å ikke bruke XPS som isolasjon i de «kaldeste kommunene».

For at frostsikringslag skal kunne inneholde vann må materialet ha en viss mengde finstoff. I tillegg til maksimal mengde finstoffinnhold i frostsikringslaget bør det også settes krav til minimal mengde finstoff i frostsikringslaget.

7.4 Betydning for håndbok 018

Frostteknisk dimensjonering er beskrevet i vedlegg 1 i håndbok 018 og vedlegget må revideres.

For frostsikring med sand, grus og stein vil frostdimensjoneringen i prinsippet være som tidligere, men betydningen av at frostsikringslaget også skal ha en viss frostakkumulerende evne ved at det inneholder vann, må fremheves.

Figur 7.3 som viser frostdybder når frostsikringslaget består av tørt pukkmateriale er viktig å ha med i vedlegg 1 for å illustrere konsekvensen om dette materialet velges.

Det er også nødvendig å poengtere viktigheten av at frostsikringslaget er homogent uten partier med finstoffanrikninger eller steinreir.

Ved bruk av isolasjonsmaterialer fremgår det ikke av dagens håndbok 018 at frosten går gjennom isolasjonslaget. Under frostsikringslaget bør det derfor legges et frostsikringslag med tykkelse ut fra diagrammene gitt over.

For bruk av lettklinker/skumglass vil lagtykkelsene bli omtrent som i dagens håndbok 018 om det antas 30 cm tykkelse på frostsikringslaget under isolasjonslaget.

Ved store frostmengder og lav årstemperatur vil det sannsynligvis ikke være hjelp i isolering eller mulig å gjennomføre frostsikring med sand, grus og stein.

7.5 Betydning for andre håndbøker

Andre håndbøker som beskriver frostsikring må korrigeres for å stemme overens med håndbok 018. Dette gjelder først og fremst håndbok 016 Geoteknikk.

8. Krav til frostsikringslag, materialkvalitet

8.1 Bakgrunn og grunnlag

Dominerende praksis i Norge i dag er å bruke sprengt stein som frostsikringslag. Tidligere var også grus og i enkelte tilfeller sand brukt, men dette har etter hvert blitt mer sjeldent da tilgangen på egnede grus- og sandforekomster til vegbygging har blitt kraftig redusert. Stivere linjeføring fører dessuten til mer fjellmasser både fra skjæringer og tunnel som det er ønskelig i størst mulig grad å nyttiggjøre seg i vegbyggingen.

Arbeidsgruppen mener det er viktig å skille mellom forsterkningslag og frostsikringslag i dimensjonering og bygging av veg. På grunn av lavere spenningsnivå trenger ikke kravene til steinmaterialer i frostsikringslaget å være like strenge som krav til forsterkningslaget. Dette gjør det mulig å utnytte materialer i veglinja som ikke tilfredsstillende kvalitetskrav for bruk høyere opp i vegoverbygningen.

I nåværende utgave av håndbok 018 stilles det ikke krav til mekanisk styrke av sand, grus- og steinmateriale brukt i frostsikringslag, men det stilles krav til maksimalt finstoffinnhold (kap. 524.1). Det tillates opptil 15 % under 0,063 mm regnet av materiale $\leq 22,4$ mm. Dette finstoffkravet tilsier at materiale i frostsikringslaget kan være litt telefarlig (T2). I kommentartekst til kap. 524.1 er det uttalt at «dette antas likevel ikke å gi nevneverdig telehiv». Øvrig krav til korngradering for grusmaterialer er $Cu \geq 3$.

Erfaring tilsier at gjeldende krav til frostsikringslag av steinmaterialer ikke fungerer tilfredsstillende. Arbeidsgruppen anbefaler derfor nye/endrede kravformuleringer som beskrevet nedenfor.

Arbeidsgruppen foreslår ingen vesentlige endringer av materialkrav til isolasjonsmaterialer (lettklinker, skumglass og XPS). Det vises for øvrig til kapittel 7 og 12 for omtale av disse tre isolasjonsmaterialene.

8.2 Vurderinger

Nye krav må være entydige og lette å dokumentere/kontrollere og skal ivareta følgende egenskaper hos frostsikringslag av sprengt stein:

1. Homogenitet
2. Passe mengde finstoff
3. Ikke for grovt og ensgradert

Disse egenskapene er nærmere omtalt nedenfor.

Homogenitet

Tilfredsstillende homogenitet av frostsikringslaget er viktig for å hindre ujevne telehiv. Som vist i kapittel 7 er frostmotstanden vesentlig mindre i en åpen, ensgradert kult enn i et velgradert materiale med en del finstoff og høyere vanninnhold. Et inhomogent frostsikringslag av steinmaterialer vil derfor medføre ujevn frostnedtrengning og fare for ujevne telehiv.

Homogenitet er en utfordring spesielt når det gjelder bruk av sprengtstein. Ved opplasting direkte fra røys vil materialet kunne ha store variasjoner, fra helt åpent med nesten kun stor

stein, til mer finstoffrik subbus som også kan være telefarlig. Nye krav må være innrettet mot å unngå slike variasjoner.

Passe mengde finstoff

Frostmotstanden til et frostsikringslag av steinmaterialer er for en stor grad bestemt av den energi som kreves til utfrysing av vann i materialet. Det er derfor viktig at frostsikringslaget har tilstrekkelig med finstoff til å kunne holde på en del fuktighet. Finstoffinnholdet må imidlertid ikke være så høyt at materialet blir ustabil, vannømfintlig eller medfører fare for at telelinser kan utvikles ved kapillært oppsug av vann i frostsikringslaget.

Gjeldende finstoffkrav i håndbok 018 og 025 er ikke tilfredsstillende av to grunner:

- Det stilles ikke krav om minimum finstoffinnhold, kun et maksimumskrav.
- Maksimumskravet er ikke egnet for sprengt stein fordi at ved å analysere finstoffinnhold kun i fraksjonen < 22,4 mm står man i fare for å måtte avvise materialer som egentlig er godt egnet som frostsikringslag. Dette vil kunne skje dersom massen har en ubetydelig andel < 22,4 mm, men hvor det lille som fins av materiale i denne fraksjonen har for mye prosentvis finstoff < 0,063 mm.

Ikke for grovt og ensgradert

En grov og ensgradert sprengt stein vil ha meget lavt vanninnhold og dermed ingen bidrag til frostmotstand fra utfrysing av vann. Det vil også kunne være fare for konveksjon i en slik masse hvilket også bidrar til hurtigere gjennomfrysing. Derfor er det viktig å ha krav som hindrer at steinmaterialer i frostsikringslaget ikke blir for åpent.

Alternative kravformuleringer

Med skjerpede krav til frostsikring vil frostsikringslaget i mange tilfeller utgjøre en stor del av vegoverbygningen ved bygging på T3/T4 undergrunn. Endring av krav til materialkvalitet i frostsikringslaget vil derfor kunne ha relativt stor betydning for anleggsdrift, økonomi og mulighet for utnyttelse av masser i linja eller fra sidetak. Dette tilsier at temaet fortjener en grundig behandling før vi konkluderer hva som skal innføres av nye/endrede krav i håndbok 018 og 025.

Arbeidsgruppen mener at å innføre krav om knusing og sikting av steinmaterialer i frostsikringslag vil være unødvendig strengt. Krav til steinmaterialer i frostsikringslaget bør ses i sammenheng med at vi tillater bygging av veg på T1/T2 undergrunn uten krav til frostsikring. Disse kravene bør være slik formulert at det fortsatt skal være mulig å bruke sprengt stein uten å ha et absolutt krav til knusing og sikting. Som angitt i ny versjon av håndbok 025, prosess 52.3, så skal steinmaterialer bearbeides med grovknusing eller pigging og sortering for å tilfredsstillere kravet til maksimal steinstørrelse.

Det er viktig at kravene som innføres er tilpasset moderne anleggsdrift og er enkle å kontrollere og dokumentere. I tillegg må de være tilstrekkelig strenge til å ivareta de ønskede egenskaper for frostsikringslaget og dermed gi god nok sikkerhet mot ujevne telehiv. Arbeidsgruppen har vurdert to alternative kravformuleringer for sprengt stein i frostsikringslag. Alternativ 1 går ut på å videreføre dagens krav med et tilleggskrav om minimum finstoffinnhold og beskrivende tekst for materialproduksjon. Alternativ to stiller strengere krav til korngradering og har finstoffkrav knyttet til mengde materiale mindre enn 90 mm.

Alternativ 1

Kravformulering

- Største steinstørrelse, målt som største sidekant, skal ikke overstige halvparten av lagtykkelsen og det tillates ikke steiner med største sidekant større enn 500 mm.
- Beholde dagens krav til maksimum finstoffinnhold: maksimum 15 % < 0,063 mm regnet av materiale $\leq 22,4$ mm.
- Innføre tilleggskrav om minimum finstoffinnhold: minimum 4 % < 0,063 mm regnet av materiale $\leq 22,4$ mm.
- Materialene skal bearbeides og håndteres på en slik måte at hulrommene i laget - etter utlegging - er homogent fylt med finstoff. Dersom det etter utlegging finnes åpne partier («steinreir»), aksepteres innspyling av egnet finstoff som alternativ til utskifting av laget. Forutsetningen er at prøvegravinger kan påvise at metoden fungerer, gir homogenitet og at materialet ligger innenfor krav

Entreprenørens produksjonskontroll

Entreprenøren pålegges å utarbeide en kvalitetsplan som dokumenterer arbeidsprosessen. Denne skal overleveres til byggherre minimum to uker før oppstart av arbeidet.

Kvalitetsplanen skal inneholde:

- Plan for homogenisering for å sikre jevn kvalitet
- Plan for lasting og transport
- Plan for utlegging og komprimering

Byggherrens stikkprøvekontroll

Byggherre skal godkjenne ferdig utlagt frostsikringslag før utlegging av forsterkningslag. I tvilstilfeller må stikkprøve tas. Stikkprøve gjennomføres ved oppgraving og kontroll av følgende:

- Største stein målt som lengste sidekant
- Finstoffinnhold regnet av materiale $\leq 22,4$ mm

Fordeler

Kravene til finstoffinnhold er relativt enkle å kontrollere og dokumentere. Kravene muliggjør høy kapasitet i materialproduksjon.

Ulemper

Kravene sikrer i liten grad at vi får et homogent og velgradert frostsikringslag som inneholder både grovt og fint materiale. Dette vil være avhengig av hvor «flink» entreprenøren er til å bearbeide og håndtere materialene, men vi har ingen målbare krav knyttet til homogenitet av ferdig utlagt materiale.

Kvalitetssikringen er i for stor grad basert på en visuell bedømmelse av overflaten på ferdig utlagt frostsikringslag. For sprengt stein vet vi at dette ikke gir et godt bilde på den totale massesammensetningen.

Finstoffkravene vil ikke være relevante for en grov og ensgradert masse med ubetydelig mengde materiale $\leq 22,4$ mm. Det vil derfor være behov for å legge vekt på kravet om at materialene skal bearbeides og håndteres på en slik måte at hulrommene er fylt med finstoff. Dette kravet til materialproduksjon er ikke veldig konkret og ikke målbart.

Det er usikkerhet knyttet til om innspyling av finstoff vil kunne fungere tilfredsstillende og gi god nok homogenitet i et tykt frostsikringslag.

Alternativ 2

Kravformulering

- Største steinstørrelse, målt som største sidekant, skal ikke overstige halvparten av lagtykkelsen og det tillates ikke steiner med største sidekant større enn 500 mm.
- Minimum 30 % skal passere 90 mm siktet
- Krav til kornfordeling for materiale < 90 mm i henhold til NS-EN 13285:2010, kategori G_v. For denne kategorien stilles det for en 0/90 masse krav til gjennomgang på siktene 5,6 mm og 45 mm:
 - 15-75 % $< 5,6$ mm regnet av materiale ≤ 90 mm (mindre viktig, velger å se bort fra dette kravet)
 - 47-87 % < 45 mm regnet av materiale ≤ 90 mm
- Krav maksimum finstoff: UF₇ (dvs. maksimum 7 % $< 0,063$ mm regnet av materiale ≤ 90 mm)
- Krav minimum finstoff: LF₂ (dvs. minimum 2 % $< 0,063$ mm regnet av materiale ≤ 90 mm)

Entreprenørens produksjonskontroll

Det settes ikke krav til dokumentasjon av kornkurve, men entreprenøren pålegges å utarbeide en kvalitetsplan som dokumenterer arbeidsprosessen. Denne skal overleveres til byggherre minimum to uker før oppstart av arbeidet.

Kvalitetsplanen skal inneholde:

- Plan for homogenisering for å sikre jevn kvalitet. Her kreves at materialet splittes og blandes under opplasting. For å ha tilstrekkelig kapasitet i produksjonen kan det aksepteres at splitting gjøres på et grovere sikt/galler enn 90 mm, f.eks. 150 mm.
- Plan for lasting og transport
- Plan for utlegging og komprimering

Byggherrens stikkprøvekontroll

Byggherre skal godkjenne ferdig utlagt frostsikringslag før utlegging av forsterkningslag. I tvilstilfeller må stikkprøve tas. Stikkprøve gjennomføres ved oppgraving og kontroll av følgende:

- Største stein målt som lengste sidekant
- Minimumskrav til materiale mindre enn 90 mm, utføres gjennom splitting over et galler eller ved sikting av materialet. Veiling av fraksjonene større og mindre enn 90 mm kan utføres ved opplasting på lastebil som kjøres over ei vekt.
- For fraksjon mindre enn 90 mm: Gjennomgang på 45 mm siktet samt andel materiale mindre enn 0,063 mm kontrolleres ved sikting. Prøvestørrelse: minimum 80 kg.

For å bestemme andel større og mindre enn 90 mm av en oppgravingsprøve kan *digital bildeanalyse* være et alternativ til splitting og veiling. Dette er en ny og uprøvd metode her til lands, men tilgjengelig dokumentasjon fra Sverige tilsier at dette kan være en egnet kontrollmetode for grove materialer (se vedlegg 8).

Fordeler

Kravene sikrer i rimelig grad at materialet er velgradert og inneholder både grovt og fint materiale.

Kravene er entydige og lar seg kontrollere ved stikkprøvekontroll slik at det i tvilstilfeller ikke vil være grunnlag for diskusjon mellom byggherre og entreprenør om materialet tilfredsstillende eller ikke.

Ulemper

Krav til splitting og blanding under opplasting gir lavere produksjonskapasitet og kan være vanskelig å kontrollere at blir utført som beskrevet.

Stikkprøvekontroll er arbeidskrevende.

8.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

Krav til sprengt stein i frostsikringslag

Ved vurdering av fordeler og ulemper ved de to alternative kravformuleringer kommer arbeidsgruppen frem til at alternativ 2 er det vi anbefaler.

Vi mener at det viktigste i denne sammenheng er å ha klare og entydige krav som sikrer at frostsikringslaget har de egenskaper vi ønsker, og dette er i størst grad oppfylt for alternativ 2.

En arbeidskrevende prosedyre for stikkprøvekontroll tilsier at det kun tas prøver i tvilstilfeller, men det at kravene er tydelige og målbare vil uansett representere et «ris bak speilet» som entreprenøren må forholde seg til.

Krav til graderingstall ved bruk av grus og sand i frostsikringslag

Arbeidsgruppen anbefaler at kravet til graderingstall $C_u (d_{60}/d_{10})$ heves fra minimum 3 til minimum 5. Dette vil da være i samsvar med tilsvarende krav for sand, grus og samfengt pukk ($D \leq 90$ mm) i nedre forsterkningslag, jfr. figur 522.1 i håndbok 018.

Komprimering

Valg av komprimeringsutstyr og antall overfarer: som i håndbok 018 figur 520.8.

Krav til komprimering: som for fylling øverste 3 m; jfr. håndbok 018 figur 520.7, dvs. $E2/E1 \leq 3,5$ og $E2 > 120$ MPa.

Samhandlingsprosessen

For å få til et godt samarbeid mellom byggherre og entreprenør og en god forståelse for de nye kravene til forsterknings- og frostsikringslag vil det være viktig at dette tas opp som tema i samhandlingsprosessen.

8.4 Betydning for håndbok 018

Med unntak av endret krav til graderingstall, skal gamle materialkrav fortsatt være gjeldende for frostsikringslag av sand og grus. For steinmaterialer/sprengt stein må nye krav inn (i den grad materialkrav fortsatt skal stå i håndbok 018).

8.5 Betydning for andre håndbøker

Håndbok 025 Prosesskode 1:

- Ny kravformulering for frostsikringslag må inn under prosess 52.3. Her må det opprettes et eget punkt for frostsikringslag av sand og grus og et eget punkt for frostsikringslag av steinmaterialer/sprengt stein.

8.6 Videre arbeid

Arbeidsgruppen anbefaler at det gjennomføres et eget utredningsarbeid på temaet finstoffmengdens betydning for telefarlighet. Dette fordi vi trenger mer kunnskap om hvor grensen går for når det er fare for kapillært oppsug og dannelse av islinser i et frostsikringslag av steinmaterialer.

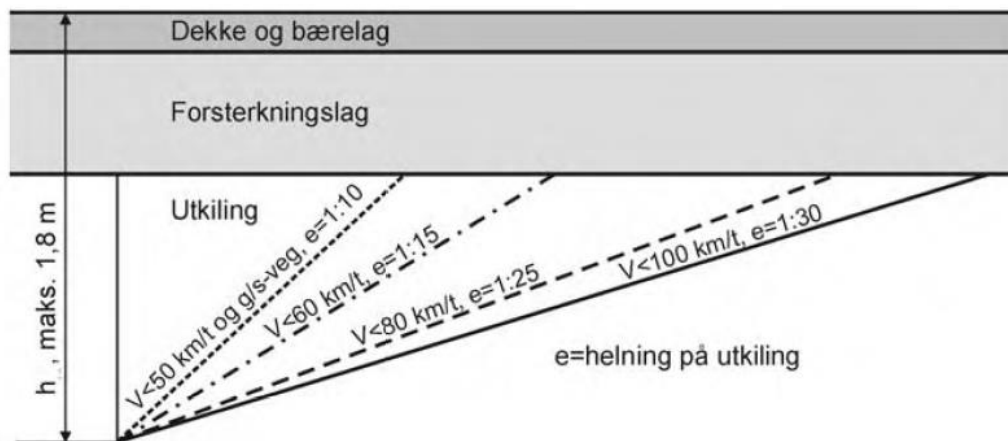
9. Utkilinger

9.1 Bakgrunn og grunnlag

Kap. 512.34 i håndbok 018 beskriver utkilinger som et element i frostsikring av norske veger. Det er kun utkiling i vegens lengderetning som er beskrevet selv om det også vil kunne være et behov for utkiling i vegens tverretning.

9.2 Vurderinger

Utkiling kan utføres med ikke telefarlige materialer eller isolasjonsmaterialer. Utkilingslengde er en funksjon av frostdybde og helning på utkilingen. Helningen er igjen en funksjon av skiltet hastighet og er gitt i figur 512.12 og 512.13 i håndbok 018. Siste figur er vist nedenfor.



Figur 9.1 Helning på utkilingen (figur 512.13 i håndbok 018)

For veger med $\text{ÅDT} > 1500$ skal det i følge NA-rundskriv 12/09 gjennomføres frostsikring der undergrunnen består av materialer i telegruppe T3 eller T4 og det vil dermed ikke være behov for utkiling.

For veger med $\text{ÅDT} < 1500$ skal frostsikringen utføres som beskrevet i håndbok 018. Dimensjonerende frostmengde er F_5 og største utkilingsdybde skal være 1,5 m når grunnforholdene er slik at de kan forventes store og ujevne telehiv. Dimensjonerende frostmengde bør økes til F_{10} og største utkilingsdybde til 1,8 m.

I følge NA-rundskriv 12/09 skal inndeling av grunnforhold etter størrelsen på forventet telehivsproblem fjernes. Samtidig sier rundskrivet at for $\text{ÅDT} < 1500$ foreslås i "denne omgang" ingen endringer i forhold til bestemmelsene i håndbok 018.

Kravet om utkiling bør derfor endres slik at de gjelder steder der materialene i undergrunnen tilhører telefarlighetsklasse T3 eller T4. Forslag til endrede krav er oppsummert i tabell 9.1.

ÅDT	Grunnforhold	Dim. frostmengde	Maks. utskiftingsdybde
>0	T1, T2	Ikke behov for frostsikring eller utkiling.	
<1500	T3, T4	F ₁₀	1,8 m
1500-8000	T3, T4	F ₁₀	Utkiling ikke nødvendig.
≥8000	T3, T4	F ₁₀ – 2-feltsveger F ₁₀₀ – 4-feltsveger	Utkiling ikke nødvendig.

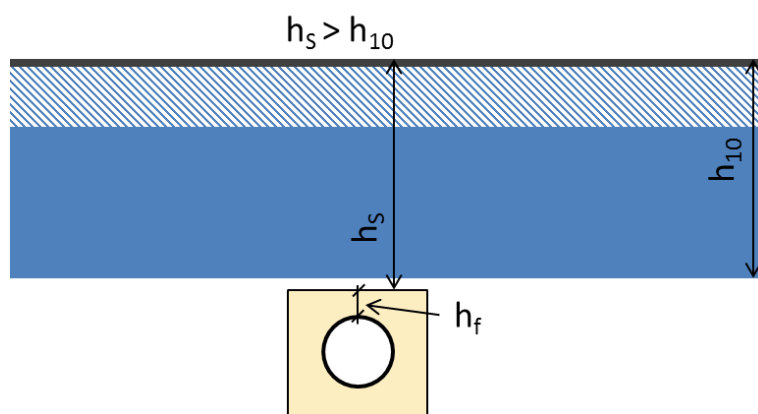
Tabell 9.1 Forslag til krav til utkiling avhengig av ÅDT og grunnforhold

Benyttes isolasjon til utkiling skal største lagtykkelse bestemmes ut fra diagrammer gitt i kapittel 7. Lagtykkelsen skal gradvis reduseres mot null slik at det oppnås en utkilingsslengde tilsvarende kravet til utkiling med granulære materialer som er oppgitt i vegnormalene. For XPS kan det være aktuelt å legge platene med en viss avstand der utkilingen avsluttes for å unngå å bruke for tynne plater. Tynne plater tar lettere opp fukt og mister da sin varmeisolerende evne.

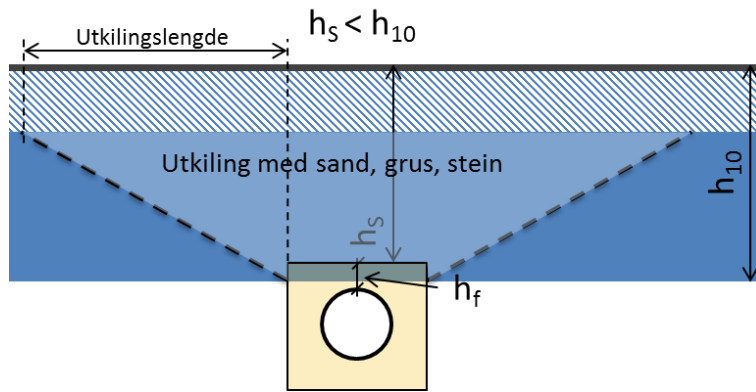
Stikkrenner skal fundamenteres frostfritt og vil derfor kunne skape ujevne telehiv. Det vil ikke være behov for utkiling ved stikkrenner når også vegen frostsikres etter kravene for veger med ÅDT 1500-8000 og ÅDT>8000.

For veger med ÅDT<1500 skal stikkrenner uansett være frostfritt fundamentert og det vil være behov for utkiling hvor materialene i undergrunnen tilhører telefarlighetsklasse T3 og T4. Stikkrenner/kulverter med diameter >0,6 m bør frostsikres i hele gjennomløpets lengde og tykkelsen på frostsikringslaget er gitt i figur 407.1 i håndbok 018. Frostdybde h_{10} inngår i denne formelen. Er h_{10} lik 1,8 m og diameteren 0,8 m skal frostsikringslaget rundt stikkrennen være 0,43 m.

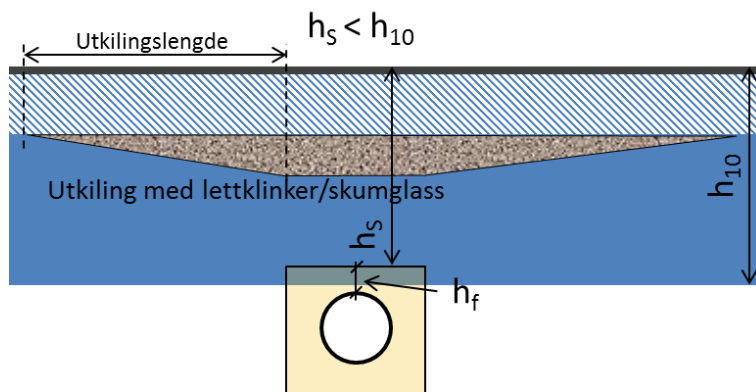
Hvis øvre del av frostsikringslaget som ligger rundt stikkrennen, ligger grunnere enn h_{10} (maks. 1,8 m) for ÅDT<1500 og materialene i undergrunnen har telefarlighet tilsvarende T3 eller T4, skal utkiling utføres som angitt i håndbok 018. Hovedprinsippene for utkiling er vist i figurene 9.2-9.4.



Figur 9.2 Ikke behov for utkiling, $h_s > h_{10}$



Figur 9.3 Utkiling med sand, grus eller stein, $h_s < h_{10}$



Figur 9.4 Utkiling med lettklinker eller skumglass, $h_s < h_{10}$

9.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

For veger med $\text{ÅDT} < 1500$ foreslås det å øke dimensjonerende frostmengde til F_{10} og største utkilingsdybde til 1,8 m.

Kravet om utkiling bør endres slik at de gjelder steder der materialene i undergrunnen tilhører telefarlighetsklasse T3 eller T4. Forslag til endrede krav er oppsummert i tabell 9.1.

9.4 Betydning for håndbok 018

Endrede krav til dimensjonerende frostmengde og utkilingsdybde må innarbeides i håndbok 018. Utkiling ved breddeutvidelse og forsterkning må også innarbeides.

9.5 Betydning for andre håndbøker

Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger

- Punkt 2.0.8.2 omtaler utkiling ved bruk av ulike fyllmasser. Endrede krav til frostmengde og utkilingsdybde (også i tverretningen) må innarbeides

10. Krav til dypsprengning i fjellskjæringer

10.1 Bakgrunn og grunnlag

Ved dypsprengning skal det bores og sprenges til et nivå som ligger under endelig utlastningsnivå. Ifølge dagens retningslinjer skal det sikres at minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg er 0,75 m. I noen prosjekt de siste årene er det beskrevet minsteavstander på 2 - 2,5 meter. Dagens minsteavstand på 0,75 m fra topp ferdig veg ved CL er lite, både med tanke på praktisk utførelse og faren for manglende drenering og påfølgende telehiv ved sprengning i svake bergarter. Denne oppgaven er ikke direkte i mandatet til arbeidsgruppen, men arbeidsgruppen har vurdert det slik at dette bør utredes.

10.2 Vurderinger

I prosesskoden er 0,75 m dybde for dypsprengning nå tatt ut. Kravet til dypsprengningens dybde er nå en del av prosjekteringen. Ifølge Knut Borge Pedersen, Vegdirektoratet, stammer 0,75 m i håndbok 018 fra 1970-tallet da man brukte håndholdt utstyr, og er ikke brukbart i forhold til dagens utstyr. Kravene til dypsprengning på Fellesprosjektet E6 Dovrebanen er satt til 2,5 meter, og ifølge Gunvor Baardvik og Magnus Rømoen i NGU er dette kravet en praktisk erfaringsmessig tilpasning for å unngå bl.a. oppstikkende knøler og forsenkninger i frostsonen. Det har vært flere erfaringer med at de kravene som står i håndbok 018 ikke er tilstrekkelig. 0,75 m har vist seg å være for lite med dagens borutstyr, bormønster, ladning, boravvik osv. Dette bekreftes også av Harald Fagerheim, byggeleder i SVV som også sier at svært mange av de kontrollene som er gjort på dypsprengning avdekker vanndammer i planum som ligger i frostsonen. Viktigheten av kontroll av dypspregningen (tverrfall, knøler, finstoff, for stor stein osv.), fremheves også av NGU.

Det har i diskusjoner i arbeidsgruppa kommet frem til at det er drenering (avrenning i trauret) i fjellskjæringer som er kritisk. Dette bekreftes også av Knut Borge Pedersen. Det skal ikke være vann i trauret innenfor frostsonene, enten ved drenering eller ved senkning av trauret. Problematikken rundt dypspregning kan derfor løses på to prinsipielle måter:

1) Dypsprengning dypt nok til at frosten ikke går ned til eventuelle vannfylte lommer med telefarlig materiale. Det bør utføres stikkprøvekontroll ved sjaktgraving.

2) Grunnsprengning og utskifting med ikke-telefarlige materialer ned til fast fjell. Fjellsålen kontrolleres og justeres slik at en sikrer avrenning (pigging eller utstøping).

Ved sprengning i svake bergarter (for eksempel glimmerrike) bør massene erstattes med ikke-telefarlige materialer. pga. faren for at det oppstår telefarlige materialer etter sprengning og anleggstrafikk. Dypspregning vil være mest aktuelt i sterke bergarter, mens i svake bergarter vil grunnsprengning være mest aktuelt. Dette er også angitt som anbefaling i håndbok 018 fra 1975.

Det har vært diskutert om man bør sette strengere krav til bormønster og ladning, men dette ansees ikke som hensiktsmessig. Ifølge Knut Borge Pedersen vil det være mer fornuftig å sette krav til dypere dypspregning og eventuelt utføre stikkprøvekontroll. I håndbok 018 fra 1975 er det angitt at effektivt dypsprengningsnivå er lik borhullsdybden minus en fjerdedel av hullavstanden. Ved 2,5 m boreddybde og hullavstanden 3 meter vil «effektivt dypsprengningsnivå» være $2,5 - 0,75 = 1,75$, dvs. dybden til knølene. Ved å sette krav til 1,75

m som minsteavstand fra ferdig vegbane til fast berg vil det måtte medføre bordybder på 2,5 meter og man vil forsikre seg om at forsenkningene i fjellsålen vil komme ned mot 2 meters dybde. Kravet til minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg vil i praksis bli et kompromiss mellom teoretiske betraktninger og praktisk gjennomførbarhet.

10.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

Det anbefales å innføre 2 hovedprinsipper for å sikre mot telehiv og avrenning i traubunn i fjellskjæringer:

- 1) Dypspregning med minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg 1,75 m, og krav til stikkprøvekontroll ved sjaktgraving. Mest aktuelt ved sprengning i sterke bergarter.
- 2) Grunnsprengning som alternativ til dypspregning, men da med krav om utlasting til fast fjell for kontroll av fjellsåle og tilbakefylling med ikke-telefarlige materialer. Minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg 0,75 m. Mest aktuelt ved sprengning i svake bergarter.

Hva som ansees som svake bergarter må beskrives i håndbok 018.

10.4 Betydning for håndbok 018

Forslag til ny tekst i kapittel 226.2 i håndbok 018:

Ved dypsprengning skal berget bores og sprenges ned til et nivå under forsterkningslaget som sikrer drenering og avrenning. Det skal sikres at minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg er større enn 1,75 m. Ved sprengning i svake bergarter eller hvis minsteavstanden er mindre enn 1,75 m skal prinsippene for grunnsprengning følges (kap. 226.3). Minimum helning på fjellsålen skal være 1:10.

Ved sprengning i områder med store frostmengder (>20000 h °C) må dypspregningsnivået vurderes spesielt med tanke på behovet for dypsprengning til frostsikker dybde. Normalt vil dypeste punkt ligge mer enn 1 m fra skjæringsveggen, og her bør hoveddreneringen plasseres. Hoveddreneringen skal ligge frostfritt. Dette minsker tilgangen på vann under vegbanen i fryseseonen.

Ved korte skjæringer (< ca. 50 m) og halvskjæringer vil dypsprengning til forutsatt dybde normalt gi tilstrekkelig drenering. Ved stor avrenning og lange drensveger bør det legges egne drensledninger.

Dypsprengningen skal foretas samtidig med øvrige sprengningsarbeider i skjæringen. Eksempler på profil for dypsprengning er vist i figur 226.2.

Det bør utføres rettet kontroll av dypspregningen ved kontrollgraving av grøftesjakter på tvers av vegen for kontroll av dybde, tverrfall, knøler, forsenkninger, finstoff og stor stein. Omfanget vurderes av byggherren som anviser sted for prøvegraving ved behov. Ved avdekking av stor andel knøler og forsenkninger bør hele salva lastes ut og kontrolleres. Fjellsålen må deretter justeres slik at en sikrer avrenning ved pigging av knøler eller utstøping av forsenkninger med magerbetong.

Figur 226.2 må revideres slik at den stemmer overens med ny tekst og nye krav.

Forslag til nytt kapittel «226.3 Grunnsprengning» i håndbok 018:

Ved grunnsprengning skal berget bores, sprenges og lastes ut til et nivå under forsterkningslaget som sikrer drenering og avrenning. Ved grunnsprengning skal det renskes til fast fjell og det tillates ikke at det ligger igjen mer enn 0,05 m³ masse per m². Det skal sikres at minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg er større enn 0,75 m. Oppfylling til planum skal skje med ikke-telefarlige materialer, eventuelt med materialer av samme kvalitet som i forsterkningslaget. Oppfyllingen komprimeres tilsvarende forsterkningslag.

