



Jernbaneverket

Telehiv 1996/97

Jernbaneverket Direktoratet
Teknisk myndighet
08.04.97

1 FORORD	2
2 FROSTISOLERING ETTER TELEHIVPROBLEMER I 1995/96	3
2.1 Østfoldbanen	3
2.1.1 Utførelse av frostisolering.....	3
2.1.2 Gjenstående arbeider i 1997.....	3
2.1.2.1 Frostisolering av vekselpartier.....	3
2.1.2.2 Nøytralisering.....	3
2.2 Skogerparsellen	3
2.2.1 Utførelse av frostisolering.....	3
2.2.2 Gjenstående arbeider i 1997.....	4
2.2.2.1 Ballast.....	4
2.2.2.2 Målinger, pakking og sporstabilisering.....	4
2.2.2.3 Nøytralisering.....	4
3 SKOGERPARSELLEN	5
3.1 Hendelsesforløp 1997.....	5
3.2 Opptredende frost.....	5
3.3 Strakstiltak på Skogerparsellen.....	5
3.3.1 Spormålinger.....	5
3.3.2 Temperaturoppfølginger.....	5
3.4 Utførte undersøkelser på Skogerparsellen.....	6
3.4.1 Oppgraving.....	6
3.4.2 XPS-plater.....	7
3.4.2.1 Trykkstyrke.....	7
3.4.2.2 Varmekonduktivitet.....	7
3.4.3 Masser.....	7
3.4.3.1 Fraksjonering og gradering.....	8
3.4.3.2 Vanninnhold.....	8
3.4.4 Etterregning av isolerte strekninger.....	9
3.4.5 Termofotografering.....	9
3.5 Årsaker til gjennomfrysing på skogerparsellen.....	10
3.6 Forslag til permanente tiltak på skogerparsellen.....	10
3.7 Videre arbeid.....	10
4 ØSTFOLDBANEN	12
4.1 Tiltak 1997.....	12
4.2 Opptredende frost.....	12
4.3 Anbefalte tiltak på Østfoldbanen.....	12
5 ENDRINGER I REGELVERK	13

1 FORORD

Denne rapporten er utarbeidet på bakgrunn av de telehivproblemer som oppsto på Skogerparsellen i januar 1997. Frostproblemene oppsto etter at frostisolerende tiltak var utført på hele den dobbeltsporede strekningen i oktober/november 1996.

Rapporten gir en sammenstilling av hendelsesforløp, utførte strakstiltak, utførte undersøkelser, årsaker og forslag til permanente tiltak.

Rapporten er utarbeidet av Jernbaneverket Direktoratet, Teknisk myndighet.

Rapporten er av informativ karakter.

For hendelsesforløp, undersøkelser og tiltak etter telehiv vinteren 95/96, vises til rapporten "Telehiv vinteren 1995/96 - Nye regler for frostfundament" utgitt av NSB Bane Hovedkontoret, Teknisk kontor, datert 01.07.96.

Bakgrunnsdokumenter nevnt i denne rapporten kan fås hos Jernbaneverket Direktoratet, Teknisk myndighet.

2 FROSTISOLERING ETTER TELEHIVPROBLEMER I 1995/96

På bakgrunn av de telehivproblemer man hadde på strekningen Ski - Kambo på Østfoldbanen og Skogerparsellen på Vestfoldbanen vinteren 1995/96, ble begge strekninger frostisolert i 1996.

Banene ble frostisolert ved at XPS-plater ble lagt på formasjonsplanet ved bruk av renseverk. Det ble begge steder benyttet 60 mm tykke plater av typen Dow Solimate 500 R med fals. Platene oppgis å ha korttids trykkfasthet lik 500 kPa, største anbefalte langtidslast ved 2 % deformasjon er lik 180 kPa, og varmekonduktivitet lik 0,028 W/mK.

2.1 Østfoldbanen

2.1.1 Utførelse av frostisolering

Ca. 26 km dobbeltspor fra Ski til Kambo ble frostisolert med XPS-plater i perioden 23.04.96 - 01.07.96. Platene ble lagt som beskrevet i brev fra Jernbanelverket Direktoratet, datert 22.04.96.

2.1.2 Gjenstående arbeider i 1997

2.1.2.1 Frostisolering av vekselpartier

Frostisolering av vekselpartiene ble ikke utført i 1996. Det har ikke vært registrert telehiv i sporvekslene verken i 1996 eller 1997.