Minimum helning på fjellsålen skal være 1:10. Ved grunnsprengning må en være spesielt oppmerksom på eventuelle vannsig i fjellsålen og ta vare på disse i egne drensledninger for å minimere faren for iskjøving under vegbanen. Hoveddreneringen skal ligge frostfritt. Dette minsker tilgangen på vann under vegbanen i fryseseonen.

Det må lages en ny figur til kap. 226.3 som viser prinsippet for grunnsprengning.

Eksisterende støttetekst i det grå feltet (til kapittel 226.2) angående kontroll av dypsprengningen fjernes. Forslag til ny støttetekst i det grå feltet (delvis hentet fra kapittel 522):

Svake bergarter kan være spesielt vannømfintlige når de knuses ned og mineralene anrikes i finfraksjonen. Bergarter dette først og fremst gjelder er:

- Syenitt
 - Granodioritt
 - Amfibolitt
 - Gneis
 - Gråvakke
 - Skifer (glimmerskifer, klorittskifer, grønnskifer og fyllitt)
 - Granitt med glimmerinnhold > 30 % basert på tynnslipanalyse
- Ved sprengingen i slike bergarter benyttes fortrinnsvis grunnsprengning.*

Rettet kontroll av dypsprengning kan rettes mot punkter der en ofte finner avvik slik som i salvedelinger, ved endringer av tverrfall, lavbrekk og i overgangs soner mellom eksisterende og ny veg.

I dimensjoneringstabellen i figur 512.7 under «Materialtype i grunnen» bør det vurderes om det skal stå «Dyp- og grunnsprengning, steinfylling» i stedet for «Fjellskjæring, steinfylling» for å unngå at dyp- og grunnsprengning blir avglemt ved dimensjonering av overbygning i fjellskjæring, da dette ellers bare er omtalt i kapittel 2 i håndbok 018.

10.5 Betydning for andre håndbøker

Håndbok 025 Prosesskode 1

- Det vil være behov for mer arbeid med beskrivelse av dyp- og grunnsprengning i prosesskoden.

11. Drenssystemets høydebeliggenhet

11.1 Bakgrunn og grunnlag

Mer omfattende bruk av frostsikringslag av sand, grus eller knuste steinmaterialer, evt. med et isolerende lag av skumglass, lettklinker eller XPS, krever en gjennomgang av drenssystemets plassering i vegoverbygningen. Vedlegg 3, Drenssystem ved stor overbygningstykkel, inneholder en grundigere vurdering av drenssystemets høydebeliggenhet.

11.2 Vurderinger

Det er ansett svært viktig for vegoverbygningens funksjonelle egenskaper og tilstandsutvikling å etablere og holde vedlike et drenssystem som reduserer risikoen for at forsterkningslag og bærelag får redusert bæreevne som følge av uønsket høyt vanninnhold på grunn av nedbør og strømming av vann gjennom løsmasser, eller som en følge av smeltede islinser i teleløsningsperioden.

I en del tilfeller vil det derimot være gunstig å ha et visst vanninnhold i frostsikringslaget dersom dette består av sand, grus eller knust fjell. Så lenge materialene i frostsikringslaget består av ikke telefarlige, ikke vannømfindtlige materialer, vil et vanninnhold i størrelsesorden 3 – 5 % være gunstig for materialenes varmekapasitet og redusere frostnedtrengningen. Av den grunn er det gunstig at frostsikringslag av sand, grus eller knust fjell ligger udrenert dersom ikke andre forhold gjør dette uønsket.

Arbeidsgruppen har vurdert om kravet til dybden på åpen drenering skal økes fra 35 cm til 50 cm for å sikre at drensgrøften alltid fungerer i henhold til forutsetningene. Arbeidsgruppen mener at det ikke er behov for å øke grøftedybden med 15 cm. Kravene til dybden på åpen drenering foreslås derfor beholdt uendret på 35 cm under forsterkningslaget for veger uten spesiell frostisolasjon og hvor frostsikringslaget består av sand, grus eller knuste materialer. For veger hvor frostsikringen inkluderer isolasjonslag av lettklinker, skumglass eller XPS, skal bunnen på åpne grøfter ligge 35 cm under underkant av isolasjonslaget. På grunn av kravene til tverrprofilets utforming, vil denne løsningen kreve rekkverk, alternativt stor avstand mellom vegkant og sidegrøft.

Lukket drenering vil normalt være etablert på strekninger hvor det også etableres et overvannssystem med kummer og ledninger som skal ligge frostfritt for å fungere tilfredsstillende. Under slike forhold bør også lukket drenering ligge frostfritt. Lukket drenering i grunne, ikke frostfrie grøfter er dermed kun aktuelt på strekninger hvor det ikke etableres et overvannssystem og hvor strømmingen av vann er slik at det ikke er risiko for tilsig av vann til drensledningen fra løsmasser eller fjell uten frost.

Frostsikringslag av isolerende materialer som lettklinker eller skumglass bør alltid ha drenerte forhold. Høy vanninnhold vil gi ugunstige varmeledningstall og derved redusere materialenes isolerende evne.

11.3 Konklusjoner/forslag til endringer og anbefalinger

Dype sidegrøfter

For veg uten frostsikringslag og for veg med frostsikringslag av sand/grus/knust fjell, skal bunnen på dype sidegrøfter ligge 35 cm lavere enn underkant av forsterkningslaget. For veger hvor frostsikringen inkluderer isolasjonslag av lettklinker, skumglass eller XPS, skal bunnen på åpne sidegrøfter ligge 35 cm under underkant av isolasjonslaget.

Grøftebunnens bredde bør være 50 cm slik kravet i håndbok 018 er i dag.

Lukket drenering

For veger hvor hele eller deler av frostsikringslaget består av isolerende materialer, som lettklinker, skumglass eller XPS, skal lukket drenering alltid ligge minst 35 cm under isolasjonslaget.

For dybden til lukket drenering som skal være frostfri, bør plassering av drensledningen dimensjoneres for F10, for F100 for firefelts motorveger, eventuelt hvor det er sannsynlig at vegen utvides til firefelts motorveg i dimensjoneringsperioden (20 år).

Grunne overvannsgrøfter

Dybden på grunne overvannsgrøfter, regnet fra vegkant, bør minst være 40 cm. Dette kravet foreslås satt uavhengig av vegens standardklasse.

11.4 Betydning for håndbok 018

Konklusjonene over vil ha betydning for kapittel 4 i håndbok 018. Hele kapitlet må gjennomgås.

Under er det mer detaljert enkelte av de momentene en må ta hensyn til med hensyn på lukket drenering:

- Figurene 406.3, 406.4, 406.5 og 406.6 tegnes om slik at de er mer i overensstemmelse med det som er vanlig i dag. Som et minstekrav skal bunnen av drensledningen ligge 35 cm under underkant av forsterkningslaget.
- Figur med drenering med pukk i fiberduk (figur 406.4) bør inkludere en skisse av hvordan denne løsningen kombineres med kummer.
- Beskrivelsen av både ikke frostfri og frostfri lukket drenering beholdes. Det bør i kommentarteksten presiseres at hovedregelen er at lukket drenering legges frostfritt. Grunne, ikke frostfrie drensledninger kan benyttes, men det bør begrenses til de steder hvor et overvannsystem med kummer og rør ikke skal etableres, og hvor strømmingen av vann er slik at det ikke er risiko for tilsig av vann til drensledningen fra løsmasser eller fjell uten frost.
- Bunnen på grunne overvannsgrøfter bør være 50 cm bred. Dermed kan figur 405.9 også brukes for overvannsgrøfter, noe som burde være svært aktuelt.

I tillegg må en ta hensyn til enkelte momentene med hensyn til planum på leire:

- Toleranser for planum er gitt i håndbok 018 figur 204.4 og figur 520.4. Krav til tverrfall for planum er gitt i Prosesskoden pkt. 51.3. Det bør vurderes om det på leire,

også på andre tette materialer, er behov for å sette strengere krav, f.eks. 10 % tverrfall slik det er gjort for dypsprengning.

11.5 Betydning for andre håndbøker

Håndbok 017 Veg- og gateutforming

- Må samordnes med det arbeidet som pågår om utforming av sideterreng og grøfteutforming (også håndbok 231)

Håndbok 025 Prosesskoden 1

- Ingen klare behov for endringer, men kan innvirke på tykkelseskrav

Håndbok 111 Vedlikeholdsstandarden

- Oppgave 2.8 Avvannings- og dreneringssystem

Håndbok 231 Rekkverk og vegens sideområder

- Må samordnes med det arbeidet som pågår om utforming av sideterreng og grøfteutforming (også håndbok 017):
Kapittel 2 Behov for rekkverk
Kapittel 3 Kriterier for valg av rekkverk
Eventuelt Vedlegg 2 Beregningseksempler

12. Ising på veg ved bruk av isolasjonsmaterialer

12.1 Bakgrunn og grunnlag

Differensiell ising på kjørebane som en følge av bruk av isolasjonsmaterialer i vegoverbygningen er i dag ivarettatt ved at det i pkt. 512.423 og 524.21 er satt et krav om minst 30 cm granulære materialer over isolasjonsplater av XPS. Det er i dag ikke satt tilsvarende krav ved isolering med skumglass eller lettklinker.

Utvidede krav om frostsikring av veger kan innebære mer omfattende anvendelse av isolasjonsmaterialer av XPS, lettklinker og skumglass i vegoverbygningen. Dette innebærer at man må ha enda større sikkerhet for at isolasjonsmaterialene ikke brukes slik at risikoen for differensiell ising øker, med redusert trafikksikkerhet som en følge av dette.

Det vises til vedlegg 4 (beskyttelse mot differensiell ising) hvor fare for differensiell ising og aktuelle tiltak for å forhindre differensiell ising er mer utførlig beskrevet. Kapittel 12 er et sammendrag av de viktigste vurderingene og konklusjonene i vedlegg 4.

12.2 Vurderinger

I 1970 og 1980-årene ble det i de skandinaviske land gjennomført en rekke analyser og forsøk for å klarlegge risikoen for differensiell ising ved anvendelse av frostisolasjon i vegoverbygningen. Den første tiden ble isolasjonsplater av XPS lagt høyt oppe i vegoverbygningen med den konsekvens at differensiell ising oppstod. Problemet ble redusert betydelig ved at det ble innført et krav om en minstetykkelse for de granulære lagene over isolasjonsplatene. I Norge var dette kravet satt til minimum 30 cm. Det foreligger ingen informasjon hvorvidt det har vært isingsproblemer på veger hvor dette kravet er oppfylt, isingsproblemer som kan tilbakeføres til anvendelse av isolasjonsmaterialer i vegoverbygningen.

Man har vurdert å ta i bruk noen dimensjoneringsregler presentert i Frost i jord 2007. Disse er utviklet av Coté og Konrad ved Université Laval i Quebec og tar sikte på å redusere/eliminere risikoen for differensiell ising. Dimensjoneringsreglene synes ikke å være egnet for de isingsforhold som er mest utpreget på det norske vegnettet.

Basert på et enkelt litteraturstudium har man valgt å bygge på gjeldende regelverk i Quebec og Sverige når man har foreslått skjerpede krav til dimensjonering over isolasjonslag og minstekrav til tykkelsen på granulære lag over isolasjonsmaterialene.

12.3 Konklusjoner/forslag til endringer i krav og anbefalinger

Dagens krav om minstetykkelse for granulære materialer over isolasjon av XPS foreslås utvidet til å omfatte alle typer materialer med varmeledningstall $< 0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$. I tillegg foreslås kravet øket fra minimum 30 cm til minst 50 cm for alle steder hvor risiko for differensiell ising kan føre til reduserte funksjonsevne for dekket. Dette gjelder også fortau og gang-/sykkelveger.

Lettklinker og skumglass plasseres i Bæreevnegruppe 4. Dette begrunnes primært ut fra behovet for å redusere risikoen for differensiell ising, men også ut fra en usikkerhet med hensyn til materialenes langtidsegenskaper hva angår fasthet og knusningsrisiko.

Før man eventuelt tar i bruk dimensjoneringsregler som beskrevet av Côté og Konrad, bør de utprøves i forhold til risiko for ising under norske forhold. Dersom de nye kravene til frostsikring fører til en mer omfattende bruk av XPS, lettklinker eller skumglass som frostsikringsmateriale, bør feltmålinger og forsøk for å fastlegge risikoen for differensiell ising gjenopptas.

12.4 Betydning for håndbok 018

Forslagene over er av betydning for dimensjoneringsreglene for veg med bituminøst dekke. Det må tas hensyn til dette ved revisjon av håndbok 018.

12.5 Betydning for andre håndbøker

Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger

- Pkt. 2.4.3.5 omtaler isingsforhold. (Her kan det vurderes om noe av 274-teksten burde tas inn i 018 evt. veiledning om frostsikring.
- Pkt. 2.4.4.4 (side 277) omtaler vanninnhold i fyllingsmaterialer. Se om det er aktuelt med flytting av tekst til/fra, evt. oppdatering.

13. Frostsikring - en lønnsom investering?

13.1 Bakgrunn og grunnlag

Dette kapitlet bygger på et notat (utarbeidet av ViaNova Plan og Trafikk) som i hovedsak er en oppdatering og videreutvikling av et notat utarbeidet av Geir Refsdal ved Dekkeprosjektet, Byggherreseksjonen, Region øst, et notat som inngikk som Vedlegg 2 i rapporten «Telehiv på nye norske veger, - hvorfor, og hva kan gjøres for å unngå dette?» fra «Ekspertgruppe telehiv» fra februar 2012. Det oppdaterte notatet er vedlagt denne rapporten som vedlegg 5.

I tillegg til ovenfornevnte notat bygger analysen på flere andre arbeider av betydning for en vurdering av tilstandsutvikling og nytte/kostnadsanalyser av dimensjonering av veger, inklusive følgende:

- Delprosjekt Veg under etatsprogrammet Vegkapital
- Delprosjekt 5 under etatsprogrammet Klima og transport
- Prosjektet Samfunnsmessige konsekvenser av forskjellige innsatsnivåer innen drift og vedlikehold.
- Modellgrunnlaget i EFFEKT 6

Mer omfattende nytte-/kostnadsanalyser for alternative typer av «Robuste veger» vil bli gjennomført som en del av etatsprosjektet Varige veger.

13.2 Beregning av netto nytte

Dersom man omregner alle kostnader, som er omtalt i notatet i vedlegg 5, til en nåverdi basert på 40 års kalkulasjonsperiode og 4,0 % kalkulasjonsrente, får man en sammenstilling av kostnader og en beregnet netto nytte som vist i tabell 12.1.

Dimensjonerende frostmengde	20 000				40 000			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT								
Differanse byggekostnader	1 219	597	727	665	2 622	1 986	2 114	2 129
Vegholder driftskostn. sommer	30	30	30	30	30	30	30	30
Vegholders dekkekostnader	128	140	210	331	225	224	348	569
Vegholders vinterdrift	30	30	30	30	30	30	30	30
Trafikant drivstoffkostnader	8	18	40	55	12	25	56	79
Trafikant rep og vedlikehold	134	272	559	760	191	387	799	1 112
Trafikant tidskostnader	79	139	246	282	132	237	427	514
Sum nåverdi av kostnadsreduksjoner	409	629	1 115	1 488	620	934	1 690	2 336
Netto nytte, 1000 kroner per km veg	-810	32	388	824	-2 020	-1 046	-446	207

Tabell 12.1 Sammenstilling av kostnader og beregnet netto nytte

Ut fra dette ser en at med de forutsetninger som er lagt inn i beregningene, får man ved en frostmengde på 20.000 h°C en positiv netto nytte ved ÅDT 2000 eller mer. Ved en frostmengde på 40.000 h°C må trafikkmengden være mer enn 5.000 i ÅDT for å oppnå en positiv netto nytte ved frostsikring.

For frostmengden 40.000 har man også gjennomført beregninger basert på en frostsikring med skumglass, 70 cm øvre frostsikringslag av skumglass og 30 cm nedre frostsikringslag av knust fjell, uten at dette påvirket beregningen av netto nytte i nevneverdig grad.

14. Endrede krav til frostsikring i dimensjoneringsystemet

Bakgrunn

Dette kapitlet gir en kortfattet beskrivelse av alternative opplegg for dimensjonering av veg med bituminøst dekke. Vedlegg 7 inneholder en mer detaljert beskrivelse av hvordan endrede krav til frostsikring kan innarbeides i dimensjoneringsystemet. Beskrivelsene er initiert av vedtakene i Vegdirektoratets NA-rundskriv 12/09 hvor det bl.a. er lagt vekt på en betydelig innstramming og utvidelse av kravene til frostsikring ved dimensjonering av vegoverbygning. I tillegg er det satt krav til redaksjonelle endringer i de mest sentrale avsnittene. Når arbeidsgruppen har lagt fram sine anbefalinger, vil det bli arbeidet mer med dette.

Alternative opplegg for dimensjonering

Nedenfor er det kort beskrevet tre opplegg for dimensjoneringsdelen i kapittel 51:

1. Tilsvarende som i dagens utgave av håndbok 018, men med dimensjonering for frost flyttet frem til dimensjonering for bæreevne. Dette alternativet er mest i samsvar med dagens dimensjoneringsregler.
2. Dimensjonering for bæreevne og frostsikring samlet i en felles dimensjoneringstabell. Dette gir den mest kompakte løsning. Sannsynligvis gir dette alternativet også den beste sikkerhet for at helheten i dimensjoneringen blir ivaretatt.
3. Fire separate dimensjoneringstabeller. Dette alternativet er i prinsippet relativt likt det andre alternativet, men utseendet blir vesentlig forskjellig ved at man har fire komplette dimensjoneringstabeller:
 - a. For bæreevne i teleløsningsperioden
 - b. Med frostisolasjon av knust fjell, grus eller sand
 - c. Med frostisolasjon av lettklinker eller skumglass
 - d. Med frostisolasjon av XPS

Dette alternativet vil være mer oversiktlig enn alternativ 2, og kanskje lettere å forstå i forhold til hvilken frostsikringsmetode man bør velge.

Hver av disse tre alternativene er nærmere vurdert i vedlegg 7.

Gangen i dimensjoneringen

For alle de tre alternativene vil gangen i dimensjoneringen være som vist under:

1. Klarlegge trafikkbelastningene, antall tunge kjøretøy på dimensjonerende kjørefelt, samt årlig vekst i tunge kjøretøy. Velge dimensjoneringsperiode dersom denne avviker fra 20 år.
2. Bestemme ÅDT, beregne dimensjonerende N og bestemme trafikkgruppe.
3. Inndeling av veganlegget i «homogene» delstrekninger basert på fjelloverflate, kvartærgeologiske kart og antatt massedisponering. Innhente grunnbøringsdata utført for geotekniske analyser og vurdere behovet for egne grunnbøringer. Revurdering av delstrekningene og bæreevnegrupper
4. Dersom ÅDT <1500, vurdere risiko for ujevnt telehiv ut fra variasjoner i materialene i grunnen og evt. variasjoner i vanntilgangen. Dette gir grunnlaget for å vurdere behovet for telesikring. Uten behov for frostsikring, hopper man over punkt 5 og 6.
5. Bestemme dimensjonerende frostmengde F10 eller F100 ut fra kart og/eller data for kommunesentra med tilhørende korreksjoner til aktuelt sted.

6. Vurdere alternative materialer for frostsikring. For hvert alternativ, fastsette nødvendig tykkelse på frostsikringslaget, evt. tykkelse på øvre og nedre frostsikringslag.
7. Bestemme vegdekket og dekketykkelse ut fra ÅDT med utførelsesmessige justeringer.
8. Vurdere alternative løsninger for bærelaget. Fastsette tykkelse på bærelaget, evt. tykkelse på øvre og nedre bærelag. Korrigere for evt. «overskudd» av bidrag til bæreevneindeks fra dekket.
9. Bestemme tykkelse på forsterkningslaget, evt. øvre og nedre forsterkningslag for hver av de alternative materialer i grunnen/frostsikringslaget. I dette inngår evt. justeringer ut fra aktuelle materialvalg.
10. Revurdering av de alternative dimensjoneringsforhold ut fra anleggsmessige forhold.
11. Kostnadsberegninger for de alternative løsninger og valg av endelig løsning.

Videre arbeid

Det vil bli arbeidet videre med disse alternativene etter at arbeidsgruppen har levert rapporten. Mye tyder på at alternativ 3 med fire separate dimensjoneringsstabeller bør innarbeides i håndbok 018. Det må imidlertid vurderes om dette alternativet skal innarbeides i 2013-revisjonen av håndboka eller om en skal innarbeide alternativ 1 i 2013-utgaven og innarbeide alternativ 3 i 2015-utgaven av håndbok 018.

15. Konklusjoner, oppsummering og videre arbeid

Under er konklusjonene kort oppsummert. I tillegg er forslag til videre arbeid foreslått. Konklusjoner, oppsummering og videre arbeid er mer utførlig beskrevet i de enkelte kapitlene.

Definisjon overbygning

Arbeidsgruppen anbefaler at frostsikringslaget defineres som en del av vegoverbygningen. For frostsikringslag av sand, grus- og steinmaterialer er kravene til finstoff satt slik at materialet kan være litt telefarlig (T2). For øvrige lag i vegoverbygningen gjelder fortsatt kravet om at disse utelukkende skal bestå av ikke telefarlige materialer.

Frostsikringen kan i enkelte tilfeller være delt i to lag. Dette gjelder når vi legger inn et isolasjonslag (XPS, lettklinker eller skumglass) over frostsikringslaget.

Arbeidsgruppen anbefaler at man ved bruk av isolasjonsmaterialer (lettklinker, skumglass eller XPS) krever et minimum 30 cm tykt frostsikringslag (utfrysingslag) under for å sikre mot ujevne telehiv ved gjennomfrysing av isolasjonslaget. Dette frostsikringslaget skal bestå av sand, grus- eller steinmaterialer.

Grunnundersøkelser som grunnlag for dimensjonering av overbygning

Dagens krav til grunnundersøkelser i kapittel 510.2 i håndbok 018 beholdes, men det innføres en metodikk basert på studie av kvartærgeologiske kart og vegens vertikalgeometri for å begrense prøveomfanget til områdene der det er størst behov. Kapittel 5.4 inneholder detaljert forslag til ny tekst i kapittel 510.2 i håndbok 018.

Klimadata for vurdering av frostsikringsbehov

Arbeidsgruppen har konkludert med at det fortsatt trengs tabeller for årsmiddeltemperatur og frostmengde, og anbefaler at de nye tabellene fra met.no (2012) benyttes i håndbok 018 som skal oppdateres innen sommerferien 2013. Tabellen vil inneholde data også om variasjon innen kommunen.

Arbeidsgruppen anbefaler også at man i håndbok 018 henviser til kartportal som kan vise årsmiddeltemperatur og frostmengde. Slike kart vil normalt ha en oppløsning på 1 km² ruter (1 km x 1 km) med representative/beregnete data, og man kan «zoome» seg inn til ønsket sted.

Arbeidsgruppen mener at de nye dataene for årsmiddeltemperatur og frostmengde også må gjelde for tunneler (og bruer).

Frosttekniske egenskaper og beregning av frostdybde

I NA-rundskriv 12/09 er maks overbygningstykkelse (inkludert frostsikringslag) på 1,8 m opphevet for ÅDT>8000 i påvente av arbeidsgruppens arbeid. Arbeidsgruppen foreslår at grensen for maks overbygningstykkelse settes til 2,4 m.

For XPS stemmer antatte termiske verdier og beregninger dårlig med eksisterende versjon av håndbok 018 og med leverandørenes brosjyremateriell. Dette må vurderes nærmere før revisjon av håndbok 018 til sommeren 2013. Det kan være behov for å trekke inn leverandørene i denne diskusjonen.

Det må vurderes om det skal innføres en maksimal isolasjonstykkelse på 150 mm, og om en skal anbefale å ikke bruke XPS som isolasjon i de kaldeste deler av landet.

Krav til frostsikringslag, materialkvalitet

Arbeidsgruppen foreslår følgende krav til frostsikringslag av sprengt stein:

- Største steinstørrelse, målt som største sidekant, skal ikke overstige halvparten av lagtykkelsen og det tillates ikke steiner med største sidekant større enn 500 mm.
- Minimum 30 % skal passere 90 mm siktet
- Krav til kornfordeling for materiale < 90 mm i henhold til NS-EN 13285:2010, kategori G_v. For denne kategorien stilles det for en 0/90 masse krav til gjennomgang på siktene 5,6 mm og 45 mm:
 - 15-75 % < 5,6 mm regnet av materiale ≤ 90 mm (mindre viktig, velger å se bort fra dette kravet)
 - 47-87 % < 45 mm regnet av materiale ≤ 90 mm
- Krav maksimum finstoff: UF₇ (dvs. maksimum 7 % < 0,063 mm regnet av materiale ≤ 90 mm)
- Krav minimum finstoff: LF₂ (dvs. minimum 2 % < 0,063 mm regnet av materiale ≤ 90 mm)

Arbeidsgruppen anbefaler at kravet til graderingstall Cu (d_{60}/d_{10}) heves fra minimum 3 til minimum 5. Valg av komprimeringsutstyr og antall overfarer settes som i dagens håndbok 018 figur 520.8. Krav til komprimering settes som for fyllingens øverste 3 m.

For å få til et godt samarbeid mellom byggherre og entreprenør og en god forståelse for de nye kravene til forsterknings- og frostsikringslag vil det være viktig at dette tas opp som tema i samhandlingsprosessen.

De foreslåtte kravene anses av gruppen til å være tilstrekkelige for å sikre at de ønskede egenskaper blir i varetatt. For å ha tilstrekkelig sikkerhet mot for stor stein mener vi det er fornuftig å sette maksimumskravet til 500 mm for største sidekant. Opplasting direkte fra røys ved bruk av hjullaster antas normalt sett ikke å gi tilfredsstillende homogenitet. Homogenitet en veldig viktig parameter som en ønsker å sette sterk fokus på.

For å ha kontroll på kornfordelingen må det innføres krav om at materialet splittes og blandes under opplasting. For å ha tilstrekkelig kapasitet i produksjonen kan det aksepteres at splitting gjøres på et grovere sikt/galler enn 90 mm, f.eks. 150 mm.

Byggherre skal godkjenne ferdig utlagt frostsikringslag før utlegging av forsterkningslag. I tvilstilfeller må stikkprøve tas. Oppgraving må da gjennomføres. For å bestemme andel større og mindre enn 90 mm av en oppgravingsprøve kan *digital bildeanalyse* være et alternativ til splitting og veiging.

Det foreslås å flytte isolasjonsmaterialene lettklinker og skumglass fra bæreevnegruppe 3 til bæreevnegruppe 4. Dette begrunnes primært ut fra behovet for å redusere risikoen for differensiell ising, men også ut fra en usikkerhet med hensyn til materialenes langtidsegenskaper hva angår fasthet og knusingsrisiko.

Arbeidsgruppen anbefaler at det gjennomføres et eget utredningsarbeid på temaet finstoffmengdens betydning for telefarlighet.

Utkilinger

For veger med $\text{ÅDT} < 1500$ foreslås det å øke dimensjonerende frostmengde til F_{10} og største utkilingsdybde til 1,8 m.

Kravet om utkiling bør endres slik at de gjelder steder der materialene i undergrunnen tilhører telefarlighetsklasse T3 eller T4. Forslag til endrede krav er oppsummert i følgende tabell.

ÅDT	Grunnforhold	Dim. frostmengde	Maks. utskiftingsdybde
>0	T1, T2	Ikke behov for frostsikring eller utkiling.	
<1500	T3, T4	F_{10}	1,8 m
1500-8000	T3, T4	F_{10}	Utkiling ikke nødvendig.
≥ 8000	T3, T4	F_{10} – 2-feltsveger F_{100} – 4-feltsveger	Utkiling ikke nødvendig.

Krav til dypspregning i fjellskjæringer

Det anbefales å innføre 2 hovedprinsipper for å sikre mot telehiv og avrenning i traubunn i fjellskjæringer:

- 1) Dypspregning med minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg 1,75 m, og krav til stikkprøvekontroll ved sjaktgraving. Mest aktuelt ved spregning i sterke bergarter.
- 2) Grunnsprengning som alternativ til dypspregning, men da med krav om utlasting til fast fjell for kontroll av fjellsåle og tilbakefylling med ikke-telefarlige materialer. Minsteavstanden fra ferdig vegbane ned til fast berg 0,75 m. Mest aktuelt ved spregning i svake bergarter.

Kapittel 9.4 inneholder detaljert forslag til ny tekst i kapittel 226.2 i håndbok 018.

Drenssystemets høydebeliggenhet

Dype sidegrøfter

For veg uten frostsikringslag og for veg med frostsikringslag av sand/grus/knust fjell, skal bunnen på åpne sidegrøfter ligge 35 cm lavere enn underkant av forsterkningslaget.

Grøftebunnens bredde bør være 50 cm slik kravet i håndbok 018 er i dag.

Lukket drenering

Figurene 406.3, 406.4, 406.5 og 406.6 tegnes om slik at de er mer i overensstemmelse med det som er vanlig i dag. Som et minstekrav skal bunnen av drensledningen ligge 0,35 m under underkant av forsterkningslaget.

Bruk av filterlag/drenslag nederst i overbygninger er i dag først og fremst aktuelt i tunneler.

Figur med drenering med pukk i fiberduk (figur 406.4) bør inkludere en skisse av hvordan denne løsningen kombineres med kummer.

Beskrivelsen av både ikke frostfri og frostfri lukket drenering beholdes. Det bør i kommentarteksten presiseres at hovedregelen er at lukket drenering legges frostfritt. Grunne, ikke frostfrie drensledninger kan benyttes, men det bør begrenses til de steder hvor et overvannsystem med kummer og rør ikke skal etableres, og hvor strømmingen av vann er slik at det ikke er risiko for tilsig av vann til drensledningen fra løsmasser eller fjell uten frost.

For veger hvor hele eller deler av frostsikringslaget består av isolerende materialer, som lettklinker, skumglass eller XPS, skal lukket drenering alltid ligge minst 0,35 m under isolasjonslaget.

For dybden til lukket drenering som skal være frostfri, bør plassering av drensledningen dimensjoneres for F10, for firefelts motorveger, evt. hvor det er sannsynlig at veggen utvides til firefelts motorveg i dimensjoneringsperioden, dimensjoneres for F100.

Grunne overvannsgrøfter

Dybden på grunne overvannsgrøfter, regnet fra vegkant, bør minst være 0,40 m. Dette kravet foreslås satt uavhengig av vegens standardklasse.

Bunnen på grunne overvannsgrøfter bør være 50 cm bred. Dermed kan figur 405.9 også brukes for overvannsgrøfter, noe som burde være svært aktuelt.

Planum på leire

Toleranser for planum er gitt i håndbok 018 figur 204.4 og figur 520.4. Krav til tverrfall for planum er gitt i Prosesskoden pkt. 51.3. Det bør vurderes om det på leire, også på andre tette materialer, er behov for å sette strengere krav, f.eks. 10 % tverrfall slik det er gjort for dypsprengning.

Ising på veg ved bruk av isolasjonsmaterialer

Dagens krav om minstetykkelse for granulære materialer over isolasjon av XPS foreslås utvidet til å omfatte alle typer materialer med varmeledningstall $< 0,5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. I tillegg foreslås kravet øket til minst 50 cm for alle steder hvor risiko for differensiell ising kan føre til reduserte funksjonsevne for dekket. Dette gjelder også fortau og gang-/sykkelveger.

Innarbeiding av frostsikring i dimensjoneringsystemet

Endrede krav til frostsikring må innarbeides i dimensjoneringsystemet i håndbok 018. Bestemmelsene må gjennomgås slik at kravene blir mer entydige, enklere å oppfylle, dokumentere og kontrollere, og bedre tilpasset dagens byggemetoder.

Følgende 3 opplegg for dimensjoneringsdelen i kapittel 51 i håndbok 018 synes aktuelle:

4. Tilsvarende som i dagens utgave av håndbok 018, men med dimensjonering for frost flyttet frem til dimensjonering for bæreevne.
5. Dimensjonering for bæreevne og frostsikring samlet i en felles dimensjoneringstabell
6. Fire separate dimensjoneringstabeller:
 - a) For bæreevne i teleløsningsperioden
 - b) Med frostisolasjon av knust fjell, grus eller sand
 - c) Med frostisolasjon av lettklinker eller skumglass
 - d) Med frostisolasjon av XPS

Det synes som om alternativ 3 med fire separate dimensjoneringstabeller er mest aktuelt å innarbeide i håndbok 018. Det må imidlertid vurderes nærmere om dette alternativet skal innarbeides i 2013- revisjonen av håndboka eller om en skal innarbeide alternativ 1 i 2013-utgaven og innarbeide alternativ 3 i 2015-utgaven av håndbok 018.

16. Referanser

Alaska Department of Transportation and Public Facilities (ADPTF) (2004). *Alaska Flexible Pavement Design Manual (AFPDM)*. Research Report no. FHWA-AK-RD-03-01. Effective April 1, 2004.

Aursand, Per Otto. (2005). *Bruk av IRI og VDB-data for kartlegging av telehiv og mulig bæreevnereduksjon i vårløsninga på utvalgte vegstreknings*. Prosjektoppgave. Institutt for bygg anlegg og transport, NTNU.

Doré, Guy. (2002). *Development of a new mechanistic index to predict pavement performance during spring thaw*. Cold regions engineering. Proceedings of the 11. int. conf. 2002, Anchorage, Alaska.

Instances, Arne (2011). *Grunnlag for frostdimensjonering i Norge*. Innlegg på Frost i jord seminar 30. mars 2011.

Jackon isolasjon (2012). *Jackon isolasjon i grunnen*. Brosjyre. 09-2012.

Jessberger, H. L., Jagow, R. (1989). *Determination of frost susceptibility of soils*. VTT Symposium 95, Espoo 1989.

Nordli, Øyvind (2012). Innlegg på Frost i jord seminar 30. mars 2011.

Simonsen, Erik (1997). *Prediction of Climatic Effects and Pavement Response in Frost Sensitive Roads*. Department of infrastructure and planning, Kungl Tekniska Högskolan. KTH, Tryck & Kopiering. ISSN 1104-683X.

SINTEF Byggforsk (2009). *Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring*. Detaljblad 451.021. SINTEF Byggforsk i samarbeid med Meteorologisk institutt.

SINTEF Byggforsk (1999/2010). *Teknisk godkjenning Leca Iso 10-20*. Certification Nr. 2051. SINTEF 1999/2010.

Standard Norge (2010). *Byggematerialer og -produkter - Hygrotermiske egenskaper - Tabulerte dimensjonerende verdier og prosedyrer for bestemmelse av deklarererte og praktiske termiske verdier*. NS-EN ISO 10456:2007+NA:2010. Oslo, desember 2010

Statens vegvesen (1977). *Håndbok 018 Vegbygging*. ISBN 82-7207-008-1. Vegdirektoratet juni 1977.

Statens vegvesen (2006). *Håndbok 163 Vann- og frostsikring i tunneler*. ISBN 82-7207-597-0. Vegdirektoratet, oktober 2006.

Statens vegvesen (2007). *Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner*. Teknologirapport nr. 2445 (Prosjektrapport 21 fra Gjenbruksprosjektet, delprosjekt 5: Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer). September 2007.

Statens vegvesen (2012). *Telehiv på nye norske veger – hvorfor, og hva kan gjøres for å unngå dette?* Rapport nr 79. Februar 2012.

Trafikverket (2011). *TRVK Väg*. Trafikverkets tekniska krav vid dimensionering och konstruktiv utformning av vägöverbyggnad och avvattningssystem. Borlänge juni 2011.

Trafikverket (2011). *TRVMB 301*. Beräkning av tjällyftning. Trafikverkets metodbeskrivningar. Borlänge juni 2011.

Trafikverket (2009). *TK Geo*. Vägverkets och Banverkets krav och råd vid nybyggnad och förbättring av geokonstruktioner. Borlänge juli 2009.

Trafikverket (2009). *Bilaga A Krav på vågkonstruktion*. Bilaga A til IFS 2009: 2 Vägverkets interna föreskrifter om tekniska egenskapskrav på vägar. Borlänge 2009.

Utvalg for frost i jord (1976). *Sikring mot teleskader, nr 17*. Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd og Statens vegvesens utvalg for frost i jord. ISBN 82-7207-007-3.

Vedlegg



Statens vegvesen

Likelydende brev
Se vedlagt liste

NA-rundskriv nr 12/09

Behandlende enhet:
Vegdirektoratet

Saksbehandler/innvalgsnr:
Jan Eirik Henning - 22073625

Vår referanse:
2012/081000-001

Deres referanse:

Vår dato:
28.06.2012

Nye krav og bestemmelser knyttet til håndbok 018 Vegbygging

Etatsledelsen i Statens vegvesen (ELM) besluttet i møte den 21.juni 2012 å innføre enkelte nye krav og bestemmelser knyttet til oppbygging og frostsikring av vegkonstruksjoner.

Dette med bakgrunn i de undersøkelser og anbefalinger ekspertgruppens har gjort i forbindelse med at det er registrert telehiv på nybygde veger de senere år. Denne undersøkelsen viste at det er ulike forhold som har ført til at det har oppstått telehiv. Det er registrert både prosjekteringsfeil ved at det er valgt feil forutsetninger for prosjekteringen, mangler ved utførelsen av vegoverbygningen og mulige mangler ved drencsystemet.

Tilbakemeldinger fra brukere av håndbok 018 tyder på at det er vanskelig å skaffe seg oversikt over alle krav og bestemmelser knyttet til frostsikring på grunn av at temaet er omtalt på forskjellige steder i håndboken, og at gitte krav og bestemmelser i enkelte tilfeller er uklare.

Bestemmelsene i håndbok 018 må derfor gjennomgås slik at kravene blir mer entydige, enklere å oppfylle, dokumentere og kontrollere, og bedre tilpasset dagens byggemetoder. Dette er avgjørende både for de som skal planlegge og dimensjonere vegkonstruksjoner, for entreprenører som skal levere materialer, utføre og dokumentere hva som er levert gjennom sin driftskontroll og for byggherrens stikkprøvekontroll.

Endrede krav og bestemmelser vil gjøre at vegoverbygningen blir planlagt og bygget mer robust mot frost og telehiv, samt at det blir enklere å kontrollere at kravene blir oppfylt i anleggsfasen. Dette er særlig viktig slik vegbygging skjer i dag, med stort tempo og med tungt utstyr.

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. Dette arbeidet skal omfatte både oppgradering av klimadata, frosttekniske egenskaper av frostsikringsmaterialet, beregning av frostdybder og levetidsbetraktninger.

Ut fra dette, og i samsvar ELM sin beslutning, innføres som strakstiltak følgende nye krav og bestemmelser knyttet til vegers konstruksjon og frostsikring:

Postadresse
Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 02030
Telefaks: 22 07 37 68
firmapost@vegvesen.no
Org.nr: 971032081

Kontoradresse
Brynsengfare 6A
0667 OSLO

Fakturaadresse
Statens vegvesen
Regnskap
Båtsfjordveien 18
9815 VADSØ
Telefon: 78 94 15 50
Telefaks: 78 95 33 52

- Usortert sprengt stein tillates ikke brukt i forsterkningslag. Steinmaterialer til forsterkningslag skal produseres ved kontrollert produksjon med grovknusing og utsikting av finstoff.
Dagens sprengningsmetoder med grovt boremønster og mye sprengstoff, gir lett produksjon av mye stor stein og mye finstoff. Krav til knusing vil løse problemer knyttet til overskudd på stor stein ved at risikoen for feil produksjon og anvendelse av steinmaterialene reduseres. Krav til knusing vil også bidra til enklere og like konkurranseforhold og reduserer risikoen for feil bruk av materialer. Krav til største steinstørrelse i forhold til lagtykkelser skal opprettholdes. For å sikre god kontroll på største og minste steinstørrelse skal krav til sortering relateres til standard handelsvare i henhold til figur V3.2 i Håndbok 018.
- En går bort fra inndeling av grunnforhold i variasjonsklasser og legger dagens dimensjonering for variasjonsklasse 3 (svært skiftende undergrunn) til grunn for frostdimensjonering der det er dokumentert telefarlig grunn klasse T3 og T4.
- Krav til tykkelse på frostsikringen skjerpes ved at kravet bringes mer i samsvar med faktisk frostdybde.
I påvente av at arbeidsgruppen i etatsprogrammet «Varige veger» har utredet og konkludert dette temaet oppheves maks. overbygningstykkelse på 1,8 m, inkludert frostsikringslag, for veger med ÅDT > 8000. For veger med $1500 < \text{ÅDT} < 8000$ begrenses maks. tykkelse til 1,8 m. For 4-felts motorveger benyttes F100 som dimensjonerende frostmengde, ellers benyttes F10. For veger med $\text{ÅDT} < 1500$ foreslås det i denne omgang ingen endringer i bestemmelsene i håndbok 018.
Fastsettelse av nødvendige tykkelser bestemmes ut fra rådende forutsetninger for det enkelte prosjekt. For å unngå unødig stor lagtykkelse ved store frostmengder, foreslås at nedre del av frostsikringslaget vurderes erstattet med lettklinker, skumglass eller ekstrudert polystyren (XPS), som alternativ løsning.

I tillegg til dette skal krav til tilbyders vegteknisk kompetanse, kvalitetssikring og oppfølging av materialkvalitet og utførelse av vegoverbygning tydeliggjøres bedre i konkurransegrunnlaget. Krav til kvalitetsplan og utførelse av vegoverbygning skal fokuseres på som en del av samhandlingsprosessen, og det skal settes av tilstrekkelig tid til disse tema.

Nye krav og bestemmelser trer i kraft med umiddelbar virkning for prosjekter som er i prosjekterings- og tilbudsfasen. For inngåtte kontrakter hvor ovennevnte krav og bestemmelser ikke blir ivare tatt fullt ut, skal nye krav og bestemmelser tilpasses og ivaretas på en best mulig måte.

Veg- og transportavdelingen
Med hilsen

Lars Erik Hauer
Direktør

Jan Eirik Henning

Eksterne mottakere:

Veg- og transportavdelingen,
Vegdirektoratet

Interne mottakere:

0.Postmottak Vegdirektoratet

0.Postmottak øst

0.Postmottak sør

0.Postmottak vest

0.Postmottak midt

0.Postmottak nord

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

Komm.	NAVN	Fylke	normal [°C]	Frostmengde i kommunesenter				Korreksjonsfaktor for min og max	
				F2	F5	F10	F100	Kmin	Kmax
				[h°C]					
101	Halden	Østfold	6,3	4000	9000	11000	20000	0,86	1,22
104	Moss	Østfold	6,4	4000	8000	11000	19000	0,93	1,15
105	Sarpsborg	Østfold	6,3	4000	9000	12000	21000	0,83	1,24
106	Fredrikstad	Østfold	6,7	3000	7000	10000	18000	0,84	1,21
111	Hvaler	Østfold	7,2	2000	6000	8000	14000	0,94	1,07
118	Aremark	Østfold	5,4	6000	12000	15000	26000	0,90	1,09
119	Marker	Østfold	5,0	8000	14000	18000	30000	0,89	1,14
121	Rømskog	Østfold	4,4	9000	16000	20000	34000	0,97	1,04
122	Trøgstad	Østfold	4,9	7000	13000	17000	29000	0,94	1,11
123	Spydeberg	Østfold	5,3	6000	12000	15000	27000	0,95	1,07
124	Askim	Østfold	5,2	6000	12000	16000	27000	0,97	1,04
125	Eidsberg	Østfold	5,3	6000	12000	16000	28000	0,94	1,08
127	Skiptvet	Østfold	5,4	6000	11000	15000	26000	0,92	1,03
128	Rakkestad	Østfold	5,4	6000	11000	15000	27000	0,89	1,07
135	Råde	Østfold	6,0	5000	9000	13000	23000	0,85	1,07
136	Rygge	Østfold	6,1	4000	8000	11000	19000	0,97	1,18
137	Våler	Østfold	5,9	5000	10000	13000	23000	0,94	1,13
138	Hobøl	Østfold	5,7	5000	11000	14000	25000	0,89	1,09
211	Vestby	Akershus	5,8	5000	10000	13000	23000	0,88	1,04
213	Ski	Akershus	5,5	6000	11000	14000	25000	0,97	1,09
214	Ås	Akershus	5,7	5000	10000	14000	24000	0,92	1,02
215	Frogn	Akershus	5,9	5000	10000	13000	24000	0,93	1,02
216	Nesodden	Akershus	5,7	5000	10000	13000	23000	0,95	1,03
217	Oppegård	Akershus	5,8	5000	10000	13000	24000	0,95	1,04
219	Bærum	Akershus	5,8	6000	11000	14000	24000	0,94	1,34
220	Asker	Akershus	5,6	6000	10000	13000	23000	0,95	1,25
221	Aurskog-Høland	Akershus	4,5	9000	16000	20000	33000	0,92	1,18
226	Sørum	Akershus	4,8	8000	14000	17000	29000	0,95	1,12
227	Fet	Akershus	5,0	7000	13000	16000	28000	0,96	1,16
228	Rælingen	Akershus	5,1	6000	11000	14000	24000	0,99	1,16
229	Enebakk	Akershus	5,0	7000	13000	17000	29000	0,90	1,07
230	Lørenskog	Akershus	5,3	6000	11000	14000	24000	0,99	1,05
231	Skedsmo	Akershus	5,2	6000	11000	14000	24000	0,99	1,23
233	Nittedal	Akershus	4,9	7000	12000	16000	26000	0,90	1,51
234	Gjerdrum	Akershus	4,5	9000	14000	18000	30000	0,94	1,07
235	Ullensaker	Akershus	4,3	9000	15000	19000	32000	0,89	1,12
236	Nes	Akershus	4,4	10000	16000	21000	35000	0,87	1,14
237	Eidsvoll	Akershus	4,4	11000	18000	23000	37000	0,94	1,19
238	Nannestad	Akershus	4,2	11000	17000	22000	36000	0,87	1,22
239	Hurdal	Akershus	4,0	13000	20000	25000	41000	0,91	1,25
301	Oslo	Oslo	6,4	5000	9000	12000	21000	0,99	1,44
402	Kongsvinger	Hedmark	4,0	11000	18000	23000	38000	0,88	1,17
403	Hamar	Hedmark	4,2	11000	19000	24000	39000	0,98	1,39
412	Ringsaker	Hedmark	3,9	14000	22000	27000	44000	0,83	1,51
415	Løten	Hedmark	3,4	13000	22000	27000	44000	0,95	1,13
417	Stange	Hedmark	4,0	12000	19000	24000	40000	0,96	1,22
418	Nord-Odal	Hedmark	4,1	12000	19000	24000	40000	0,95	1,13

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

419 Sør-Odal	Hedmark	4,2	10000	17000	22000	37000	0,98	1,16
420 Eidskog	Hedmark	4,4	9000	16000	20000	34000	0,94	1,19
423 Grue	Hedmark	3,9	12000	20000	25000	41000	0,96	1,25
425 Åsnes	Hedmark	3,6	13000	21000	26000	43000	0,98	1,30
426 Våler	Hedmark	3,6	14000	22000	28000	45000	0,95	1,37
427 Elverum	Hedmark	3,3	15000	23000	29000	47000	0,96	1,49
428 Trysil	Hedmark	1,6	22000	34000	41000	65000	0,82	1,24
429 Åmot	Hedmark	2,4	18000	27000	34000	54000	0,99	1,26
430 Stor-Elvdal	Hedmark	2,1	17000	26000	32000	51000	0,89	1,54
432 Rendalen	Hedmark	2,2	14000	21000	27000	43000	0,99	1,58
434 Engerdal	Hedmark	0,1	24000	36000	44000	69000	0,88	1,08
436 Tolga	Hedmark	0,8	20000	30000	37000	60000	0,94	1,34
437 Tynset	Hedmark	1,2	17000	27000	34000	55000	0,70	1,17
438 Alvdal	Hedmark	1,6	17000	26000	32000	51000	0,89	1,18
439 Folldal	Hedmark	0,3	21000	31000	37000	58000	0,86	1,29
441 Os	Hedmark	0,4	20000	31000	38000	59000	0,98	1,24
501 Lillehammer	Oppland	3,8	14000	22000	27000	43000	0,91	1,52
502 Gjøvik	Oppland	4,3	12000	19000	23000	38000	0,99	1,36
511 Dovre	Oppland	2,6	12000	19000	23000	37000	0,96	1,97
512 Lesja	Oppland	1,3	17000	26000	32000	50000	0,59	1,34
513 Skjåk	Oppland	2,4	17000	26000	32000	50000	0,48	1,35
514 Lom	Oppland	2,3	16000	25000	30000	48000	0,90	1,78
515 Vågå	Oppland	3,0	11000	18000	23000	37000	0,90	3,00
516 Nord-Fron	Oppland	3,6	11000	17000	21000	34000	0,94	1,66
517 Sel	Oppland	3,2	10000	16000	20000	32000	0,99	1,71
519 Sør-Fron	Oppland	3,3	13000	20000	25000	39000	0,88	1,71
520 Ringebu	Oppland	3,6	14000	21000	25000	40000	0,93	1,97
521 Øyer	Oppland	3,6	16000	25000	30000	48000	0,83	1,18
522 Gausdal	Oppland	3,6	14000	21000	26000	42000	0,93	1,80
528 Østre Toten	Oppland	4,0	12000	20000	25000	40000	0,92	1,33
529 Vestre Toten	Oppland	3,4	13000	21000	26000	42000	0,97	1,17
532 Jevnaker	Oppland	4,5	10000	17000	21000	34000	0,99	1,17
533 Lunner	Oppland	3,7	13000	21000	26000	42000	0,90	1,12
534 Gran	Oppland	3,8	13000	21000	26000	42000	0,84	1,23
536 Søndre Land	Oppland	3,6	14000	21000	26000	42000	0,92	1,15
538 Nordre Land	Oppland	3,7	14000	21000	26000	42000	0,92	1,81
540 Sør-Aurdal	Oppland	2,8	15000	23000	28000	45000	0,93	1,51
541 Etnedal	Oppland	2,7	16000	25000	30000	48000	0,85	1,58
542 Nord-Aurdal	Oppland	2,6	17000	26000	32000	52000	0,86	1,23
543 Vestre Slidre	Oppland	2,8	15000	24000	29000	47000	0,96	1,29
544 Øystre Slidre	Oppland	1,9	17000	26000	32000	51000	0,94	2,13
545 Vang	Oppland	1,9	16000	25000	31000	50000	0,85	1,73
602 Drammen	Buskerud	5,7	7000	12000	16000	28000	0,91	1,19
604 Kongsberg	Buskerud	4,7	9000	15000	19000	32000	0,86	1,33
605 Ringerike	Buskerud	4,9	9000	15000	19000	31000	0,94	1,63
612 Hole	Buskerud	5,0	9000	14000	18000	30000	0,98	1,21
615 Flå	Buskerud	3,5	16000	25000	31000	49000	0,88	1,26
616 Nes	Buskerud	3,2	15000	23000	29000	47000	0,92	1,31
617 Gol	Buskerud	3,7	12000	20000	25000	40000	0,91	1,41
618 Hemsedal	Buskerud	1,1	20000	30000	37000	57000	0,76	1,49

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

619 Ål	Buskerud	2,8	13000	21000	26000	41000	0,87	1,68
620 Hol	Buskerud	2,3	14000	23000	28000	45000	0,85	2,29
621 Sigdal	Buskerud	4,6	10000	16000	20000	34000	0,93	1,92
622 Krødsherad	Buskerud	4,2	11000	18000	23000	38000	0,91	1,33
623 Modum	Buskerud	5,1	8000	14000	18000	30000	0,94	1,18
624 Øvre Elker	Buskerud	5,4	8000	14000	18000	30000	0,96	1,24
625 Nedre Eiker	Buskerud	5,5	7000	13000	17000	29000	0,99	1,21
626 Lier	Buskerud	5,6	7000	12000	16000	27000	0,95	1,21
627 Røyken	Buskerud	5,5	6000	10000	14000	24000	0,94	1,13
628 Hurum	Buskerud	5,6	6000	11000	14000	24000	0,83	1,06
631 Flesberg	Buskerud	4,3	10000	17000	21000	35000	0,95	1,34
632 Rollag	Buskerud	3,8	11000	19000	23000	38000	0,99	1,46
633 Nore og Uvdal	Buskerud	2,5	16000	25000	31000	49000	0,81	1,41
701 Borre	Vestfold	6,4	4000	8000	10000	18000	1,00	1,19
702 Holmestrand	Vestfold	5,9	5000	9000	12000	22000	0,99	1,33
704 Tønsberg	Vestfold	6,4	4000	8000	11000	20000	0,92	1,13
706 Sandefjord	Vestfold	7,0	3000	7000	9000	16000	0,79	1,30
709 Larvik	Vestfold	7,2	3000	6000	8000	14000	0,86	2,07
711 Svelvik	Vestfold	6,0	5000	10000	13000	23000	0,96	1,09
713 Sande	Vestfold	5,8	6000	11000	15000	26000	0,84	1,15
714 Hof	Vestfold	5,6	7000	12000	15000	27000	0,95	1,21
716 Re	Vestfold	6,2	5000	10000	13000	22000	0,90	1,22
719 Andebu	Vestfold	6,0	5000	10000	13000	23000	0,87	1,21
720 Stokke	Vestfold	6,2	4000	9000	12000	21000	0,91	1,10
722 Nøtterøy	Vestfold	6,5	4000	8000	11000	19000	0,87	1,09
723 Tjøme	Vestfold	7,2	3000	6000	8000	15000	0,82	1,13
728 Lardal	Vestfold	5,5	7000	13000	16000	27000	0,90	1,29
805 Porsgrunn	Telemark	6,7	4000	8000	11000	20000	0,79	1,14
806 Skien	Telemark	6,5	5000	10000	13000	23000	0,85	2,00
807 Notodden	Telemark	5,3	8000	14000	18000	30000	0,94	1,40
811 Siljan	Telemark	5,7	7000	12000	16000	27000	0,84	1,48
814 Bamble	Telemark	7,2	3000	6000	8000	14000	0,98	1,41
815 Kragerø	Telemark	7,3	2000	5000	7000	14000	0,86	1,28
817 Drangedal	Telemark	5,9	5000	9000	13000	23000	0,74	1,62
819 Nome	Telemark	6,0	6000	11000	15000	26000	0,91	1,18
821 Bø	Telemark	5,4	7000	13000	17000	29000	0,94	1,43
822 Sauherad	Telemark	5,3	7000	13000	17000	30000	0,91	1,29
826 Tinn	Telemark	3,5	14000	22000	27000	43000	0,75	1,50
827 Hjartdal	Telemark	4,8	8000	14000	18000	30000	0,98	1,96
828 Seljord	Telemark	4,5	9000	15000	19000	32000	0,94	1,72
829 Kviteseid	Telemark	5,3	8000	14000	18000	31000	0,87	1,40
830 Nissedal	Telemark	5,2	6000	11000	14000	25000	0,84	1,58
831 Fyresdal	Telemark	4,2	9000	16000	21000	35000	0,68	1,34
833 Tokke	Telemark	5,3	7000	12000	16000	28000	0,99	1,82
834 Vinje	Telemark	3,6	8000	14000	17000	29000	0,99	2,22
901 Risør	Aust-Agder	7,4	2000	5000	6000	11000	0,93	1,38
904 Grimstad	Aust-Agder	7,1	2000	5000	6000	12000	0,81	1,50
906 Arendal	Aust-Agder	7,4	2000	4000	6000	11000	0,82	1,46
911 Gjerstad	Aust-Agder	6,6	3000	7000	9000	17000	0,86	1,32
912 Vegårshei	Aust-Agder	6,1	4000	7000	10000	18000	0,86	1,27

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

914 Tvedestrand	Aust-Agder	7,0	2000	5000	7000	13000	0,76	1,33
919 Froland	Aust-Agder	6,5	3000	6000	8000	14000	0,94	1,60
926 Lillesand	Aust-Agder	7,1	2000	5000	7000	12000	0,77	1,25
928 Birkenes	Aust-Agder	6,5	3000	6000	9000	15000	0,91	1,36
929 Åmli	Aust-Agder	5,7	5000	10000	14000	24000	0,76	1,44
935 Iveland	Aust-Agder	5,5	4000	7000	10000	17000	0,87	1,22
937 Evje og Hornnes	Aust-Agder	5,8	4000	7000	10000	17000	0,92	1,36
938 Bygland	Aust-Agder	5,4	5000	10000	14000	24000	0,75	1,50
940 Valle	Aust-Agder	4,2	10000	18000	22000	37000	0,75	1,54
941 Bykle	Aust-Agder	2,4	13000	21000	26000	43000	0,88	1,54
1001 Kristiansand	Vest-Agder	7,3	2000	4000	5000	10000	0,69	1,58
1002 Mandal	Vest-Agder	7,6	1000	3000	4000	7000	0,86	1,59
1003 Farsund	Vest-Agder	7,5	1000	2000	3000	5000	0,90	1,93
1004 Flekkefjord	Vest-Agder	7,1	1000	3000	4000	7000	0,77	2,32
1014 Vennesla	Vest-Agder	6,1	3000	7000	9000	16000	0,85	1,15
1017 Songdalen	Vest-Agder	7,1	2000	4000	6000	11000	0,88	1,63
1018 Søgne	Vest-Agder	7,1	2000	3000	5000	9000	0,84	1,39
1021 Marnardal	Vest-Agder	6,7	3000	5000	7000	13000	0,82	1,46
1026 Åseral	Vest-Agder	5,1	5000	9000	12000	20000	0,81	1,82
1027 Audnedal	Vest-Agder	6,3	3000	6000	8000	15000	0,84	1,27
1029 Lindesnes	Vest-Agder	7,2	1000	3000	4000	8000	0,56	1,82
1032 Lyngdal	Vest-Agder	7,3	1000	3000	4000	7000	0,68	2,10
1034 Høgebostad	Vest-Agder	5,9	3000	6000	8000	14000	0,93	1,72
1037 Kvinesdal	Vest-Agder	6,5	1000	3000	4000	8000	0,93	4,99
1046 Sirdal	Vest-Agder	6,2	3000	6000	8000	15000	0,80	4,48
1101 Eigersund	Rogaland	7,3	1000	2000	2000	4000	0,90	3,82
1102 Sandnes	Rogaland	7,4	1000	2000	3000	6000	0,74	1,57
1103 Stavanger	Rogaland	7,4	1000	1000	2000	4000	0,83	1,43
1106 Haugesund	Rogaland	7,6	0	1000	1000	3000	0,98	1,23
1111 Sokndal	Rogaland	7,4	1000	2000	3000	5000	0,88	1,77
1112 Lund	Rogaland	6,7	2000	4000	5000	10000	0,65	1,58
1114 Bjerkreim	Rogaland	6,8	1000	3000	4000	8000	0,68	2,67
1119 Hå	Rogaland	7,3	1000	2000	3000	5000	0,83	1,44
1120 Klepp	Rogaland	7,3	1000	2000	3000	6000	0,85	1,08
1121 Time	Rogaland	7,4	1000	2000	3000	6000	0,96	1,36
1122 Gjesdal	Rogaland	6,7	1000	3000	4000	7000	0,94	4,27
1124 Sola	Rogaland	7,3	1000	2000	3000	5000	0,81	1,11
1127 Randaberg	Rogaland	7,6	1000	1000	2000	3000	0,93	1,09
1129 Forsand	Rogaland	6,7	1000	3000	4000	7000	0,74	4,61
1130 Strand	Rogaland	7,4	1000	2000	3000	5000	0,70	1,89
1133 Hjelmeland	Rogaland	7,5	1000	2000	3000	6000	0,71	3,36
1134 Suldal	Rogaland	6,9	2000	5000	6000	12000	0,44	2,65
1135 Sauda	Rogaland	6,4	3000	5000	7000	13000	0,88	2,46
1141 Finnøy	Rogaland	7,8	1000	1000	2000	3000	0,91	1,98
1142 Rennesøy	Rogaland	7,8	1000	1000	2000	3000	0,81	1,08
1144 Kvitsøy	Rogaland	7,7	0	1000	1000	3000	1,00	1,00
1145 Bokn	Rogaland	7,5	0	1000	1000	2000	0,96	1,15
1146 Tysvær	Rogaland	7,7	1000	1000	2000	4000	0,75	1,75
1149 Karmøy	Rogaland	7,6	0	1000	1000	2000	0,87	1,28
1151 Utsira	Rogaland	7,8	0	1000	1000	1000	1,00	1,00

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

1160 Vindafjord	Rogaland	7,3	1000	3000	4000	7000	0,56	1,90
1201 Bergen	Hordaland	7,6	1000	2000	2000	4000	0,76	2,95
1211 Etne	Hordaland	7,1	1000	3000	4000	7000	0,76	2,87
1216 Sveio	Hordaland	7,7	1000	1000	2000	3000	0,83	1,39
1219 Bømlo	Hordaland	8,0	0	1000	1000	2000	0,84	1,71
1221 Stord	Hordaland	7,5	1000	1000	2000	3000	0,78	1,34
1222 Fitjar	Hordaland	7,3	0	1000	1000	2000	0,96	1,41
1223 Tysnes	Hordaland	7,3	1000	1000	2000	4000	0,77	1,17
1224 Kvinnherad	Hordaland	7,0	1000	3000	4000	7000	0,49	5,78
1227 Jondal	Hordaland	6,9	2000	3000	4000	8000	0,58	4,03
1228 Odda	Hordaland	6,3	4000	7000	9000	15000	0,81	4,36
1231 Ullensvang	Hordaland	6,5	3000	5000	7000	12000	0,78	1,96
1232 Eidfjord	Hordaland	6,3	3000	6000	7000	13000	0,72	7,15
1233 Ulvik	Hordaland	6,4	4000	7000	9000	16000	0,57	2,34
1234 Granvin	Hordaland	6,6	2000	5000	7000	12000	0,93	2,28
1235 Voss	Hordaland	5,3	5000	10000	13000	23000	0,64	1,91
1238 Kvam	Hordaland	6,5	2000	4000	6000	10000	0,33	2,88
1241 Fusa	Hordaland	7,0	1000	2000	3000	6000	0,58	2,18
1242 Samnanger	Hordaland	5,5	2000	4000	6000	11000	0,65	1,82
1243 Os	Hordaland	7,3	1000	2000	3000	5000	0,85	1,59
1244 Austevoll	Hordaland	7,6	0	1000	2000	3000	0,52	1,06
1245 Sund	Hordaland	7,1	1000	1000	2000	3000	0,87	1,21
1246 Fjell	Hordaland	7,3	1000	1000	2000	3000	0,69	1,37
1247 Askøy	Hordaland	7,6	1000	1000	1000	3000	0,72	1,12
1251 Vaksdal	Hordaland	5,8	3000	6000	9000	15000	0,50	2,21
1252 Modalen	Hordaland	6,1	2000	5000	6000	12000	0,72	2,12
1253 Osterøy	Hordaland	6,9	1000	2000	3000	5000	0,67	2,34
1256 Meland	Hordaland	7,6	0	1000	1000	3000	0,72	1,05
1259 Øygarden	Hordaland	7,7	0	1000	1000	2000	0,93	1,20
1260 Radøy	Hordaland	7,7	0	1000	1000	2000	0,79	1,28
1263 Lindås	Hordaland	7,5	1000	1000	2000	3000	0,57	4,86
1264 Austrheim	Hordaland	7,6	0	1000	1000	2000	0,96	1,14
1265 Fedje	Hordaland	7,8	0	0	0	0		
1266 Masfjorden	Hordaland	6,8	1000	1000	2000	4000	0,62	4,44
1401 Flora	Sogn og Fjord	7,4	0	1000	1000	2000	0,54	7,53
1411 Gulen	Sogn og Fjord	7,4	0	1000	1000	2000	0,57	4,57
1412 Solund	Sogn og Fjord	7,3	0	0	0	0		
1413 Hyllestad	Sogn og Fjord	7,0	1000	1000	2000	4000	0,57	1,62
1416 Høyanger	Sogn og Fjord	6,3	2000	5000	7000	12000	0,33	2,59
1417 Vik	Sogn og Fjord	6,2	3000	6000	8000	14000	0,50	2,78
1418 Balestrand	Sogn og Fjord	6,0	2000	3000	5000	8000	0,85	6,09
1419 Leikanger	Sogn og Fjord	6,2	2000	4000	5000	10000	0,82	1,57
1420 Sogndal	Sogn og Fjord	6,4	2000	5000	6000	12000	0,80	3,36
1421 Aurland	Sogn og Fjord	5,9	4000	8000	10000	17000	0,90	4,48
1422 Lærdal	Sogn og Fjord	6,0	3000	6000	8000	13000	0,85	5,57
1424 Årdal	Sogn og Fjord	5,2	6000	10000	14000	24000	0,62	2,53
1426 Luster	Sogn og Fjord	5,8	5000	11000	15000	27000	0,58	2,93
1428 Askvoll	Sogn og Fjord	7,2	0	1000	1000	3000	0,47	3,64
1429 Fjaler	Sogn og Fjord	6,7	2000	3000	4000	8000	0,23	1,53
1430 Gaular	Sogn og Fjord	5,8	2000	5000	7000	12000	0,76	2,60