Frostisolering av vekselpartier forutsettes som planlagt gjennomført i 1997.

2.1.2.2 Nøytralisering

Det ble ikke utført nøytralisering i 1996. Dette skal utføres i 1997.

2.2 Skogerparsellen

2.2.1 Utførelse av frostisolering

I perioden uke 40 - 43 ble begge spor på Skogerparsellen frostisolert med XPS-plater fra km 60,630 til km 64,550, eksl. traubru over E18. Platene ble lagt som beskrevet i brev fra Jernbanelverket Direktoratet, datert 29.05.96.

Noe av spillmassene fra renseverket ble benyttet som overdekning av XPS-plater på utsiden av sporet på deler av strekningen på høyre spor. På venstre spor ble noe av spillmassen brukt til å støtte opp kabelkanalen.

I etterkant av frostisoleringen ble sporet dobbeltpakket, justert og løftet. Sporet ble målt mellom og etter disse operasjonene.

Etter endt frostisolering viste målinger med Mauzin målevogn den 14.11.96 et K-tall på 100 over hele parsellen, og hastigheten ble satt opp til 160 km/t.

2.2.2 Gjenstående arbeider i 1997

2.2.2.1 Ballast

Pga. vinterforhold måtte ballastsuppleringen innstille noe før ønskelig, noe som medførte at det må suppleres med ca. 2500 m³ ballast våren 97. Etter ballastsuppleringen ferdigstilles ballastprofileringen.

2.2.2.2 Målinger, pakking og sporstabilisering

Det skal utføres målinger før pakking, samt sporstabilisering etter siste justering.

2.2.2.3 Nøytralisering

Gjennomgående nøytralisering skal utføres etter at sporene er justert, vibrert og har det korrekte ballastprofil.

3 SKOGERPARSELLEN

3.1 Hendelsesforløp 1997

7. januar: telehiv oppsto
9. januar: manuell måling, ujevnheter km 62,140 - 62,200 og km 62,905 - 62,970, hastighetsreduksjon til 50 km/t i spor 2 (høyre spor)
11. januar: vintermatter lagt i begge spor km 62,150 - 62,400
12. januar: oppgraving, registrert frost i leira
14. januar: pakking, hastighet økt til 90 km/t km 62,150 - 62,400 i spor 2
Fra 1. februar: ingen forverring av teleproblemene
13. februar: hastighet i spor 1 (venstre spor) 160 km/t, hastighet i spor 2 km 62,150 - 62,400 90 km/t
Uke 12: vintermatter km 62,150 - 62,400 ble fjernet

Strekninger som er pakket er

- Spor 1: km 62 - 63 og km 63,5 - 63,9
Spor 2: km 61,4 - 61,5, km 62 - 63,05, km 63,5 - 64 og km 64,5 - 64,6

3.2 Opptredende frost

Iht. NGIs måler for lufttemperatur utplassert på Skoger er opptredende frost pr. 6. januar 1997 målt til 8890 h°C. Dette er på samme nivå som for samme periode ett år tidligere.

3.3 Strakstiltak på Skogersparsellen

3.3.1 Spormålinger

Det er siden 15. januar 1997 utført spormålinger av hele dobbeltsporet med PV7 målevogn 1 - 2 ganger pr. uke. I tillegg er det utført manuelle målinger av vindskjevhet, samt nivellement hver 3. meter på strekningen med telehiv.

3.3.2 Temperaturoppfølginger

I 1996 ble det satt ned termistorer (temperaturmålere) i profiler ved km 61,711 og 62,021. Ved km 61,711 ble det satt ned 4 termistorer konsentrert rundt høyre spor, samt en referansetermistor utenfor banelegemet. Ved km 62,021 ble det satt ned 3 termistorstrenger rundt høyre spor.

Natten mellom lørdag 11.01.97 og søndag 12.01.97 ble det installert 4 termistorstrenger i spormidtd i høyre spor i 4 profiler ved km 62,362, km 62,500, km 62,700 og km 62,968.

Temperaturmålinger er siden utført 1 - 2 ganger pr. uke i alle profil.

Temperaturmålingene viser frost i leira ved km 62,362 på Skogersparsellen. De øvrige profilene viser hele vinteren plussgrader på traubunn. Temperaturen på traubunn har begynt å øke fra starten av mars.