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

1431 Jølster	Sogn og Fjordane	4,4	7000	11000	15000	24000	0,63	1,85
1432 Førde	Sogn og Fjordane	6,1	2000	5000	7000	13000	0,66	2,11
1433 Naustdal	Sogn og Fjordane	6,3	2000	5000	6000	12000	0,44	1,73
1438 Bremanger	Sogn og Fjordane	6,0	1000	3000	3000	6000	0,22	1,66
1439 Vågsøy	Sogn og Fjordane	7,4	0	1000	1000	2000	0,66	3,04
1441 Selje	Sogn og Fjordane	6,9	1000	1000	2000	3000	0,35	1,73
1443 Eid	Sogn og Fjordane	6,5	1000	3000	4000	7000	0,60	2,44
1444 Hornindal	Sogn og Fjordane	6,1	2000	4000	6000	10000	0,92	1,56
1445 Gloppen	Sogn og Fjordane	6,3	2000	4000	6000	10000	0,73	3,78
1449 Stryn	Sogn og Fjordane	6,2	2000	4000	6000	10000	0,87	4,08
1502 Molde	Møre og Romsdal	6,9	1000	2000	2000	4000	0,84	2,54
1504 Ålesund	Møre og Romsdal	7,2	1000	1000	2000	3000	0,90	1,49
1505 Kristiansund	Møre og Romsdal	6,7	1000	2000	3000	6000	0,97	1,41
1511 Vanylven	Møre og Romsdal	6,7	1000	2000	3000	5000	0,69	2,66
1514 Sande	Møre og Romsdal	6,5	1000	2000	2000	4000	0,42	1,49
1515 Herøy	Møre og Romsdal	7,1	0	1000	1000	3000	0,52	2,06
1516 Ulstein	Møre og Romsdal	6,7	1000	2000	2000	4000	0,78	1,56
1517 Hareid	Møre og Romsdal	6,8	1000	2000	3000	5000	0,86	1,39
1519 Volda	Møre og Romsdal	6,4	2000	4000	5000	9000	0,74	3,10
1520 Ørsta	Møre og Romsdal	6,3	2000	4000	5000	10000	0,57	2,42
1523 Ørskog	Møre og Romsdal	6,9	1000	2000	2000	4000	0,94	1,56
1524 Norddal	Møre og Romsdal	6,5	0	0	0	0		
1525 Stranda	Møre og Romsdal	6,8	1000	2000	2000	4000	0,84	8,35
1526 Stordal	Møre og Romsdal	7,0	1000	2000	2000	4000	1,00	2,84
1528 Sykkylven	Møre og Romsdal	6,8	0	0	0	0		
1529 Skodje	Møre og Romsdal	7,0	1000	1000	2000	3000	0,85	1,25
1531 Sula	Møre og Romsdal	7,1	1000	1000	2000	3000	0,98	1,83
1532 Giske	Møre og Romsdal	7,2	0	1000	1000	2000	0,65	1,12
1534 Haram	Møre og Romsdal	7,1	0	1000	1000	2000	0,50	1,82
1535 Vestnes	Møre og Romsdal	6,7	1000	1000	2000	3000	0,74	3,14
1539 Rauma	Møre og Romsdal	6,5	1000	3000	4000	7000	0,51	5,78
1543 Nesset	Møre og Romsdal	6,3	2000	4000	5000	10000	0,83	4,51
1545 Midsund	Møre og Romsdal	7,0	1000	1000	2000	3000	0,67	1,12
1546 Sandøy	Møre og Romsdal	7,4	0	0	1000	1000	1,00	1,07
1547 Aukra	Møre og Romsdal	6,9	0	1000	2000	3000	0,80	1,63
1548 Fræna	Møre og Romsdal	6,6	1000	2000	3000	6000	0,56	1,62
1551 Eide	Møre og Romsdal	6,3	1000	3000	4000	8000	0,82	1,36
1554 Averøy	Møre og Romsdal	6,5	1000	3000	4000	7000	0,87	1,50
1557 Gjemnes	Møre og Romsdal	6,3	1000	3000	5000	9000	0,95	1,51
1560 Tingvoll	Møre og Romsdal	6,0	2000	4000	6000	10000	0,73	1,33
1563 Sunndal	Møre og Romsdal	5,7	2000	4000	6000	11000	0,89	3,47
1566 Surnadal	Møre og Romsdal	5,6	3000	5000	7000	12000	0,84	1,75
1567 Rindal	Møre og Romsdal	4,4	5000	9000	11000	19000	0,85	1,74
1571 Halså	Møre og Romsdal	5,8	2000	4000	5000	10000	0,83	1,62
1573 Smøla	Møre og Romsdal	6,9	1000	1000	2000	4000	0,96	1,54
1576 Aure	Møre og Romsdal	6,1	2000	3000	4000	8000	0,72	1,80
1601 Trondheim	Sør-Trøndelag	5,3	4000	8000	11000	19000	0,92	1,41
1612 Hemne	Sør-Trøndelag	5,3	3000	6000	8000	14000	0,53	2,06
1613 Snillfjord	Sør-Trøndelag	4,9	5000	10000	12000	21000	0,44	1,54
1617 Hitra	Sør-Trøndelag	5,2	1000	3000	4000	6000	0,58	1,37

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

1620 Frøya	Sør-Trøndelag	6,4	1000	2000	2000	4000	0,67	1,09
1621 Ørland	Sør-Trøndelag	5,9	2000	3000	5000	8000	0,81	1,21
1622 Agdenes	Sør-Trøndelag	5,0	4000	8000	10000	18000	0,60	1,25
1624 Rissa	Sør-Trøndelag	5,3	3000	7000	9000	16000	0,70	1,41
1627 Bjugn	Sør-Trøndelag	5,7	2000	4000	5000	10000	0,54	1,89
1630 Åfjord	Sør-Trøndelag	5,6	3000	6000	7000	14000	0,50	2,21
1632 Roan	Sør-Trøndelag	6,0	2000	4000	5000	9000	0,89	2,18
1633 Osen	Sør-Trøndelag	5,5	2000	5000	6000	11000	0,61	2,40
1634 Oppdal	Sør-Trøndelag	2,8	10000	16000	20000	32000	0,65	2,21
1635 Rennebu	Sør-Trøndelag	2,5	10000	16000	20000	32000	0,79	1,24
1636 Meldal	Sør-Trøndelag	3,9	9000	14000	18000	30000	0,86	1,26
1638 Orkdal	Sør-Trøndelag	4,3	7000	13000	16000	28000	0,78	1,28
1640 Røros	Sør-Trøndelag	0,2	21000	32000	39000	61000	0,78	1,19
1644 Holtålen	Sør-Trøndelag	2,3	13000	21000	26000	41000	0,74	1,30
1648 Midtre Gauldal	Sør-Trøndelag	4,1	7000	13000	16000	27000	0,96	1,59
1653 Melhus	Sør-Trøndelag	4,6	6000	11000	15000	25000	0,96	1,53
1657 Skaun	Sør-Trøndelag	4,8	6000	12000	15000	25000	0,96	1,35
1662 Klæbu	Sør-Trøndelag	4,5	6000	11000	14000	24000	0,96	1,19
1663 Malvik	Sør-Trøndelag	5,4	4000	8000	10000	18000	0,96	1,42
1664 Selbu	Sør-Trøndelag	4,4	6000	10000	13000	23000	0,85	1,54
1665 Tydal	Sør-Trøndelag	2,4	12000	19000	24000	38000	0,71	1,78
1702 Steinkjer	Nord-Trøndelag	4,7	6000	11000	14000	24000	0,86	1,86
1703 Namsos	Nord-Trøndelag	4,5	6000	11000	14000	25000	0,53	1,42
1711 Meråker	Nord-Trøndelag	4,1	8000	13000	17000	28000	0,86	1,47
1714 Stjørdal	Nord-Trøndelag	5,5	4000	7000	9000	16000	0,98	1,73
1717 Frosta	Nord-Trøndelag	5,1	4000	7000	10000	17000	0,94	1,18
1718 Leksvik	Nord-Trøndelag	4,9	4000	8000	11000	18000	0,94	1,31
1719 Levanger	Nord-Trøndelag	5,3	4000	8000	11000	19000	0,91	1,34
1721 Verdal	Nord-Trøndelag	5,3	5000	9000	11000	20000	0,99	2,60
1724 Verran	Nord-Trøndelag	4,5	7000	13000	16000	27000	0,72	1,14
1725 Mandalseid	Nord-Trøndelag	4,0	7000	13000	16000	28000	0,62	1,12
1736 Snåsa	Nord-Trøndelag	3,5	9000	16000	20000	33000	0,91	1,18
1738 Lierne	Nord-Trøndelag	1,3	17000	26000	33000	52000	0,91	1,18
1739 Røyrvik	Nord-Trøndelag	1,2	17000	26000	33000	52000	0,87	1,34
1740 Namskogan	Nord-Trøndelag	2,5	12000	20000	25000	41000	0,93	1,41
1742 Grong	Nord-Trøndelag	3,8	9000	15000	20000	33000	0,95	1,77
1743 Høylandet	Nord-Trøndelag	3,8	9000	15000	19000	32000	0,95	1,18
1744 Overhalla	Nord-Trøndelag	4,1	8000	14000	17000	29000	0,88	1,15
1748 Fosnes	Nord-Trøndelag	5,2	4000	7000	10000	17000	0,84	2,32
1749 Flatanger	Nord-Trøndelag	4,4	5000	9000	12000	20000	0,36	1,10
1750 Vikna	Nord-Trøndelag	5,6	2000	5000	6000	12000	0,52	1,01
1751 Nærøy	Nord-Trøndelag	5,0	3000	7000	9000	16000	0,73	2,33
1755 Leka	Nord-Trøndelag	5,3	2000	5000	7000	12000	0,84	1,31
1756 Inderøy	Nord-Trøndelag	5,1	5000	9000	12000	20000	0,92	1,16
1804 Bodø	Nordland	4,8	3000	6000	8000	14000	0,58	3,50
1805 Narvik	Nordland	3,8	6000	10000	13000	22000	0,82	2,38
1811 Bindal	Nordland	4,5	6000	11000	14000	25000	0,65	1,22
1812 Sømna	Nordland	5,0	3000	7000	10000	18000	0,80	1,36
1813 Brønnøy	Nordland	5,2	3000	7000	9000	17000	0,87	3,52
1815 Vega	Nordland	5,4	2000	5000	7000	13000	0,88	1,23

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

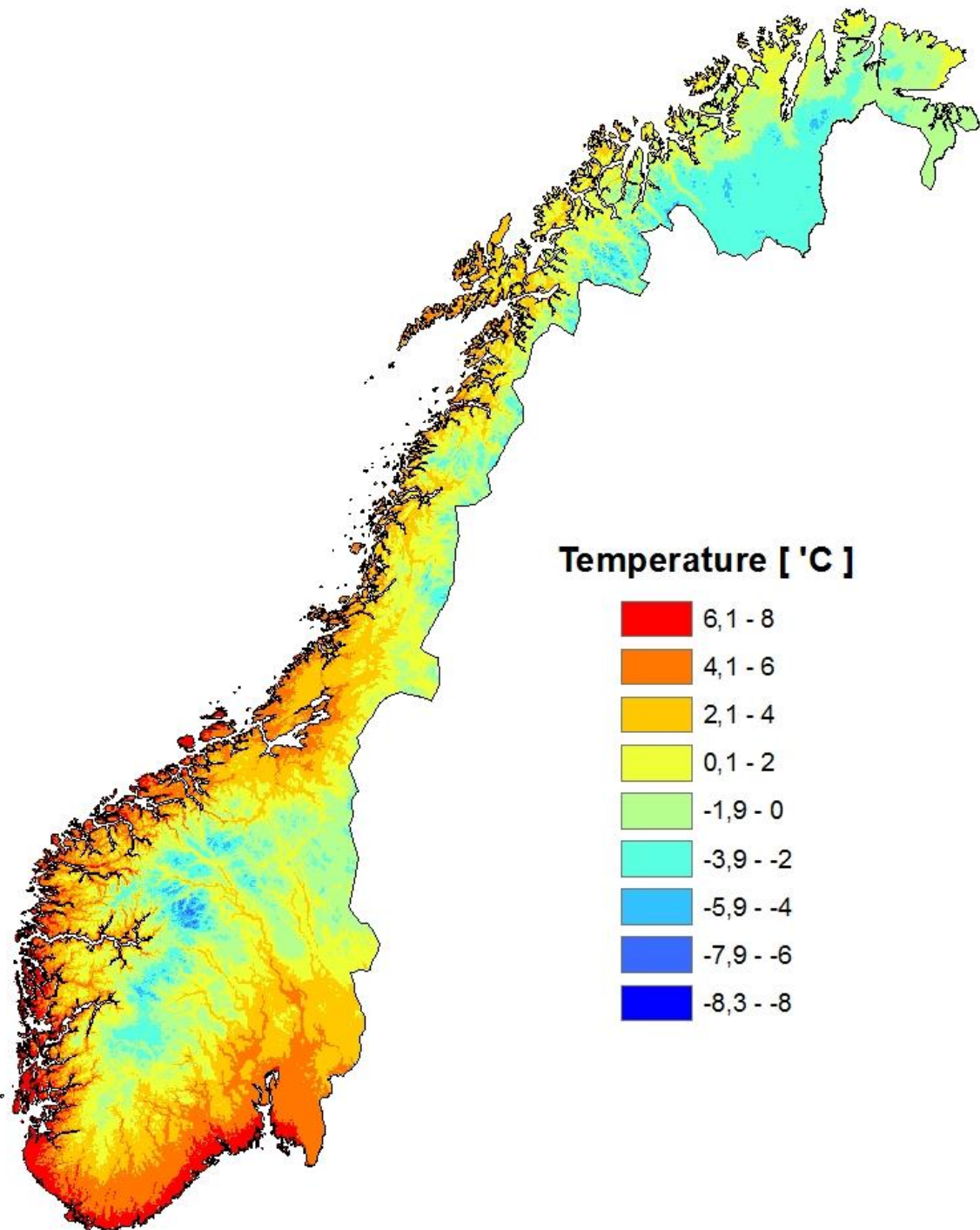
1816 Vevelstad	Nordland	4,8	4000	8000	11000	21000	0,92	1,53
1818 Herøy	Nordland	5,6	2000	5000	7000	13000	0,86	1,01
1820 Alstahaug	Nordland	5,3	3000	6000	9000	16000	0,86	1,29
1822 Leirfjord	Nordland	4,6	4000	8000	11000	20000	0,79	1,59
1824 Vefsn	Nordland	4,2	7000	13000	17000	29000	0,70	1,53
1825 Grane	Nordland	3,2	10000	18000	24000	40000	0,88	1,49
1826 Hattfjelldal	Nordland	2,1	15000	24000	29000	48000	0,93	1,61
1827 Dønna	Nordland	5,6	2000	5000	6000	12000	0,77	1,41
1828 Nesna	Nordland	4,9	3000	7000	9000	15000	0,60	1,99
1832 Hemnes	Nordland	3,8	9000	15000	19000	31000	0,68	2,36
1833 Rana	Nordland	3,7	9000	16000	20000	33000	0,52	2,40
1834 Lurøy	Nordland	5,6	1000	3000	4000	7000	0,69	3,54
1835 Træna	Nordland	5,6	1000	1000	2000	4000	0,99	1,00
1836 Rødøy	Nordland	5,3	1000	3000	4000	7000	0,72	5,50
1837 Meløy	Nordland	4,8	2000	3000	4000	8000	0,55	4,03
1838 Gildeskål	Nordland	4,9	2000	4000	5000	9000	0,59	2,95
1839 Beiarn	Nordland	3,8	6000	10000	14000	23000	0,95	1,89
1840 Saltdal	Nordland	3,6	9000	15000	19000	32000	0,84	2,39
1841 Fauske	Nordland	4,0	6000	11000	14000	24000	0,99	2,42
1845 Sørfold	Nordland	3,9	7000	12000	16000	26000	0,81	1,84
1848 Steigen	Nordland	4,7	4000	7000	8000	15000	0,74	2,31
1849 Hamarøy	Nordland	4,3	4000	7000	9000	15000	0,82	2,55
1850 Tysfjord	Nordland	3,3	5000	9000	11000	18000	0,72	1,89
1851 Lødingen	Nordland	4,3	4000	7000	8000	14000	0,84	1,44
1852 Tjeldsund	Nordland	3,6	5000	9000	11000	18000	0,83	1,58
1853 Evenes	Nordland	3,4	6000	10000	12000	20000	0,79	1,51
1854 Ballangen	Nordland	4,0	5000	8000	10000	17000	0,84	2,19
1856 Røst	Nordland	5,7	0	1000	1000	3000	1,00	1,00
1857 Værøy	Nordland	5,7	1000	2000	2000	4000	1,00	1,43
1859 Flakstad	Nordland	5,3	1000	3000	4000	7000	0,78	1,96
1860 Vestvågøy	Nordland	5,1	1000	3000	4000	6000	0,92	2,16
1865 Vågan	Nordland	5,1	2000	4000	5000	8000	0,83	2,08
1866 Hadsel	Nordland	4,7	3000	5000	6000	11000	0,87	1,92
1867 Bø	Nordland	4,7	2000	5000	6000	11000	0,94	1,71
1868 Øksnes	Nordland	4,3	3000	5000	7000	12000	0,93	1,72
1870 Sortland	Nordland	4,1	3000	6000	8000	13000	0,90	1,72
1871 Andøy	Nordland	3,7	3000	6000	8000	14000	0,91	1,64
1874 Moskenes	Nordland	5,4	1000	2000	3000	6000	0,94	1,29
1901 Harstad	Troms	3,4	4000	8000	10000	16000	0,94	1,62
1902 Tromsø	Troms	2,8	8000	12000	15000	24000	0,44	2,33
1911 Kvæfjord	Troms	3,3	5000	9000	11000	18000	0,76	1,50
1913 Skånland	Troms	3,7	5000	9000	11000	19000	0,93	2,30
1915 Bjarkøy	Troms	3,5	4000	7000	10000	16000	1,00	1,17
1917 Ibestad	Troms	3,0	7000	11000	14000	23000	0,81	1,76
1919 Gratangen	Troms	2,4	12000	18000	22000	35000	0,72	1,42
1920 Lavangen	Troms	2,4	13000	19000	24000	38000	0,78	1,66
1922 Bardu	Troms	1,2	17000	26000	32000	50000	0,88	1,58
1923 Salangen	Troms	2,4	14000	21000	26000	41000	0,72	1,32
1924 Målselv	Troms	1,3	19000	28000	35000	55000	0,63	1,50
1925 Sørreisa	Troms	2,0	15000	23000	28000	44000	0,82	1,49

Vedlegg 2: Årsmiddeltemperatur og frostmengder

1926 Dyrøy	Troms	2,5	11000	17000	21000	33000	0,82	1,51
1927 Tranøy	Troms	2,8	11000	17000	21000	34000	0,56	1,30
1928 Torsken	Troms	1,5	6000	9000	11000	19000	0,99	2,08
1929 Berg	Troms	2,6	6000	10000	13000	21000	0,78	2,06
1931 Lenvik	Troms	2,2	11000	18000	22000	34000	0,49	1,32
1933 Balsfjord	Troms	1,8	16000	24000	29000	46000	0,55	1,60
1936 Karlsøy	Troms	3,3	6000	10000	13000	21000	0,50	1,52
1938 Lyngen	Troms	1,8	13000	19000	23000	37000	0,66	1,38
1939 Storfjord	Troms	1,7	16000	24000	29000	45000	0,78	1,78
1940 Kåfjord	Troms	1,8	15000	22000	27000	42000	0,90	1,69
1941 Skjervøy	Troms	2,6	7000	11000	14000	22000	0,71	1,69
1942 Nordreisa	Troms	1,5	16000	24000	29000	46000	0,63	2,18
1943 Kvænangen	Troms	2,8	11000	17000	21000	34000	0,50	1,50
2002 Vardø	Finnmark	1,8	9000	15000	18000	28000	0,97	1,66
2003 Vadsø	Finnmark	0,3	21000	32000	39000	61000	0,75	1,21
2004 Hammerfest	Finnmark	2,3	8000	14000	17000	27000	0,66	1,37
2011 Kautokeino	Finnmark	-2,6	38000	55000	66000	101000	0,80	1,07
2012 Alta	Finnmark	1,4	17000	25000	31000	49000	0,56	1,82
2014 Loppa	Finnmark	1,8	9000	13000	17000	26000	0,45	1,80
2015 Hasvik	Finnmark	3,1	5000	8000	11000	17000	0,83	1,29
2017 Kvalsund	Finnmark	2,1	12000	19000	23000	37000	0,86	1,79
2018 Måsøy	Finnmark	2,8	5000	9000	11000	19000	0,81	2,18
2019 Nordkapp	Finnmark	2,4	9000	14000	17000	27000	0,63	1,29
2020 Porsanger	Finnmark	0,5	21000	31000	38000	59000	0,58	1,55
2021 Karasjok	Finnmark	-2,4	38000	56000	68000	104000	0,89	1,04
2022 Lebesby	Finnmark	1,2	13000	19000	23000	36000	0,89	2,15
2023 Gamvik	Finnmark	1,6	10000	15000	18000	29000	0,85	2,76
2024 Berlevåg	Finnmark	1,4	11000	17000	21000	33000	0,99	2,05
2025 Tana	Finnmark	-0,8	29000	43000	52000	80000	0,80	1,19
2027 Nesseby	Finnmark	-0,6	27000	39000	48000	74000	0,92	1,09
2028 Båtsfjord	Finnmark	1,2	14000	21000	26000	41000	0,72	1,55
2030 Sør-Varanger	Finnmark	-0,2	24000	35000	43000	66000	0,91	1,35

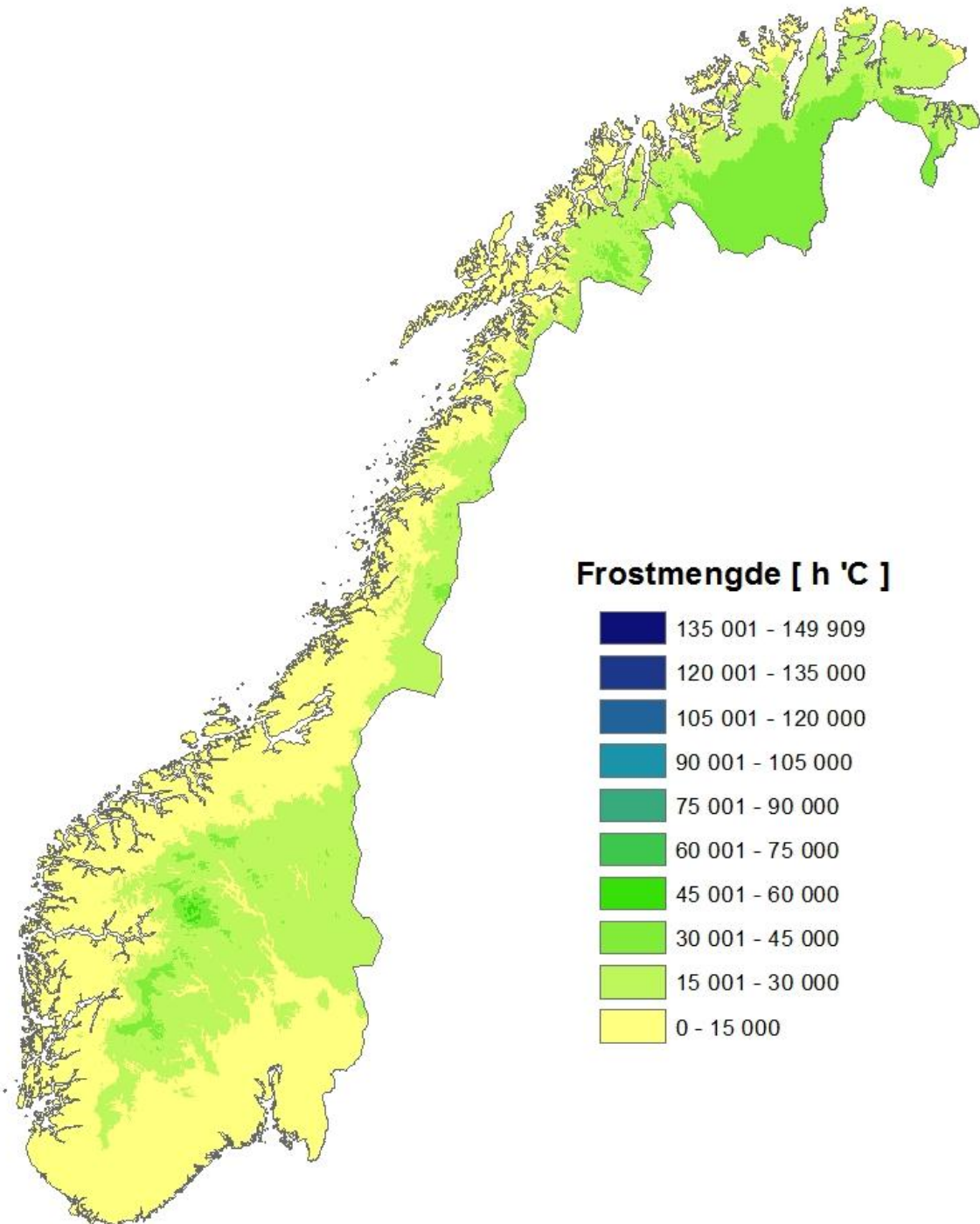
Fordeling av normaltemperatur for perioden 1981-2010

Normal 1981-2010



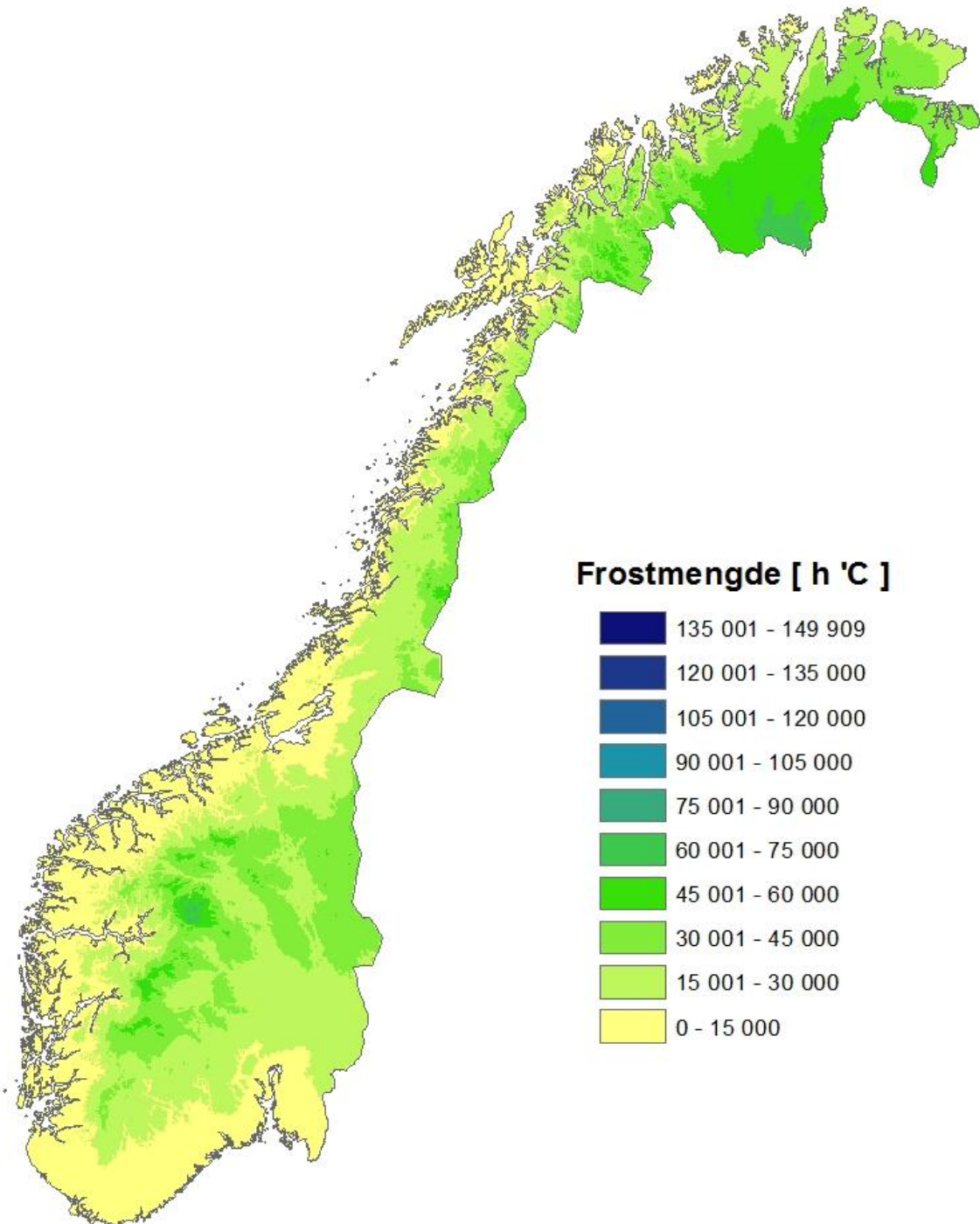
Frostmengdekart for perioden 1981-2010

F2



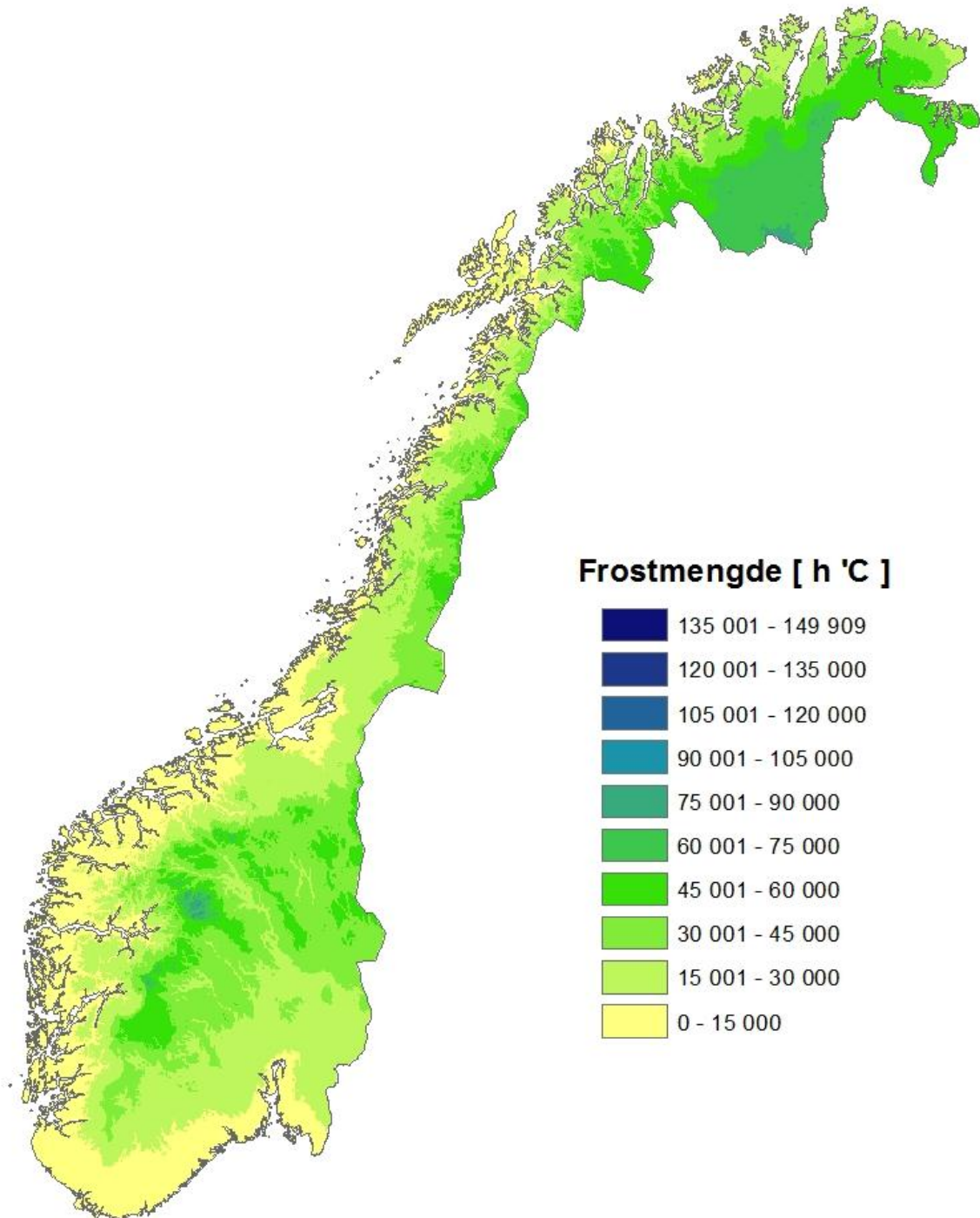
Frostmengdekart for perioden 1981-2010

F5



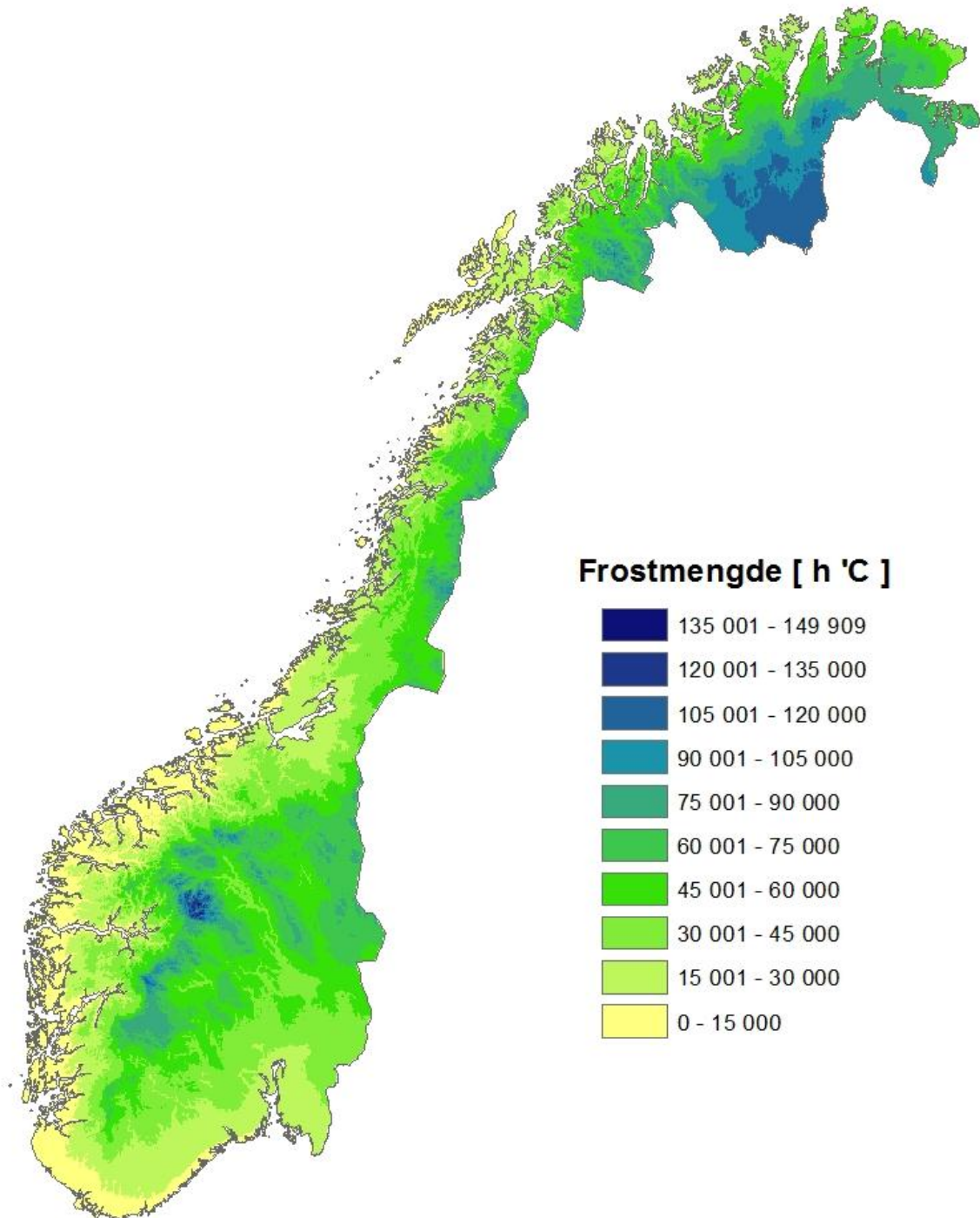
Frostmengdekart for perioden 1981-2010

F10

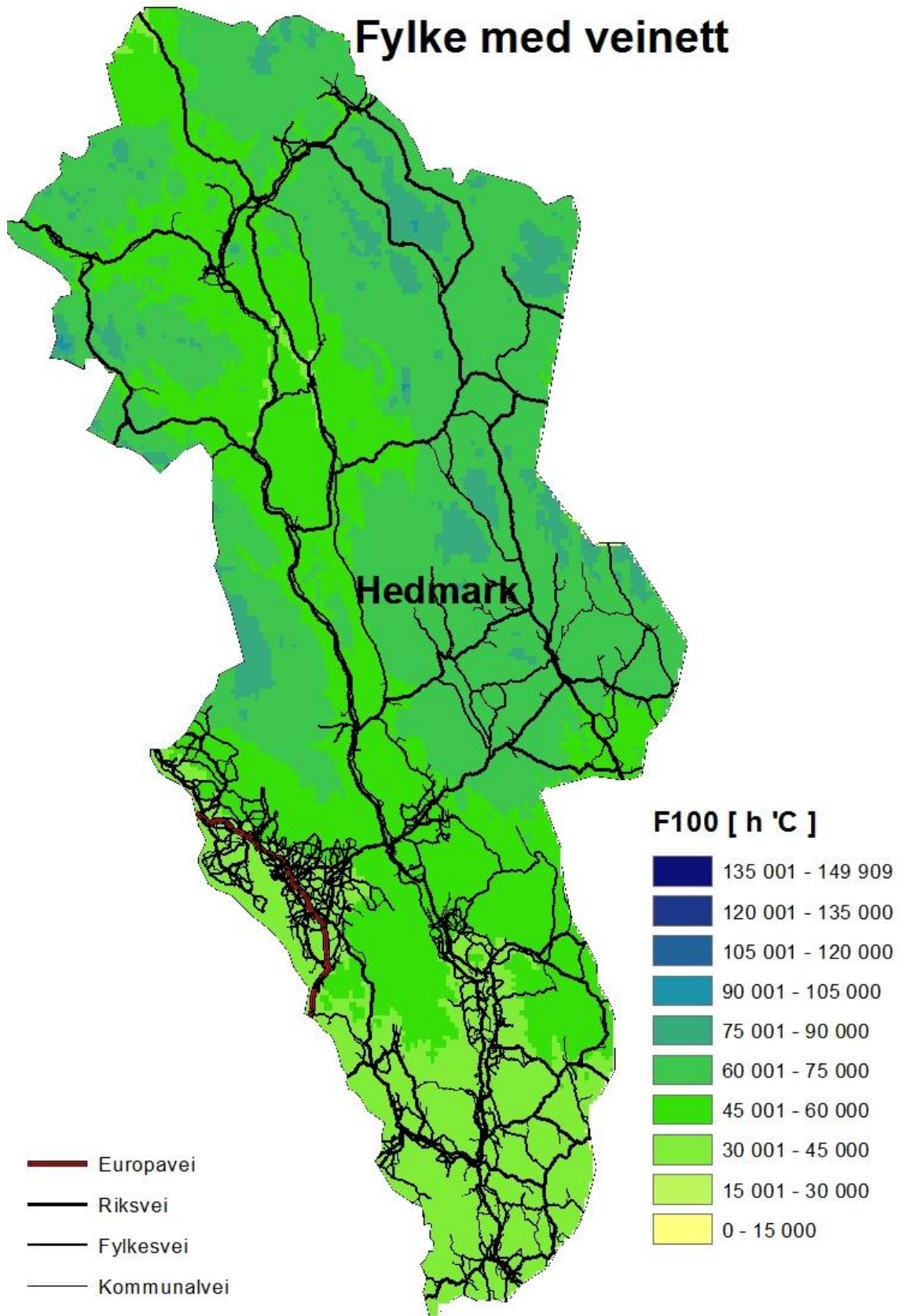


Frostmengdekart for perioden 1981-2010

F100



Frostmengdekart for perioden 1981-2010, Hedmark med vegnett



Notat

Drenssystem ved stor overbygningstykkelse

Til: Arbeidsgruppen Frost og tele
Fra: Ragnar Evensen ViaNova Plan og Trafikk AS
Dato: 1. mars 2013
Arkiv: C:\PROSJ\Ragnar\20294 Varige veger\Arbeidsgruppe\Vedlegg 3
Grøftedybde 2013-03-01.docx

Innledning

Møtereferatet fra 17.9.2012 har under Arbeidsoppgave H «Drenssystemets høydebeliggenhet ved tykke overbygninger» beskrevet følgende oppgave:

Denne arbeidsoppgaven omfatter pkt 14 i liste utsendt til møtet.

Her må det gjøres en del avklaringer. Konklusjoner på møtet:

- *Frostsikringslaget er en del av underbygningen*
- *Drenering 35 cm under overbygning; holder fast på dette*

Noen momenter fra diskusjonen:

- *Er det aktuelt å definere øvre planum (under forsterkningslag) og nedre planum (under frostsikringslag)?*
- *Hvordan gjøres det i Sverige?*
- *Skal frostsikringslaget ligge drenert eller ikke? Må dreneringen ligge under frostsikringslaget i enkelte tilfeller?*

Det er behov for å lage en del skisser bl.a. i tilknytning til utstrekning av frostsikringslag, tverrfall mm (f.eks. figur 524.1 er mangelfull).

Øystein og Geir kan også bidra her.

Jeg har i avsnittene nedenfor tillatt meg å utvide oppgaven noe slik at jeg også har noen kommentarer til håndtering av overvann, f.eks. ved grunne sidegrøfter.

2011-utgaven av Håndbok 018

Punkt 225 «Utforming av skjæringsprofil» beskriver normalprofilen i fjellskjæring. Figur 225.1 og 225.2 viser 1,2 meter sideskråning med helning 1:4 eller 1:3. Grøftedybden blir etter dette 30 eller 40 cm avhengig av skråningshelningen. Den horisontale delen av grøftebunnen er 0,5 meter.

I **Håndbok 231 «Rekkverk»** har grøften og sideskråningen en litt avvikende utforming. Pkt 2.5 angir utformingskrav dersom det ikke skal være rekkverk utenfor vegskulder. I Figur 2.11 er det angitt at grøftedybden skal være 0,3 meter og sideskråningen ha en horisontal bredde på 1,2 eller 0,9 meter avhengig av om skråningshelningen er 1:4 eller 1:3. Den horisontale delen av grøftebunnen er 0,2 meter, men det er i merknaden angitt at denne kan variere fra 0,2 til 0,5 meter.

For veg i jordskjæring angir Pkt 242, Figur 242.3 i **Håndbok 018** at sideskråningen til grunne grøfter skal ha en helning lik 1:4. Grøftedybden varierer mellom 0,20 og 0,30 meter avhengig av vegens standardklasse. Skråningens horisontale bredde varierer i henhold til dette. Bredden på den horisontale grøftebunnen er ikke angitt men figuren viser en relativt bred grøftebunn.

For dype sidegrøfter er det i Figur 242.2 angitt en sideskråning med helning 1:2 og en skråningsbredde som er tilpasset kravet om grøftedybde minimum 0,35 meter under planum. Det er i figuren angitt en horisontal grøftebunn med bredde 0,5 meter.

Håndbok 231 angir for grunne sidegrøfter, Figur 2.9, at grøftedybden skal være 0,3 meter og sideskråningen ha en horisontal bredde på 1,2 eller 0,9 meter avhengig av om skråningshelningen er 1:4 eller 1:3. Den horisontale delen av grøftebunnen er 0,2 meter, men det er i merknaden angitt at denne kan variere fra 0,2 til 0,5 meter. Dette er helt tilsvarende som for veg i fjellskjæring.

For dype sidegrøfter er det i Figur 2.10 angitt en skråningshelning 1:3 og en horisontal bredde lik 1,8 meter. Dette gir en grøftedybde på 0,6 meter, hvilket bare harmonerer med kravene i **Håndbok 018** dersom overbygningens totale tykkelse er 0,25 meter eller mindre. Den praktiske konsekvens av dette er at dype sidegrøfter krever rekkverk.

I Pkt 406.3 i **Håndbok 018** er det presisert at dyp sidegrøft skal ha dybde 0,35 meter under overbygning og flat bunn med 0,5 meter bredde.

Sverige

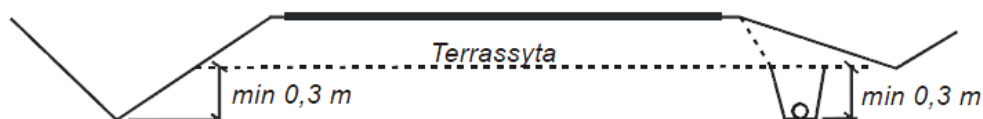
Trafikverkets Publikasjon 2004:80 Vägar och gators utformning, Sektion landsbygd – vägrum, har regler for beregning sikkerhetssoner i forhold til trær, oppstikkende steiner, installasjoner, bergskråninger etc. Sideskråningens helning innvirker på hvordan sikkerhetssonen beregnes.

Det skilles i prinsippet mellom tre hovedtyper, A, B eller C, med forskjellige krav til vegens sideområde. Valget bestemmes av ÅDT-0 (ÅDT i vegens åpningsår) og referenshastigheten. Ut fra ordforklaringen synes dette å være det samme som dimensjonerende hastighet, men ut fra inndeling etc. synes det å være mer likt skiltet hastighet.

ÅDT-0	VR70	VR90	VR110
<2000	C	C	B,C
2000 - 4000	C	B,C	B
4000 - 8000	B,C	B	A, B
>8000	B	A, B	A, B

En av forskjellene mellom de tre hovedtypene, er sideskråningens helning. Type A har en sideskråning som ikke overstiger 1:6, for type B skal sideskråningen ikke overstige 1:4, og for type C ikke over 1:3. For alle tre er det krav om at grøftedybden skal være minst 0,50 meter.

I Trafikverkets Tekniske krav Vægkonstruksjon, TRV 2011:072, er det angitt at dreneringen av overbygningen skal ligge minst 0,30 meter under vegkonstruksjonens planum. Dette gjelder både åpen og lukket drenering.



Figur 5.1-1 Nivåkrav for drænering av overbyggnad.

For drift og vedlikehold, samt ved utbedring av eksisterende veg skal dreneringstiltak iverksette dersom det foreligger ugunstige dreneringsforhold:

Ogynnsamma dræneringsförhållanden bedöms föreligga om något av följande gäller:

- *avståndet mellan terrassytan och grundvattenytans medelnivå är mindre än 0,5 m.*
- *det finns klara samband mellan dræneringsförhållandena i omgivningen och skadebilden på vägen.*

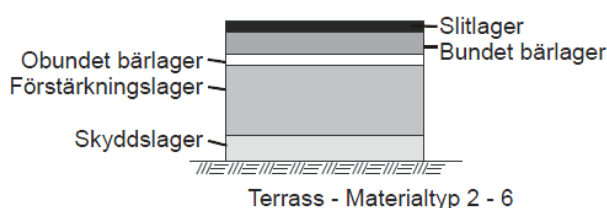
Tiltakene kan enten bestå i etablering av fullgod drenering (dreneringsklasse 1) i henhold til TRVMB 120 "Inventering och värdering av befintlig väg" eller sikre at forsterkningen gir en tilfredsstillende tilstandsutvikling som reflekterer innvirkningen av ugunstig drenering.

For eksisterende veger hvor overbygningstykkelser er ukjent, skal grøftedybden være minst 80 cm under vegskulderkant.

På samme måte som i Norge, vil kravene til grøftedybde og dreneringsdybde bli forskjellig enten man betrakter frostsikringslaget som en del av overbygningen eller som en del av underbygningen. Etter hva jeg kan forstå, gir det svenske regelverket muligheter for begge alternativene.

Frostsikring ved bruk av Skyddslager

Dersom man i PMS Objekt forutsetter at det svenske «skyddslager» tilsvarer frostsikringslag i Norge, fremgår det bl.a. av Figur 1.4.3 at skyddslageret er en del av overbygningen og ligger over planum.



Figur 1.4-3 Princiell oppbyggnad av overbyggnad

Jeg har gjennomført en enkel analyse av kravene til tykkelse på skyddslageret basert på følgende forutsetninger:

ÅDT per kjørefelt = 750

Antall kjørefelt = 2

Regional veg, andel tunge = 8%

Årlig trafikkvekst = 2%

Antall standardaksler per tunge kjøretøy = 1,3

Dette gir $N = 705\,582$, dvs. Trafikkgruppe B ut fra norsk inndeling

Det er videre forutsatt følgende overbygning i tråd med HB 018

Dekke av 4 cm asfalt

Bærelag av 6 cm Ag+ 10 cm Fk

Forsterkningslag på Bæreevnegruppe 4, T2: 30 cm

Forsterkningslag på Bæreevnegruppe 5, T3: 50 cm

Forsterkningslag på Bæreevnegruppe 6, T4: 60 cm

Beregningene er gjennomført ved hjelp av PMS Objekt og er basert på klimadata fra klimastasjon 2422 Norrheden, midt i Västerbottens län. Ifølge temperaturfilen for klimastasjonen er dimensjonerende frostmengde 39.000 h°C, som opptrådte vinteren 2010/2011.

Det er ikke helt samsvar mellom de norske bæreevnegruppene og den svenske inndeling i materialtyper. Beregningene er gjennomført for følgende materialtyper:

Materialtype 3, noe telefarlig blandingsjord, telefarlighet T2

Materialtype 4a, siltig blandingsjord, telefarlighet T3

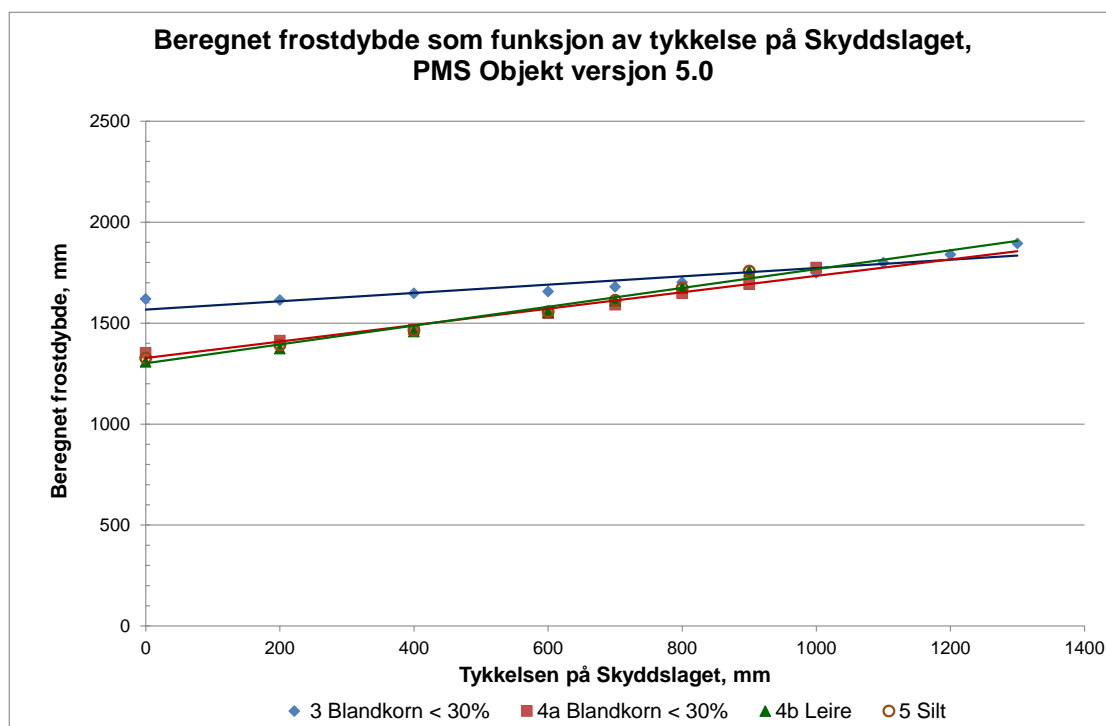
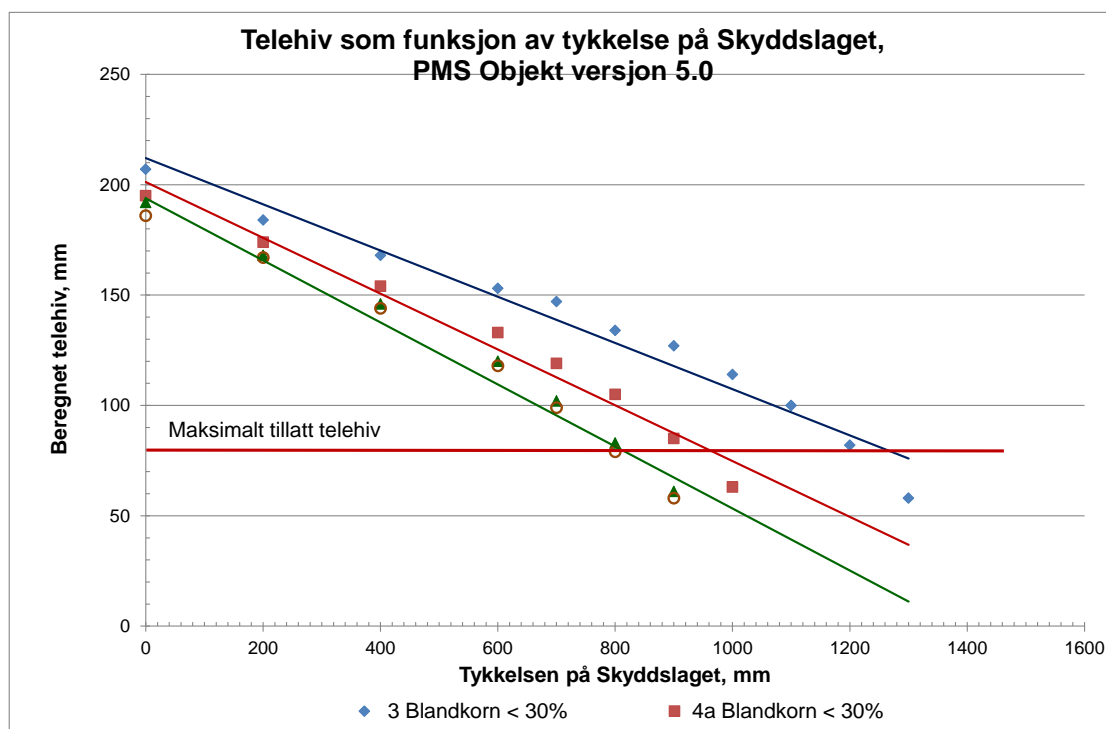
Materialtype 4b, leire, telefarlighet T3

Materialtype 5, silt, telefarlighet T4

Materialtype 3 er antatt å tilsvare Bæreevnegruppe 4, materialtype 4a, tilsvare Bæreevnegruppe 5 og materialtype 4b og 5 er antatt å tilsvare bæreevnegruppe 6.

Med hensyn til trafikkpåkjenninger oppfyller den norske dimensjonering de svenske kravene med rimelig god margin.

I forhold til maksimalt tillatt 80 mm telehiv for den aktuelle trafikk, vil det være et krav om å øke forsterkningslaget, evt. legge inn et skyddslager. Beregningsresultatene er kort vist nedenfor.



Ved å sammenholde resultatene i figuren for frostdybde med lagtykkelsene i overbygningen ser man at frostdimensjoneringen innebærer at beregnet frostdybde går 3 – 4 cm ned i materialet i grunnen. Andre referanser angir en mulig teledybde i størrelsesorden 2,0 meter for Norrheden i Västerbotten (Klimasone 4).

En mulig forklaring på denne uoverensstemmelse er at dimensjonerende frostmengde basert på vinteren 2010/2011 er litt mindre enn frostmengden hentet fra annen informasjon for det geografiske området (Midlere frostmengde 40.000 h°C og maksimal frostmengde 56.000 h°C.)

Frostisolasjon ved masseutskifting

Trafikverkets TRVR Väg (Trafikverkets tekniske råd Vägkonstruktion) legger i kap. 3.1 til rette for bruk av masseutskifting dersom den ordinære dimensjonering ikke gir tilstrekkelig beskyttelse mot telehiv. Pkt 3.1.3.2 angir følgende:

Utskifting används för att förhindra besvärande ojämna tjäl rörelser hos vägyta på sträcka med varierande tjälegenskaper. Utskiftningsdjupet, d, anges i PMS Objekt som tjäldjup. Observera att maximalt tjällyft vid denna beräkning, enligt TRVK Väg 3.1.1, ska sättas till 20 mm eller mindre. Om utskiftningsdjupet vid beräkning enligt PMS Objekt anses vara för litet kan det med fördel ökas upp till värdena enligt tabell 3.1-1. Detta förhållande har upptäckts i länen norr om Dalälven. Det förutsettes da at masseutskiftingen minst er til samme dybde som frostdybden beregnet i PMS Objekt.

Det er angitt at det kan være aktuelt å multiplisere beregnet frostdybde med en faktor som kan være opp mot 1,4.

Dersom nødvendig utskiftningsdybde ikke kan beregnes med tilstrekkelig nøyaktighet, skal følgende verdier benyttes:

Tabell 3.1-1 Utskiftningsdjupet d

Referenshastighet VR [km/h]	Tjälfarlighets- klass	Klimatzon				
		1	2	3	4	5
≤ 60	2 - 3	0,9	1,3	1,5	1,6	1,7
	4	1,1	1,5	1,8	1,9	2,0
≥ 70	2 - 3	1,0	1,4	1,6	1,8	1,9
	4	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3

Ut fra den litt omstendelige analysen over kan man med god grunn sette likhetstegn mellom Skyddslageret i det svenske regelverket og frostsikringslag i det norske.

På den annen side, er frostisolasjon med XPS, lettklinker etc. beskrevet som «isolert planum», noe som indikerer at isolasjonen er en del av underbygningen. Lettklinker er en egen undergrunnstype i PMS Objekt.

Ifølge tilbakemeldingene fra Klas Hermelin i Trafikverket synes det å være godt samsvar mellom frostsikringslaget og skyddslageret etter svenske regler. Tykkelsen bestemmes ved hjelp av PMS Objekt. Masseutskifting brukes normalt ikke som en del av frostsikringen, men primært for å redusere setninger av ulike årsaker.

Alaska DOT

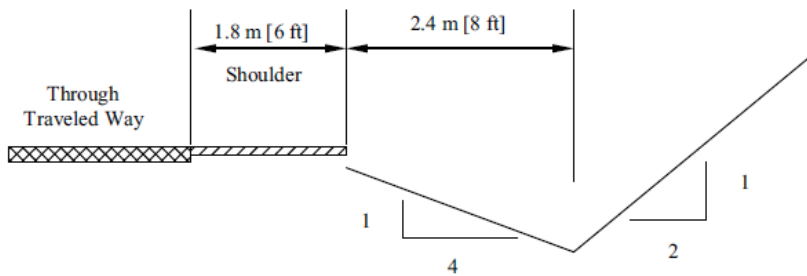
Krav til sidegrøfter i regelverket til Alaska DOT bygger i det alt vesentlige på beskrivelser i AASHTO 2002 Roadside Design Guide. I denne finner vi bl.a. følgende eksempler på grøfteutforming.

EXAMPLE 3-H

Design ADT: 800

Design Speed: 80 km/h [50 mph]

Suggested clear-zone distance for 1V:4H foreslope: 5 to 6 m [16 to 20 ft] (from Table 3-1)



Med 2,4 meter sideskråning og helning 1:4, får man en overvannsgroft med dybde 0,61 m. Dette eksemplet gjelder for veg med ÅDT 800 og dimensjonerende hastighet 80 km/t.

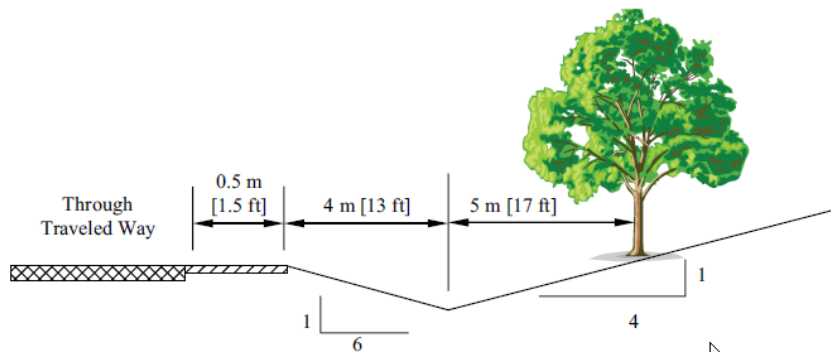
EXAMPLE 3-G

Design ADT: 1400

Design Speed: 100 km/h [60 mph]

Suggested clear-zone distance for 1V:6H foreslope (fill): 6 to 7.5 m [20 to 24 ft] (from Table 3-1)

Suggested clear-zone distance for 1V:4H backslope (cut): 5 to 5.5 m [16 to 18 ft] (from Table 3-1)



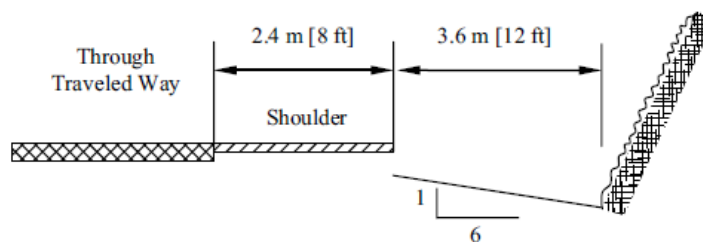
Med 4 meter sideskråning og helning 1:6, får man en overvannsgroft med dybde 0,67 m. Dette eksemplet gjelder for veg med ÅDT 1400 og dimensjonerende hastighet 100 km/t.

EXAMPLE 3-I

Design ADT: 3000

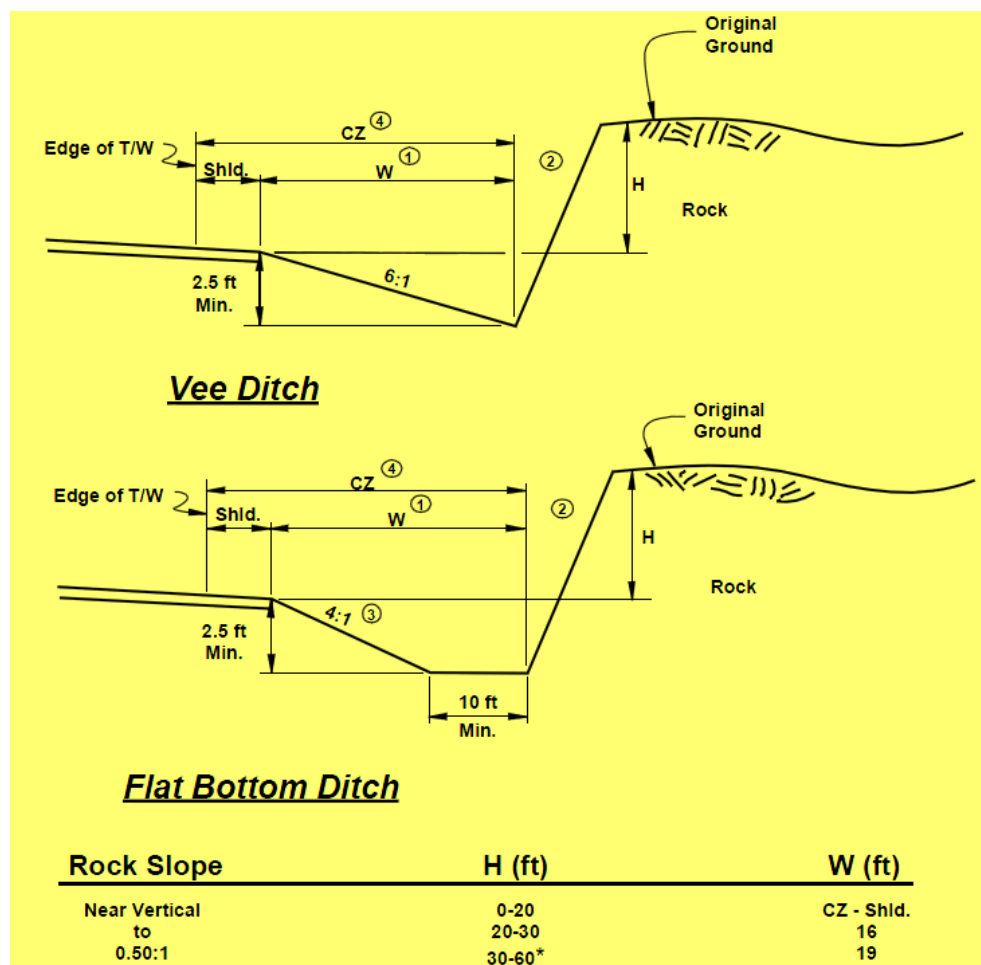
Design Speed: 100 km/h [60 mph]

Suggested clear-zone distance for 1V:6H foreslope: 8.0 to 9.0 m [26 to 30 ft] (from Table 3-1)



Med 3,6 meter sideskråning og helning 1:6, får man en overvannsgroft med dybde 0,61 m. Dette eksemplet gjelder for veg med ÅDT 3000 og dimensjonerende hastighet 100 km/t.

Alaska har i tillegg til reglene i AASHTO 2002 Roadside Design Guide noen spesialutforminger, slik det er vist på figuren nedenfor. Figuren gjelder «Rock Catchment Ditch» og er hentet fra Alaska Highway Preconstruction Manual.



Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

Ved en vurdering av nødvendig grøftedybde kan det være behov for å vurdere dette i forhold til de driftskrav som er gitt i Vedlikeholdsstandarden. Teksten nedenfor er hentet fra kap. 2.8 Avvannings- og dreneringssystem i 2012 utgaven av Håndbok 111:

Grøft (overvannsgroft, drengroft, terrenggroft)

Det skal utarbeides strekningsvise driftskrav for grøfter basert på kravene gitt nedenfor.

Grøftebunn skal ha kontinuerlig fall i avrenningsretningen.

Veger som i hovedsak er bygd i henhold til gjeldende vegnormal Statens vegvesen Håndbok 018 Vegbygging (grøfteklasse 1):

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

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

Andre veger (grøfteklasse 2):

Grunn sidegrøft (lukket drenering):

- *Grøftedybden, målt som høyde fra vegkant til grøftebunn, skal være større enn 0,2 meter.*
- *Grøfteskråning skal ha helning på 1:4 eller etter spesiell beskrivelse.*

Dyp sidegrøft (åpen drenering):

- *Grøftedybden, målt som høyde fra vegkant til grøftebunn, skal være større enn vegoverbygningens høyde.*
- *Grøfteskråning skal ha helning på 1:2 eller etter spesiell beskrivelse.*

I forhold til krav i Håndbok 018 er det viktig å sikre at grøftens utforming er slik at det er mulig å sette praktiske driftskrav. Etter min vurdering kan f.eks. krav om grøfterensk ved 20 % oppslamming av en grøft med prosjektert grøftedybde 20 cm ansees å være av denne kategori.

Forslag

Basert på en samlet vurdering av ovenstående foreslås følgende krav i Håndbok 018, samt tar opp de relevante spørsmålene med de som er ansvarlige for revisjon av Håndbok 017, håndbok 231, samt Prosesskoden.

For både åpen og lukket drenering kan det være aktuelt å bruke tetningslag i bunnen av grøften. Dette bør primært knyttes til avsnittene om vannbehandling under pkt 403. Krav om tetningslag for å unngå at overvann kommer ned i drensledningen, er som regel mindre viktig. Kravet blir derimot svært viktig dersom rensiltak er nødvendig. Kravene til et slikt tetningslag bør detaljeres slik at funksjonen opprettholdes etter en grøfterensk.