Ved sammenligning mellom temperaturmålinger på Skogerparsellen og Gardermobanen kan man se at temperaturgradienten gjennom underbygningen er forskjellig på de to banene. På Skogerparsellen viser målingene en brattere kurve enn på Gardermobanen, hvor massene er mer velgraderte og underbygningen er tettere. Dvs. at det på Skogerparsellen er liten temperaturforskjell gjennom underbygningen, noe som tyder på en åpen struktur i massene. Underbygningsmassene yter med andre ord liten frostmotstand.

Temperatur på traubunn er også målt ved å føre termometre inn i setningsslangene som er bygd inn i fyllingene ulike steder langs banen. Alle disse målingene, som er utført av Jernbanelverket Ingeniørtjenesten, viser plussgrader på traubunn.

3.4 Utførte undersøkelser på Skogerparsellen

3.4.1 Oppgraving

Natten mellom lørdag 11.01.97 og søndag 12.01.97 ble det foretatt oppgraving av underbygningen for å undersøke de registrerte telehivproblemene. Det ble foretatt oppgraving av underbygningen i 5 hull, derav 4 mellom de 2 sporene og 1 på skulder utenfor høyre spor. Tabell 1 gir en oppsummering av visuelle observasjoner i de ulike profilene.

Tabell 1 Visuelle observasjoner i de ulike profiler

Sted	Isolasjon	Registrert tilstand	Tykkelser	Masser	Kommentarer
Km 62,362 Mellom sporene	I hele profilet Spalte*: 60 cm Midtplate ¹⁾ : noe høyere enn øvrige plater	•Telekul på venstre skinnestreng i høyre spor •Leira frosset i 12 - 15 cm dybde	Topp plate - uk sville: 31 cm Traubunn - uk sville: 1,64 m	<u>Ballast</u> •Frosset •Frosset til platene <u>Forsterkningslag</u> •"25 - 200 mm kult" •Ensgradert •Ikke finstoff •Vanninnhold ~ 0	•Geonett i 3 lag •Lett å grave, noe dårlig komprimert
Km 62,500 Mellom sporene	I hele profilet Spalte*: 40 cm Midtplate ¹⁾ : ligger ned på de øvrige plater	•Ingen ujevnheter på skinnene •Leira ikke frosset •Ikke frost under isolasjonen	Topp plate - uk sville: 40 cm Traubunn - uk sville: 1,90 m	<u>Ballast</u> •Fuktig •"Isdråper" under plata •Ikke frosset til plata <u>Forsterkningslag</u> •Velgradert 0 - 200 mm masse •Mer finstoff •Jordfuktig masse •Fukt på geonett og duk/traubunn	•Geonett •Hardere å grave, bedre komprimert
Km 62,700 Mellom sporene	I hele profilet Spalte*: 46 cm Midtplate ¹⁾ : ligger ned på de øvrige plater	Som km 62,2500	Topp plate - uk sville: 38 cm Traubunn - uk sville: 2,0 m	Som km 62,500	Som km 62,500
Km 62,968 Mellom sporene	I hele profilet Spalte*: 60 cm Midtplate ¹⁾ : 10 cm høyere enn øvrige plater	•Telekul på venstre skinnestreng i høyre spor •Leira frosset, antatt 10 - 15 cm dybde	Topp plate - uk sville: 20 cm Traubunn - uk sville: 1,58 m	Som km 62,362	Som km 62,362
Km 62,968 Til høyre for høyre spor	I hele profilet	•Telekul på venstre skinnestreng i høyre spor •Ingen telehiv på høyre skinnestreng i høyre spor •Leira ikke frosset •Fritt vann på traubunn	Traubunn - uk plate: 1,56 m	<u>Forsterkningslag</u> •"25 - 200 mm kult" •Ensgradert •Finstoffsjikt på 10 cm ca. 20 cm under uk plate	

* Spalte: Avstand mellom XPS-plater lagt på tvers under hvert spor. Denne avstanden kunne være maks. 30 cm uten å lukkes med en XPS-plate. På Skogerparsellen er spalten lukket med en 60 cm brede XPS-plater, ¹⁾ midtplate, på hele strekningen.

Der det er registrert markerte telekuler på skinnene (2 steder) er leira under traubunn frosset. Dette tyder på at frosten har slått vertikalt igjennom underbygningen.

3.4.2 XPS-plater

3.4.2.1 Trykkstyrke

Jernbaneverket Ingeniørtjenesten har testet en ubrukt plate ved trykkforsøk på terninger med mål 60 x 40 x 40 mm.