Dype sidegrøfter

For veg uten frostsikringslag og for veg med frostsikringslag av sand/grus/knust fjell, bør bunnen på dype sidegrøfter ligge 0,35 m lavere enn underkant av forsterkningslaget. Dette vil for veg med frostsikringslag av sand/grus/knust fjell ofte bety at grøftedybden vil være mindre enn hva som til nå har vært vanlig, bl.a. som en følge av at materialene i frostsikringslaget (Bæreevnegruppe 2 – 4) som regel er dimensjonerende for tykkelsen til forsterkningslaget, og ved at «anleggstillegget» i forsterkningslagets tykkelse sjeldnere kommer til anvendelse.

Grøftebunnens bredde bør være 0,50 m slik kravet i HB 018 er i dag.

Et mer riktig krav hadde antagelig vært å kreve at grøften dimensjoneres slik at maks vannstand f.eks. er minst 10 cm under underkant av forsterkningslaget ved dimensjonerende vannmengde, jfr. reglene i HB 018 pkt. 405.9. Så langt jeg har oversikt, er imidlertid hovedregelen at sidegrøfter sjelden eller aldri dimensjoneres basert på denne regelen. Derimot er det vanlig at vurderinger av vannmengder innvirker på prosjektert avstand mellom sandfang, basert på slukristens kapasitet.

Vegskråningen mot dype sidegrøfter vil antagelig fortsatt være relativt bratt, i kombinasjon med krav om rekkverk. Kanskje er det riktig å koble vegskråningens helning opp mot et minstekrav til skulderbredde.

For veger hvor frostsikringen inkluderer et isolasjonslag av lettklinker, skumglass eller XPS, skal bunnen av sidegrøften ligge minst 0,35 m under underkant av isolasjonslaget. For denne løsningen vil det antagelig være enda mer aktuelt å ha rekkverk mot grøften, evt. ha en meget stor avstand mellom vegkant og grøft, antagelig så stor at en grøftedybde på 0,35 m ikke gir noen sikkerhet for at grunnvannstanden er under isolasjonslaget.

Lukket drenering

Figurene 406.3, 406.4, 406.5 og 406.6 bør tegnes om slik at de er mer i overensstemmelse med det som er vanlig i dag. Som et minstekrav skal bunnen av drensledningen ligge 0,35 m under underkant av forsterkningslaget.

Bruk av kombinert filterlag/drenslag under isolasjonslaget er i dag først og fremst aktuelt i tunneler.

Dersom lukket drenering med pukk i fiberduk (Figur 406.4) fortsatt skal inngå, bør det vises hvordan denne løsningen kombineres med kummer.

I de fleste tilfeller vil lukket drenering etableres i kombinasjon med et overvannsystem hvor det forutsettes at kummer og ledninger ligger frostfritt. Det forutsettes da at også drensledningene skal legges frostfritt. Grunne, ikke frostfrie drensledninger kan benyttes, men det bør begrenses til de steder hvor et overvannsystem med kummer og rør ikke skal etableres, og hvor strømmingen av vann er slik at det ikke er risiko for tilsig av vann til drensledningen fra løsmasser eller fjell uten frost.

For veger hvor hele eller deler av frostsikringslaget består av isolerende materialer, som lettklinker, skumglass eller XDPS, skal lukket drenering alltid ligge minst 0,35 m under isolasjonslaget.

For dybden til lukket drenering som skal være frostfri, bør plassering av drensledningen dimensjoneres for F10, for F100 for firefelts motorveger, evt. hvor det er sannsynlig at vegen utvides til firefelts motorveg i løpet av dimensjoneringsperioden.

Grunne overvannsgrøfter

Dybden på grunne overvannsgrøfter, regnet fra vegkant, bør minst være 0,40 m. Dette kravet settes uavhengig av vegens standardklasse.

Det bør vurderes om HB 018 bør ha med skisser som viser overvannshåndtering i smal og bred midtdeler, samt i grøntområdet mellom kjøreveg og gang-/sykkelveg. Det er ikke gitt at kravet om 40 cm grøftedybde alltid er nødvendig for disse delene.

Jeg foreslår at man også få inn figurer som viser disse løsningene.

Bunnen på grunne overvannsgrøfter bør være 50 cm bred. Dermed kan Figur 405.9 også brukes for overvannsgrøfter, noe som burde være svært aktuelt.

Planum på leire

Toleranser for planum er gitt i HB 018 figur 204.4 og figur 520.4. Krav til tverrfall for planum er gitt i Prosesskoden pkt 51.3. Det bør vurderes om det på leire, også på andre tette materialer, er behov for å sette strengere krav, f.eks. 10 % tverrfall slik det er gjort for dypsprengning.

Notat

Revisjon av HB 018 Beskyttelse mot differensiell ising

Til: Hurtigarbeidende arbeidsgruppe
Fra: Ragnar Evensen ViaNova Plan og Trafikk AS
Dato: 1. mars 2013
Arkiv: Vedlegg 4 REV Beskyttelse mot ising 2013-03-01.docx

Innledning

I dagens Håndbok 018 er det under avsnitt om frostisolasjon med XPS angitt følgende:

Isolasjonsmaterialet bør plasseres nederst i overbygningen, normalt med et avrettingslag under isolasjonsplatene. Laget på oversiden av platene skal være minimum 30 cm tykt. Krav til materialer og utførelse, se kap. 524.2. Veger som frostsikres med isolasjonsmaterialer, kan i større grad utsettes for ising enn når en bruker sand, grus eller steinmaterialer til frostsikring. Faren for ising skal være vurdert før isolasjonsmaterialer benyttes. Isolerte strekninger bør ikke avsluttes i eller nær kurver.

Det kan være noe uklart hvorvidt man med begrepet «frostsikres med isolasjonsmaterialer» også sikter til frostsikringslag av skumglass og lettklinker.

Problemstillingen er hvorvidt de foreskrevne 30 cm med granulære materialer er tilstrekkelig til å unngå forskjell mellom isolert og uisolert veg med hensyn til ising på vegbanen om høsten, tidlig vinter.

Jean Côté og J M Konrad

Forfatterne har for provinsen Quebec utviklet et dimensjoneringsystem mot differensiell ising på veg. Denne er beskrevet relativt detaljert i ref. 3. Hovedtrekkene i grunnlaget er beskrevet i Frost i jord 2007, ref. 4.

Basert på statistiske analyser av klimadata bestemmes perioden hvor det er risiko for differensiell ising. Dette kan inntreffe under to forhold som baseres på en sammenlikning mellom dekkets overflatetemperatur og duggpunktstemperaturen evt. frosttemperaturen (motsvarer duggpunktstemperaturen ved kuldegrader).

$$[1] \quad T_{s \text{ ins}} < T_f < T_{s \text{ conv}}$$

$$[2] \quad (0 \text{ }^\circ\text{C} < T_{s \text{ ins}} < T_d < T_{s \text{ conv}}) \text{ or } (0 \text{ }^\circ\text{C} < T_{s \text{ ins}} < T_{s \text{ con}} < T_d) \Rightarrow T_{s \text{ ins}} < 0 \text{ }^\circ\text{C} < T_{s \text{ conv}}$$

Den første situasjonen gjelder når overflatetemperaturen på veg med isolasjon er lavere enn frosttemperaturen, mens overflatetemperaturen på uisolert veg er over frosttemperaturen.

Den andre situasjonen inntreffer når overflatetemperaturen på isolert veg er lavere enn duggpunkttemperaturen mens overflatetemperaturen på uisolert veg ikke er det, evt. at begge er lavere enn duggpunkttemperaturen, hvorefter overflatetemperaturen på isolert veg synker til under 0°C , mens overflatetemperaturen på uisolert veg ikke gjør det.

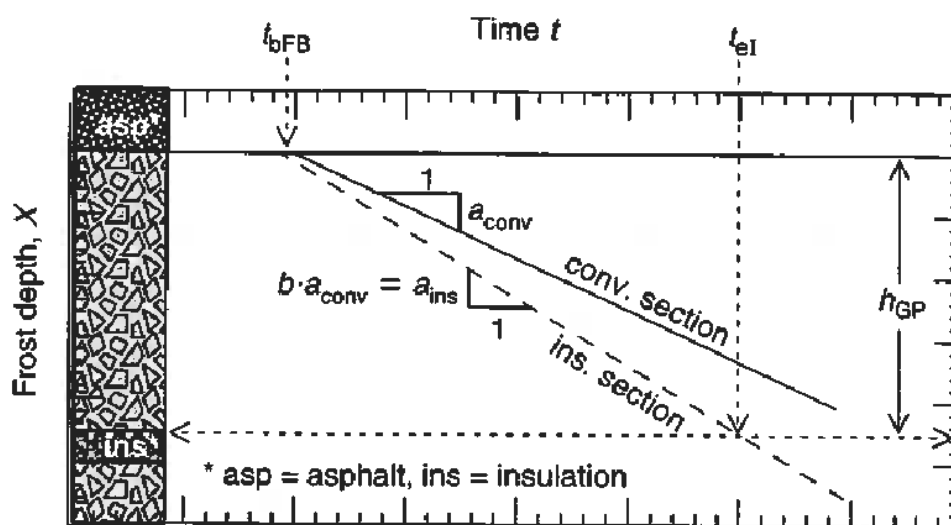
Som man ser av en av figurene nedenfor, er den kritiske perioden tidlig på vinteren:

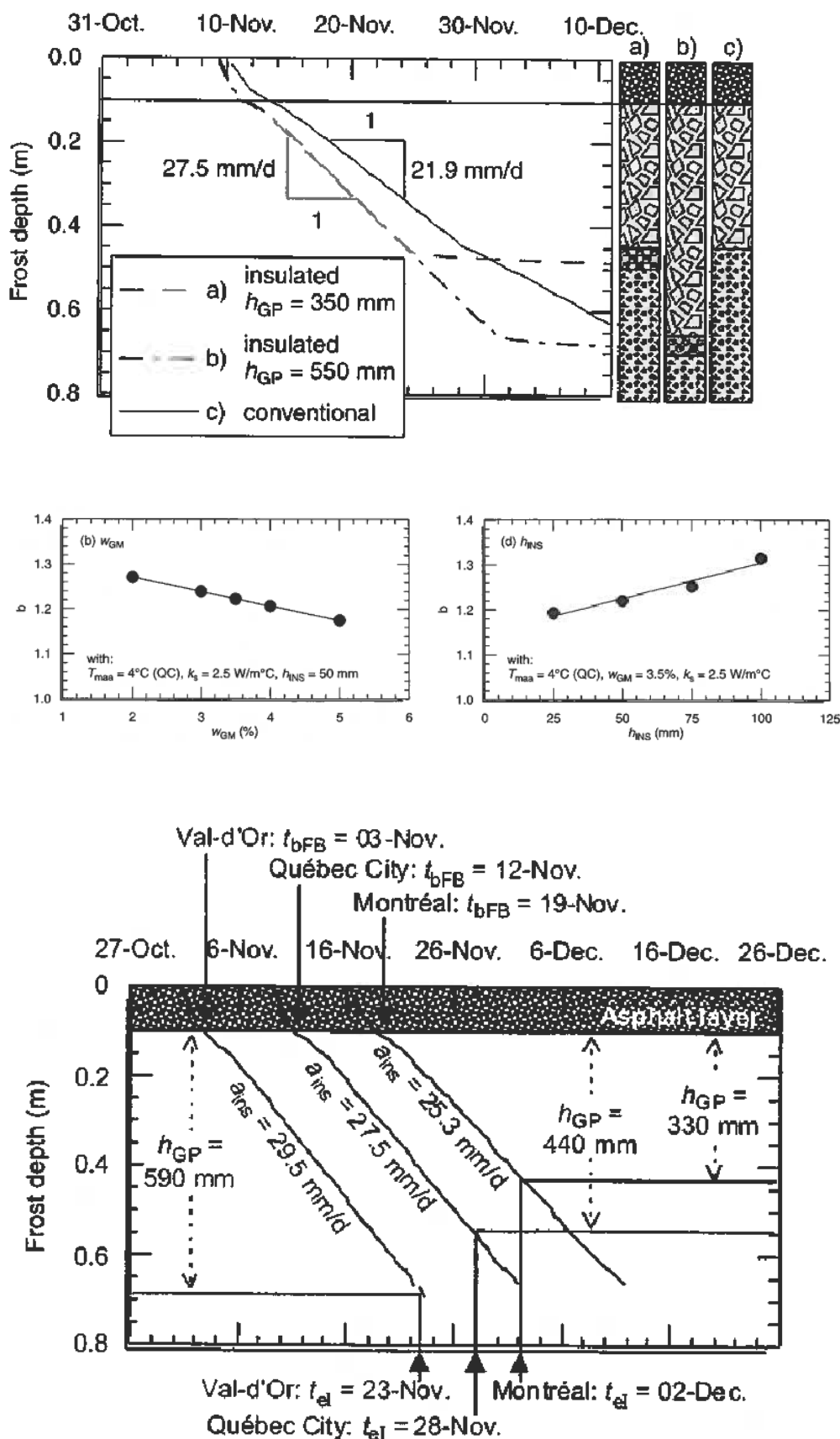
Montreal:	fra 19. november til 2. desember:	13 dager
Quebec:	fra 12. november til 28. november:	16 dager
Val-d'Or:	fra 3. november til 23. november,	20 dager

Det fremgår ikke direkte, men det synes som at periodene over bør oppfattes som for et gjennomsnittsår.

Den andre delen av prinsippet til Côtés dimensjonering er at frostnedtrengningen i den første tiden av vinteren er lineær med tiden. Den er for isolert veg vesentlig raskere enn for uisolert veg på grunn av manglende varme nedenfra, men den er tilnærmet uavhengig av hvor dypt isolasjonen ligger.

Forholdet mellom frostnedtrengning på isolert veg og uisolert veg uttrykkes ved faktoren b . Denne faktoren varierer mellom 1,2 og 1,3 avhengig bl.a. av tykkelsen på frostisolasjonen og av vanninnholdet i det granulære laget over isolasjonen.



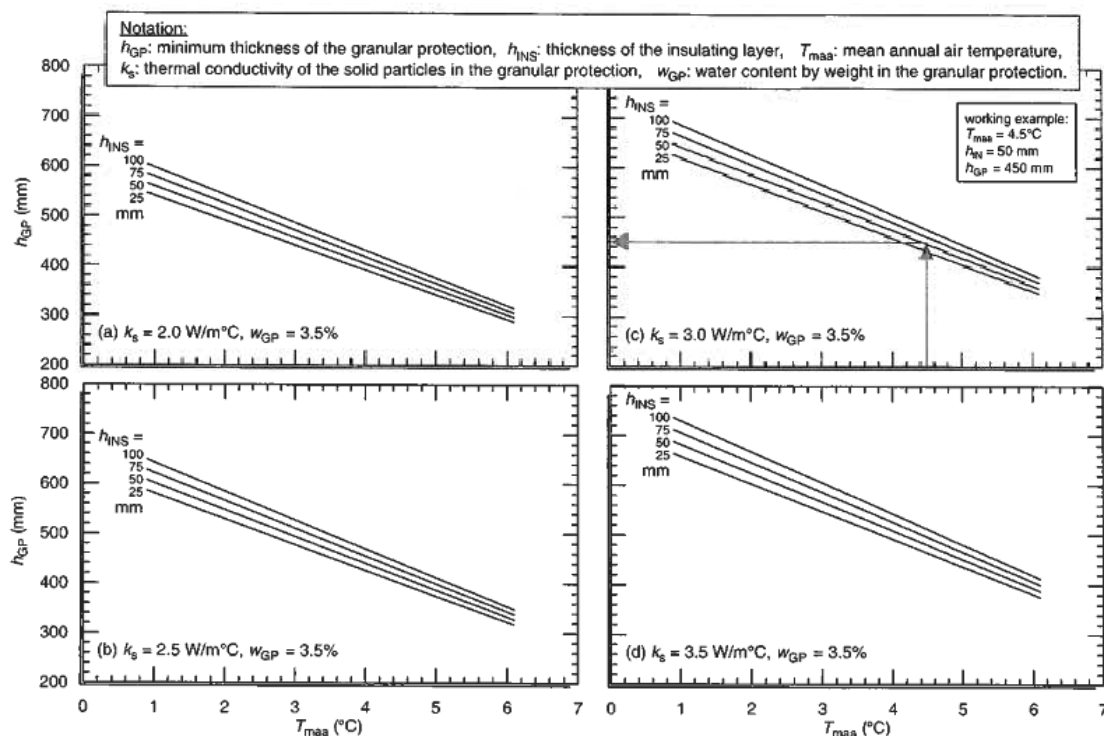


Det tredje, og kanskje det viktigste punktet i teorien til Côté og Konrad er at så lenge frosten ikke har nådd ned til isolasjonsplatene, er det ingen forskjell mellom isolert og uisolert veg med hensyn til risiko for ising. Dimensjonerende dybde på det granulære

laget over isolasjonsplatene er derfor satt slik at man unngår at frosten når ned til isolasjonen i de dagene som er kritiske med hensyn på ising.

Teorien til Côté og Konrad gir en dimensjonering av de granulære lag som funksjon av årlig gjennomsnittstemperatur, varmeledningstallet og tykkelsen på isolasjonsplatene av XPS. I tillegg er det gitt en korreksjonsformel for vanninnhold i det granulære lagene dersom dette avviker fra 3,5 %.

Det fremgår ikke av selve dimensjoneringsfigurene, men i alt grunnlagsmaterialet synes det å være forutsatt at tykkelsen på asfalten over det granulære laget er 10 cm.



$$h_{GP(w)} = (1.14 - 0.04w_{GP})h_{GP(\text{chart})} - 55 \ln(w_{GP}) + 69$$

Korreksjonsfaktor dersom w_{GP} avviker fra 3,5.

Jeg må innrømme at det er noe fundamentalt i teorien til Côté som jeg ikke forstår og er skeptisk til. Jeg synes det ikke harmonerer med praktisk erfaring i Norge at det ikke er forskjell med hensyn til ising på isolert og uisolert veg så lenge frosten ikke har nådd ned til isolasjonsplatene. Dette stemmer heller ikke med artikkelen til Geir og Geir hvor det fremgår at den kritiske periode med hensyn til ising finner sted når frostdybden er i størrelsesorden 20 cm.

I artikkelen i Frost i jord 2007 anbefaler Côté å kalibrere dimensjonering mot ising til skandinavisk klima siden klimaforholdene hos oss avviker relativt mye fra klimaet i Quebec.

Cold Regions Pavement Engineering

Læreboken Cold Regions Pavement Engineering av Guy Doré og Hannele K. Zubeck har i kap 8.3 en beskrivelse av dimensjonering mot differensiell ising. Dette er en rein kopi av reglene utviklet av Côté og Konrad for Quebec. I tillegg er det beskrevet overgangssoner ved endene av isolerte strekninger.

Sverige

TRVR Väg. 2011 Trafikverkets tekniska råd Vägkonstruktion

Pkt 4.4.4.2: Et generelt krav om at *Materialen i de obundna lagren för flexibla överbyggnader bör ha en minsta tjocklek om 500 mm. Vid byggande av GC-väg bör minsta tjocklek hos de obundna lagren vara 250 mm.*

TVTK Geo 2011 Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner:

Pkt.10.1.3.1 Lettfilling av cellplast: Överbyggnadens tjocklek dimensioneras enligt TRVK Väg (1). Cellplasten placeras inte närmare överytan än 0,5 m för att undvika frosthalka. Minsta tjocklek för obundet överbyggnadsmaterial vid ÅDT > 2000 eller ÅDTtung >200 är 0,5 m då armerad betongplatta används och 0,7 m utan betongplatta.

Pkt 10.2.3.2 Lettfilling av lettklinker: Lettklinker placeras inte närmare överytan än 0,5 m för att undvika frosthalka. Detta gäller även cementstabiliserad lettklinker om $\lambda_{\text{ofruset}} < 0,3 \text{ W/mK}$. Minsta obunden överbyggnadstjocklek med ÅDT > 2 000 ska vara 0,7 m.

TRVKB 10 Trafikverkets Krav Beskrivningstexter för Obundna material i vägkonstruktioner:

Pkt 4.1.1 Känslighet för frosthalka (på leverte materialer til overbygningen): Material ska, för att minska känsligheten för frosthalka, uppfylla krav enligt Tabell 4-1. Kraven avser torrt material med temperatur överstigande $\pm 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Bestämning av termiska egenskaper ska göras vid relevant packningsgrad. Bestämning av värmeledningstal ska utföras enligt SS-EN 12664 eller SS-EN 12667. Värmekapacitet kan bestämmas genom beräkning där hänsyn tas till ingående materials andel av vikten.

Tabell 4-1 Krav på värmeledningstal och värmekapacitet hos lager nära vägytan

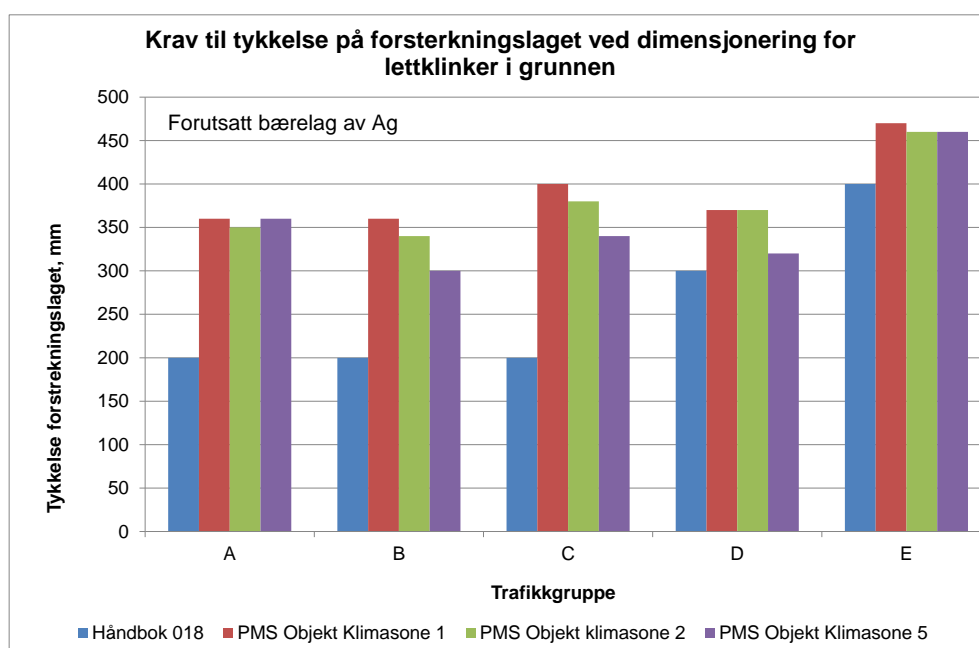
Avstånd till vägytan, m	Värmeledningstal för lagermaterial, W/(m K)	Värmekapacitet kWh/(m ³ C)
0-0,25	> 0,6	> 0,35
0,26-0,5	> 0,3	-
≥ 0,51	-	-

Ifølge Frost i jord, publikasjon nr 17, har grov pukkk/kult en varmeledningsevne i størrelsesorden 0,6 – 1,3 W/m*K i frosset tilstand og 0,7 – 1,5 W/m*K i ufrosset tilstand. Lettklinker har en varmeledningsevne på 0,3 W/m*K ved ca. 15 % fuktinnhold (volum). Asfalt har en varmeledningsevne i størrelsesorden 1,5 W/m*K.

Granulære materialer har en varmekapasitet på ca. 0,55 kWh/m³C, sand og grus 0,7 til 0,8 kWh/m³C. Asfalt har en varmekapasitet i størrelsesorden 0,55 - 0,7 kWh/m³C.

Av ovenstående fremgår det at de svenske kravene innebærer at isolasjonsmaterialer, enten det er lettklinker, skumglass eller XPS skal ha en avstand til vegoverflaten større enn 50 cm. For veger med stor trafikk vil dette innebære et krav om minst 30 cm tykkelse på et granulært forsterkningslag, i overensstemmelse med de norske kravene. Etter hva jeg kan forstå, innebærer de svenske kravene til varmeledningstall og varmekapasitet noen begrensninger med hensyn til f.eks. bruk av grov pukke med lavt finstoffinnhold og lavt vanninnhold i lagene over isolasjonsmaterialene.

Det er ikke direkte knyttet til isingsproblematikken, men nedenfor er det vist resultater av dimensjonering i henhold til HB 018 sammenliknet med resultater av analyser ved hjelp av PMS Objekt versjon 5.0.



Kravene til tykkelse på forsterkningslaget etter HB 018 skal reduseres med 10 % dersom forsterkningslaget består av kult eller knust fjell. Det er det ikke tatt hensyn til i figuren over. Det er heller ikke lagt inn 10 cm økning dersom dimensjoneringen gjelder riksveger.

I alle beregninger er det forutsatt at bærelaget består av Ag. For beregningene i PMS Objekt er det forutsatt at forsterkningslaget består av «obunden bergkross».

Av figuren ser en at de største forskjeller finner man for lavere trafikkmengder. En flytting av skumglass til Bæreevnegruppe 4 vil ha størst innvirkning på dimensjoneringen for veger med størst trafikk. Samtidig må man være oppmerksom på at kravet om minst 70 cm granulære lag over lettfylling av lettklinker ved ÅDT > 2000 overstyrer deler av figuren over med hensyn til de svenske kravene.

Dimensjonering i PMS Objekt er basert på en stivhetsmodul M_s for lettklinket lik 40 MPa. Til sammenlikning er dimensjonerende stivhetsmodul for frostsikringslag lik 70 MPa.

PMS Objekt har ingen spesielle regler for dimensjonering av overbygning basert på skumglass som frostsikringslag.

Konklusjoner

Det finnes en del veger som er bygget med lettklinker brukt som frostsikring eller som lette fyllmasser. Flere av disse er bygget for en del år siden. Det burde foreligge et rimelig godt grunnlag for å vurdere om det foreligger noen øket risiko for differensiell ising på slike strekninger. Antall strekninger med skumglass er en del færre.

Før man eventuelt tar i bruk dimensjoneringsregler som beskrevet av Côté og Konrad, bør de utprøves i forhold til risiko for ising under norske forhold. Dersom de nye kravene til frostsikring fører til en mer omfattende bruk av XPS, lettklinker eller skumglass som frostsikringsmateriale, bør feltmålinger og forsøk for å fastlegge risikoen for differensiell ising gjenopptas.

I 1999-utgaven av Håndbok 018 skal vegoverbygningen på underlag XPS og skumglass dimensjoneres ut fra Bæreevnegruppe 4. Dimensjonering av vegoverbygning på skumglass var ikke omtalt i denne utgaven av Håndbok 018. I 2005-utgaven ble skumglass og lettklinker plassert i Bæreevnegruppe 3. For lettklinker er det i Kap 2 beskrevet både sortering 0/32 og 10/20 som aktuelle materialer, med en presisering om at 10/20 «krever noe mer oppfølging under utlegging og komprimering». Det er imidlertid i dimensjoneringen ikke tatt hensyn til at 10/20 er mer ustabil enn 0/32.

Dagens krav om minstetykkelse for granulære materialer over isolasjon av XPS foreslås utvidet til å omfatte alle typer materialer med varmeledningstall $< 0,5$ W/m*K. I tillegg foreslås kravet øket til minst 50 cm for alle steder hvor risiko for differensiell ising kan være til ugunst for vegholder og/eller brukerne. Dette gjelder også fortau og gang-/sykkelveger.

Lettklinker og skumglass plasseres i Bæreevnegruppe 4. Dette begrunnes primært ut fra behovet for å redusere risikoen for differensiell ising, men også ut fra en usikkerhet med hensyn til materialenes langtidsegenskaper hva angår fasthet og krusningsrrisiko.

Referanser

1	J Côté og J M Konrad <i>A field study of hoarfrost formation on insulated pavements</i> Canadian. Geotechnical. Journal. Vol. 39, 2002, p 547-560
2	J Côté og J M Konrad <i>Estimating thermal Conductivity of Pavement Granular Materials and Subgrade Soils</i> Transportation Research Record Vol 1967/2006 side 10 - 19
3	J Côté og J M Konrad <i>Granular protection design to minimize differential icing on insulated pavements</i> Canadian Geotechnical Journal 2006 Vol 43 No 3 p 260 – 272
4	J Côté og J M Konrad <i>Protection against differential icing on insulated pavements: Applying the Quebec approach to Scandinavia</i> Frost i jord 2007, p 59 - 64
5	G Refsdal og G Berntsen <i>Road icing – Norwegian experience and design practice</i> Frost i jord 2009, p 43 - 52
6	Trafikverket <i>TRVKB 10 Obundna lager</i> <i>Trafikverkets Krav. Beskrivningstexter för Obundna material i vägkonstruksjoner</i> TRV 2011:083, TDOK 2011:265
7	Trafikverket <i>TRVR Väg</i> <i>Trafikverkets tekniska råd Vägkonstruktion</i> TRV 2011:073, TDOK 2011:267
8	Trafikverket <i>TRVK Väg</i> <i>Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion</i> TRV 2011:072 TDOK 2011:264
9	Trafikverket <i>TK Geo 11</i> <i>Trafikverkets tekniska krav för geokonstruksjoner</i> Publikation 2011:047
10	Guy Doré & Hannele K. Zubeck <i>Cold Regions Pavement Ebgineering</i> ASCE Press, McGraw Hill, 2009

Notat

Frostsikring - en lønnsom investering?

Til: Arbeidsgruppen for frost og tele
Fra: Ragnar Evensen ViaNova Plan og Trafikk AS
Dato: 26. februar 2013
Arkiv: Frostsikring en lønnsom investering 2013-02-26.docx

Innledning

Dette notatet er i hovedsak en oppdatering og videreutvikling av et notat utarbeidet av Geir Refsdal ved Dekkeprosjektet, Byggherreseksjonen, Region øst, et notat som inngikk som Vedlegg 2 i rapporten «Telehiv på nye norske veger, - hvorfor, og hva kan gjøres for å unngå dette?» fra «Ekspertgruppe telehiv» av 14. september 2011.

I tillegg til ovenfornevnte notat bygger analysen på flere andre arbeider av betydning for en vurdering av tilstandsutvikling og nytte/kostnadsanalyser av dimensjonering av veger, inklusive følgende:

- Delprosjekt Veg under etatsprogrammet Vegkapital
- Delprosjekt 5 under etatsprogrammet Klima og transport
- Prosjektet Samfunnsmessige konsekvenser av forskjellige innsatsnivåer innen drift og vedlikehold.
- Modellgrunnlaget i EFFEKT 6

Mer omfattende nytte-/kostnadsanalyser for alternative typer av «Robuste veger» vil bli gjennomført som en del av etatsprosjektet Varige veger.

Vegnormalene 018 Vegbygging (2011)

Vegnormalene 018 Vegbygging (2011) angir at nye veger med en ÅDT over 5 000 skal frostsikres. Dette er en innskjerping i forhold til 2005-utgaven hvor ÅDT-grensen var satt til 10 000. Samtidig er det satt vesentlig strengere krav til å dokumentere grunnforholdene i linja - og det er de ujevne grunnforholdene som er avgjørende.

Merkostnader ved frostsikring

En analyse av grunnforholdene for riks- og fylkesvegnettet i Norge viser at ca. 38 % av veglengden med informasjon om grunnforholdene, er på fjell/steinfylling i Bæreevnegruppe 1, ca. 24 % er på materialer i grunnen i Bæreevnegruppe 4 og ca. 15 % er på materialer i grunnen i Bæreevnegruppe 6. Behovet for frostsikring er

begrenset til veger hvor materialet i grunnen er i telefarlighetsklasse T3 eller T4, dette tilsvarer Bæreevnegruppe 5 eller 6. Tabellene nedenfor viser dimensjonering av vegoverbygning for riksveg med og uten frostsikring med grus/knust fjell. Det er forutsatt at frostsikringslaget består av ikke telefarlige materialer, vegbredde 7,5 m for ÅDT 1000, 2000 og 4000, 8,5 m for ÅDT 6000, samt at materialet i grunnen består av middels fast leire, cu 37,5 – 50 kPa.

Frostmengde	20.000 h°C				40.000 h°C			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
Andel tunge kj.t.	10%	12%	15%	15%	10%	12%	15%	15%
Dekke, asfalt, cm	3,5	6,0	6,0	8,0	3,5	6,0	6,0	8,0
Bærelag Ag, cm	5,0	7,0	7,0	13,0	5,0	7,0	7,0	13,0
Bærelag knust fjell, cm	10,0	10,0	11,0		10,0	10,0	11,0	
Forsterkningslag, cm	60,0	80,0	80,0	90,0	60,0	80,0	80,0	90,0

Dimensjonering av overbygning, uten telesikring

Frostmengde	20.000 h°C				40.000 h°C			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
Andel tunge kj.t.	10 %	12 %	15 %	15%	10 %	12 %	15 %	15%
Dekke, asfalt, cm	3,5	6,0	6,0	8,0	3,5	6,0	6,0	8,0
Bærelag Ag, cm	5,0	7,0	7,0	13,0	5,0	7,0	7,0	13,0
Bærelag knust fjell, cm	10,0	10,0	11,0		10,0	10,0	11,0	
Forsterkningslag, cm	30,0	30,0	40,0	50,0	30,0	30,0	40,0	50,0
Frostsikringslag, cm	157	152	141	134	237	232	221	214

Dimensjonering av overbygning, med telesikring

Dimensjoneringen med frostsikringslag, slik den er vist i tabellen ovenfor, er i overensstemmelse med arbeidsgruppens forslag.

Dersom man antar en enhetspris på kr 250,- pr m³ for forsterkningslag og kr 100,- pr m³ for frostsikringslag, samt tar hensyn til nødvendig økning i lagenes bredde ved større lagtykkelser, får man følgende merkostnader ved frostsikring av vegen. Merkostnaden er i størrelsesorden kr 600,- til kr 2 600,- per meter veg.

Frostmengde	20.000 h°C				40.000 h°C			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
Andel tunge kj.t.	10%	12%	15%	15%	10%	12%	15%	15%
Trafikkgruppe	A	C	D	E	A	C	D	E
Forsterkningslag uten frostsikring	1 416	2 004	2 012	2 506	1 416	2 004	2 012	2 507
Forsterkn.lag + frostsikr.lag med frostsikring	2 635	2 601	2 739	3 171	4 038	3 991	4 126	4 635
Merkostnad ved frostsikring	1 219	597	727	665	2 622	1 987	2 114	2 129

Merkostnader ved frostsikring, 1000 kroner pr km veg

Lavere driftskostnader for vegholder ved frostsikring

Frostsikring av en veg vil slå ut i billigere drift i form av mindre lapping, enklere vinterdrift mv.

Driftskostnader sommer

Den måten det innhentes priser på i driftskontraktene gir et relativt dårlig grunnlag for å få frem denne gevinsten på en enkel måte. En gjennomgang av pristilbud for tre driftskontrakter med oppstart i 2012 (kontraktene 0204, 0701 og 1603) viste at årlige kostnader for lapping av hull i vegdekket, tetting av sprekker, avretting av telehiv etc. var i størrelsesorden kr 1200.- til kr 3 300,- per km veg per år. Vegnettets status i forhold til frostsikring o.l. var for disse tre kontraktene ikke beskrevet på en måte som gjør det mulig å vurdere effekten av bedre frostsikring på en tilfredsstillende måte.

I forbindelse med siste revisjon av kostnadsmodellene i MOTIV, ble det f.eks. klarlagt at kostnadene til avretting av ujevnt telehiv bare omfattet ca. 10 % av de punkter som i NVDB var angitt som telehiv med behov for avretting.

Som et rimelig estimat av vegholders merkostnader til drift av vegdekker antas det at 50 % av driftskostnadene kan relateres til telehiv og 50 % til andre årsaker, som svake kanter, dårlig drenering, samt dårlig utførte dekkearbeider, hvor skadene oppstod for seint, evt. hadde et uklart årsaksforhold, slik at reklamasjon overfor asfaltentreprenøren ikke var mulig.

Dersom man antar at frostsikring gir en årlig reduksjon i driftskostnadene for vegdekker sommer i størrelsesorden kr 1 500,- pr km veg, vil nåverdien av denne kostnadsreduksjonen være ca. kr 30.000 pr km veg forutsatt 40 års beregningsperiode og 4,0 % kalkulasjonsrente.

Driftskostnader vinter

Ujevn veg, både i vegens lengdeprofil og i tverrprofil, må forventes å ha stor innvirkning på vinterdriftskostnadene. Dette omfatter kostnader til så vel snøbrøyting som ishøvling og salting.

Ujevnheter i vegens lengderetning kan innebære ekstra kostnader for snøbrøyting på grunn av lavere brøytehastighet og problemer med lokale partier hvor fjerning av snø og is blir vanskeliggjort. Vedlikeholdsstandarden har gjennom krav til IRI satt krav til ujevnheter i vegens lengderetning, men dette kravet er relativt lite egnet til å fange opp de forhold som er av betydning for vinterdriften.

- IRI avdekker i liten grad lokale, store ujevnheter
- IRI-kravet gjelder sommerforhold
- etterslepet i forhold til gjeldende vedlikeholdsstandard er spesielt stort for IRI

Dagens dekkevedlikehold er i stor grad rettet mot å overholde vedlikeholdsstandarden krav med hensyn ujevnheter i vegens tverrprofil. Til tross for dette er det flere forhold som er av betydning for vinterdriften og som i liten grad fanges opp av dagens vedlikeholdsstandard.

- Kravet til spordybde gjelder sommerforhold, ujevnheter om vinteren fanges ikke opp.
- Selv uten etterslep i forhold til vedlikeholdsstandarden kan vegdekket ha lokalt store spordybder, så lengde samlet lengde med stor spordybde utgjør mindre enn 10 % av parsellengden.

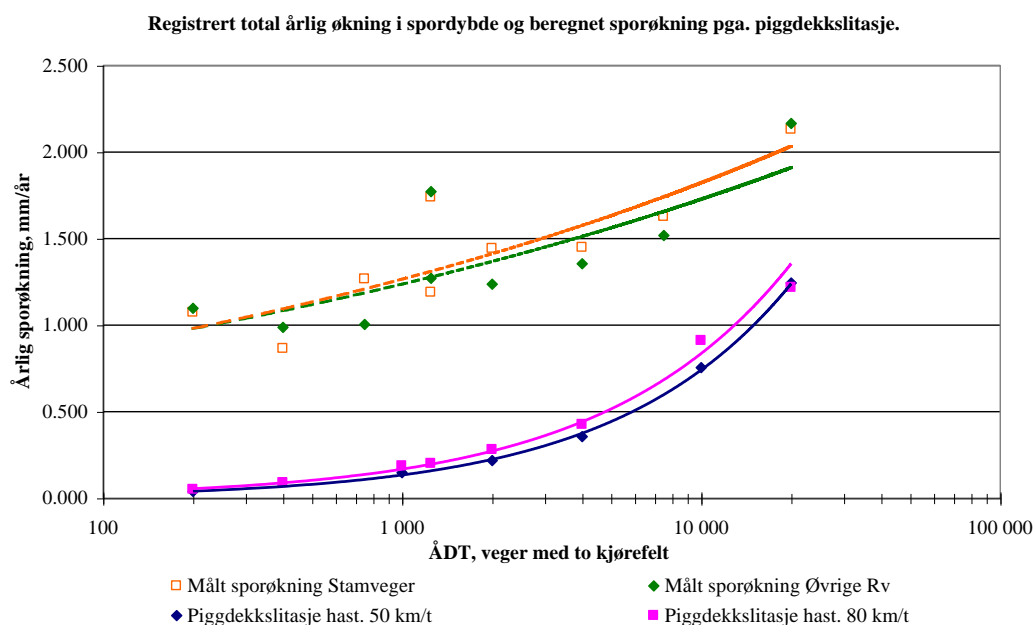
En gjennomgang av noen utvalgte driftskontrakter med oppstart 2012 viser årlige driftskostnader for brøyting og strøying i størrelsesorden kr 20.000 til kr 50.000 per km og år. Dette inkluderer både strategi bar veg og vinterveg. Tilsvarende driftskostnader for G/S-veger var i størrelsesorden kr 35.000 til kr 45.000 per km og år.

Dersom man som er grovt gjennomsnitt anslår at de årlige driftskostnader til brøyting og grusing/salting er i størrelsesorden kr 30.000,- pr km og år, og at disse kostnadene reduseres med 5 % på grunn av jevnere veg vinterstid som en følge av frostsikring, vil man få at nåverdien av kostnadsreduksjonen er ca. kr 30.000 – pr km veg.

Rimeligere dekkevedlikehold ved frostsikring

I de fleste tilfeller vil dekketiltak iverksettes på 90/10-verdien for spor overstiger utløsende standard som i dag er 25 mm, eventuelt ut fra en totalvurdering av dekketilstanden med hensyn på sprekker, slaghull, steinslipp, overflatetekstur. etc. Totalvurderingen må i stor grad støtte seg på erfaringsgrunnlaget hos den enkelte dekkeansvarlige.

Figuren nedenfor viser en sammenstilling av gjennomsnittlig årlige sporøkning for stamveger og øvrige riksveger før forvaltningsreformen i 2010. Den registrerte sporøkning er i figuren sammenliknet med beregnet sporøkning på grunn av piggdekkslitasje. Av figuren ser en at for veger med ÅDT opp til ca. 5000 er det stor forskjell mellom den totale sporøkning og den sporøkning som skyldes piggdekkslitasje.



Differansen mellom total sporøkning og sporøkning på grunn av piggdekkslitasje kan beskrives som sporøkning på grunn av deformasjoner i lagene i overbygningen og i grunnen.

Som en del av etatsprogrammet Klima og transport ble tilstandsutviklingen med hensyn på spor modellert ved hjelp av programmet ME-PDG fra FHWA i USA.

Beregningene ble på en enkel måte omregnet til norske forhold ved bruk av norske klimadata og karakteristiske data for tungrafikken i Norge, samt en kalibrering i forhold til registrert tilstandsutvikling på 10 oppfølgingsstrekninger.

Gjennom modellering i ME-PDG ble sporøkning på grunn av deformasjoner beregnet for måned til måned gjennom en tidsperiode på 20 år. Konklusjonene fra disse beregningene viste at den totale sporøkning var dominert av deformasjoner i granulære lag i overbygningen og i grunnen. For veger i kystnære strøk med lite frost var sporøkningen noenlunde jevnt fordelt over året, men i innlandet med en betydelig frostmengde var opp til 80 – 90% av sporøkningen i månedene med teleløsning og i den tiden etter denne, hvor man kunne forvente sammenpakking av granulære materialer etter at islinsene var smeltet. Ut fra dette er det grunn til å anta at dekkelevetiden vil øke betraktelig ved frostsikring av vegoverbygningen.

Som et foreløpig anslag er det foreslått at følgende estimat legges til grunn for gjennomsnittlig dekkelevetid uten og med frostsikring av overbygningen.

ÅDT	Frostmengde			
	20.000		40.000	
	Uten frostsikr.	Med frostsikr.	Uten frostsikr.	Med frostsikr.
1000	15 år	17 år	14 år	17 år
2000	14 år	16 år	13 år	16 år
4000	12 år	14 år	11 år	14 år
6000	10 år	12 år	9 år	12 år

Det er antatt en gjennomsnittlig dekkebredde på 7,5 m for ÅDT 1000, 2000 og 4000 og en dekkebredde på 8,5 m for ÅDT 6000. Dersom man antar at en dekkefornyelse består i en oppretting med 50 kg/m² Agb og nytt slitelag av 90 kg/m² Agb, samt en massepris på kr 800,- per tonn, får man at en dekkefornyelse koster kr 840,- per meter veg ved dekkebredde 7,5 m. Denne forutsetningen er benyttet for veger med ÅDT 1000 og 2000. For vegen med ÅDT 4000 er det forutsatt en tilsvarende dekkefornyelse, men det er forutsatt at dekkefornyelsen består av Ab med en enhetspris på kr 880,- per meter veg. For veger med ÅDT er det forutsatt en dekkefornyelse med oppretting med Ab og slitelag av Ska til en enhetspris på kr 896,- per meter veg ved vegbredde 8,5 m.

Basert på en beregningsperiode på 40 år, dekkelevetider og enhetspriser som angitt over, samt en kalkulasjonsrente på 4,0 %, får man nåverdier for innsparte kostnader per km veg som vist i tabellen nedenfor.

ÅDT	Frostmengde	
	20.000	40.000
1000	128	225
2000	140	224
4000	210	342
6000	331	569

Nåverdi av reduserte kostnader til dekkevedlikehold i en periode på 40 år, 1000 kroner per km veg

Etter min vurdering bør beregningene over ansees som forsiktige estimat av sannsynlige innsparinger til dekkevedlikehold dersom man forutsetter at materialer og utførelse ved dekkefornyelsene er av god kvalitet.

Lavere trafikantkostnader

Dekketilstanden er av betydning for vegbrukernes kostnader. I forbindelse med prosjektet Samfunnsmessige konsekvenser av forskjellige innsatsnivåer innen drift og vedlikehold utviklet TØI/SINTEF noen modeller for samfunnsøkonomiske drivstoffkostnader, rep. og servicekostnader og tidskostnader som funksjon av vegdekkets jevnhet på langs, IRI.

Arbeidet omfattet også modellutvikling av vegbrukers samfunnsøkonomiske kostnader som funksjon av jevnhet på tvers, spordybden, men dette ansees å være av mindre betydning ved at dekkevedlikeholdskostnadene i det alt vesentlige forutsetter at 90/10-verdiene for spor varierer mellom 5 mm for nylagt dekke og 25 mm ved utløsende dekketilstand.

En veg uten telesikring må forventes å ha høyere IRI-verdier på seinvinteren enn om sommeren. Tabellen nedenfor viser grunnlaget for beregning av reduserte trafikantkostnader som følge av telesikring av veger. Det er forutsatt at perioden seinvinter/teletøsningsperioden er 90 dager.

Frostmengde	20.000 h°C				40.000 h°C			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT	10 %	12 %	15 %	15 %	10 %	12 %	15 %	15 %
Andel tunge kj.t.	10 %	12 %	15 %	15 %	10 %	12 %	15 %	15 %
Antatt gjennomsnittlig IRI seinvinter/teletøsningsperioden								
Veg med frostsikring	1,75	1,50	1,25	1,10	1,75	1,50	1,25	1,10
Veg uten frostsikring,	3,0	2,75	2,5	2,25	3,5	3,25	3,0	2,75

Gjennomsnittlig IRI i seinvinter/vår for veg med og uten frostsikring

De samfunnsøkonomiske trafikantkostnader som funksjon av IRI er vist med likningene nedenfor. Alle kostnader er per kjørte kilometer og er basert på prisnivå 2012.

Drivstoffkostnader:

$$Kost_{DrivstoffLette} = 0,36 * (0,0060 * IRI + 0,982)$$

$$Kost_{DrivstoffTunge} = 1,85 * (0,096 * IRI + 0,9712)$$

Kostnader rep. og service:

$$Kost_{RepServiceLette} = 0,78 * 0,81816 * e^{0,0669 * IRI}$$

$$Kost_{RepServiceTunge} = 1,73 * 0,75745 * e^{0,0926 * IRI}$$

Jevnhetens innvirkning på trafikantenes tidskostnader baseres på en beregning av innvirkningen på gjennomsnittlig kjørefart ved hjelp av likningen nedenfor.

$$\Delta V_{IRI} = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{V_0} \right)^{\frac{1}{K_1}} + \left(\frac{IRI}{K_2} \right)^{\frac{1}{K_1}} \right]^{K_1}} - \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{V_0} \right)^{\frac{1}{K_1}} + \left(\frac{2}{K_2} \right)^{\frac{1}{K_1}} \right]^{K_1}}$$

I likningen på foregående side inngår følgende verdier for faktorene K_1 og K_2 .

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
K_1	0,35	0,4
K_2	700	680

For lette baseres beregningen av tidskostnader på en kostnad lik kr 217,- per time. For tunge kjøretøy baseres beregningen av tidsavhengig kjørekostnad på en kostnad lik kr 624,- per time. Referansehastigheten V_0 er satt til 78 km/t for lette kjøretøy og 76,5 km/t for tunge kjøretøy, basert på skiltet hastighet over 60 km/t.

Frostmengde	20.000 h°C				40.000 h°C			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
Andel tunge kj.t.	10 %	12 %	15 %	15 %	10 %	12 %	15 %	15 %
Reduksjon i trafikkkostnadene, kroner pr km og år								
Drivstoffkostnader	419	907	2 025	2 794	586	1 270	2 835	4 009
Rep. og vedlikeh.	6 770	13 738	28 267	38 420	9 657	19 602	40 346	56 197
Tidskostnader	4 013	7 047	12 422	14 234	6 691	11 977	21 598	26 014

Årlig reduksjon i trafikantkostnader pga. reduksjon i IRI seinvinter og vår som følge av telesikring

Beregning av netto nytte

Dersom man omregner alle kostnader som er omtalt ovenfor, til en nåverdi basert på 40 års kalkulasjonsperiode og 4,0 % kalkulasjonsrente, får man en sammenstilling av kostnader og en beregnet netto nytte som vist i tabellen nedenfor.

Dimensjonerende frostmengde	20 000				40 000			
	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
ÅDT	1000	2000	4000	6000	1000	2000	4000	6000
Differanse byggekostnader	1 219	597	727	665	2 622	1 986	2 114	2 129
Vegholder driftskostn. sommer	30	30	30	30	30	30	30	30
Vegholders dekkekostnader	128	140	210	331	225	224	348	569
Vegholders vinterdrift	30	30	30	30	30	30	30	30
Trafikant drivstoffkostnader	8	18	40	55	12	25	56	79
Trafikant rep og vedlikehold	134	272	559	760	191	387	799	1 112
Trafikant tidskostnader	79	139	246	282	132	237	427	514
Sum nåverdi av kostnadsreduksjoner	409	629	1 115	1 488	620	934	1 690	2 336
Netto nytte, 1000 kroner per km veg	-810	32	388	824	-2 020	-1 046	-446	207

Ut fra denne ser en at med de forutsetninger som er lagt inn i beregningene, får man ved en frostmengde på 20.000 h°C en positiv netto nytte ved ÅDT 2000 eller mer. ved en frostmengde på 40.000 h°C må trafikkmengden være mer enn ca. 5.000 i ÅDT for å oppnå en positiv netto nytte ved frostsikring.

For frostmengden 40.000 har man også gjennomført beregninger basert på en frostsikring med skumglass, 70 cm øvre frostsikringslag av skumglass og 30 cm nedre frostsikringslag av knust fjell, uten at dette påvirket beregningen av netto nytte i nevneverdig grad.

Svenske og finske retningslinjer for frostdimensjonering

Dette vedlegget inneholder et sammendrag av svenske og finske retningslinjer for frostdimensjonering.

Svenske retningslinjer for frostsikring

Ved nybygging av veg beregnes nødvendig overbygningstykkelse med PMS Objekt (TRVMB301). Trafikverket har mer enn 750 værstasjoner utplassert langs det svenske vegnettet. Stasjonene registrerer temperatur hver halvtime, og disse registreringene brukes til å beregne telehiv og teledybde. Når man skal gjøre frostdimensjonering velges den nærmeste værstasjonen, eller den man mener registrerer forhold som tilsvarer stedet det dimensjoneres for. Man beregner telehiv og teledyp for alle sesonger som den valgte værstasjonen har data for, og lar den sesongen som har størst telehiv (ikke størst teledyp) være dimensjonerende. De eldste værstasjonene har registreringer for alle år siden 1993.

Referansehastighet	Tillatt telehiv [mm]	
	Nybygg	Forsterkning
VR 120 km/h	10	20
VR 110 km/h i klimasone 1-2	20	30
VR 110 km/h i klimasone 3-5	50	80
VR 100 km/h ÅDTk>4000	50	80
VR 100 km/h	60	120
VR 90 km/h ÅDTk>4000	60	120
VR 90 km/h	80	160
VR 80 km/h ÅDTk>4000	80	160
VR 80 km/h	100	200
VR 70 km/h ÅDTk>4000	100	200
VR 70 km/h	120	240
VR 60 km/h ÅDTk>4000	120	240
VR 60 km/h	140	280
VR 50 km/h ÅDTk>4000	140	280
VR 50 km/h eller mindre	160	320

Tabell V6.1 Største tillatte telehiv ved nybygging og forsterkning av veg (fra IFS2009:2)

Hvor stort telehiv som godtas på en veg er avhengig av trafikkmengde og hastighet. For nybygging av veg skal vegkonstruksjonen utformes slik at telehiv ikke overskrider verdiene i tabell V6.1. For forsterkning av veg gjelder mindre strenge krav. Dersom en vegkonstruksjon

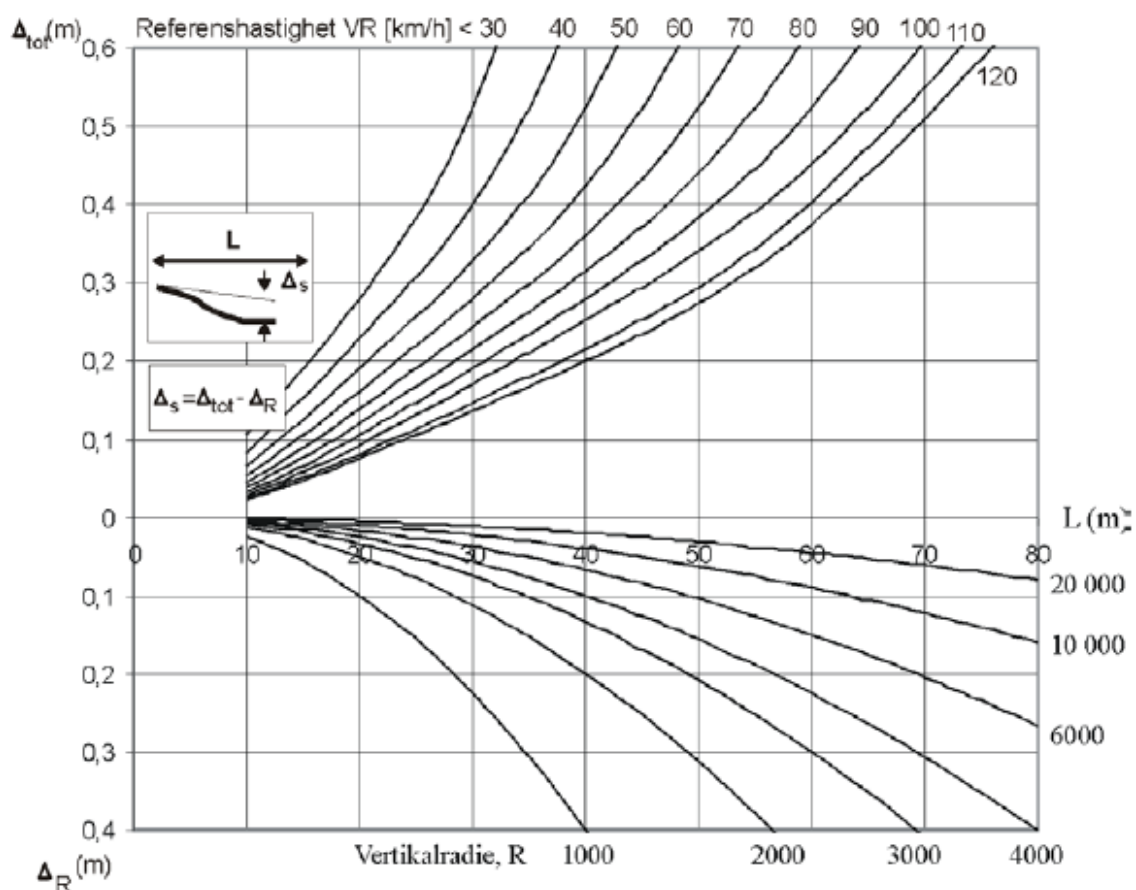
isoleres skal man dimensjonere etter et tillatt telehiv på 20 mm, uavhengig av hastighet eller ÅDT.

Utkiling av telesikring skal utformes slik at ujevnheter fra telehiv ikke overskrider største godtagbare setningsforskjell Δ_S . Grenseverdien Δ_S er avhengig av kjørehastighet, vertikalradius og lengden på strekningen ujevnheten måles over. Formelen for beregning av Δ_S er vist under.

$$s = \Delta_{tot} - \Delta_R$$

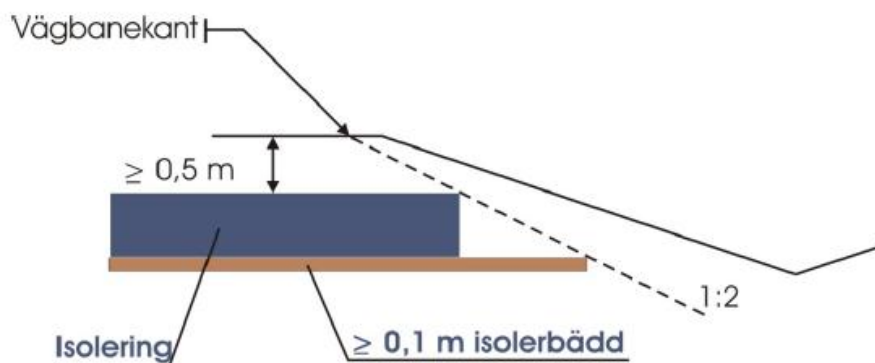
Setningsgrensen Δ_S beregnes ved hjelp av formelen over, der variablene Δ_{tot} og Δ_R leses ut fra figur V6.1. Δ_{tot} beregnes ut fra målelengde og referansehastighet, mens Δ_R beregnes fra vertikalradius og målelengde.

Figur V6.1 finnes også i håndbok 018 som figur 205.1. I Norge brukes denne figuren som krav for langsiktige setninger i hele dimensjoneringsperioden, men brukes ikke konkret til å sette krav til telehiv. Figuren setter her grensen for største godtagbare setning for alle ujevnheter langs vegens lengderetning, ikke bare for telehiv.



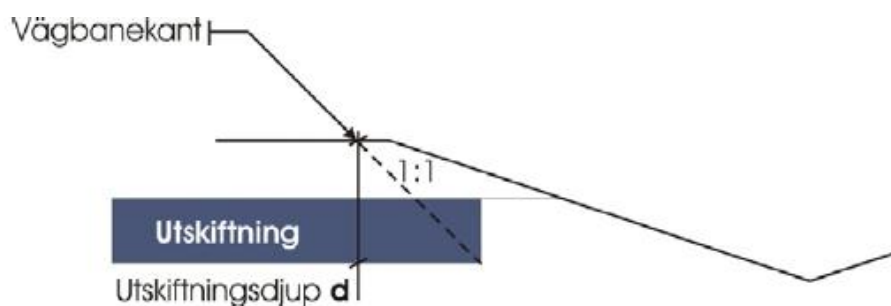
Figur V6.1 Beregning av tillatt ujevnhet (fra TK Geo)

Det stilles krav om at isolasjonsmaterialer ikke skal ligge nærmere vegoverflaten enn 0,5 m, og det skal være et lag på minst 0,1 m under isolasjonsmaterialet. Materialene i laget under isolasjonen skal tilfredsstille krav tilsvarende forsterkningslag. Figur V6.2 viser at isolasjonsmaterialet skal dras ut i bredden med et dybdeforhold på 1:2.



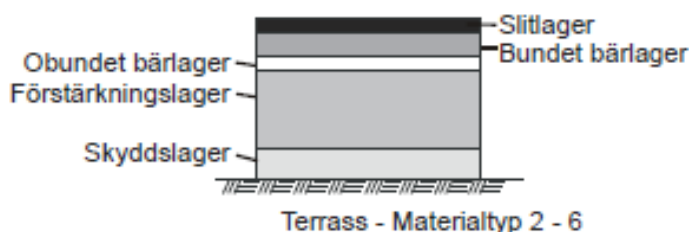
Figur V6.2 Utforming av isolasjonslag (fra TRVK Väg)

Når det er snakk om utskiftning av eksisterende masser for å unngå problemer med telehiv, viser figur V6.3 i hvor stor bredde materialene skal skiftes ut. Materialene som det skiftes ut til, skal være *ikke telehivende mineraljord*. Om man har grunn til å tro at svakheter i beregningene gjør at teledypet undervurderes, åpnes det for at man kan øke utskiftningsdypet med opp til 40 %.



Figur V6.3 Utskiftningsbredde (fra TRVK Väg)

For å kunne beregne telehiv skal det utføres materialundersøkelser like dypt som teledypet. For å kunne beregne telehiv ut fra teledyp er det nødvendig å ha kunnskap om hvilke materiale som ligger i underbygningen som fryser.



Figur V6.4 Prinsippskisse overbygning

I beregningen av telehiv inngår hvilke materialer som er brukt i overbygningen, og tykkelsen på de ulike lagene; se figur V6.4. Ved dimensjonering finner man krav til største tillatte setningsforskjell Δ_s , og bestemmer en overbygning som gjør at det beregnede telehivet tilfredsstillt kravet. Om standard overbygningstykkelser ikke er tilstrekkelig for å unngå store

ujevne telehiv økes tykkelsen på overbygningen. Tabell V6.2 viser hvordan man vurderer telefarlighet for ulike jordarter som brukes i vegbygging.

Tjälfarlighetsklass	Beskrivning	Eksempel på jordarter
1	Icke tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen i regel är obetydlig. Klassen omfattar materialtyp 2 samt organiska jordarter med organisk halt > 20 % (6B).	Gr, Sa, saGr, grSa, GrMn, Sa Mn, Pt
2	Något tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen är liten. Klassen omfattar materialtyp 3A och B.	siSa, siGr, siSa Mn, siGr Mn
3	Måttligt tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen är måttlig. Klassen omfattar materialtyp 4A och B samt 6A.	Cl, ClMn, siMn, siS
4	Mycket tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen är stor. Klassen omfattar materialtyp 5.	Si, clSi, siCl, SiMn

Tabell V6.2 Telefarlighetsklasser etter TRVK Väg

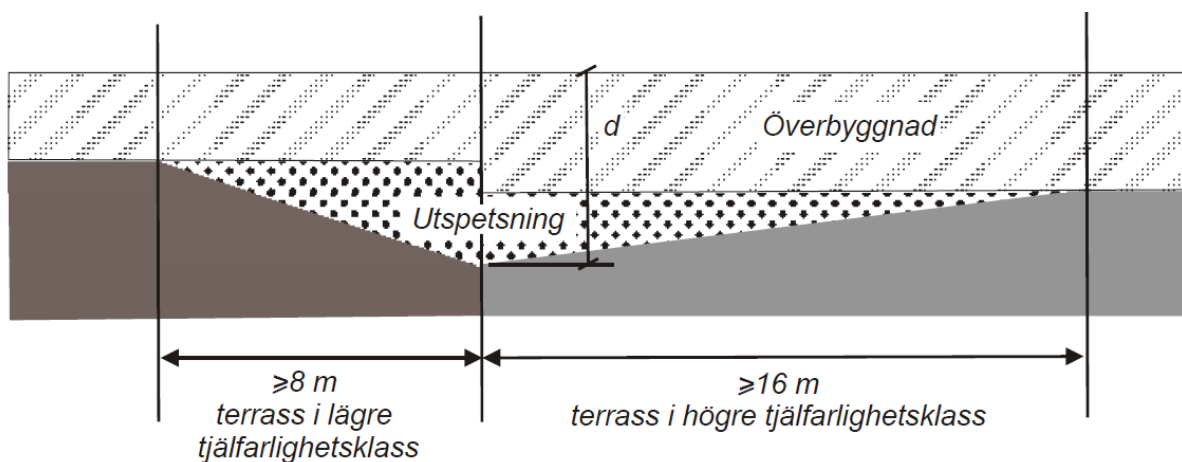
Etter svenske retningslinjer brukes ikke et eget frostsikringslag, men det såkalte *skyddslagret*, også kalt *undre förstärkningslager*, har denne funksjonen. Til dette laget stilles det krav om at maksimal steinstørrelse ikke skal være større enn halve lagtykkelsen, og finstoffinnholdet skal være mindre enn 9 %. For ferdig utlagt materiale tillates opptil 10 % finstoffinnhold, og maksimalt 20 % av materialet kan ha en kornstørrelse som overstiger halv lagtykkelse. Isolasjon med EPS regnes inn i tykkelsen av skyddslagret.

Når det bygges på fylling som er tykkere enn 3 m dimensjoneres overbygningen som i klimasone 1 (se figur V6.5) uavhengig av geografisk plassering. Det forutsettes at man har et drenerende lag i fyllingen, som må ligge minst 2 m under planum.



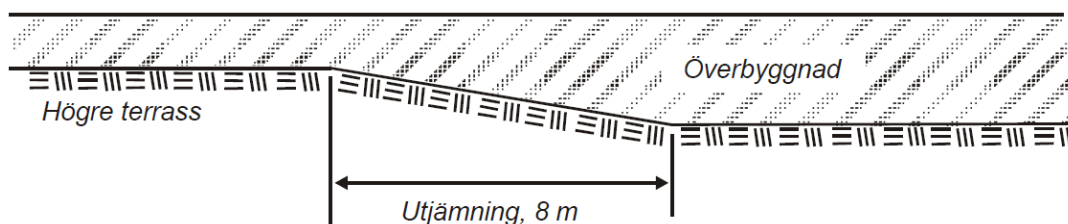
Figur V6.5 Klimasoneinndeling Sverige

Ved overganger mellom materialer i undergrunnen med ulik telefarlighet skal det utkiles som vist i figur V6.6, total lengde på utkiling minst 24 meter.



Figur V6.6 Utkiling mellom undergrunnsmaterialer med ulik telefarlighet (fra TRVK Väg)

Om man har nivåforskjeller i undergrunnen skal disse utjevnes over åtte meter som vist i figur V6.7.



Figur V6.7 Utjevning av nivåforskjeller i undergrunnen

Finske retningslinjer for frostsikring

Finske vegmyndigheter har, i likhet med de svenske, satt krav til maksimalt akseptabelt telehiv. Grensene for akseptabelt telehiv avhenger av vegklasse (trafikkmengde og fartsgrense), undergrunn og armering som vist i tabell V6.3. Tillatt telehiv varierer fra 0 til 160 mm.

Examples of road classes	Maximum allowed calculated frost heave, mm				
	Homogenous subgrade			Inhomogeneous subgrade	
	No steel net		Steel net	No steel net	Steel net
	Normal case	Structure with rock fill, polystyrene or cement stabilization			
Motorways	30	30	30	0	0
Main roads, 80-100 km/h	70	70	100	10	10
Regional road, 80-100 km/h, ADT >1000 vehicles./day	100	70	130	10	10
Regional road, 60 km/h or ADT < 1000 and connecting road ADT > 1000	130	70	160	30	100
Connecting road, ADT 400...1000	160	100	no limit	70	130

Tabell V6.3 Maksimalt tillatt beregnet telehiv [mm] etter finske retningslinjer

Under dimensjoneringen beregner man teoretisk telehiv (FH_{calc}). På denne måten bestemmer man hvor store lagtykkelser som er nødvendig for å sikre seg mot for store telehiv, eller hvor dypt man bør utføre masseutskiftning.