Platene har tørr densitet lik 44,3 kg/m³, og tilfredsstillende dermed kravet om minimum tørr densitet lik 38 kg/m³.

Resultatene viste at platene har en trykkstyrke på 544 kPa, som er godt over kravet på 400 kPa stilt av Jernbaneverket.

3.4.2.2 Varmekonduktivitet

3 ubrukte XPS-plater av typen benyttet på Østfoldbanen og Skogerparsellen er testet for varmekonduktivitet av Norges Byggforskningsinstitutt, Trondheimsavdelingen. Platene er testet etter NS 8040 Bestemmelse av materialers varmemotstand eller varmekonduktivitet med varmestrømsmåler.

Målingene viser at platene har en varmekonduktivitet på 0,0237 W/mK. I følge NS 8046 har ekstruderte polystyrenplater et tillegg for aldring på 0,003 W/mK. Dette gir en varmekonduktivitet på 0,0267 W/mK.

Produsenten oppgir platene til å være i λ-verdi-klasse 28. Målingene viser at platene tilfredsstillende krav til λ-verdi-klasse 28. Platene har dermed en kvalitet som oppgitt i produsentens spesifikasjon, og tilfredsstillende de krav som ble stilt av Jernbaneverket.

3.4.3 Masser

Den 12. februar 1997 foretok Jernbaneverket Ingeniørtjenesten opptak av masseprøver fra de 4 punktene der oppgravingen var utført den 12. januar. Det ble tatt 2 prøver á 16 - 23 kg pr. punkt. Tabell 2 viser prøvested og observasjoner under prøvetakingene.

Tabell 2 Prøvested og observasjoner under prøvetakingene

Km	Prøvested		Prøvenr.	Kommentarer
	ok sville - uk isolasjon	ok sville - bunn gravehull		
62,362	0,60 m	0,75 m	1 8	prøve 1: Mye is i massene prøve 8: Grøvre, ensgraderte masser, lite 0 - 20 mm masse
62,500	0,60 m	1,00 m	2 3	prøve 2: Fukt men ikke is i massene prøve 3: Masse med is, mulig fra tidligere oppgraving
62,703	0,65 m	1,10 m	4 5	prøve 4: Fukt men ikke is i massene prøve 5: Prøve tatt like under isolasjon
62,968	0,50 m	1,10 m	6 7	prøve 6: Ikke frost i massene prøve 7: En del finstoff. Noen store steiner, 20 - 40 cm, i massene

3.4.3.1 Fraksjonering og gradering

Det ble foretatt sikting av én prøve pr. punkt.

Fraksjonering

Siktekurvene viser at det er svært lite fint materiale i prøvene. Hovedtyngden av massene havner i fraksjonen "grov grus". Massene er stort sett å regne som regulær pukk med noe grovere stein, samt noe innslag av materiale i fraksjon middels og fin grus (varierende fra ca. 4 % til ca. 13 %).

Maksimal kornstørrelse kan ikke sies å være målt nøyaktig med så liten prøve som det her er snakk om. Kurvene er skjønnsmessig avsluttet ved maksimal kornstørrelse ca. 200 mm.

Gradering

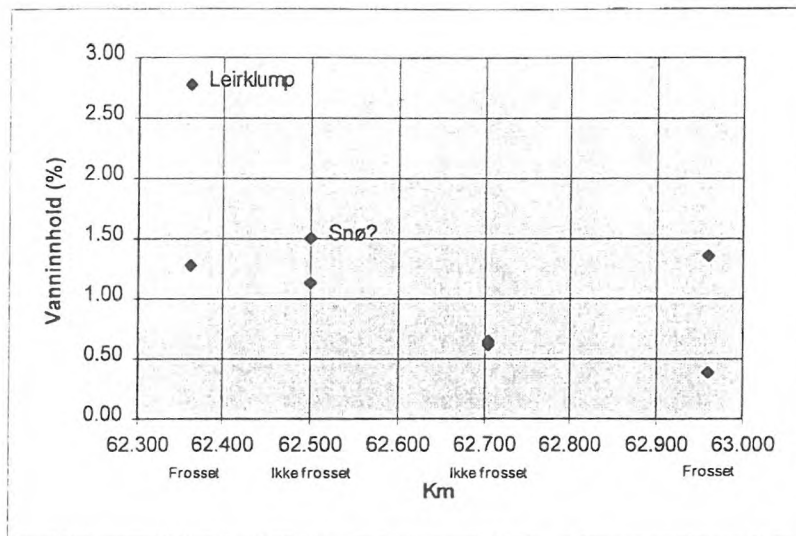
Massen er svært ensgradert, graderingstall $C_u = d_{60}/d_{10}$ er ca. 2 - 3 for alle prøvene. Det viser at det her er langt fra noe velgradert materiale, noe som åpenbart gir økt anledning til konveksjon.

3.4.3.2 Vanninnhold

Det er målt 2 prøver fra hvert gravepunkt. Prøvene har hatt en totalvekt på fra ca. 16 kg og opp til ca. 23 kg, med vannmengde fra ca. 90 gram til ca. 500 gram. Tabell 3 og figur 1 viser vanninnhold for hver prøve.

Tabell 3 Vanninnhold for masseprøver

Km	Prøvenr.	Vanninnhold (%)	Merknader
62,362	1	2,77	Leirklump i prøven
	8	1,27	
62,500	2	1,13	Litt snø fra tidligere graving?
	3	1,50	
62,705	4	0,62	
	5	0,64	
62,960	6	1,35	
	7	0,39	



Figur 1 Vanninnhold for masseprøver

Hovedsakelig ligger vanninnholdet mellom ca. 0,5 % og ca. 1,5 % i de aktuelle massene. Det er ikke lett å se noen åpenbare forskjeller mellom punkter med og uten telehiv, bortsett fra "avvikeren" med leirklumpen.

3.4.4 Etterregning av isolerte strekninger

SINTEF Bygg og miljøteknikk, Geoteknikk har utført etterregninger av situasjonen på Skogerparsellen i vinter. 50 mm effektiv tykkelse av XPS-plater, 1,3 m tykk underbygning og den opptredende kulde ble lagt til grunn for beregningene. Det ble også utført beregninger der de ulike faktorene var ekstremt ugunstige.

Etterberegningene viser at de observerte telehiv ikke kan forklares med varmeledning. Dvs. at andre faktorer spiller en vesentlig rolle.

3.4.5 Termofotografering

Det ble natten mellom 15. og 16. mars utført termofotografering av Skogerparsellen, km 60,500 - km 65,000. På strekningen km 62,150 - km 62,400 var sporet dekket av Rockwool vintermatter.

Hensikten med kontrollen var å lokalisere eventuelle åpninger i isolasjonen, som kan medføre luftutveksling mellom underbygningen og omgivelsene. Disse åpningene kan igjen medføre økt indre konveksjon, og raskere frostnedtrengning i underbygningen.

Værforholdene var optimale med klar himmel, vindstille og -8°C . Dagen i forveien var det fint vær med solskinn.

På tross av de optimale forholdene ble det kun registrert temperaturforskjeller på $0,5^{\circ}\text{C}$ langs banen.

Det kan utfra termofotograferingen ikke ses åpenbare forskjeller i luftutveksling langs Skogerparsellen.

3.5 Årsaker til gjennomfrysing på skogerparsellen

Etter at alle undersøkelser var utført ble årsaksforholdene drøftet på et møte 25.02.97, hvor Jernbaneverket Direktoratet, Jernbaneverket Ingeniørtjenesten, Gardermobanen AS, SINTEF Bygg og miljøteknikk, Geoteknikk og NGI deltok.

På bakgrunn av de undersøkelser som er utført, samt at frostisoleringen ser ut til å være utført som foreskrevet, konkluderte møtet med at hovedårsaken til telehiv på Skogerparsellen i 1997 etter all sannsynlighet er indre konveksjon (luftstrømninger pga. temperaturforskjeller) i kombinasjon med åpen struktur i underbygningsmassene.

Dette kan underbygges ved at de undersøkte massene er ensgradert, og samtidig har et lavt vanninnhold.

3.6 Forslag til permanente tiltak på skogerparsellen

På et møte den 21.03.97 hvor Jernbaneverket Direktoratet, Region Sør, Utbygging Sør og Jernbaneverket Ingeniørtjenesten deltok ble forslag til permanente tiltak framlagt og diskutert, samt hvor og når tiltak skal utføres.

Tiltak bør utføres der man har hatt spesielle problemer i vinter.

Alternative forslag til tiltak for Skogerparsellen

- Tetting av fyllingene
- Tykkere isolasjonsplater
- Ekstra lag isolasjonsplater mellom sporene
- Dreneringstiltak for å oppnå fuktig bunnlag
- Massetiltak
 - Innblanding av grus i underbygningsmassene. Det kan også være aktuelt å benytte materialer som lettklinker og annet.
 - Innpumping av slurry, dvs. vann og sand
 - Masseskifting

Tetting av fyllinger er et greit tiltak, men antagelig ikke nok til å eliminere problemet. Tykkere isolasjonsplater eller ekstra isolasjonslag kan være gode metoder, men man kan fortsatt få indre konveksjon i fyllingen. Dreneringstiltak anses ikke som aktuelt, fordi dette vil være vanskelig å kontrollere.

Det ble besluttet å arbeide videre med løsninger som omfatter massene, og da fortrinnsvis impumping av slurry. I tillegg kan isolasjonstykkelsen økes mellom sporene, og evt. tetting av fyllingssidene.

3.7 Videre arbeid

Det må utarbeides beskrivelse over problempartier for å bestemme hvor tiltak skal utføres. Dette ses i sammenheng med hvor det er benyttet ensgraderte masser. Arbeidet utføres av Region Sør og Utbygging Sør.

Undersøke produksjonstekniske metoder for innblanding av grus/slurry, ved å utføre tester på eksisterende fyllinger, f.eks. Sande. Undersøkelsen utføres i regi av JDMT.

Vurdere behov for ytterligere beregninger.

Vurdere sannsynlighet for å eliminere problemene, og hvilket nivå resultatet skal tilfredsstillе. Dette må vurderes av Region Sør og Jernbaneverket Direktoratet.

Tiltak og plan for utførelse skal utarbeides innen utgangen av mai 1997.

I tillegg utføres de allerede planlagte arbeider i 1997, dvs. ballastsupplering, måling, pakking og sporstabilisering, samt nøytralisering.

4 ØSTFOLDBANEN

4.1 Tiltak 1997

Begynnelsen av januar: vintermatter lagt i uisolerte veksler

27. januar: måling med PV7 målevogn

Fra 10. januar: temperaturmålinger i profiler ved km 33,088 og 34,322

Ved temperaturmålingene er det hele vinteren registret plussgrader på traubunn under sporene. Temperaturen på traubunn har begynt å øke fra starten av mars.

Det er ikke registrert uregelmessigheter som tyder på telehiv på Østfoldbanen.

4.2 Opptredende frost

Iht. NGIs måler for lufttemperatur utplassert på Tvester er opptredende frost pr. 6. januar 1997 målt til 10600 h°C. Dette er på samme nivå som for samme periode ett år tidligere.

4.3 Anbefalte tiltak på Østfoldbanen

Da det ikke er registrert telehiv på Østfoldbanen i 1997, skulle det ikke være behov for andre tiltak enn de som allerede er planlagt utført i 1997, dvs. frostisolering av veksler og nøytralisering.

5 ENDRINGER I REGELVERK

Hoveddelen av endringene i regelverket, som er relatert til frostdimensjonering, er gjort i kapittel 6 Banelegeme og kapittel 9 Frost (kapittelnummer iht. revidert regelverk).

Følgende større endringer er gjort:

- Funksjonsdeling av underbygningen. Tidligere var oppbyggingen av hele underbygningen fra formasjonsplan til traubunn beskrevet som en prosess. Underbygningen er nå funksjonsdelt i forsterkningslag med stor bæreevne, jevn elastisitet og drenerende evne, samt frostsikringslag som skal hindre nedtrengning av frost til traubunn og undergrunnen. Dette gir en mer hensiktsmessig dimensjonering og bruk av materialer.
- Strengere krav ved bruk av sprengstein både i forsterkningslaget og frostsikringslaget for å sikre en egnet sprengsteinsmasse, som gir en underbygning med best mulig frostmotstand.
- Krav til tetting av sidekråninger for å hindre luftstrømninger inn i underbygningen, og dermed en ugunstig konveksjon.
- Mer tydelige funksjonskrav for dreneringen. Presisering av at det kan være gunstig med et fuktig frostsikringslag for å oppnå en mer frostteknisk gunstig underbygning.
- Større krav til kontroll og dokumentasjon for å sikre at byggherren setter krav til, og følger opp, kontroll og dokumentasjon av viktige punkter.