I den ordinære beregningen av teoretisk telehiv forutsettes det at materialene i selve overbygningen ikke er telefarlige, men det finnes også en formel som kan ta hensyn til at man har telefarlige materialer i overbygningen.

Telehivet FH_{calc} for telesikker overbygning beregnes med formelen:

$$FH_{calc} = (S - a_1 \cdot R_1 - a_2 \cdot R_2 - a_3 \cdot R_3 \text{ etc.}) \cdot \frac{t}{100}$$

FH_{calc} beregnet telehiv [mm] (calculated frost heave)

S dimensjonerende frostdybde [mm]

R_i tykkelse på telebestandig lag i [mm]

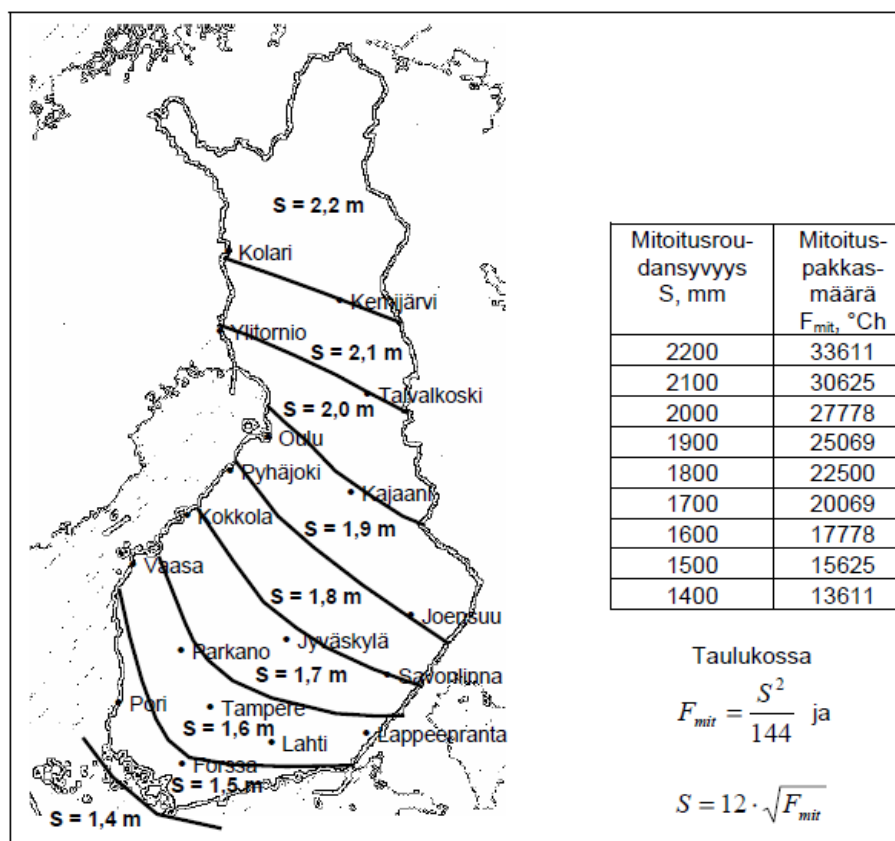
a_i ekvivalensfaktor for frostisolasjon (fra tabell V6.4)

t telehiv i undergrunnen (prosent av frostdybden i undergrunns materialet, fra tabell V6.5)

Den dimensjonerende frostdybden S beregnes fra dimensjonerende frostmengde, F_{mit} [°Ch], etter følgende formel:

$$S = 12 \cdot \sqrt{F_{mit}}$$

Frostmengden F_{mit} som brukes i beregningen av frostdybden hentes fra en enkel kartframstilling der Finland er delt inn i ni klimasoner; se figur V6.8. Frostmengden som brukes er basert på F_{10} , og det ser ut til at de bruker denne uavhengig av trafikkmengde og andre forhold.



Figur V6.8 Klimasoneinndeling Finland

Beregningen av teoretisk telehiv tar hensyn til varierende frostmotstand og varmeledningsevne for de ulike materialene i overbygningen gjennom a_i -koeffisientene; se tabell V6.4. De geografiske variasjonene kommer til uttrykk gjennom frostdypet S , og undergrunnens påvirkning kommer inn gjennom faktoren t .

Layer material	a_i
Sand	1,0
Bitumen bound	1,0
Gravel, crushed rock	0,9
Blasted rock	0,8
Crushed blast furnace slag, air cooled blast furnace slag	1,6
Granulated blast furnace slag	1,7
Expanded clay in the depth of 0,7 m, dry density not more than 400 kg/m ³ , beneath 0,15 m drainage course	4
Extruded polystyrene (XPS), in the depth > 0,7 m, 0,15 drainage course	20
Expanded polystyrene (EPS), in the depth 0,7 m, 0,15 m drainage course	15

Tabell V6.4 Ekvivalensfaktorer for frostisolasjon (a_i)

I beregningen gir materialer med $a < 1$ større telehiv, fordi de fryser fort igjennom og tillater større frostdybde. Materialer med $a > 1$ regnes å ha isolerende effekt, og gir svakere telehiv.

I Finland deler man undergrunnen inn i 9 klasser, etter blant annet korngradering, finstoffinnhold og fuktighet. Inndelingen er vist i tabell V6.5. Fem av klassene regnes som telefarlige, og man oppgir volumutvidelser på mellom 3 og 16 % for disse. Felles for alle materialene som regnes som telefarlige er at de har mer enn 7 % passering på sikt 0,063 mm, som vist i tabell V6.6. Grensen gjelder for andel finstoff av total kornkurve.

Category	A	B	C	D	uE	uF	uG	uH	uI
Bearing capacity, MPa	280	200	100	70	50	35	10	20	20
Frost swelling % (t)	0	0	0	0	3	6	6	12	16
Soil type or quality class and moisture	Blasted rock	crushed rock	dS1 wS1	dS2 dH1 wH1	wS2 dS3 dH2 wH2	wS3 dH3-4 dS4 stiff clay	soft clay mud	wS4 wH3-4 dsilt dsiltytill varved dclay/ silt	wsilt wsiltytill varved wclay/ silt

Tabell V6.5 Undergrunns kategorier med bæreevne og frostutvidelse

I tabell V6.5 er S1-S4 og H1-H4 en kvalitetsinndeling for undergrunns materialer, som vist i tabell V6.6. Videre står d for *dry moisture condition* og w for *wet moisture condition*. Grensen mellom stiv og myk leire går ved en skjærstyrke på 40 kPa.

Quality class	S1	S2	S3	S4	H1	H2	H3	H4
0,063 mm passing [%]	< 7	7-15	16-30	31-50	< 7	7-15	16-30	31-50
2 mm passing [%]	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 70	> 70	> 70	> 70	> 70

Tabell V6.6 Inndeling av kvalitetsklasser for undergrunns materialer

Det ser ikke ut til at man opererer med et eget frostsikringslag, men man øker tykkelsen på den vanlige vegkonstruksjonen. Laget man vanligvis øker tykkelsen på kalles filterlag (= suodatinkerros) og kan bygges både av sand og sprengt stein. Man har inntrykk av at det finske «filterlag» kan være et kombinert filter- og frostsikringslag ut fra norsk terminologi.

Tabell V6.7 viser en oversikt over grensekurver for ubundne materialer brukt i lastfordelende lag i vegkonstruksjonen.

Grain size, mm and grain-size class								
Sieve, mm	0/32	0/40	0/45	0/56 and 0/63	0/90	0/125	0/180	0/250
0.5	5-15	5-15	5-15	—	—	—	—	—
1	11-21	11-21	11-21	5-15	—	—	—	—
2	17-28	17-28	17-28	11-21	9-20	—	—	—
4	26-35	26-38	—	17-28	—	9-20	—	—
5.6	—	—	26-38	—	14-27	—	9-20	—
8	39-51	—	—	26-38	—	14-27	—	9-20
10	—	39-51	—	—	—	—	—	—
11.2	—	—	39-51	—	21-38	—	14-27	—
16	58-70	—	—	39-51	—	21-38	—	14-27
20	—	58-70	—	—	—	—	—	—
22.4	—	—	58-70	—	33-52	—	21-38	—
31.5	—	—	—	58-70	—	33-52	—	21-28
45	—	—	—	—	54-72	—	33-52	—
63	—	—	—	—	—	54-72	—	33-52
90	—	—	—	—	—	—	54-72	—
125	—	—	—	—	—	—	—	—
180	—	—	—	—	—	—	—	54-72
250	—	—	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—	—	—
500	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabell V6.7 Kornkurver for ubundne materialer

Innarbeiding av frostsikring i dimensjoneringsystemet

Bakgrunn

Dette vedlegget gir en kortfattet beskrivelse av alternative prinsipper for beskrivelse av dimensjonering av veg med bituminøst dekke. Beskrivelsene er initiert av vedtakene i Vegdirektoratets NA-rundskriv 12/09 hvor det bl.a. er lagt vekt på en betydelig innstramning og utvidelse av kravene til frostsikring ved dimensjonering av vegoverbygning. I tillegg er det satt krav til redaksjonelle endringer i de mest sentrale avsnittene, slik det fremgår av følgende:

Bestemmelsene i håndbok 018 må derfor gjennomgås slik at kravene blir mer entydige, enklere å oppfylle, dokumentere og kontrollere, og bedre tilpasset dagens byggemetoder. Dette er avgjørende både for de som skal planlegge og dimensjonere vegkonstruksjoner, for entreprenører som skal levere materialer, utføre og dokumentere hva som er levert gjennom sin driftskontroll og for byggherrens stikkprøvekontroll.

Endrede krav og bestemmelser vil gjøre at vegoverbygningen blir planlagt og bygget mer robust mot frost og telehiv, samt at det blir enklere å kontrollere at kravene blir oppfylt i anleggsfasen. Dette er særlig viktig slik vegbygging skjer i dag, med stort tempo og med tungt utstyr.

Vurderinger og aktuelle redigeringer

Nedenfor er det kort beskrevet tre opplegg for dimensjoneringsdelen i kapittel 51 i håndbok 018:

1. Tilsvarende som i dagens utgave av håndbok 018, men med dimensjonering for frost flyttet frem til dimensjonering for bæreevne.
2. Dimensjonering for bæreevne og frostsikring samlet i en felles dimensjoneringstabell
3. Fire separate dimensjoneringstabeller
 - a. For bæreevne i teleløsningsperioden
 - b. Med frostisolasjon av knust fjell, grus eller sand
 - c. Med frostisolasjon av lettklinker eller skumglass
 - d. Med frostisolasjon av XPS

Hver av disse tre alternativene er nærmere diskutert nedenfor.

Det er i tillegg en del problemstillinger som er uavhengig av hvilket alternativ som velges:

- Dimensjonering av frostsikring bør flyttes frem fra vedlegg 1 til kapittel 51.
- Frostmengdetabellene i vedlegg 2 forblir som vedlegg.
- En del av de generelle dimensjoneringsforutsetningene, inkl. figur 512.1, kan vurderes flyttet til et vedlegg. Dette omfatter ikke de avsnitt som brukes i en dimensjoneringsprosedyre.

Tilsvarende dagens dimensjonering

Dette alternativet er mest i samsvar med dagens dimensjoneringsregler. Redigeringen bør følge rutinene i en dimensjoneringsprosedyre, hvorav hovedpunktene kan være følgende:

1. Grunnlaget for dimensjonering
2. Beskrivelse av de faktorer som er parametre i en dimensjonering
3. Regler for valg av dimensjonering mot frost eller kun bæreevnedimensjonering.
4. Beskrivelse av dimensjonering mot frost
5. Beskrivelse av dimensjonering for bæreevne
6. Evt. korreksjoner, tillegg på grunn av anleggstekniske forhold

Det er mulig at man må vurdere å gjeninnføre tidligere tiders regler ved dimensjonering ved forsterkning. Man måtte da gjennomføre dimensjonering hvor man vurderte overbygningens totale dimensjonering i forhold til bæreevnen til materialene i grunnen, deretter kontrollerte man dimensjoneringen av overliggende lag i forhold til det enkelte lags bæreevne, f.eks. dimensjonering av forsterkningslag, bærelag og dekke i forhold til hva skumglasset tåler av påkjenninger.

Også anleggstekniske forhold må vurderes spesielt. Hvor tykt må frostsikringslag være for å få dette lagt ut på en tilfredsstillende måte dersom grunnen består av bløt leire? Skal det være anleggstrafikk på frostsikringslag, evt. har forsterkningslaget over skumglass en tykkelse som tillater anleggstrafikk på forsterkningslaget?

Samlet dimensjoneringstabell

Skisse til en samlet dimensjoneringstabell er vist i tabell V7.1. Det gjøres oppmerksom på at skissen er foreløpig, og at alle lagtykkelser ikke er endelig kvalitetssikret. Dette gir den mest kompakte løsning. Sannsynligvis gir dette alternativet også den beste sikkerhet for at helheten i dimensjoneringen blir ivaretatt.

Ulempen med dette alternativet er at man må gjøre en del relativ grove forenklinger av dimensjoneringen for å beholde oversikten. Det blir også relativt vanskelig å ta hensyn til at det også ved $\text{ÅDT} < 1500$ kan være aktuelt med frostsikring. Det er også ganske vanskelig f.eks. å kunne kombinere redusert tykkelse av skumglass/lettklinker med øket tykkelse av drenglaget under.

			Trafikkgruppe								
			A	B	C	D	E		F		
Lag	Undergrunn, bæreevne-gruppe	Klimasone, dimensjonerende frostmengde	Lagtykkelse, cm								
Forsterkningslag av knuste steinmaterialer. Sortering tilpasses lagtykkelsen, krav i hht kap.*** 2)	1 og 2	Alle	20	20	20	20	20		20		
	3	Alle	20	20	20	30	40		40		
	4, 5 og 6	Alle	30 ¹⁾	40 ¹⁾	40 ¹⁾	50 ¹⁾	60 ¹⁾		70 ¹⁾		
						Alt.1		Alt.2			
Frostsikringslag, T1/T2, krav i hht kap.*** 2)	1, 2, 3 og 4	Alle	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		< 6000	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	5 og 6	6000-12000	90	80	80	70	60	60	50	50	
		12000-18000	130	120	120	110	100	100	90	90	
		18000-26000	130	120	120	110	140	50 isolerende: (lettklinker / skumglass)	130	50 isolerende: (lettklinker / skumglass)	
26000-38000+	130	120	120	110	190	70 isolerende: (lettklinker / skumglass)	180	70 isolerende: (lettklinker / skumglass)			
Tilleggstykkelse forstikringslag ved særlig bløt grunn. Av anleggstekniske hensyn.	6	<6000	30	30	30	30	30	-	30	-	
		6000-18000	0	0	0	0	0	-	0	-	
		>18000						50		50	
Merknader:											
1) Vil være styrkemessig underdimensjonert for bæreevnegruppe 5 og 6 dersom angitt frostsikringslag utelates. Denne underdimensjoneringen utgjør 20 cm forsterkningslagsmateriale i alle trafikkgrupper.											
2) Dersom forsterkningslag og frostsikringslag bygges i ett lag skal det kombinerte laget ha kvaliteten til kravene til forsterkningslag, se kap.***, og bygges i samme tykkelse om de to lagene samlet.											

Tabell V7.1 Skisse til samlet dimensjoneringstabell

Flere separate dimensjoneringstabeller

Dette alternativet er i prinsippet relativt likt det andre alternativet, men utseendet blir vesentlig forskjellig ved at man har fire komplette dimensjoneringstabeller:

- Dimensjonering for bæreevne (dagens tabell)
- Dimensjonering med frostsikringslag av sand/grus/knust fjell
- Dimensjonering med frostsikringslag av lettklinker/skumglass
- Dimensjonering med frostsikringslag av XPS

I tabell V7.2 er dimensjoneringstabellen for «Dimensjonering med frostsikringslag av lettklinker/skumglass» skissert. Alle tykkelser er foreløpige. De må gjennomgås nærmere.

Av de spørsmål som påvirker resultatet er om tillegget på 10 cm for riksveger er å oppfatte som en generell økning i dimensjoneringssikkerheten eller om den spesifikt er knyttet til usikkerhet om fremtidig trafikk. Opprinnelig var det det siste (egentlig dimensjonering for 13 tonns tillatt aksellast i fremtiden), men det synes som om den generelle økning i sikkerhet for resultatet i dag er vel så viktig.

F/SL	DIMENSJONERINGSTABELL FOR RIKSVEGER MED BITUMINØST DEKKE, FROSTSIKRING MED SKUMGLASS/LETTKLINKER (lagtykkelser i cm)						
	TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.)						
	A	B	C	D	E	F	
DEKKE	Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ÅDT i åpningsåret, se kap. 512.12 / figur 512.2						
BÆRELAG							
Typiske materialer:	Tykkelse (cm), bærelag						
Ag	9	10	11	12	13	14	
Ag over Ap	5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10	
Ag over Ak	5 over 10	6 over 10	7 over 10	7 over 11			
Ag over Fk	5 over 10	6 over 10	7 over 10	7 over 11	-	-	
Ag over Gja ⁴⁾	6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10	-	-	
Fk	20	20	-	-	-	-	
FORSTERKNINGSLAG PÅ							
Frostsikringslag av:	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0						
Lettklinker Skumglass	40 ⁷⁾	40 ⁷⁾	50	60	70	80	
ØVRE FROSTSIKRINGSLAG	Tykkelse bestemmes ut fra dimensjonerende frostmengde, Figur xx. Minstetykkelse er angitt nedenfor						
Lettklinker/skumglass	30	30	30	30	30	30	
NEDRE FROSTSIKRINGSLAG Materialtype i grunnen	Tykkelsen inngår i grunnlaget for fastsettelse av tykkelse på øvre frostsikringslag						
Grus, sand, morene, T3	5	30	30	30	30	30	30
Silt, leire, T4, c _u ≥ 50 kPa	6	30	30	30	30	30	30
Silt, leire, T4, c _u 37,5-50	6	30	30	30	30	30	30
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5	6	30+50 ¹⁾	30+50 ¹⁾	30+50	30+50	30+50	30+50
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa	6	30+80 ¹⁾	30+80 ¹⁾	30+80 ¹⁾	30+80 ¹⁾	30+80 ¹⁾	30+80 ¹⁾
BÆRELAGSINDEKS	39 ³⁾	45 ³⁾	50 ³⁾	54	62	65	
1) Tall med pluss foran er knyttet til anleggstekniske forhold. 2) For undergrunn av leire med c _u < 25 kPa skal forsterkningslagstykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt. 3) For N < 2 mill. kan kravet til bærelagsindeks reduseres som vist i figur 512.4 ved bruk av "myke massetyper" i slitelaget. 4) Tykkelsene forutsetter en lastfordelingskoeffisient på min. 1,75 for Sg, Eg og Gja. Ved lavere lastfordelingskoeffisienter, må tykkelsen økes. 5) Sand med Cu < 5 skal vurderes særskilt. 6) Definisjon av bærelagsindeks (Bl _k), se vedlegg 4. 7) Tykkelsen økes med 10 cm dersom valgt bærelag ikke inkluderer minst 10 cm Fk							
GRUNNFORSTERKNING: Nødvendig tykkelse av grunnforsterkningslag for at dette skal kunne betraktes som undergrunn ved dimensjonering av overbygning er vist i figur 512.5. FROSTSIKRING: Om bæreevnemessig dimensjonering ved ulike typer frostsikring, se kap. 512.13, kap. 512.4 og vedlegg 1. Cu og c _u : For velgraderte og/eller grove masser brukes <i>graderingstall</i> (C _u eller Cu, fra engelsk: Coefficient of uniformity) som er definert som d ₆₀ /d ₁₀ , se vedlegg 13. For leire brukes begrepet <i>udrenert skjærfasthet</i> (c _u , engelsk: <i>cohesion, undrained</i>).							

Tabell V7.2 Eksempel på «Dimensjonering med frostsikringslag av lettklinker/skumglass»

Alternativ 3 vil være mer oversiktlig enn alternativ 2, og kanskje lettere å forstå i forhold til hvilken frostsikringsmetode man bør velge. En annen fordel ved dette alternativet er at man f.eks. ikke trenger å knytte bæreevnen til skumglass til en av dagens Bæreevnegrupper, jfr. uoverensstemmelsen mellom norsk og svensk dimensjonering i forhold til bæreevnen til lettklinker. Arbeidsgruppen har i denne rapporten foreslått å flytte skumglass og lettklinker fra bæreevnegruppe 3 til bæreevnegruppe 4.

Førsteintrykket av dimensjoneringskapitlet vil kanskje virke avskrekkende på brukerne, bl.a. ved at kapitlet blir volummessig stort.

Gangen i dimensjoneringen

For alle de tre alternativene vil gangen i dimensjoneringen være som vist under:

1. Klarlegge trafikkbelastningene, antall tunge kjøretøy på dimensjonerende kjørefelt, samt årlig vekst i tunge kjøretøy. Velge dimensjoneringsperiode dersom denne avviker fra 20 år.
2. Bestemme ÅDT, beregne dimensjonerende N og bestemme trafikkgruppe.
3. Inndeling av veganlegget i «homogene» delstrekninger basert på fjelloverflate, kvartærgeologiske kart og antatt massedisponering. Innhente grunnbøringsdata utført for geotekniske analyser og vurdere behovet for egne grunnbøringer. Revurdering av delstrekningene og bæreevnegrupper
4. Dersom ÅDT <1500, vurdere risiko for ujevnt telehiv ut fra variasjoner i materialene i grunnen og evt. variasjoner i vanntilgangen. Dette gir grunnlaget for å vurdere behovet for telesikring. Uten behov for frostsikring, hopper man over punkt 5 og 6.
5. Bestemme dimensjonerende frostmengde F10 eller F100 ut fra kart og/eller data for kommunesentra med tilhørende korreksjoner til aktuelt sted.
6. Vurdere alternative materialer for frostsikring. For hvert alternativ, fastsette nødvendig tykkelse på frostsikringslaget, evt. tykkelse på øvre og nedre frostsikringslag.
7. Bestemme vegdekket og dekketykkelse ut fra ÅDT med utførelsesmessige justeringer.
8. Vurdere alternative løsninger for bærelaget. Fastsette tykkelse på bærelaget, evt. tykkelse på øvre og nedre bærelag. Korrigere for evt. «overskudd» av bidrag til bæreevneindeks fra dekket.
9. Bestemme tykkelse på forsterkningslaget, evt. øvre og nedre forsterkningslag for hver av de alternative materialer i grunnen/frostsikringslaget. I dette inngår evt. justeringer ut fra aktuelle materialvalg.
10. Revurdering av de alternative dimensjoneringer ut fra anleggsmessige forhold.
11. Kostnadsberegninger for de alternative løsninger og valg av endelig løsning.

Foreløpige konklusjoner

Følgende 3 opplegg for dimensjoneringsdelen i kapittel 51 er vurdert:

1. Tilsvarende som i dagens utgave av håndbok 018, men med dimensjonering for frost flyttet frem til dimensjonering for bæreevne.
2. Dimensjonering for bæreevne og frostsikring samlet i en felles dimensjoneringstabell
3. Fire separate dimensjoneringstabeller:
 - a. For bæreevne i teleløsningsperioden
 - b. Med frostisolasjon av knust fjell, grus eller sand
 - c. Med frostisolasjon av lettklinker eller skumglass
 - d. Med frostisolasjon av XPS

Alternativ 1 er mest i samsvar med dagens dimensjoneringsregler, og vil nok oppleves som mest gjenkjennbart av brukere av håndbok 018.

Ulempen med alternativ 2 er at man må gjøre en del relativt grove forenklinger av dimensjoneringen for å beholde oversikten. Det blir også relativt vanskelig å ta hensyn til at det også ved $\text{ÅDT} < 1500$ kan være aktuelt med frostsikring. Det er også ganske vanskelig f.eks. å kunne kombinere redusert tykkelse av skumglass/lettklinker med øket tykkelse av drenglaget under.

Alternativ 3 vil være mer oversiktlig enn alternativ 2, og kanskje lettere å forstå i forhold til hvilken frostsikringsmetode man bør velge. En annen fordel ved dette alternativet er at man f.eks. ikke trenger å knytte bæreevnen til skumglass til en av dagens Bæreevnegrupper. Førsteintrykket av dimensjoneringskapitlet vil kanskje virke avskrekkende på brukerne, bl.a. ved at kapitlet blir volummessig stort.

Det synes som om alternativ 3 med fire separate dimensjoneringstabeller bør innarbeides i håndbok 018. Det må imidlertid vurderes om dette alternativet skal innarbeides i 2013-revisjonen av håndboka eller om en skal innarbeide alternativ 1 i 2013-utgaven og innarbeide alternativ 3 i 2015-utgaven av håndbok 018.

Digital bildeanalyse

Om teknologien

Digital bildeanalyse kan være et alternativ til uttak og sikting av steinprøver, og vil være spesielt nyttig for kontroll av steinstørrelser i grove materialer.

Teknologien fungerer ved at man tar et bilde som viser en del av en fylling, en lagerhaug, ferdig utlagt masse e.l. Man må sørge for at man har ett eller flere objekter med kjent størrelse i bildet, slik at man får en referansestørrelse. Bildene lastes deretter inn i et dataprogram som tolker bildet og identifiserer omrisset av steinkornene. Kornene måles (lengste retning) og telles, og slik får man presentert en kornfordeling.

Utfordringen med denne teknologien er å kjenne igjen små steinkorn, spesielt i velgraderte materialer. Man vil derfor måtte regne med store feilmarginer om man forsøker å finne detaljert fordeling av finstoff i et velgradert materiale. Dette er naturlig, siden man vil måtte ta bilde av et forholdsvis stort område for å få med et representativt utvalg av korn i de største størrelsene, og man må ha svært god oppløsning på bildet om små korn skal synes godt.

Et formål som teknologien derimot egner seg til, er å identifisere største steinstørrelse, eller finne andel materiale mindre enn en viss størrelse. Da stilles det ikke krav til like stor nøyaktighet i gjenkjenningen av de minste kornene. Eksempel på slik bruk er vist i figur V8.1. Her er det områder med korn som er for små til å bli identifisert som er maskert og vist med blå farge. Den samme metoden vil kunne brukes for å finne f.eks. andel korn mindre enn 90 mm i et frostsikringsmateriale.

Forutsetninger

Den viktigste forutsetningen for at disse metodene skal gi gode resultater er at bildene som mates inn i analyseprogrammet er tatt på riktig måte. Bildene må:

- Vise en representativ del av det materialet man vil analysere
- Kunne refereres til en kjent størrelse
- Vise flere objekter med kjent størrelse om overflaten man tar bilde av har helning.
- Ikke vise områder som ikke skal være med i analysen (eks. himmel)
- Ha så lite skygger som mulig

En sikker måte å ta gode bilder på er å ha et fastmontert kamera som tar bilde av en plan overflate. På denne måten kan bildene kalibreres mot størrelser på forhånd, og man behøver ikke å ha med spesielle objekter med kjent størrelse på bildene. Et eksempel på slik innretning er at man har et kamera som tar bilder loddrett ned på et transportbånd.

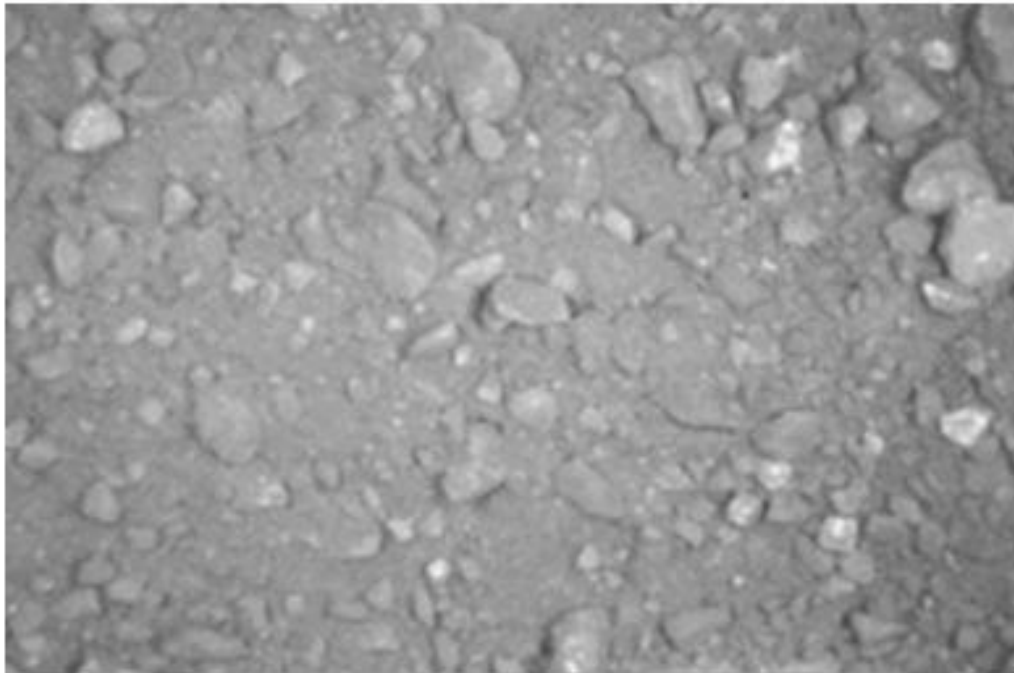
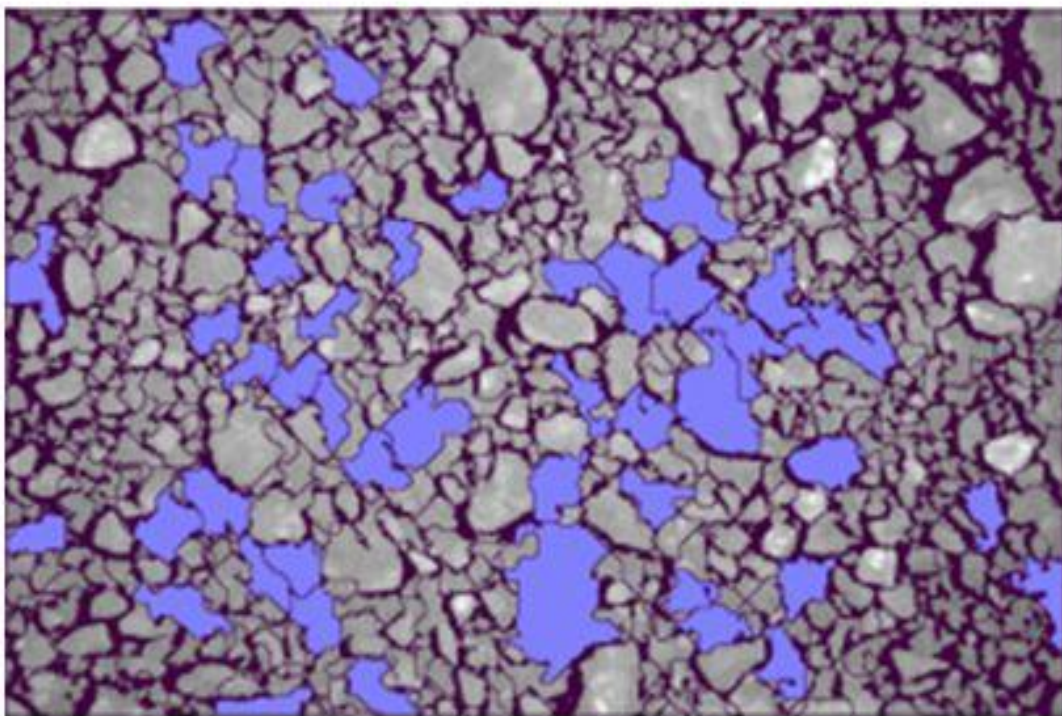


Image before processing



Delineated image after processing

Figur V8.1 Maskering av finstoff (<http://spliteng.com/split-online/technical/processing.asp>)

Om man vil ha en mer mobil kontrollmetode er det viktig å sette klare retningslinjer for hvordan bildene skal tas, jamfør listen over. Det vil være en fordel å ta flere bilder av samme «prøve», slik at man kan regne gjennomsnitt av flere analyser.

Erfaringer

Det finnes flere løsninger for digital bildeanalyse på markedet. I Sverige har NCC brukt teknologien gjennom en programvare fra den amerikanske leverandøren Split Engineering. Denne løsningen har mulighet for å analysere opp til åtte bilder samtidig, og kan gi flere ulike analyser, bl.a. sikteanalyse og maskering av finstoff. NCC bruker denne metoden for å finne siktekurve for materiale med steinkorn større enn 100 mm, og har funnet god sammenheng mellom resultater fra digital bildeanalyse og tradisjonell sikting. Et eksempel på dette er vist i Figur V8.2. Den heltrukne linjen viser sikteresultat, mens kryss markerer resultat fra digital sikteanalyse. Det materialet som er undersøkt i dette tilfellet har maksimal steinstørrelse 255 mm. Den minste siktstørrelsen som bildeanalysen har med er 5,6 mm.



Figur V8.2 Eksempel på sammenligning av tradisjonell sikting og digital bildeanalyse



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen