

# **Intern rapport nr. 1986**

## **KJELLSTADVEGEN**

**30 - års erfaring med bruk av ulike  
isolasjonsmaterialer**

**August 1997**

**Veglaboratoriet**



# Intern rapport nr. 1986

## Kjellstadvegen 30 - års erfaring med bruk av ulike isolasjonsmaterialer

### Sammendrag

På Kjellstadvegen Lier i Buskerud ble det i 1966 bygget en 140 meters lang forsøksstrekning, der det ble foretatt frostsikring med forskjellige typer isolasjonsmaterialer. Bortsett ifra en meget kort strekning på Rv. 4 i Nittedal er dette den første frostisolerte vegstrekning i Norge.

Hensikten med forsøksfeltet var :

1. å etterprøve de teoretiske vurderingene av nødvendig isolasjon.
2. å vise at isolasjonsmaterialet kunne legges i underkant av overbygningen.
3. å undersøke varigheten av isolasjonsevnen og bestandigheten mot mekaniske påkjenninger.
4. å få erfaring med legging av isolasjonsmaterialer sett fra den anleggstekniske siden.

Vegdekket var ca. 3,5 cm og har fått ny belegning senere (ca.4 cm i 1986). Bærelaget er ca.16 cm penetrert pukk. Forsterkningslaget er ca. 30 cm sand, ikke telefarlig. Under isolasjonen er det ca. 10 cm filterlag av samme kvalitet som forsterkningslaget.

Denne rapporten beskriver forsøksveien ved Kjellstad, hvordan den er oppbygget, hvilke observasjoner og laboratorieforsøk som er gjort, hva resultatet er. Den tar også spesielt for seg målingene som er utført i 1996.

Det er ikke hver dag man kan presentere 30 års erfaring for et så viktig emne og utfra så omhyggelig utførte observasjoner. I hovedsak er resultatene slik vi antok for 30 år siden at de ville bli.

Emneord: *Frostsikringslag, vanninnhold, trykkstyrke, EPS, XPS*

Kontor: *Vegdekkekontoret*  
Saksbehandler: *Å.Knutson, Per K.Hanssen, J. I. Senneset, G. Henjesand* /PKH  
Dato: *August 1997*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
**Veglaboratoriet**

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo  
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44





# KJELLSTADVEGEN

Viddeg  
INNHold

## ANDRE OPPLYSNINGER



## Innhold

|                                             | Side |
|---------------------------------------------|------|
| 1. Innledning                               | 2    |
| 2. Oppbygging og instrumentering            | 3    |
| 3. Erfaringer etter 30 år                   | 8    |
| 4. Prøvetaking 1996                         | 11   |
| 5. Resultater av prøvetaking 1996           | 12   |
| Bilder av oppgraving 1996                   | 13   |
| Vanninnhold av grus og isolasjonsmaterialer | 15   |
| Vanninnhold av grus og Leca                 | 17   |
| Vanninnhold og trykkstyrke                  | 17   |
| Variasjon i vanninnhold 1969 - 1996         | 19   |
| Vanninnhold fordelt over platetykkelsen     | 20   |
| Resultater 1984                             | 21   |
| Trykkstyrke / densitet                      | 22   |
| Trykkstyrke                                 | 23   |
| Skisse av diffusjon test                    | 27   |
| Grafikk av vanninnhold i vol % (1966)       | 28   |
| Temperaturmålinger nedover i konstruksjonen | 29   |
| Temperaturmålinger i luft                   | 31   |
| Referanseliste                              | 35   |
| Vedlegg 1 - 5                               |      |



## 1. INNLEDNING

På Kjellstadvegen Lier i Buskerud ble det i 1966 bygget en 140 meters lang forsøksstrekning, der det ble foretatt frostsikring med forskjellige typer isolasjonsmaterialer (vedlegg 1). Bortsett ifra en meget kort strekning på Rv. 4 i Nittedal er dette den første frostisolerte vegstrekning i Norge.

Hensikten med forsøksfeltet var :

1. å etterprøve de teoretiske vurderingene av nødvendig isolasjon.
2. å vise at isolasjonsmaterialet kunne legges i underkant av overbygningen.
3. å undersøke varigheten av isolasjonsevnen og bestandigheten mot mekaniske påkjenninger.
4. å få erfaring med legging av isolasjonsmaterialer sett fra den anleggstekniske siden.

I prøvefeltet ble det brukt fire forskjellige isolasjonsmaterialer (vedlegg 2):

1. Blokkstøpt polystyrenskum av merke Sundolitt, produsert av Brødrene Sunde A/S
2. Ekstrudert polystyrenskum av merke Styrofoam FR produsert av Dow Chemical Co.
3. Ekstrudert polystyrenskum med produksjonshud av merke Roofmate, Dow Chemical Co.
4. Løs Leca pakket i diffusjonstette plastsekker utlagt i 2 lag.

Dette er arrangert slik (vedlegg 4 og 5):

1. XPS, Styrofoam i 5 cm platetykkelse. 10 m lengde.
2. XPS, Roofmate i 5 cm platetykkelse. 10 m lengde.
3. XPS, Roofmate i 2x5 cm platetykkelse. 10 m lengde.
4. XPS, Styrofoam i 10 cm platetykkelse. 10 m lengde.
6. EPS, Sundolitt i 10 cm platetykkelse. 60 m lengde.
7. Lecasekker i to lag, ca.20 cm. Hele veibredden.30 m lengde.
8. Lecasekker i to lag, ca.20 cm. Bare de midtre 5 m. 30 m lengde.

Veiens oppbygging, instrumentering og anleggsforhold er gitt i intern rapport nr.56 av 1966. Målinger av lufttemperaturer ble foretatt kontinuerlig og benyttet til beregning av frostmengder. Termistorer ble lagt inn i tverrprofil ved de forskjellige isolasjonstypene, og temperaturgradienten ble registrert gjennom veien, over og under isolasjonen.

Det ga grunnlag for å vurdere teori og praksis ved frostisolering. Temperaturgradienten kan også ses i sammenheng med oppfuktingen av isolasjonsmaterialet. Det ble foretatt nivellement av bolter i asfalten for registrering av ujevnt telehiv, og det ble holdt øye med eventuelle skader (vedlegg 3). Ved prøveopptak og analyse ble korngradering i jordmaterialene og vanninnhold i disse og i isolasjonsmaterialene registrert.

Det ble også utført diffusjonsfuktopptak for noe av plastmaterialet i spesiell testmaskin i laboratoriet (fig 23 - 24). Resultatet av disse målingene er ikke tidligere publisert, men finnes i interne rapporter og notater ved Veglaboratoriet. Etter noen år ble temperaturmålinger, termistormålinger og nivellementer innstilt.

Men Veglaboratoriet har, med god hjelp fra Buskerud Vegkontor, undersøkt materialene på grunnlag av oppgraving ialt syv ganger i disse tre år, i 1969, 1972, 1975, 1978, 1981, 1984 og i 1996.

Noen av de gamle målingene er tatt med i denne rapporten (fig 14). Forøvrig gjengis her resultatene fra oppgraving og analyse høsten 1996, og det reflekteres over erfaringer, holdbarhet og isolasjonsevne av materialene som er brukt.

## 2. OPPBYGGING OG INSTRUMENTERING

Vedlegg 1 - 5 viser:

1. Situasjonsplan.
2. Plassering av isolasjon og kabler.
3. Plassering av bolter for nivellement.
4. De instrumenterte tverrprofilene.
5. Et skjematisk lengdeprofil av veien.

### Overbygning og dekke

Tverrprofil av veien er vist i vedlegg 4. Veien har to kjørefelter, er asfaltert i en bredde av syv meter og har en halvmeter brede banketter. Tykkelsen på asfaltlaget var 3,5 cm.

Bærelaget er penetrert pukk i 20 til 60 mm. Over isolasjonsplater og Lecasekker varierer forsterkningslaget fra 30 til 35 cm, og i det normale veiprofilet er det 40 cm. Det består av ikke-telefarlig sand (T1) med graderingstall  $C_u=3,5$ . Under isolasjonslaget er det et 10cm filterlag av samme masse som forsterkningslaget.

Fra traubunnen ned til en dybde av en halv til en meter består massene hovedsaklig av silt (T4 og T3). Under dette nivået er det funnet sandig grus og morene (T2).

Ved prøvefeltet ligger veien i kurve med radius 400 m og tverrfall 1:30.

### Dreneringen

Drensledningen ligger under høyre sideskråning, og veien har 1:30 tverrfall mot venstre. Under venstre sideskråning ligger lukket overvannsgrøft. Der vann i overbygningen ikke drenerer fritt ut i terrenget (pel nr.4 til 6 og pel 16 og videre) vil det samle seg vann i trauet. Dette ble antatt å ville føre til oppfukting av isolasjonsplatene med tiden.

Drensrørene under høyre sideskråning skulle vært fylt med selvdrenerende masser, men ble i stedet fylt med masser infisert med finstoff og matjord.

### Isolasjonsmaterialene

Styrofoam og Roofmate er ekstruderte polystyren-skums plater (XPS). Disse er formstøpte, har relativt høy trykkstyrke og relativt lavt vannopptak både ved diffusjonstest og ved direkte absorpsjon. Sundolitten er ekspandert polystyren (EPS). Platene er saget ut av en blokk av materialet, og de har ikke samme jevne kvalitet som XPS-platene, og heller ikke samme styrke eller fuktbestandighet. Men de har omlag halve prisen av XPS. Hvilket materiale man bør velge er derfor en avveining av økonomi og kvalitet, et spørsmål om optimal økonomi. Erfaringer med dette er selvsagt av stor betydning.

Dobler vi tykkelsen på platene oppnår vi ikke bare større isolasjon, men også ca. fire ganger lengre levetid. Som levetid er da regnet tid fra legging inntil materialet har nådd et gitt vanninnhold der det ikke lenger anses brukbart for frost-isolasjon av veien. For å finne den optimale tykkelsen er det derfor lagt ut felter med 5 cm tykkelse og av 10 cm tykkelse av XPS-platene.

XPS-platene var svært nøyaktige i målene. Sundolitt-platene var mer varierende. Vi hadde endel tilpasningsarbeid på grunn av dette, da vi la vinn på å få tettest mulig dekning. Ved senere arbeider med isolasjons-plater i veier er dette ikke tatt så nøye, idet man har regnet med at noe "lekkasje" ikke betyr særlig for resultatet.

For å hindre at platene skulle blåse bort under legningen, begynte vi med å plugge dem fast, men fant snart ut at det var greiere å laste dem ned med forsterkningslagsmasser etterhvert.

Vi hadde liten tro på at Leca ville kunne holde et tilstrekkelig lavt vanninnhold over veiens funksjonstid dersom ikke Lecaen var lagt i diffusjonshindrende folie. Hele ideen med å pakke leca i plastsekker og legge i en vei syntes svært upraktisk, og det var ikke uten bange anelser vi gikk til verket. Utleggingen av sekkene krevde stor nøyaktighet og aktpågivenhet.

Over sekkene ble det lagt en relativt sterk folie for beskyttelse mot mekanisk skade, og grusen som ble dozet over var valgt med hensyn på å ikke være skarpkantet og punktere folien. Sekkene ble lagt i to lag og i "forband" for å sikre minst mulig varmelekkasje.

I tredve meters lengde ble Lecasekkene lagt i hele veiens bredde. De siste tyve metrene av forsøksstrekningen hadde Lecasekker bare over de fem midtre metrene av veien. Her var tanken å se hvorvidt den siste løsningen ville gi tilstrekkelig frostbeskyttelse. En Lecasekk bygget ca. 10 til 13 cm. Det ble anslått at en Lecasekkykkelse tilsvarte ca. 5 cm XPS.

Lecasekkene hadde ligget lagret i en låve i ca. et år. Fuktighet i Lecaen fra produksjon hadde bløtt opp flere av papirsekkene, så disse hadde revnet. Noen få av plastsekkene, som lå utenpå papirsekkene, hadde skader i form av stikk og risp. Det var på det viset i alt ca. 7% brekkasje på Lecasekkene, mest på grunn av indre fukt.

### Termistorene

Vedlegg 4 og 5 viser beliggenheten av termistorene. Kabler fra termistorene ble ført til to måleboder, der loggere ble avlest. Vi var primært opptatt av å studere temperaturprofilen gjennom veien, og særlig over og under isolasjonen. Vi ønsket også å se på temperaturfordelingen over tverrprofilen. Denne rapporten tar bare grovt for seg de målte resultatene. Men her er grunnlag for mer omfattende studier av erfaringsmaterialet.

Kjenner man isolasjonsevnen av platene og temperaturfallet over platene \ sekkene kan man regne ut varmemengden som passerer pr. tidsenhet. Frostmengden på stedet er bestemmende for isolasjonsbehovet. Men uten et varmemagasin å trekke på under isolasjonen, ville det selvsagt ikke være noen nytte av isolasjonen.

Varmemagasinet er jordvarmen, akkumulert gjennom sommeren. Den er en funksjon av årsmiddeltemperaturen. Blir "varmeutsugningen" gjennom isolasjonen større enn varmetilførselen nedenfra, vil frosten komme ned i unnergrunnen og fryse ut vann og eventuelt danne islinser og telehiving.

Oppfuktningen av isolasjonsplatene, mente vi, var i langt større monn diktert av damptrykksdifferansen over platene enn av den direkte kontakten med fuktighet i grunnen. Mettet vanddamp i høy temperatur har et større damptrykk enn i lavere temperatur. En asfaltert vei har gjerne mettet luft. I sommervarmen kan det være høy temperatur over platene og lav under.

Sommeren er derfor den tiden da platene vil ta opp mest vann. Derfor er det viktig å kjenne temperaturprofilene året rundt. Et laboratorieforsøk (Fig 23 - 24) kan utføres for å finne damptrykks-\ diffusjons-motstanden i isolasjonsmaterialet. Det var derfor også vår intensjon å finne ut av dette forholdet.

Vi anslo isolasjonsevnen i tørr Leca å være ca. halvparten av den vi har i tørr XPS. Hvorvidt Lecaisolasjonen ville kunne holde seg uskadd gjennom anleggstid og brukstid var et stort spørsmål. Metoden falt noe tungvint og relativt kostbar. Men vi regnet med at et vellykket resultat kunne gi støtet til en raffinering av metoden, slik at den ble både mer brukervennlig og rimelig.

Metoden ble senere også benyttet i den høytrafikkerte Prins Oscars gt. i Drammen. Der var vi mer uheldige med leveransen, idet Lecaen i sekkene utviklet en gass som blåste opp sekkene. Vi måtte punktere sekkene der, og få ut gassen og sveise sekkene igjen. Vi har ikke foretatt noen målinger eller oppfølging i Prins Oscars gt.

Videreutvikling av metoden eller gjentatt bruk har vi ikke hatt. Å benytte løs Leca uten fuktbeskyttelse har vi aldri hatt noen tro på. Vi anser at Leca-kulene vil ta opp fukt både inne i seg og på overflaten, og at isolasjonsevnen vil bli for lav i forhold til volumet og kostnaden. Men her er det rom for adskillig kreativitet.



### Nivellementsbolter

Det ble montert tre fastmerker av den type Veglaboratoriet benyttet på den tiden. Dette var hule, tre meter lange stålrør med en 0,3x0,3m fotplate satt i nedre ende. Rørene ble satt ned til en dybde av 2,5 m, og de var omgitt av et plastrør fylt med grease. I øvre ende var de omgitt av et sementmufferør fylt med singel og finpukk.

I dekket, i 22 tverrprofiler med 15 bolter. I tillegg var det 22 senterbolter og 4 i et tverrprofil, tilsammen 256 bolter. Disse ble regelmessig nivellert de første årene. Senere er veien blitt reasfaltet og nivellementet opphørte.

### Lufitemperaturer

Det ble satt opp en enkel kasse med maks.-min.- og hoved-termometer på nærmeste gårdstun, og gårdbrukeren foretok målinger daglig mot godtgjørelse. Senere ble det montert termograf og ført kontinuerlig registrering.

### Fuktabsorbsjon og isolerende evne i XPS, EPS og Leca

Vi forventet at:

1. EPS ville ta opp mer fukt enn XPS.
2. 5 cm plater ville fuktes opp ca. fire ganger raskere enn 10 cm plater av samme materiale.
3. isolasjonsevnen i 20 cm Leca (to sekkelag) er ekvivalent med 10 cm XPS-plater.
4. fuktopptaket i XPS og EPS hovedsaklig vil skje ved termisk diffusjon ovenfra sommerstid.
5. fuktopptaket ved ytre absorpsjon vil bli størst i våte partier av trauet.
6. frosten kunne slå igjennom i den uisolerte del av veien der Leca bare dekker midtre 5m.
7. frosten ville trenge innunder endepartiene av det isolerte feltet.

Fig 14 viser gjennomsnittlig vann i volum% for de forskjellige platene i veien gjennom tredivet år. Vi ser at 10 cm Sundolitt allerede i 1969, altså etter tre år i veien, hadde kommet opp i 14 vol% vanninnhold. Deretter gikk det litt opp og ned til 1996, da den har kommet opp i ca. 22 vol% vann, som er det høyeste for Sundolitten og det høyeste totalt.

Disse platene er "søkkunge" og har sterkt redusert isolasjonseffekt. Selvsagt vil vanninnholdet i seg selv bremse noe på frostnedtrengningen fordi vannet i Sundolitten må fryse før frosten kan gå videre nedover. Men dette er langt mindre bidrag enn den isolerende effekten av tørr isolasjon.

Nest dårligst ligger 5 cm platene av Styrofoam. Med noe variasjon har de steget relativt jevnt i vanninnhold inntil ca 13 vol% i 1996. Tilsvarende har 10 cm Styrofoam steget til 5 vol% i 1996. Kurvene for de to Styrofoamplatene viser at 10 cm platene har tatt fra 4,5 til 5 ganger lenger tid på å fuktes opp enn 5 cm platene. Dette stemmer relativt bra med forventningen i punkt 2 ovenfor.

Best ligger Roofmateplatene. Disse var de fasteste, og de hadde en hard, glatt finish på overflaten. 5 cm Roofmateplater oppførte seg likt med 10 cm Styrofoam. Dette skulle tilsi fire ganger lenger levetid, fuktsikringsmessig. Men i isolasjonsverdi ligger de ellers likt an med Styrofoamplatene innenfor de målte 30 årene. Roofmate 10 cm er best av platene, med 4,5 vol% etter tre år. Den har tatt ca 1,5 ganger lenger å fukte opp enn 5 cm Roofmateplatene. Dette tyder på at fuktingen av Roofmate ikke domineres av termisk diffusjon, men av ytre fukt.

For Lecasekkene er vanninnholdet målt i vann i % av tørrvekt. Dette må multipliseres med ca. 0,4 for å finne vann i vol%. Vi har ikke målt dette før ved slutten av de 30 årene. I det øverste sekkelaget er det registrert ca 12% etter tørrvekt og i det nedre sekkelaget ca. 1 til 3% etter tørrvekt. For å sammenligne med platene må dette altså multipliseres med ca. 0,4. Det gir ca 5 vol% i det øvre sekkelaget og 0,5 til 1,5 vol% i det nedre sekkelaget. Det er klart at dette kan variere fra sekk til sekk og at vi kanskje burde målt mer enn vi har gjort. Likevel er tallene bemerkelsesverdig lave.

Som tidligere nevnt var det allerede ved legging en del fuktighet i Lecaen. Det synes altså som om Lecaen har ligget gjennom 30 år uten å ta opp vesentlig med fukt, og har bevart sin isolerende evne intakt. Lecaen kommer altså isolasjonsmessig seirende ut. Vi mener bestemt at årsaken til at Lecaen har bevart sin isolerende evne er at den ligger i diffusjonstette sekker.

Gjennom alle prøvetakingene har det vist seg at isolasjonsmaterialene var mest fuktige i den delen av tverrprofilen som lå lavest. Det vil si i innersvingen. Dette er i overensstemmelse med forventning nr.5 ovenfor.

Det kan også ses av fig.15 og 16 at isolasjonsplatene har langt mer fuktighet ytterst mot flatene enn inne i platene. Dette betyr at ytre fukting nok har større betydning i forhold til termisk diffusjon, noe som er i utakt med forventning nr.4 ovenfor. Likevel skjer nok den termiske diffusjonsopptaket av vann vesentlig i sommerhalvåret. Det er viktig at underlaget for isolasjonsmaterialene er godt drenert.

Det har vist seg at der Lecaen bare dekker 5m midt i veien har det blitt telehiving i det uisolerte området utover mot veikanten. Dette bevirker årligvis at det samler seg vann midt i veien her på våren inntil telen går ut av grunnen. Dette er i samsvar med forventning nr.6 ovenfor.

Ved begge ender av veien har frosten trengt inn under det isolerte feltet og laget skader i dekket., Det vil si ved pel 4 der det ligger 5 cm Styrofoam og ved pel 19, der det ligger Leca. Dette er i samsvar med forventning 7 ovenfor.

Det er ellers lite tegn til skader, bortsett fra noe over det området som er isolert med 10 cm Sundolitt.

Vi må derfor si at forventningene vi stilte for 30 år siden har i det hovedsakelige blitt oppfylt. Vi er positivt overrasket med hensyn til Lecaisolasjonen. Det kan sikkert finnes metoder for å gjøre denne mer kostnadseffektiv og anleggsvennlig.

### 3. ERFARINGER ETTER 30 ÅR

Hensikten med forsøksfeltet var:

1. å etterprøve de teoretiske vurderingene av nødvendig isolasjon.
2. å vise at isolasjonsmaterialet kunne legges i underkant av overbygningen.
3. å undersøke varigheten av isolasjonsevnen og bestandigheten mot mekaniske påkjenninger.
4. å få erfaring med legging av isolasjonsmaterialer sett fra den anleggstekniske siden.

Observasjonene gjennom 30 år har i det alt vesentlige oppfylt denne hensikten.

Ved igangsettingen forventet vi at:

1. EPS ville ta opp mer fukt enn XPS.
2. 5 cm plater ville fuktes opp ca. fire ganger raskere enn 10 cm plater av samme materiale.
3. isolasjonsevnen i 20 cm Leca (to sekkelag) er ekvivalent med 10 cm XPS-plater.
4. fuktopptaket i XPS og EPS hovedsaklig vil skje ved termisk diffusjon ovenfra sommerstid.
5. fuktopptaket ved ytre absorpsjon vil bli størst i våte partier av trauet.
6. frosten kunne slå igjennom i den uisolerte del av veien der Leca bare dekker midtre 5m.
7. frosten ville trenge innunder endepartiene av det isolerte feltet.
8. 10 cm XPS ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
9. 10 cm EPS kanskje ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
10. 5 cm XPS ville kanskje fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
11. Lecaen i full bredde antagelig ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
12. Lecaen over de 5 midtre m kanskje ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.

Disse forventningene ble oppfylt med unntak av:

4. Fuktopptaket i XPS og EPS skjedde antagelig vel så meget ved direkte oppsug fra fritt vann som ved termisk diffusjon.
9. 10 cm. EPS fungerte ikke tilfredsstillende. Den ble raskere fuktet enn ventet.
10. 5 cm. XPS, i alle fall Roofmate, fungerte tilfredsstillende og var tilstrekkelig.
11. Lecaen i full bredde fungerte tilfredsstillende, og Lecaen var like god som 10 cm XPS.
12. Lecaen over de 5 midtre m fungerte ikke tilfredsstillende. Det ble telehiv i det uisolerte området.

I hovedsak kan vi altså si at resultatene var etter forventningene, noen resultater dårligere og noen bedre enn forventet.

Fuktabsorpsjon og isolerende evne i XPS, EPS og Leca:

Vi forventet at:

1. EPS ville ta opp mer fukt enn XPS.
2. 5 cm plater ville fuktes opp ca. fire ganger raskere enn 10 cm plater av samme materiale.
3. isolasjonsevnen i 20 cm Leca (to sekkelag) er ekvivalent med 10 cm XPS-plater.
4. fuktopptaket i XPS og EPS hovedsaklig vil skje ved termisk diffusjon ovenfra sommerstid.
5. fuktopptaket ved ytre absorpsjon vil bli størst i våte partier av trauet.
6. frosten kunne slå igjennom i den uisolerte del av veien der Leca bare dekker midtre 5m.
7. frosten ville trenge innunder endepartiene av det isolerte feltet.

Fig.14 viser gjennomsnittlig vann i volum% for de forskjellige platene i veien gjennom tredve år. Vi ser at 10 cm Sundolitt allerede i 1969, altså etter tre år i veien, hadde kommet opp i 14 vol% vanninnhold. deretter gikk det litt opp og ned til 1996, da den har kommet opp i ca. 22 vol% vann, som er det høyeste for Sundolitten og det høyeste totalt.

Disse platene er "søkketunge" og har sterkt redusert isolasjonseffekt. Selvsagt vil vanninnholdet i seg selv bremse noe på frostnedtrengningen fordi vannet i Sundolitten må fryse før frosten kan gå videre nedover. Men dette er langt mindre bidrag enn den isolerende effekten av tørr isolasjon.

Nest dårligst ligger 5 cm platene av Styrofoam. Med noe variasjon har de steget relativt jevnt i vanninnhold inntil ca 13 vol% i 1996. Tilsvarende har 10 cm Styrofoam steget til 5 vol% i 1996. Kurvene for de to Styrofoamplatene viser at 10 cm platene har tatt fra 4,5 til 5 ganger lenger tid på å fuktes opp enn 5 cm platene. Dette stemmer relativt bra med forventningen i punkt 2 ovenfor.

Best ligger Roofmateplatene. Disse var de fasteste, og de hadde en har, glatt finish på overflaten. 5 cm Roofmateplater oppførte seg likt med 10 cm Styrofoam. Dette skulle tilsi fire ganger lenger levetid, fuktsikringsmessig. Men i isolasjonsverdi ligger de ellers likt an med Styrofoamplatene innenfor de målte 30 årene. Roofmate 10 cm er best av platene, med 4,5 vol% etter tredve år. Den har tatt ca 1,5 ganger lenger å fukte opp enn 5 cm Roofmateplatene. Dette tyder på at fuktingen av Roofmate ikke domineres av termisk diffusjon, men av ytre fukt.

For Lecasekkene er vanninnholdet målt i vann i % av tørrvekt. Dette må multipliseres med ca. 0,4 for å finne vann i vol%. Vi har ikke målt dette før ved slutten av de 30 årene. I det øverste sekkelaget er det registrert ca 12% etter tørrvekt og i det nedre sekkelaget ca. 1 til 3% etter tørrvekt. For å sammenligne med platene må dette altså multipliseres med ca. 0,4. Det gir ca 5 vol% i det øvre sekkelaget og 0,5 til 1,5 vol% i det nedre sekkelaget. Det er klart at dette kan variere fra sekk til sekk og at vi kanskje burde målt mer enn vi har gjort. Likevel er tallene bemerkelsesverdig lave.

Som tidligere nevnt var det allerede ved legging endel fuktighet i Lecaen. Det synes altså som om Lecaen har ligget gjennom 30 år uten å ta opp vesentlig med fukt, og har bevart sin isolerende evne intakt. Lecaen og Roofmaten kommer altså isolasjonsmessig seirende ut.

Gjennom alle prøvetakingene har det vist seg at isolasjonsmaterialene var mest fuktige i den delen av tverrprofilet som lå lavest. Det vil si i innersvingen. Dette er i overensstemmelse med forventning nr. 5 ovenfor.

Det kan også ses av fig.15 og 16 at isolasjonsplatene har langt mer fuktighet ytterst mot flatene enn inne i platene. Dette betyr at ytre fukting nok har større betydning enn antatt i forhold til termisk diffusjon, noe som er i utakt med forventning nr. 4 ovenfor. Likevel skjer nok den termiske diffusjonsopptaket av vann vesentlig i sommerhalvåret.

Det har vist seg at der Lecaen bare dekker 5 m midt i veien har det blitt telehiving i det uisolerte området utover mot veikanten. Dette bevirker årligvis at det samler seg vann midt i veien her på våren inntil telen går ut av grunnen. Dette er i samsvar med forventning nr. 6 ovenfor.

Ved begge ender av veien har frosten trenget innunder det isolerte feltet og laget skader i dekket., Det vil si ved pel 4 der det ligger 5 cm Styrofoam og ved pel 19, der det ligger Leca. Dette er i samsvar med forventning 7 ovenfor. Det er ellers lite tegn til skader, bortsett fra noe over det området som er isolert med 10 cm Sundolitt.

Vi må derfor si at forventningene vi stilte for 30 år siden har i det hovedsaklige blitt oppfylt. Vi er positivt overrasket med hensyn til Lecaisolasjonen.

#### 4. PRØVETAKING 1996

##### Prøvetaking av isolasjonsmaterialene.

I oktober 1996 ble oppgravingen foretatt med deltagelse av tre mann fra Veglaboratoriet. Buskerud fylke deltok med en mann og en innleid minigraver. Buskerud ordnet alt det praktiske ved oppgravingen og prøvefeltene var skåret ut før Veglaboratoriets folk kom. Prøvetakingen tok 1½ dag. For å finne tilbake til riktig kjeding ble det tatt utgangspunkt i kummer plassert i profil 7 og profil 13 i henhold til anleggsbeskrivelse (intern rapp. Nr 56)

Det ble tatt prøver av følgende isolasjonsmateriale.

Styrofoam FR 5 cm (profil 4+3 V+H side)  
Styrofoam RM 5 cm (profil 5+3 V side)  
Styrofoam RM 2x5 cm (profil 6+3 V side)  
Styrofoam FR 10 cm (profil 7+2 V side)  
Sundolitt 10 cm (profil 11 V side)  
Leca (profil 14+5 V side)

##### Alle prøver er nummerert fra senterlinje og utover

Av Styrofoam FR 5 cm ble det tatt prøver i hele vegens tverrprofil. Av de andre materialene ble det bare tatt av **venstre** kjørebane (sett mot stigende pelnummer). Venstre kjørebane ligger i innersving og lavere i skjæring, med mer fuktighet i traubunnen.

Det ble skåret ut 60-70 cm brede spor i dekke. Dette ble så fjernet med en minigraver. Minigraveren ble også brukt til å fjerne mesteparten av forsterkningslaget. Resten av grusen ble fjernet manuelt for ikke å skade platene. Isolasjonsmaterialene ble saget ut i ca 10 cm bredde og merket for senere identifisering.

Prøvene ble pakket i doble plastposer og tatt inn til Veglaboratoriet for bestemmelse av trykkstyrke og vanninnhold. Noen av prøvene ble skåret i skiver for å se fordelingen av fukten i platenes tykkelse.

##### Prøvetaking av grusen

Det ble tatt prøver av grusen for hver meter i tverrprofilet. I profil 4+3 og 5+3 ble det tatt prøver i tre dybder over platene og en prøve av undergrunnen. I de andre profilene ble det tatt prøver i to dybder over og en av undergrunnen fordi det var noe mindre overdekning i disse profilene. Prøvene ble pakket i plastposer og tatt med til Veglaboratoriet for bestemmelse av vanninnhold.

## 5. RESULTATER AV PRØVETAKING 1996

### Isolasjonsmaterialenes fuktopptak.

Av de undersøkte isolasjonsmaterialene skiller Sundolit seg klart ut med et mye høyere vanninnhold enn de øvrige materialene.

| <u>Profil</u>       | <u>Variasjon i vanninnhold</u> | <u>Midlere vanninnhold</u> |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 4 + 3 høyre side    | 5,0 - 14,8                     | 10,8                       |
| 4 + 3 venstre side  | 8,3 - 18,3                     | 13,6                       |
| 5 + 3 venstre side  | 5,0 - 7,7                      | 6,3                        |
| 6 + 3 venstre side  | 2,9 - 5,4                      | 4,4                        |
| 7 + 2 venstre side  | 3,0 - 7,6                      | 5,4                        |
| 11 venstre side     | 14,5 - 33,6                    | 21,5                       |
| 14 + 5 venstre side | 1,3 - 13,9                     | 8,0                        |

At det er så stor forskjell i vanninnholdet på høyre og venstre side (sett mot stigende pelnummer) kan skyldes at vegen ligger i kurve med ensidig tverrfall (1:30) mot øst, Dessuten ligger det en lukket drengroft i venstre vegskråning.





**Bilde 1 Oppgraving av prøvehull**



**Bilde 2 Isolasjonen avdekket**



**Bilde 3 Utskjæring av isolasjons prøver**



**Bilde 4 Pakking av prøver i plastposer**







**Bilde 5 Uttak av grusprøver under plate**



**Figur 1**

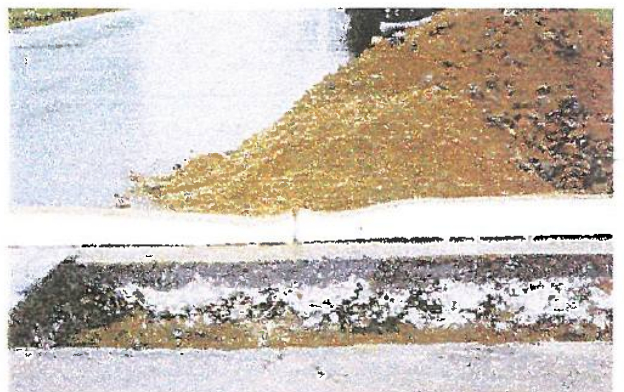


**Figur**

**Bilde 6 Erstatning av uttatte prøver**



**Bilde 8 Deformert Sundolitt**



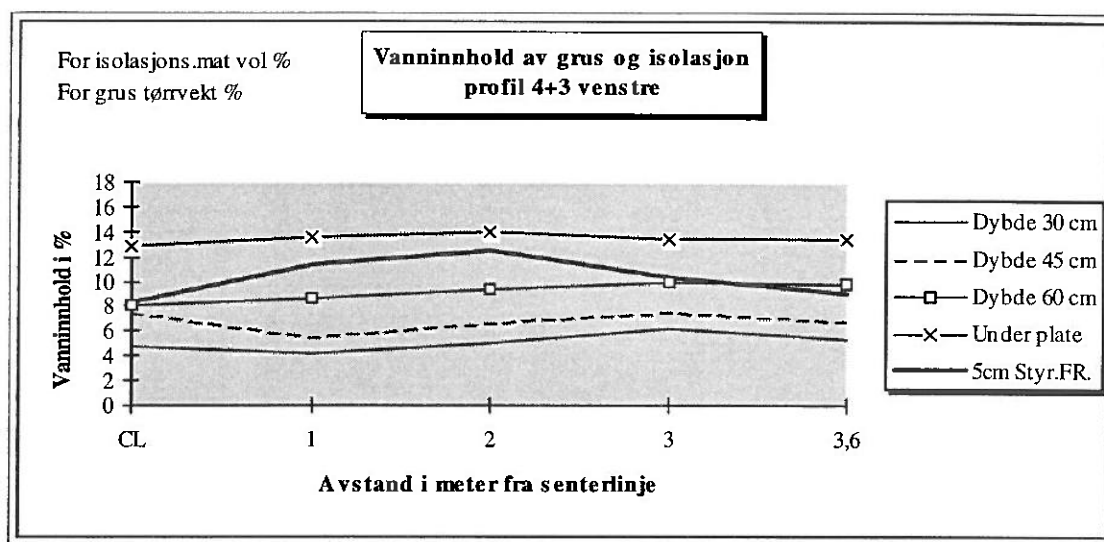
**Bilde 9 EPS**



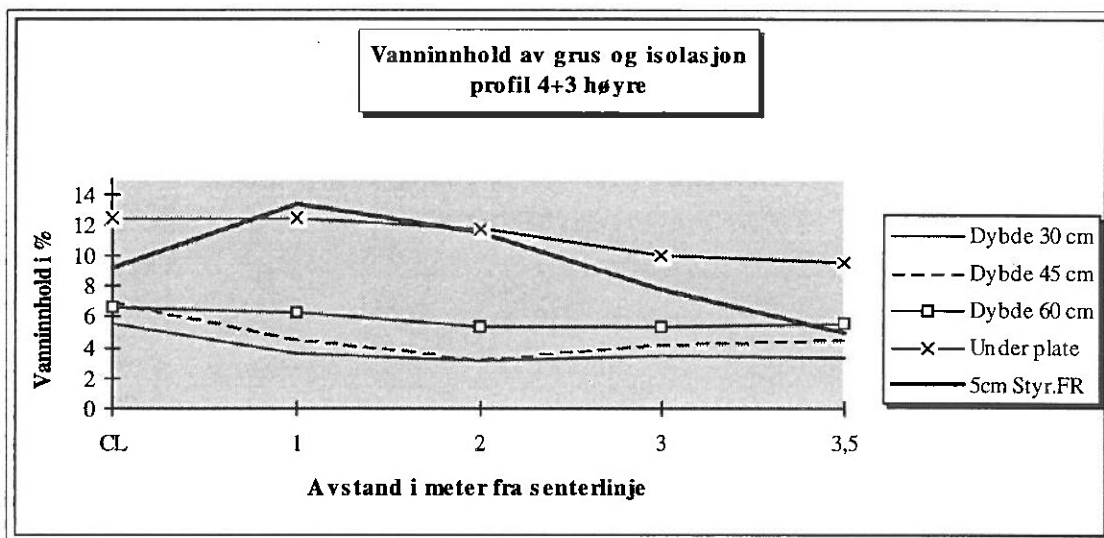




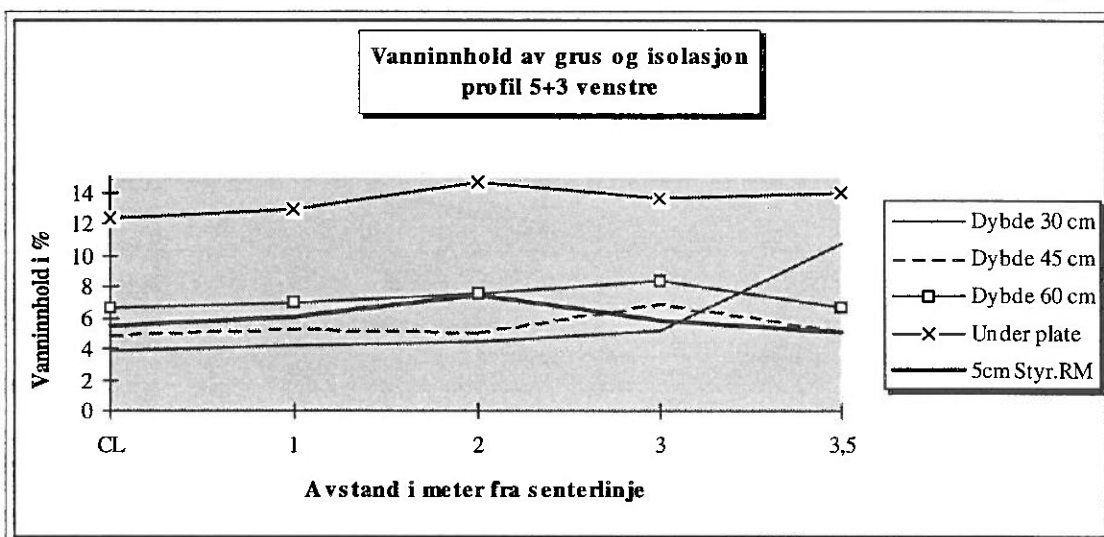
Figur 1



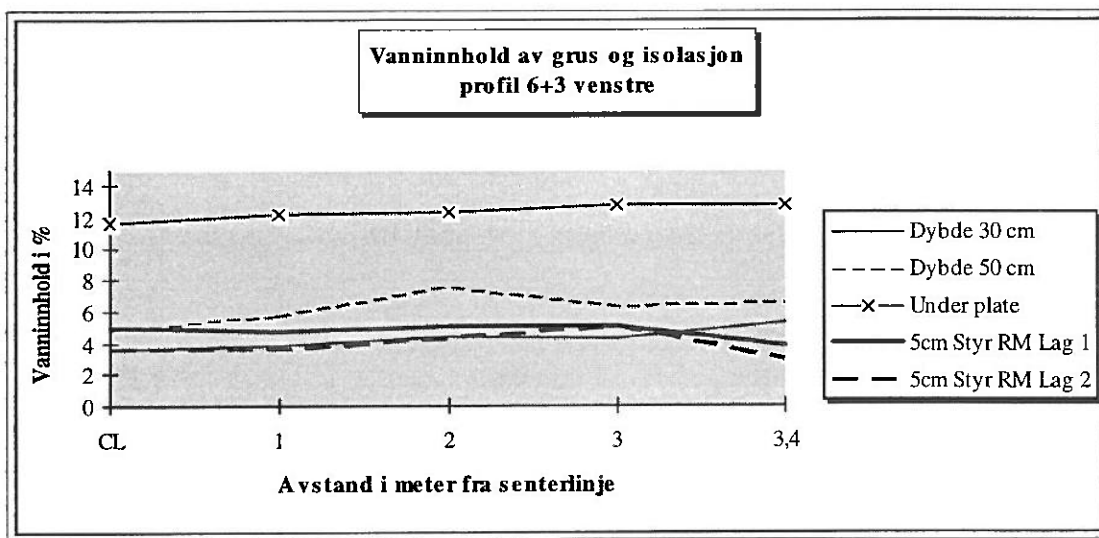
Figur 2



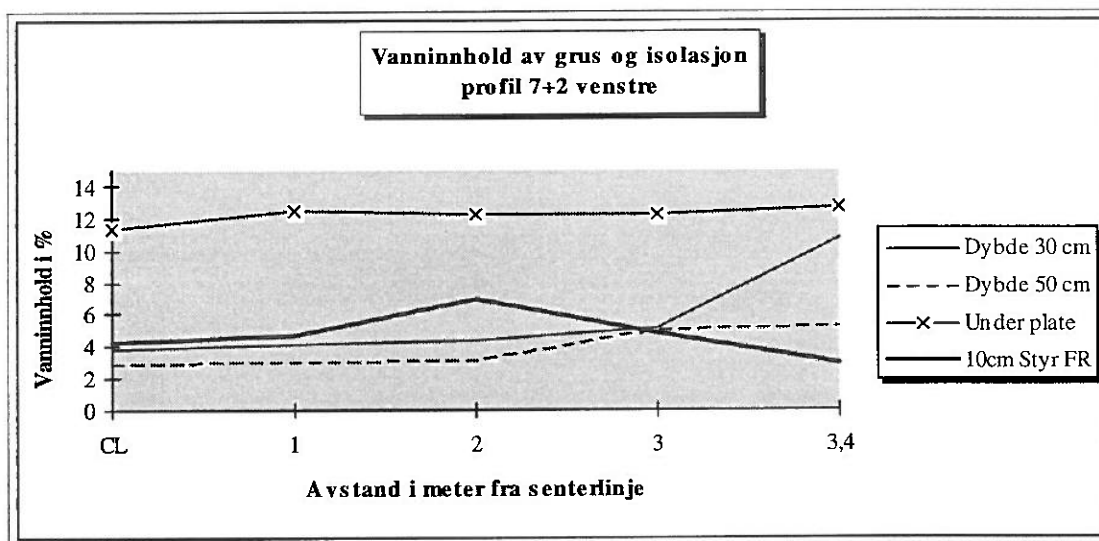
Figur 3



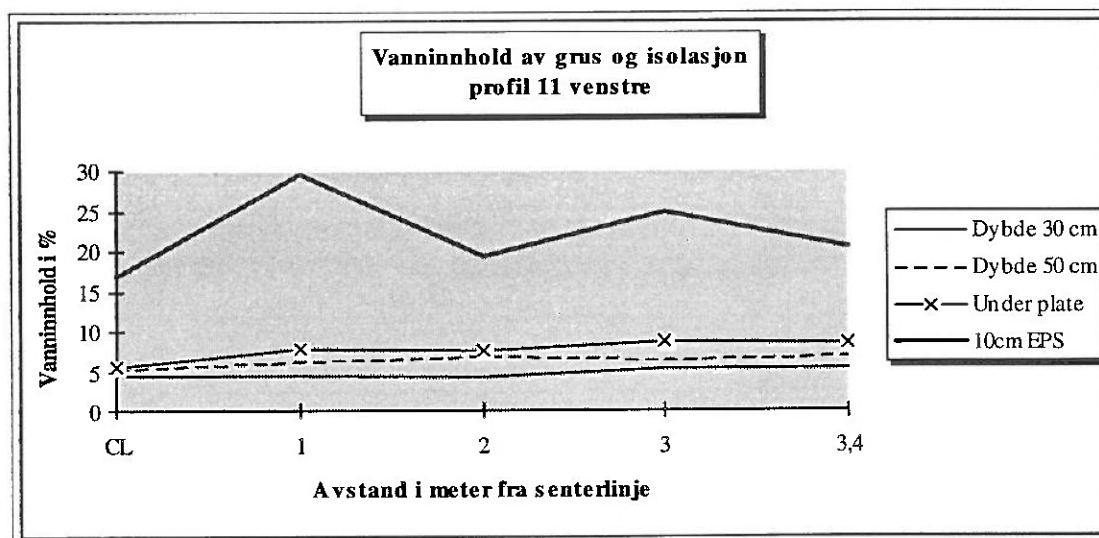
Figur 4



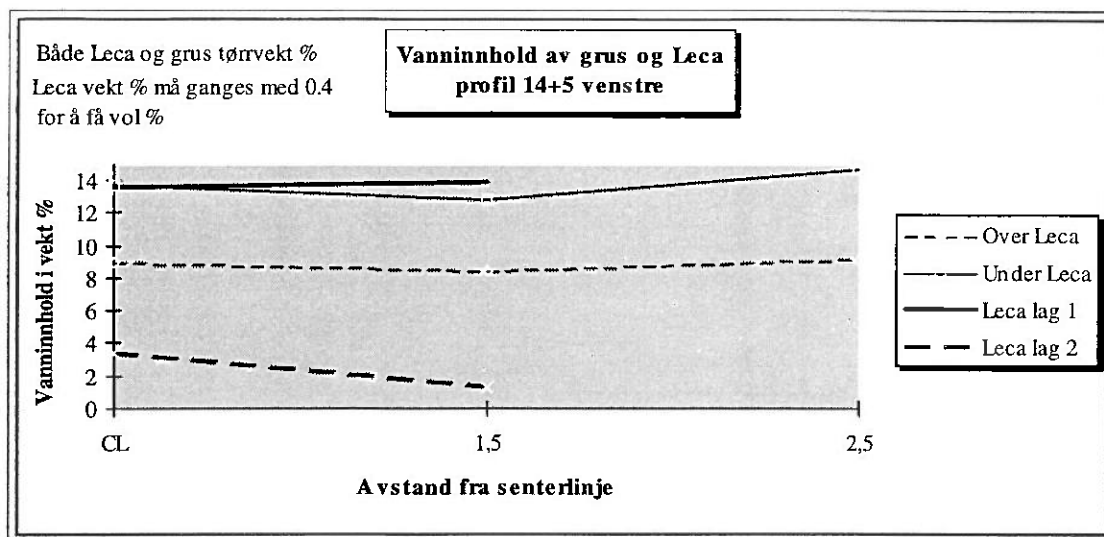
Figur 5



Figur 6

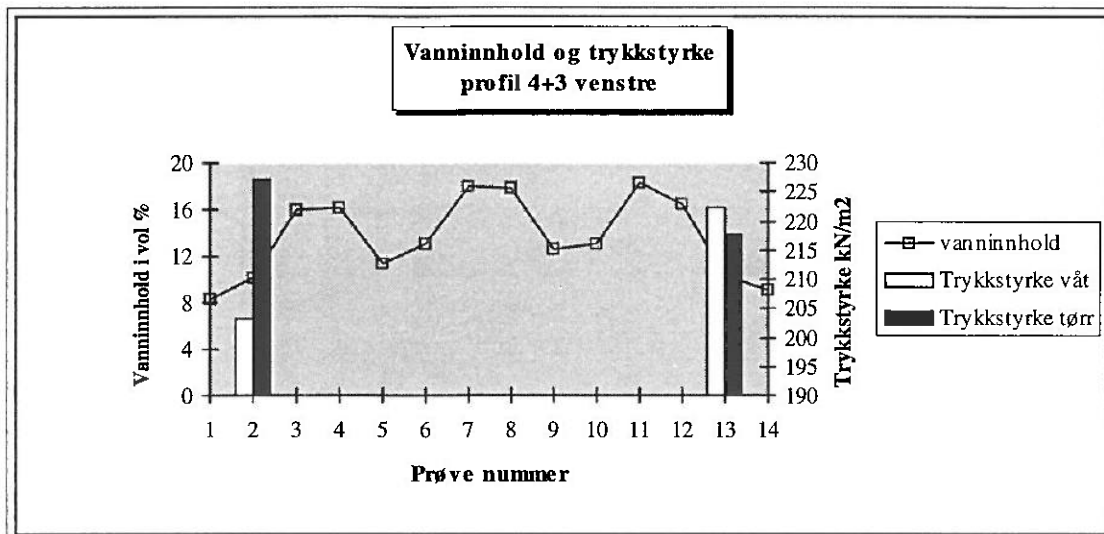


Figur 7



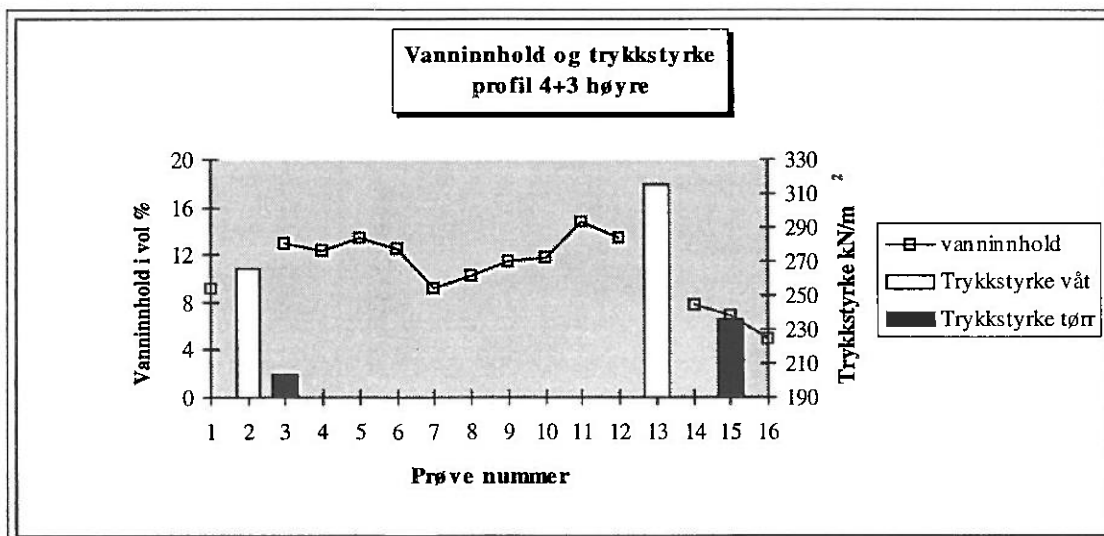
Styrofoam FR 5 cm

Figur 8



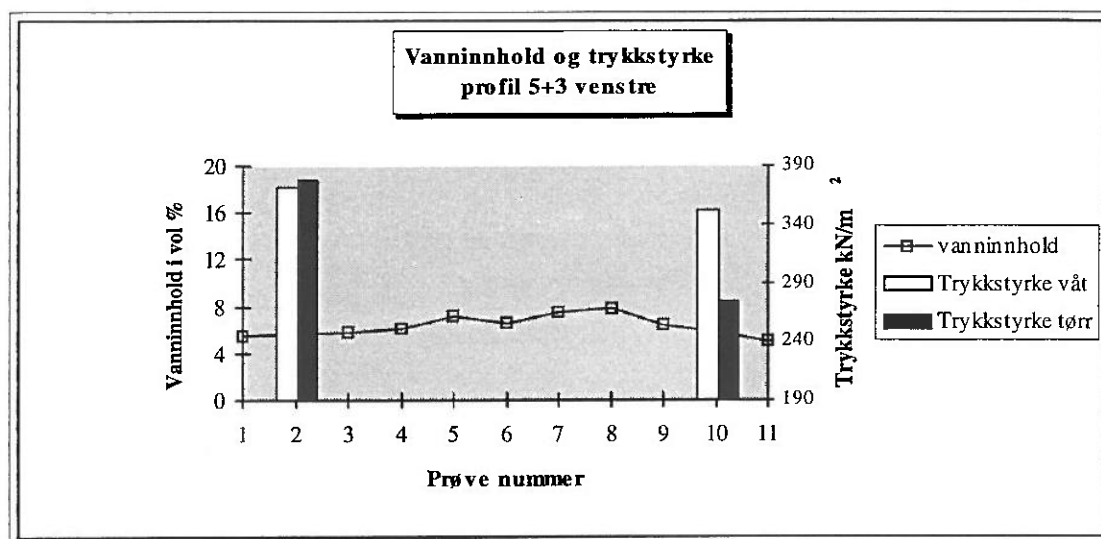
Styrofoam FR 5 cm

Figur 9



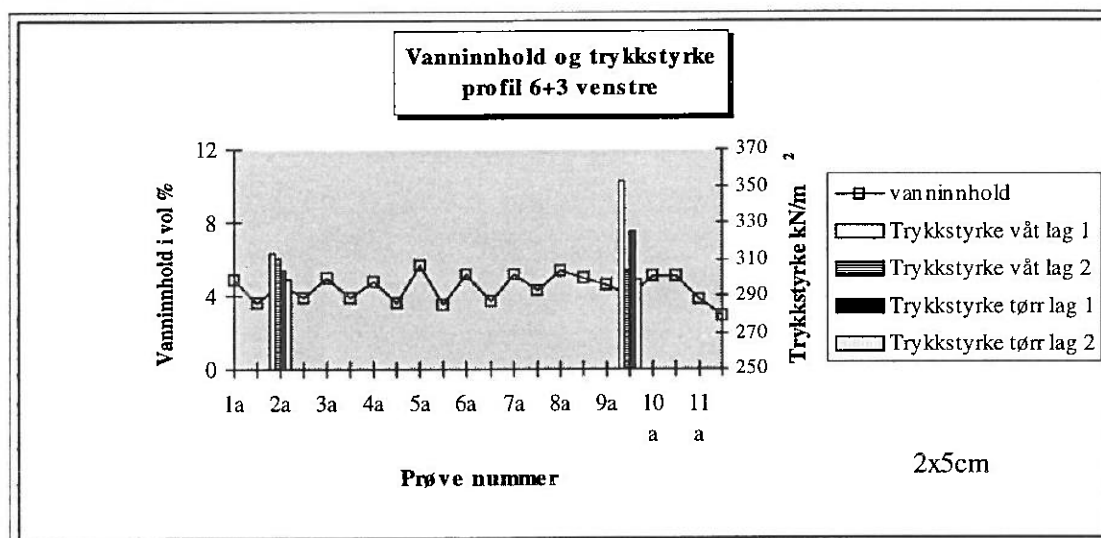
## Styrofoam RM 5 cm

Figur 10



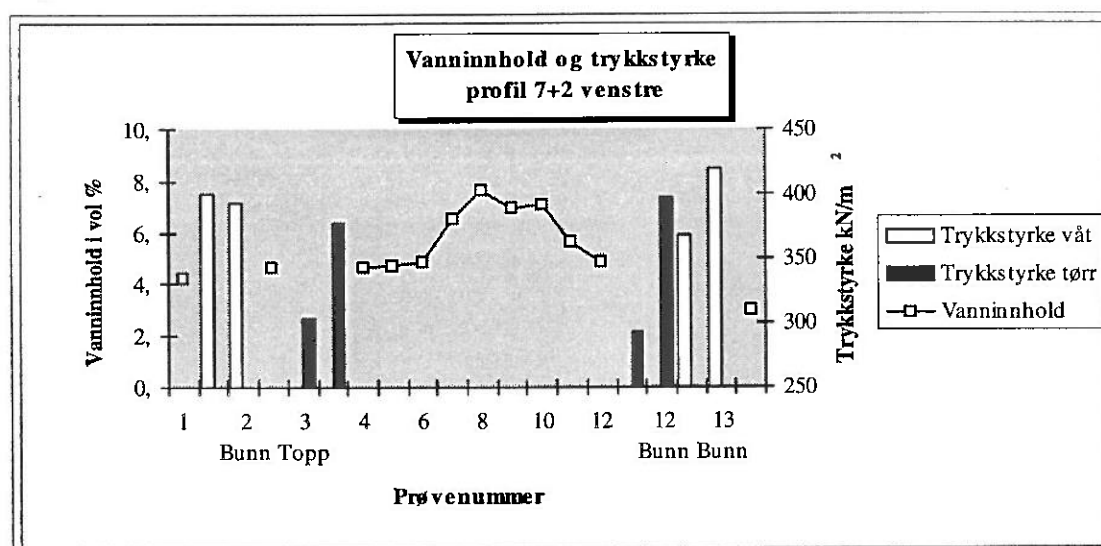
## Styrofoam 2x5 cm

Figur 11



## Styrofoam FR 10 cm

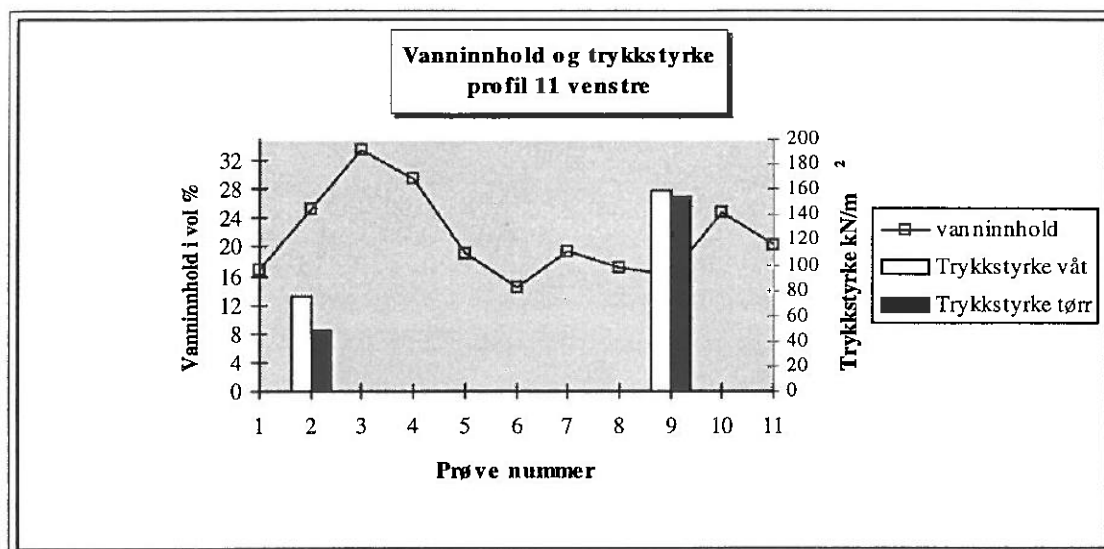
Figur 12



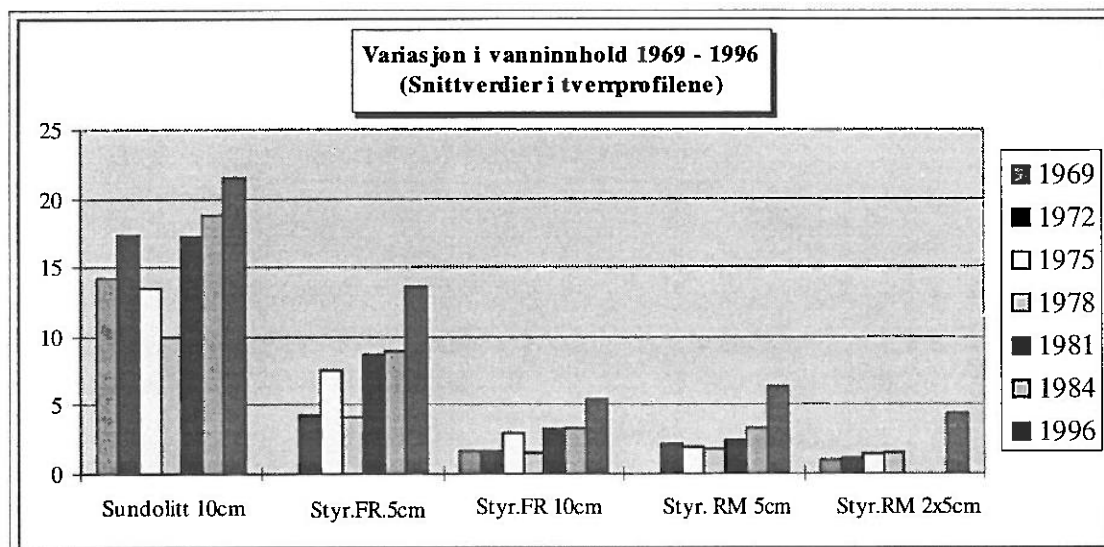


## Sundolitt EPS 10 cm

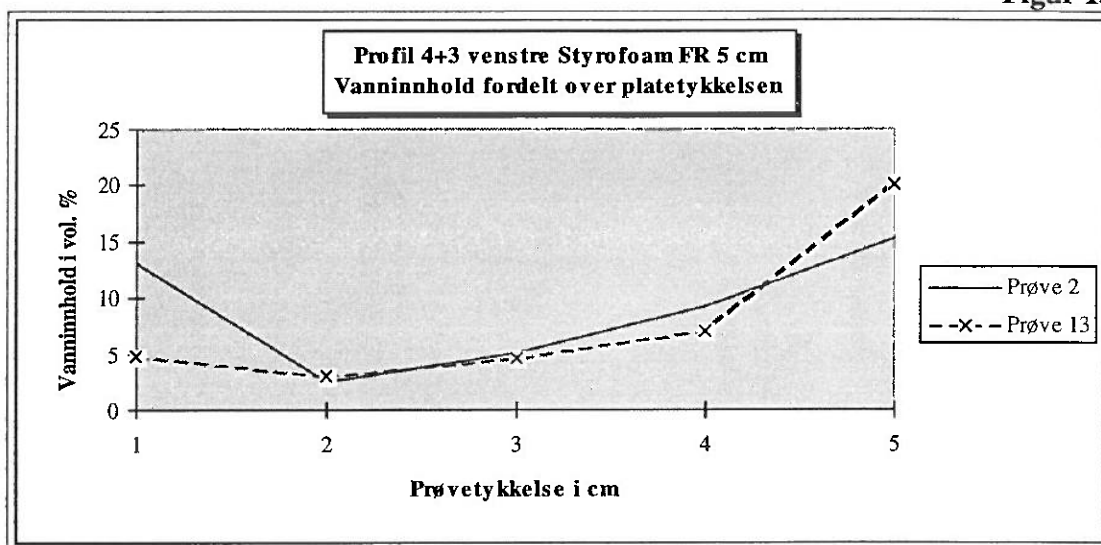
Figur 13



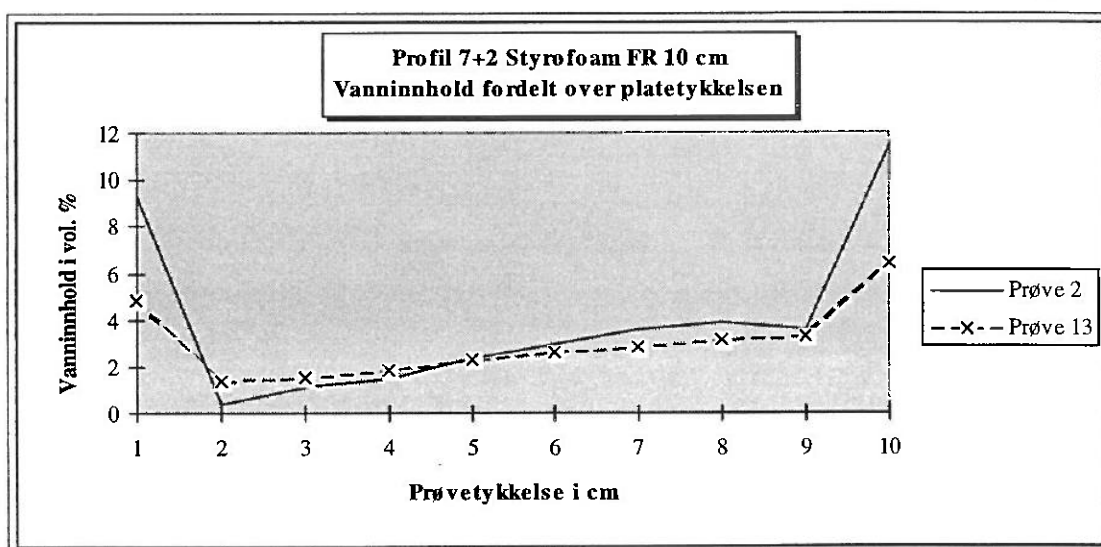
Figur 14



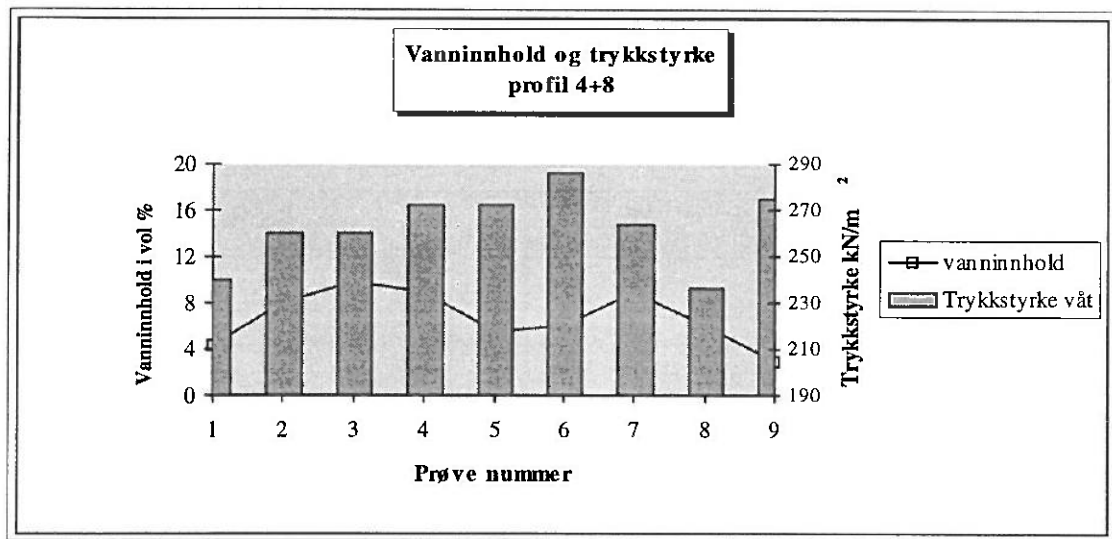
Figur 15



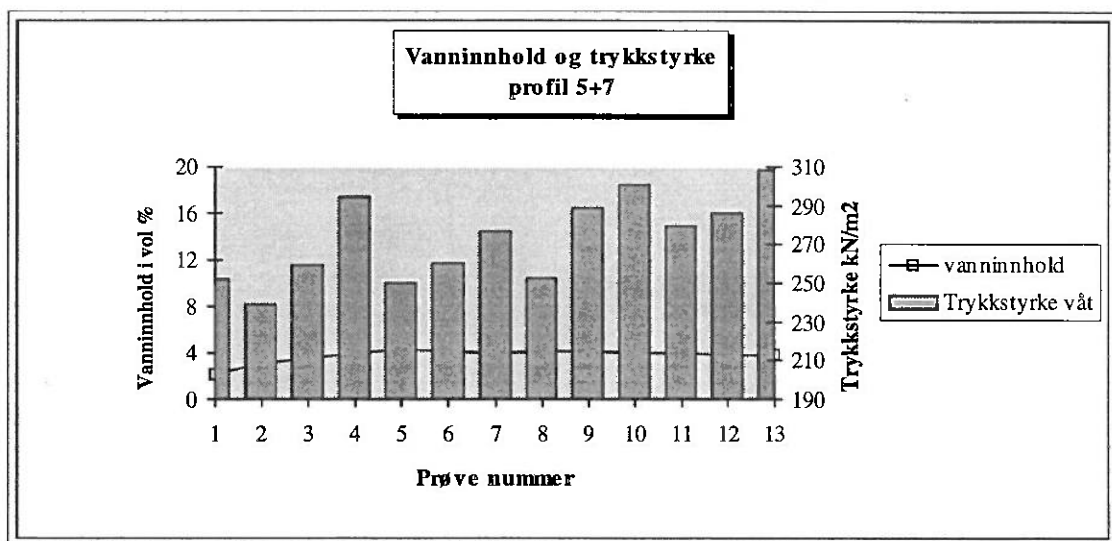
Figur 16



Figur 17 Resultater 1984



Figur 18 Resultater 1984



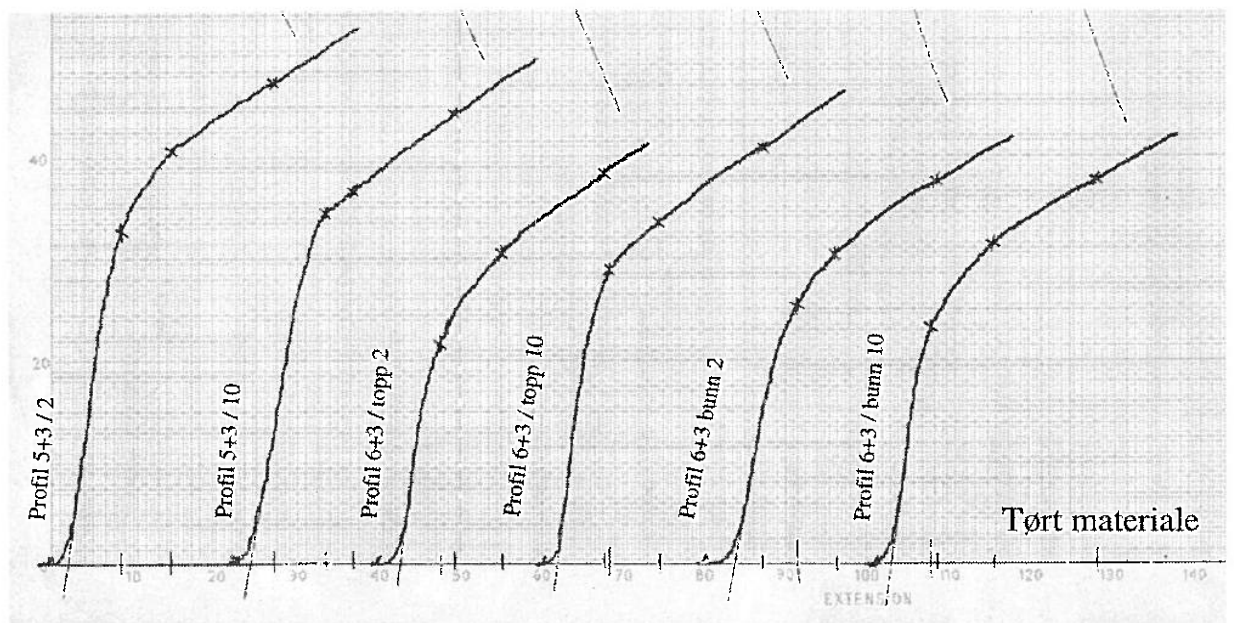
Tabell 1

## Oversikt over trykkstyrke / densitet prøvetaking 1996

| Profil nr. | Vått materiale |               |               |              | Tørt materiale |                |               |               |
|------------|----------------|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|            | Prøve nr.      | Tr.styrke våt | % Deformasjon | Densitet våt | Prøve nr.      | Tr.styrke tørr | % Deformasjon | Densitet tørr |
| 4+3        | 2              | 203,2         | 3,8           | 123,8        | 2              | 227,2          | 5,7           | 29,5          |
| 4+3        | 2              | 219,2         | 5             | 123,8        | 2              | 214,4          | 5             | 29,5          |
| 4+3        | 2              | 252,8         | 10            | 123,8        | 2              | 246,4          | 10            | 29,5          |
| 4+3        | 13             | 222,4         | 4             | 128,4        | 13             | 217,6          | 6             | 33,2          |
| 4+3        | 13             | 233,6         | 5             | 128,4        | 13             | 198,4          | 5             | 33,2          |
| 4+3        | 13             | 267,2         | 10            | 128,4        | 13             | 238,4          | 10            | 33,2          |
| 4+3 V      | 2              | 201,6         | 1,4           | 112,3        | 3              | 203,2          | 2,7           | 30,8          |
| 4+3 V      | 2              | 265,6         | 5             | 112,3        | 3              | 249,6          | 5             | 30,8          |
| 4+3 V      | 2              | 291,2         | 10            | 112,3        | 3              | 280            | 10            | 30,8          |
| 4+3 V      | 13             | 297,6         | 4,2           | 139,3        | 15             | 236,8          | 3,8           | 31,3          |
| 4+3 V      | 13             | 315,2         | 5             | 139,3        | 15             | 249,6          | 5             | 31,3          |
| 4+3 V      | 13             | 331,2         | 10            | 139,3        | 15             | 275,2          | 10            | 31,3          |
| 5+3        | 2              | 251,2         | 2,6           | 99,6         | 2              | 260,8          | 2,6           | 41,9          |
| 5+3        | 2              | 307,2         | 5             | 99,6         | 2              | 355,2          | 5             | 41,9          |
| 5+3        | 2              | 371,2         | 10            | 99,6         | 2              | 377,6          | 10            | 41,9          |
| 5+3        | 10             | 256           | 2             | 93,7         | 10             | 273,6          | 3,7           | 41,1          |
| 5+3        | 10             | 297,6         | 5             | 93,7         | 10             | 291,2          | 5             | 41,1          |
| 5+3        | 10             | 352           | 10            | 93,7         | 10             | 352            | 10            | 41,1          |
| 6+3        | 2 topp         | 161,6         | 1,4           | 80,3         | 2 topp         | 171,2          | 2             | 38,6          |
| 6+3        | 2 topp         | 246,4         | 5             | 80,3         | 2 topp         | 243,2          | 5             | 38,6          |
| 6+3        | 2 topp         | 313,6         | 10            | 80,3         | 2 topp         | 304            | 10            | 38,6          |
| 6+3        | 10 topp        | 220,8         | 1,7           | 84,1         | 10 topp        | 228,8          | 2,5           | 40,8          |
| 6+3        | 10 topp        | 286,4         | 5             | 84,1         | 10 topp        | 267,2          | 5             | 40,8          |
| 6+3        | 10 topp        | 352           | 10            | 84,1         | 10 topp        | 324,8          | 10            | 40,8          |
| 6+3        | 2 bunn         | 176           | 1,8           | 73,1         | 2 bunn         | 201,6          | 3,1           | 37,9          |
| 6+3        | 2 bunn         | 248           | 5             | 73,1         | 2 bunn         | 241,6          | 5             | 37,9          |
| 6+3        | 2 bunn         | 310,4         | 10            | 73,1         | 2 bunn         | 299,2          | 10            | 37,9          |
| 6+3        | 10 bunn        | 156,8         | 1,2           | 68,3         | 10 bunn        | 184            | 1,9           | 38,4          |
| 6+3        | 10 bunn        | 244,8         | 5             | 68,3         | 10 bunn        | 249,6          | 5             | 38,4          |
| 6+3        | 10 bunn        | 304           | 10            | 68,3         | 10 bunn        | 299,2          | 10            | 38,4          |
| 7+2        | 2 topp         | 400           | 5,6           | 47,4         | 3 topp         | 304            | 4,8           | 83,7          |
| 7+2        | 13 topp        | 368           | 4,9           | 56,4         | 12 topp        | 292,8          | 4,6           | 85,1          |
| 7+2        | 2 bunn         | 393,6         | 4,6           | 97,3         | 3 bunn         | 377,6          | 4             | 82,2          |
| 7+2        | 13 bunn        | 419,2         | 4,2           | 77,2         | 12 bunn        | 396,8          | 4             | 85,3          |
| 11         | 2              | 75,2          | 5             | 194,1        | 2              | 48             | 5             | 73,5          |
| 11         | 9              | 158,4         | 5             | 193,4        | 9              | 158,4          | 5             | 69,9          |

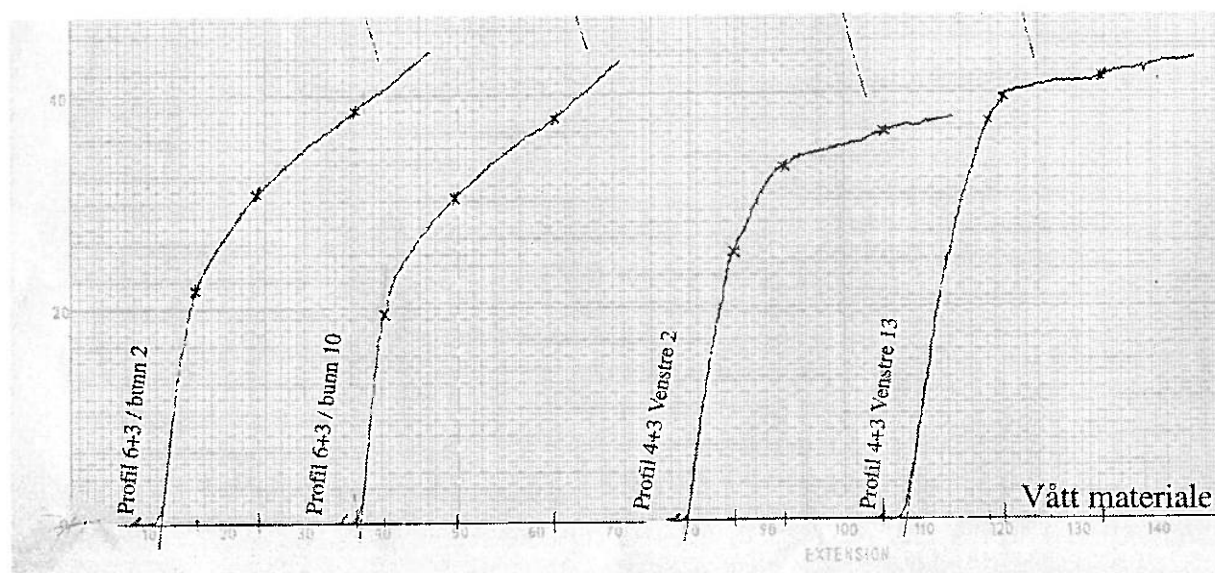
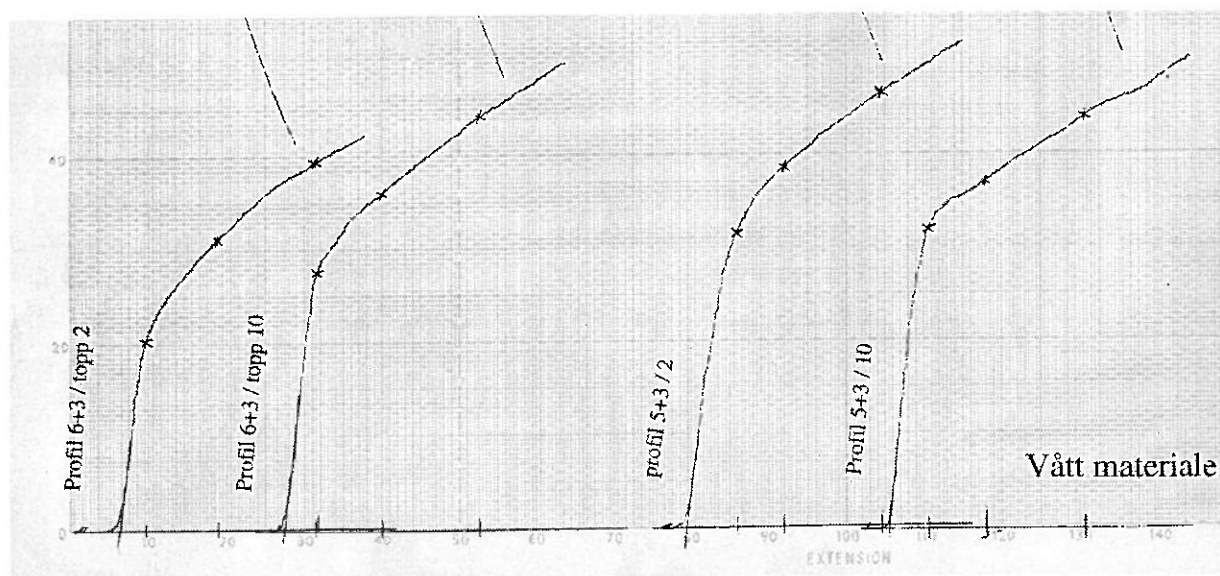
Trykkstyrke kurver av profilene

Figur 19



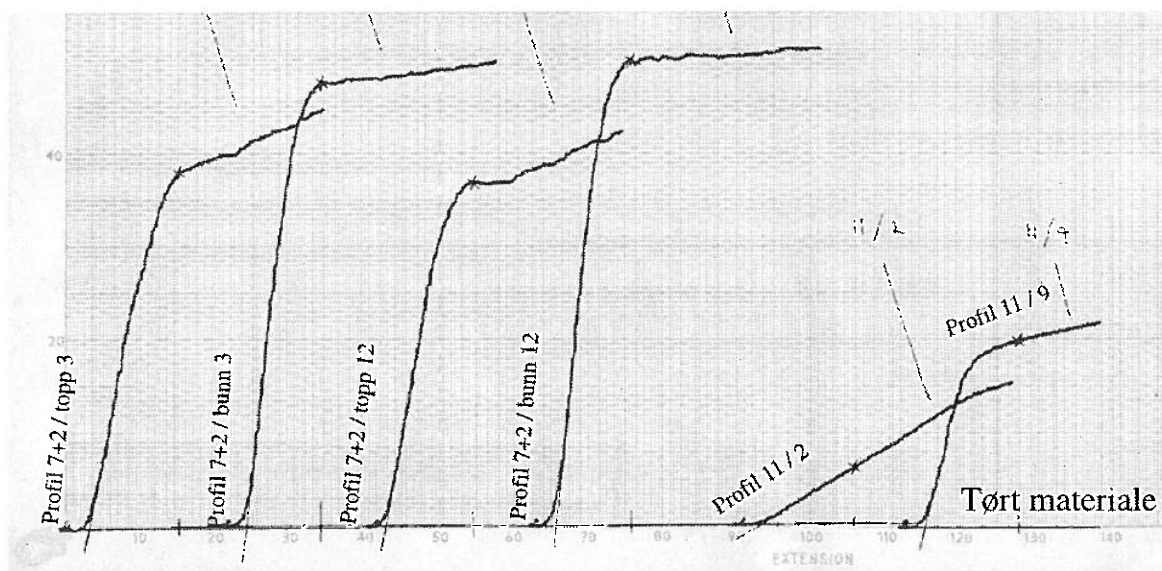
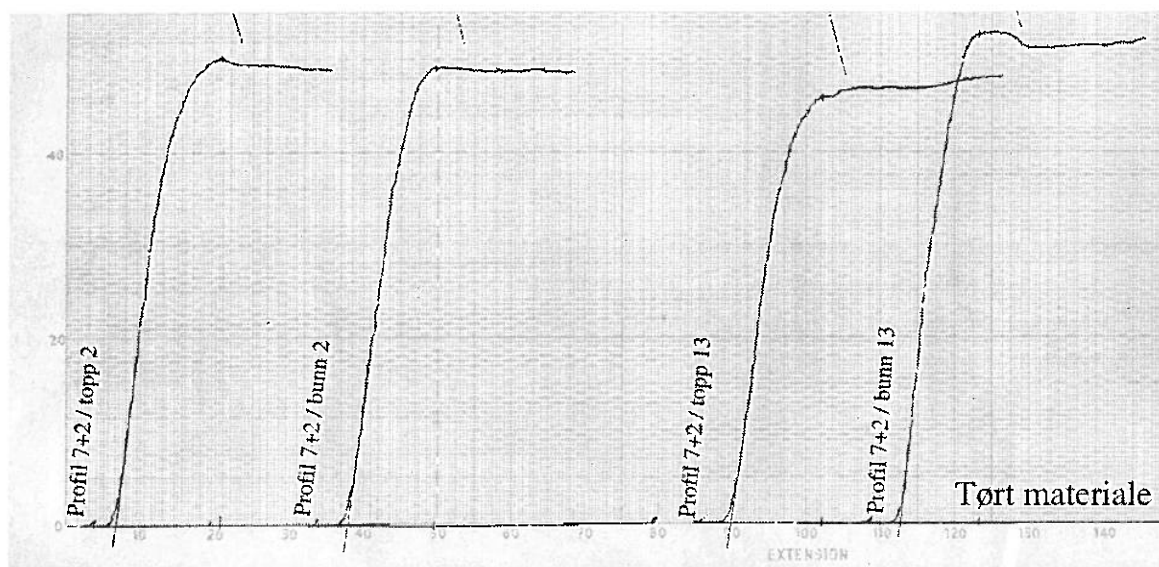
Trykkstyrke kurver av profilene

Figur 20



Trykkstyrke kurver av profilene

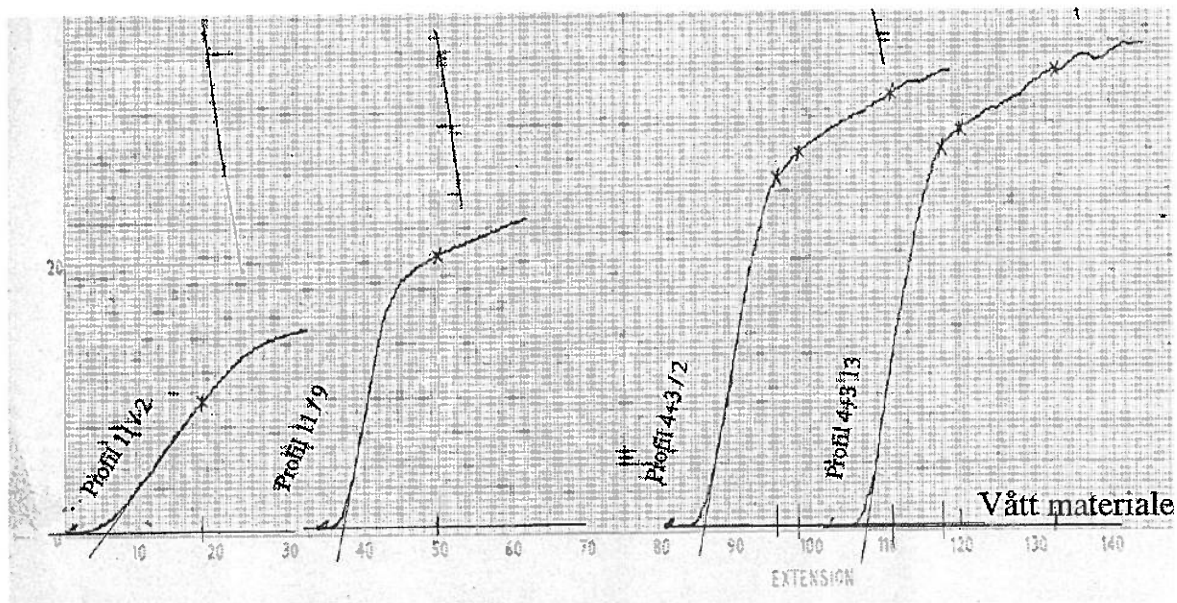
Figur 21



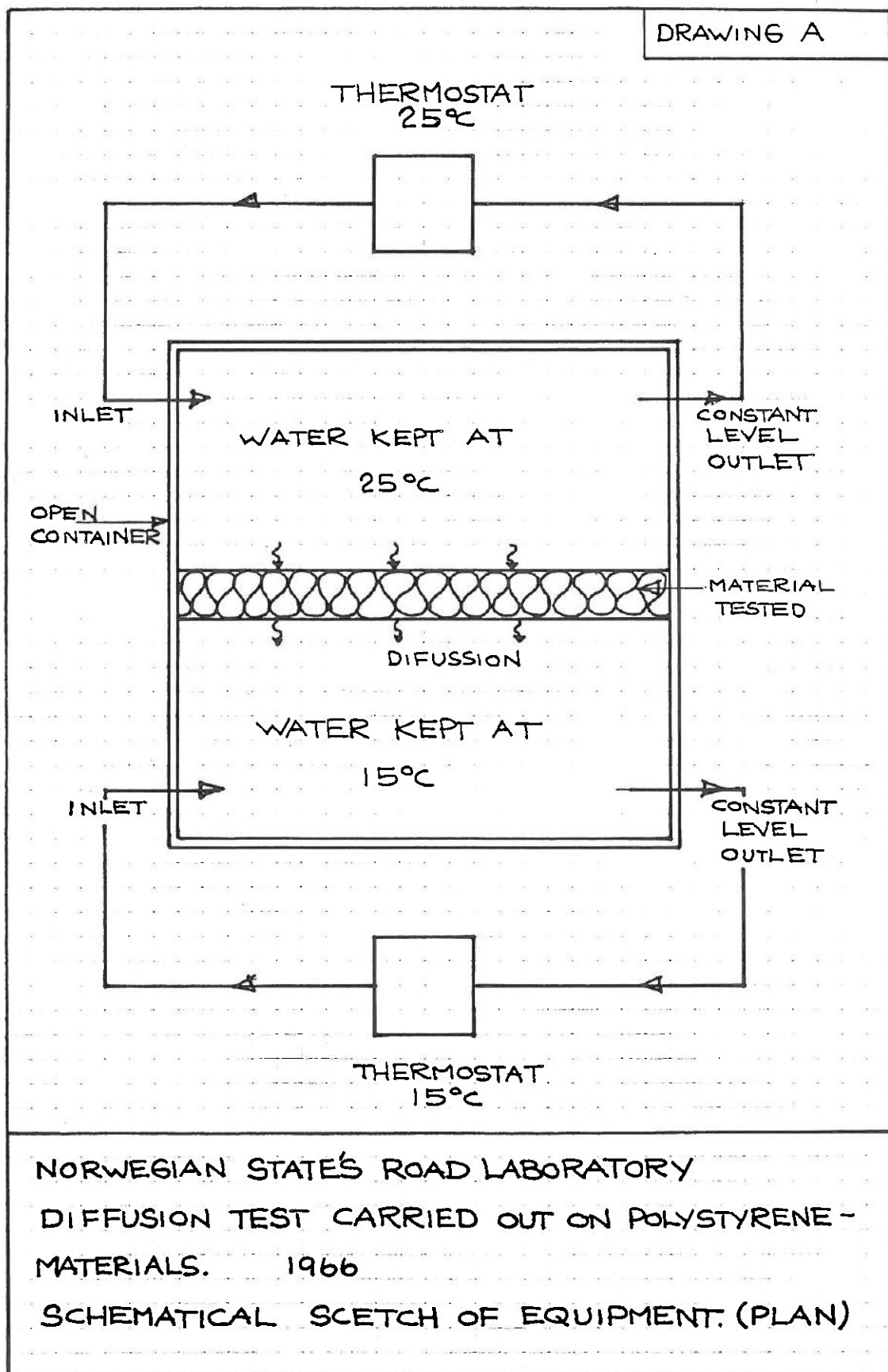


## Trykkstyrke kurver av profilene

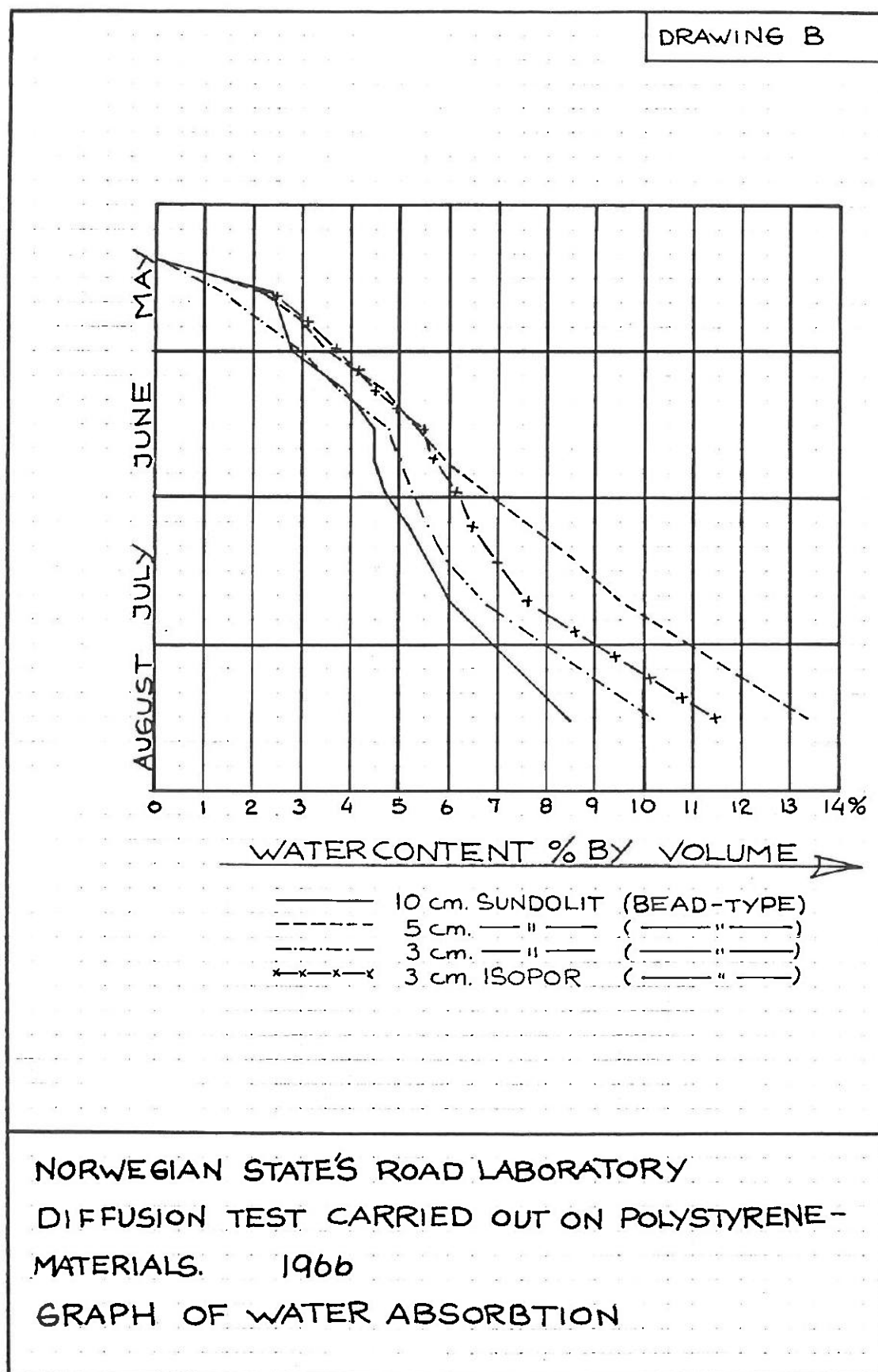
Figur 22



Figur 23



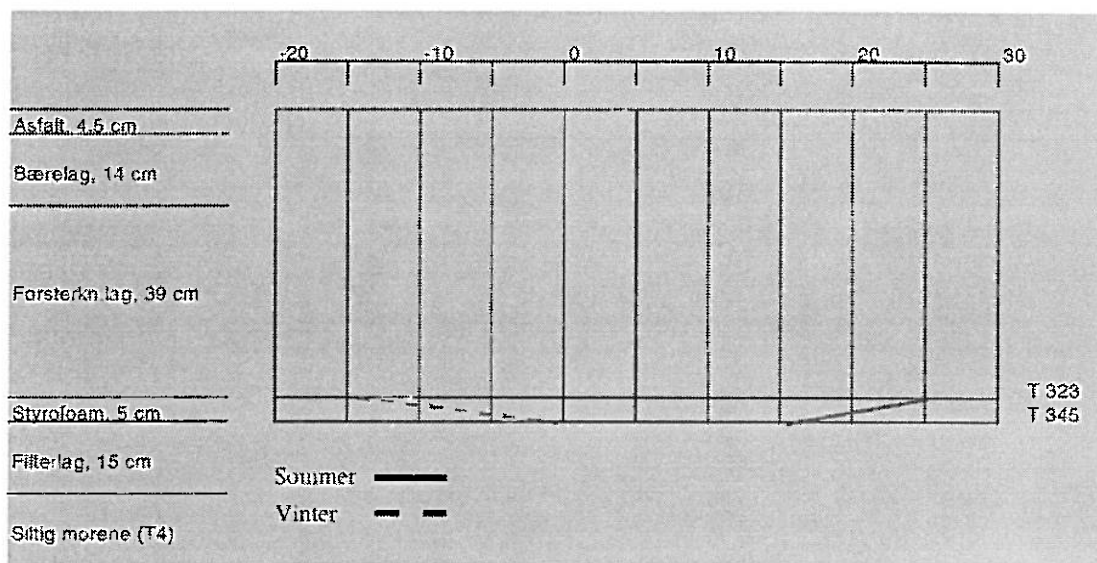
Figur 24



Figur 25

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

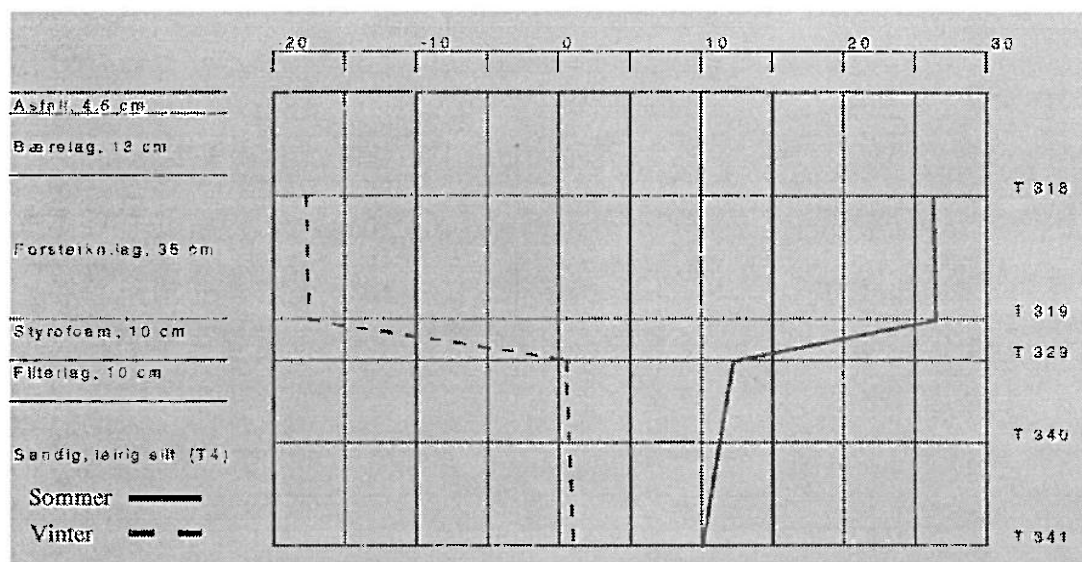
PEL 4+5



Figur 26

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

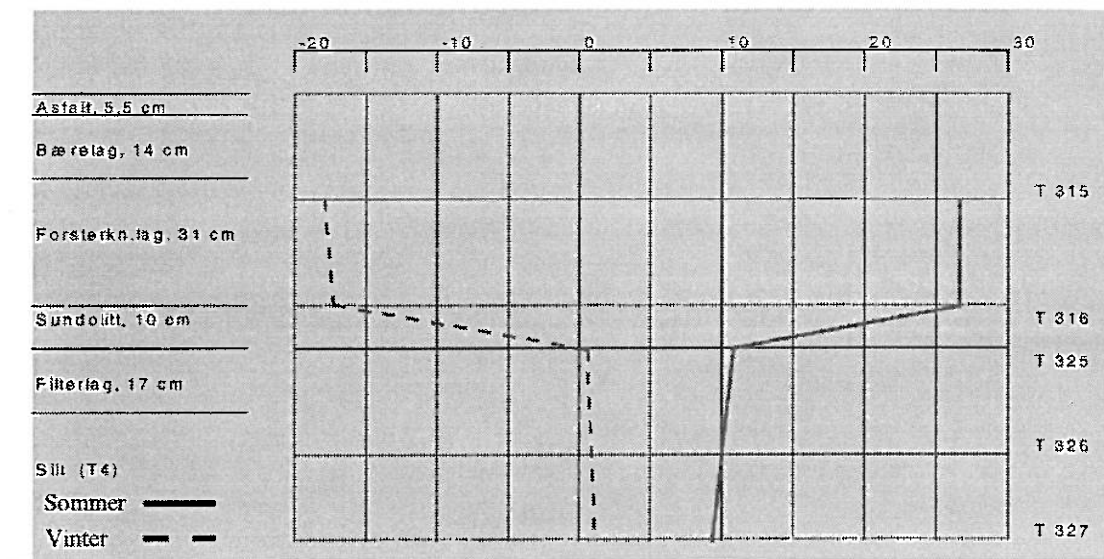
PEL 7+5



Figur 27

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

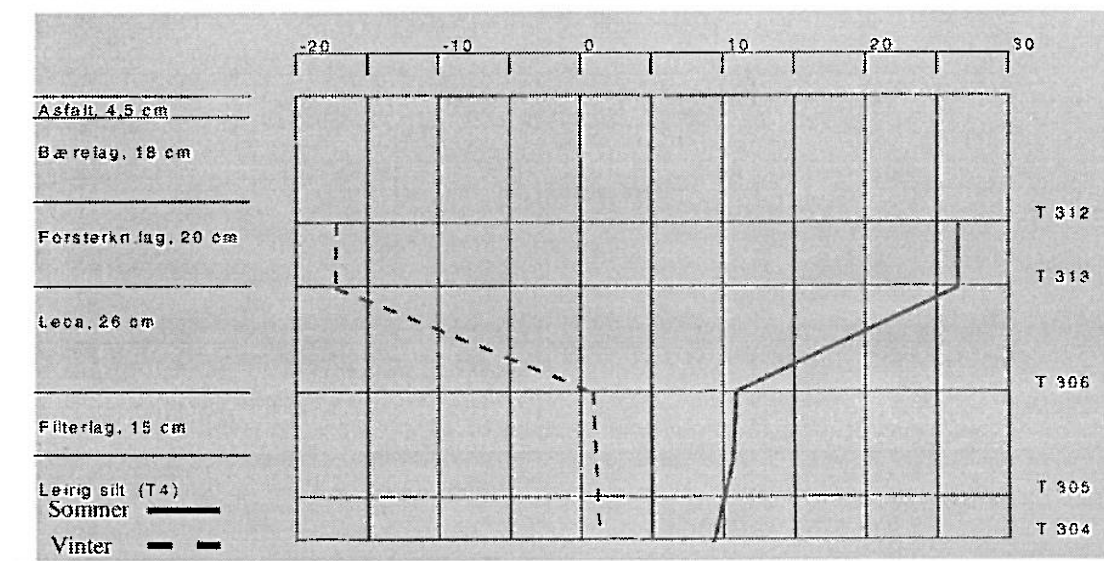
PEL 10

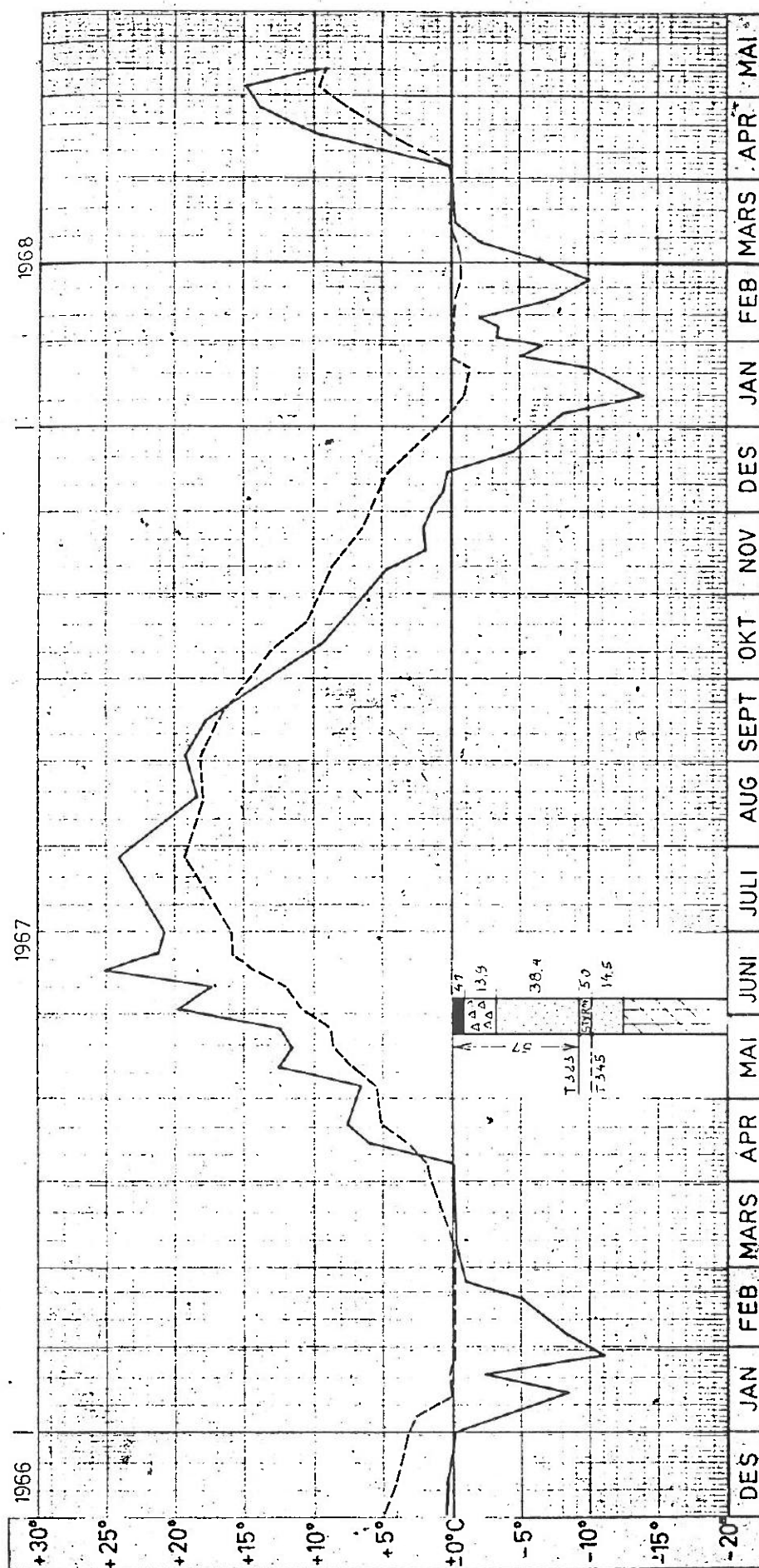


Figur 28

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

PEL 15







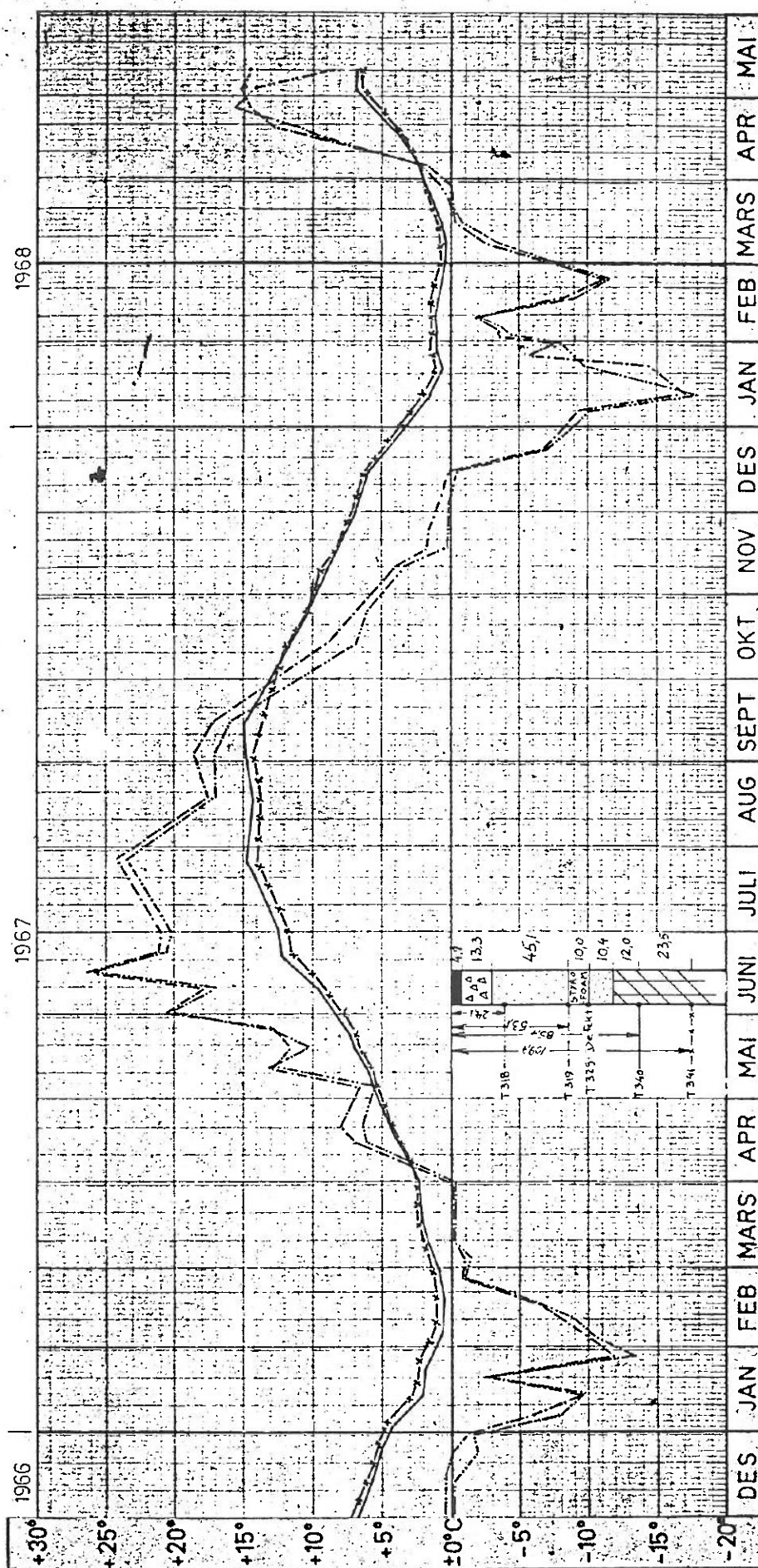


Fig. 31 Temperatursens variasjon med tiden for målepunktene over og under 10cm styrofoam i & ved pøl nr. 7 + 5m.

( se side 11 )

V



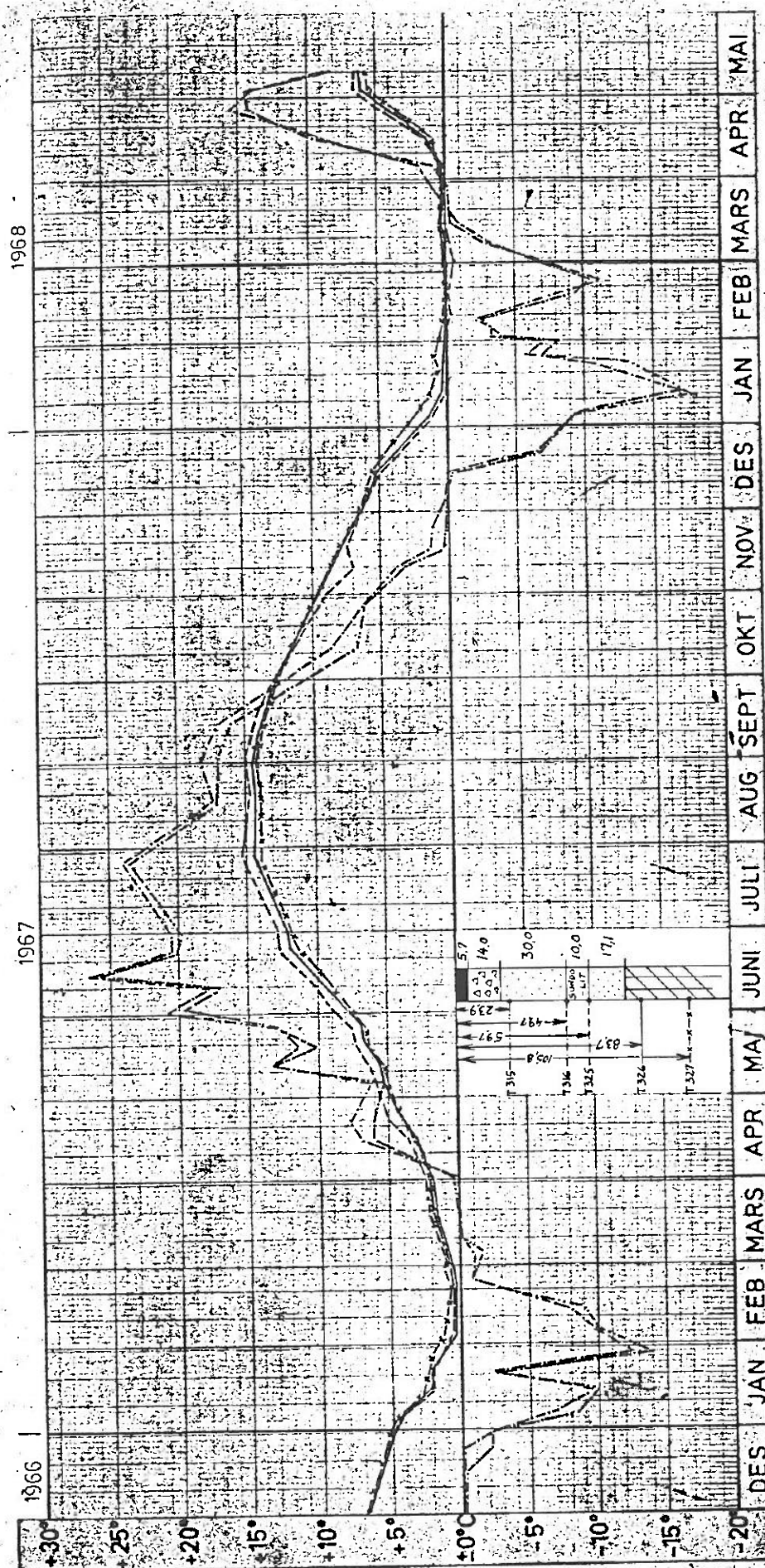


Fig.31 Temperatures variasjon med tiden for målepunktene over og under 10cm sundolitt i & ved pel nr 10.

(se side 11)

Fig. 36 Døgnmiddel-

| Dato      | Temperatur over og under samt temperaturfall gjennom isolasjonslaget i $^{\circ}\text{C}$ . |                                                 |                                                     |                                                   |                                             |                                                   |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  | $\Delta t = \text{temp.fall. (se side 12, 18)}$ |  |  |  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------|--|--|--|
|           | Pel.nr. 4 + 5 m<br>5 cm styrofoam<br>T 323 T 345                                            | Pel.nr. 5 + 5 m<br>5 cm roofmate<br>T 322 T 344 | Pel.nr. 6 + 5 m<br>2 x 5 cm roofmate<br>T 321 T 343 | Pel.nr. 7 + 5 m<br>10 cm styrofoam<br>T 319 T 329 | Pel.nr. 10<br>10 cm sundolit<br>T 316 T 325 | Pel.nr. 15 + 5 m<br>ca. 20 cm leca<br>T 313 T 306 | Pel.nr. 18 + 5 m<br>ca. 20 cm leca<br>T 311 T 303 | Pel.nr. 21<br>disolert 58 cm<br>T 300 T 301 |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 17.3.1969 | - 4.4<br>$\Delta t$ 4.2                                                                     | - 0.2<br>4.2                                    | - 5.3<br>5.9                                        | 0.6<br>5.2                                        | - 4.2<br>4.1                                | - 0.1<br>4.1                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 18.3.1969 | - 4.0<br>3.8                                                                                | - 0.2<br>3.8                                    | - 4.9<br>5.5                                        | 0.6<br>5.5                                        | - 3.9<br>3.8                                | - 0.1<br>3.8                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 19.3.1969 | - 3.1<br>2.9                                                                                | - 0.2<br>2.9                                    | - 3.8<br>4.5                                        | 0.7<br>4.5                                        | - 2.8<br>3.7                                | - 0.1<br>3.7                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 20.3.1969 | - 2.1<br>1.9                                                                                | - 0.2<br>1.9                                    | - 2.8<br>3.6                                        | 0.8<br>3.6                                        | - 2.5<br>5.6                                | - 0.1<br>5.6                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 21.3.1969 | - 1.9<br>1.8                                                                                | - 0.1<br>1.8                                    | - 2.5<br>3.4                                        | 0.9<br>3.4                                        | - 2.3<br>2.4                                | - 0.1<br>2.4                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 22.3.1969 | - 1.9<br>1.8                                                                                | - 0.1<br>1.8                                    | - 2.4<br>3.4                                        | 1.0<br>3.4                                        | - 2.4<br>2.5                                | - 0.1<br>2.5                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 23.3.1969 | - 1.9<br>1.8                                                                                | - 0.1<br>1.8                                    | - 2.4<br>3.4                                        | 1.0<br>3.4                                        | - 2.3<br>2.4                                | - 0.1<br>2.4                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 24.3.1969 | - 1.7<br>1.6                                                                                | - 0.1<br>1.6                                    | - 1.9<br>3.0                                        | 1.1<br>3.0                                        | - 1.9<br>2.1                                | - 0.1<br>2.1                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 25.3.1969 | - 1.1<br>1.0                                                                                | - 0.1<br>1.0                                    | - 1.0<br>2.2                                        | 1.2<br>2.2                                        | - 1.1<br>1.3                                | - 0.1<br>1.3                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 26.3.1969 | - 0.6<br>0.6                                                                                | 0<br>0.6                                        | - 0.5<br>1.9                                        | 1.4<br>1.9                                        | - 0.6<br>0.9                                | - 0.1<br>0.9                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 27.3.1969 | - 0.4<br>0.4                                                                                | 0<br>0.4                                        | - 0.2<br>1.7                                        | 1.5<br>1.7                                        | - 0.3<br>0.8                                | 0<br>0.3                                          |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 28.3.1969 | - 0.3<br>0.3                                                                                | 0<br>0.3                                        | - 0.2<br>1.8                                        | 1.6<br>1.8                                        | - 0.2<br>0.8                                | 0<br>0.2                                          |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 29.3.1969 | - 0.2<br>0.2                                                                                | 0<br>0.2                                        | - 0.1<br>1.7                                        | 1.6<br>1.7                                        | - 0.1<br>0.7                                | 0<br>0.1                                          |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 30.3.1969 | - 0.2<br>0.2                                                                                | 0<br>0.2                                        | - 0.1<br>1.8                                        | 1.7<br>1.8                                        | 0<br>0.7                                    | - 0.1<br>0.1                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 31.3.1969 | - 0.1<br>0.1                                                                                | 0<br>0.1                                        | - 0.1<br>1.9                                        | 1.8<br>1.9                                        | 0<br>0.8                                    | - 0.1<br>0.1                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |
| 1.4.1969  | - 0.1<br>0.1                                                                                | 0<br>0.1                                        | 0<br>1.9                                            | 1.9<br>1.9                                        | 0<br>0.9                                    | - 0.1<br>0.1                                      |                                                   |                                             |  |  |  |  |  |  |                                                 |  |  |  |

**REFERANSELISTE:**

**Beskow G.** (1935) Tjælbildningen ock tjælyftningen med serskild hensyn til vegar ock jarnvegar. Statens Veginstitut. Meddelande nr.48.

**Borg Hansen P., Refsdal G.** (1973). Thermal Insulation of Roads. Design Aspects Regarding Strength, Moisture Absorption and Insulating Thickness. Proc. Oslo Symposium on Frost Action in Roads. Oslo & Paris.

**Frost i jord.** (1976). Sikring mot teleskader, Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd og Statens vegvesens Utvalg for frost i jord. Publikasjon nr. 17.

**Heje K.** (1932). Telehiving, dens grunnårsaker og botemidler. Meddelelser fra Veidirektøren.

**Knutson Å.** (1966). Forsøksfelt Kjellstadveien, Lier. Anleggsbeskrivelse. Intern rapport nr.56. Veglaboratoriet.

**Knutson Å.** (1973). Theory and Experience Regarding Frost Penetration and Frost Heaving. Proc. Oslo Symposium on Frost Action in Roads. Oslo & Paris.

**Knutson Å.** (1990). Sikring mot teleskader: kap.13 Statens vegvesen Geoteknikk i vegbygging, håndbok nr. 016.

**Nordal R.S.** (1972) Prinsip for hovudproblem for telefrie vegkonstruksjonar. NVF konferansen "Frost i veg". Veglaboratoriet. Meddelelse nr.46.

**Nordal R.S., Sætersdal R., Knutson Å., Refsdal G.** (1973). Research activities in Norway on Frost Problems. Report to PIARC XIV World Congress Prague 1971. Int.rapport nr.456. Veglaboratoriet.

**Skaven-Haug S.** (1961). Frostsikker fundamenteringsdybde for byggverk og vannledninger. Norges geotekniske institutt. Publikasjon nr.46.

**Skaven-Haug S.** (1965). Reduksjon av teledybden, sterkt varmeisolerende skikt i topplaget. Teknisk meddelelse nr.2. NSB.

**Skaven-Haug S.** (1944). Frostmengdekart over Norge. Meddelelser fra veidirektøren nr.5. Vegdirektoratet.

**Skogseid A.** (1968). Telesikring ved isolasjonsmaterialer. Veglaboratoriet. Meddelelse nr.35.

**Skogseid A.** (1971). Frostsikring av veger ved isolering. Litt om det fysikalske grunnlaget. Veglaboratoriet. Meddelelse nr.37.

**Statens vegvesen.** (1992) Vegbygging. Vegnormalene. Håndbok 018.

**Watzinger A., Kindem E., Michelsen B.** (1965). Masseutskiftingsmaterialer for teleforebygning på vei- og jernbane. Varmetekniske undersøkelser. Norges geotekniske institutt. **Watzinger A., Kindem**

**E., Michelsen B.** (1938). Undersøkelser av masseutskiftingsmaterialer for vei- og jernbanebygging. Meddelelser fra veidirektøren nr. 6. Vegdirektoratet. (Også Meddelelser nr. 7 og 9 av 1941).

## Kjellstadvegen 30 - års erfaring med bruk av ulike isolasjonsmaterialer

### Sammendrag

På Kjellstadvegen Lier i Buskerud ble det i 1966 bygget en 140 meters lang forsøksstrekning, der det ble foretatt frostsikring med forskjellige typer isolasjonsmaterialer. Bortsett ifra en meget kort strekning på Rv. 4 i Nittedal er dette den første frostisolerte vegstrekning i Norge.

Hensikten med forsøksfeltet var :

1. å etterprøve de teoretiske vurderingene av nødvendig isolasjon.
2. å vise at isolasjonsmaterialet kunne legges i underkant av overbygningen.
3. å undersøke varigheten av isolasjonsevnene og bestandigheten mot mekaniske påkjenninger.
4. å få erfaring med legging av isolasjonsmaterialer sett fra den anleggstekniske siden.

Vegdekket var ca. 3,5 cm og har fått ny belegning senere (ca. 4 cm i 1986). Bærelaget er ca. 16 cm penetrert pukk. Forsterkningslaget er ca. 30 cm sand, ikke telefarlig. Under isolasjonen er det ca. 10 cm filterlag av samme kvalitet som forsterkningslaget.

Denne rapporten beskriver forsøksveien ved Kjellstad, hvordan den er oppbygget, hvilke observasjoner og laboratorieforsøk som er gjort, hva resultatet er. Den tar også spesielt for seg målingene som er utført i 1996.

Det er ikke hver dag man kan presentere 30 års erfaring for et så viktig emne og utfra så omhyggelig utførte observasjoner. I hovedsak er resultatene slik vi antok for 30 år siden at de ville bli.

Emneord: *Frostsikringslag, vanninnhold, trykkstyrke, EPS, XPS*

Kontor: *Vegdekkekontoret*  
Saksbehandler: *Å.Knutson, Per K.Hanssen, J. I. Senneset, G. Henjesand* /PKH  
Dato: *August 1997*







## Innhold

|                                             | Side |
|---------------------------------------------|------|
| 1. Innledning                               | 2    |
| 2. Oppbygging og instrumentering            | 3    |
| 3. Erfaringer etter 30 år                   | 8    |
| 4. Prøvetaking 1996                         | 11   |
| 5. Resultater av prøvetaking 1996           | 12   |
| Bilder av oppgraving 1996                   | 13   |
| Vanninnhold av grus og isolasjonsmaterialer | 15   |
| Vanninnhold av grus og Leca                 | 17   |
| Vanninnhold og trykkstyrke                  | 17   |
| Variasjon i vanninnhold 1969 - 1996         | 19   |
| Vanninnhold fordelt over platetykkelsen     | 20   |
| Resultater 1984                             | 21   |
| Trykkstyrke / densitet                      | 22   |
| Trykkstyrke                                 | 23   |
| Skisse av diffusjon test                    | 27   |
| Grafikk av vanninnhold i vol % (1966)       | 28   |
| Temperaturmålinger nedover i konstruksjonen | 29   |
| Temperaturmålinger i luft                   | 31   |
| Referanseliste                              | 35   |
| Vedlegg 1 - 5                               |      |



## 1. INNLEDNING

På Kjellstadvegen Lier i Buskerud ble det i 1966 bygget en 140 meters lang forsøksstrekning, der det ble foretatt frostsikring med forskjellige typer isolasjonsmaterialer (vedlegg 1). Bortsett ifra en meget kort strekning på Rv. 4 i Nittedal er dette den første frostisolerte vegstrekning i Norge.

Hensikten med forsøksfeltet var :

1. å etterprøve de teoretiske vurderingene av nødvendig isolasjon.
2. å vise at isolasjonsmaterialet kunne legges i underkant av overbygningen.
3. å undersøke varigheten av isolasjonsevnen og bestandigheten mot mekaniske påkjenninger.
4. å få erfaring med legging av isolasjonsmaterialer sett fra den anleggstekniske siden.

I prøvefeltet ble det brukt fire forskjellige isolasjonsmaterialer (vedlegg 2):

1. Blokkstøpt polystyrenskum av merke Sundolitt, produsert av Brødrene Sunde A/S
2. Ekstrudert polystyrenskum av merke Styrofoam FR produsert av Dow Chemical Co.
3. Ekstrudert polystyrenskum med produksjonshud av merke Roofmate, Dow Chemical Co.
4. Løs Leca pakket i diffusjonstette plastsekker utlagt i 2 lag.

Dette er arrangert slik (vedlegg 4 og 5):

1. XPS, Styrofoam i 5 cm platetykkelse. 10 m lengde.
2. XPS, Roofmate i 5 cm platetykkelse. 10 m lengde.
3. XPS, Roofmate i 2x5 cm platetykkelse. 10 m lengde.
4. XPS, Styrofoam i 10 cm platetykkelse. 10 m lengde.
6. EPS, Sundolitt i 10 cm platetykkelse. 60 m lengde.
7. Lecasekker i to lag, ca.20 cm. Hele veibredden.30 m lengde.
8. Lecasekker i to lag, ca.20 cm. Bare de midtre 5 m. 30 m lengde.

Veiens oppbygging, instrumentering og anleggsforhold er gitt i intern rapport nr.56 av 1966. Målinger av lufttemperaturer ble foretatt kontinuerlig og benyttet til beregning av frostmengder. Termistorer ble lagt inn i tverrprofil ved de forskjellige isolasjonstypene, og temperaturgradienten ble registrert gjennom veien, over og under isolasjonen.

Det ga grunnlag for å vurdere teori og praksis ved frostisolering. Temperaturgradienten kan også ses i sammenheng med oppfuktingen av isolasjonsmaterialet. Det ble foretatt nivellement av bolter i asfalten for registrering av ujevnt telehiv, og det ble holdt øye med eventuelle skader (vedlegg 3). Ved prøveopptak og analyse ble korngradering i jordmaterialene og vanninnhold i disse og i isolasjonsmaterialene registrert.

Det ble også utført diffusjonsfuktopptak for noe av plastmaterialet i spesiell testmaskin i laboratoriet (fig 23 - 24). Resultatet av disse målingene er ikke tidligere publisert, men finnes i interne rapporter og notater ved Veglaboratoriet. Etter noen år ble temperaturmålinger, termistormålinger og nivellementer innstilt.

Men Veglaboratoriet har, med god hjelp fra Buskerud Vegkontor, undersøkt materialene på grunnlag av oppgraving ialt syv ganger i disse tredivte årene, i 1969, 1972, 1975, 1978, 1981, 1984 og i 1996.

Noen av de gamle målingene er tatt med i denne rapporten (fig 14). Forøvrig gjengis her resultatene fra oppgraving og analyse høsten 1996, og det reflekteres over erfaringer, holdbarhet og isolasjonsevne av materialene som er brukt.

## 2. OPPBYGGING OG INSTRUMENTERING

Vedlegg 1 - 5 viser:

1. Situasjonsplan.
2. Plassering av isolasjon og kabler.
3. Plassering av bolter for nivellement.
4. De instrumenterte tverrprofilene.
5. Et skjematisk lengdeprofil av veien.

### Overbygning og dekke

Tverrprofil av veien er vist i vedlegg 4. Veien har to kjørefelter, er asfaltert i en bredde av syv meter og har en halvmeter brede banketter. Tykkelsen på asfaltlaget var 3,5 cm.

Bærelaget er penetrert pukk i 20 til 60 mm. Over isolasjonsplater og Lecasekker varierer forsterkningslaget fra 30 til 35 cm, og i det normale veiprofilet er det 40 cm. Det består av ikke-telefarlig sand (T1) med graderingstall  $Cu=3,5$ . Under isolasjonslaget er det et 10cm filterlag av samme masse som forsterkningslaget.

Fra traubunnen ned til en dybde av en halv til en meter består massene hovedsaklig av silt (T4 og T3). Under dette nivået er det funnet sandig grus og morene (T2).

Ved prøvefeltet ligger veien i kurve med radius 400 m og tverrfall 1:30.

### Dreneringen

Drensledningen ligger under høyre sideskråning, og veien har 1:30 tverrfall mot venstre. Under venstre sideskråning ligger lukket overvannsgrøft. Der vann i overbygningen ikke drenerer fritt ut i terrenget (pel nr.4 til 6 og pel 16 og videre) vil det samle seg vann i trauset. Dette ble antatt å ville føre til oppfukting av isolasjonsplatene med tiden.

Drensrørene under høyre sideskråning skulle vært fylt med selvdrenerende masser, men ble i stedet fylt med masser infisert med finstoff og matjord.

### Isolasjonsmaterialene

Styrofoam og Roofmate er ekstruderte polystyren-skums plater (XPS). Disse er formstøpte, har relativt høy trykkstyrke og relativt lavt vannopptak både ved diffusjonstest og ved direkte absorpsjon. Sundolitten er ekspandert polystyren (EPS). Platene er saget ut av en blokk av materialet, og de har ikke samme jevne kvalitet som XPS-platene, og heller ikke samme styrke eller fuktbestandighet. Men de har omlag halve prisen av XPS. Hvilket materiale man bør velge er derfor en avveining av økonomi og kvalitet, et spørsmål om optimal økonomi. Erfaringer med dette er selvsagt av stor betydning.

Dobler vi tykkelsen på platene oppnår vi ikke bare større isolasjon, men også ca. fire ganger lengre levetid. Som levetid er da regnet tid fra legging inntil materialet har nådd et gitt vanninnhold der det ikke lenger anses brukbart for frost-isolasjon av veien. For å finne den optimale tykkelsen er det derfor lagt ut felter med 5 cm tykkelse og av 10 cm tykkelse av XPS-platene.

XPS-platene var svært nøyaktige i målene Sundolitt-platene var mer varierende. Vi hadde endel tilpasningsarbeid på grunn av dette, da vi la vinn på å få tettest mulig dekning. Ved senere arbeider med isolasjons-plater i veier er dette ikke tatt så nøye, idet man har regnet med at noe "lekkasje" ikke betyr særlig for resultatet.

For å hindre at platene skulle blåse bort under legningen, begynte vi med å plugge dem fast, men fant snart ut at det var greiere å laste dem ned med forsterkningslagsmasser etterhvert.

Vi hadde liten tro på at Leca ville kunne holde et tilstrekkelig lavt vanninnhold over veiens funksjonstid dersom ikke Lecaen var lagt i diffusjonshindrende folie. Hele ideen med å pakke leca i plastsekker og legge i en vei syntes svært upraktisk, og det var ikke uten bange anelser vi gikk til verket. Utleggingen av sekkene krevde stor nøyaktighet og aktpågivenhet.

Over sekkene ble det lagt en relativt sterk folie for beskyttelse mot mekanisk skade, og grusen som ble dozet over var valgt med hensyn på å ikke være skarpkantet og punktere folien. Sekkene ble lagt i to lag og i "forband" for å sikre minst mulig varmelekkasje.

I tredve meters lengde ble Lecasekkene lagt i hele veiens bredde. De siste tyve metrene av forsøksstrekningen hadde Lecasekker bare over de fem midtre metrene av veien. Her var tanken å se hvorvidt den siste løsningen ville gi tilstrekkelig frostbeskyttelse. En Lecasekk bygget ca. 10 til 13 cm. Det ble anslått at en Lecasekktykkelse tilsvarte ca. 5 cm XPS.

Lecasekkene hadde ligget lagret i en låve i ca. et år. Fuktighet i Lecaen fra produksjon hadde bløtt opp flere av papirsekkene, så disse hadde revnet. Noen få av plastsekkene, som lå utenpå papirsekkene, hadde skader i form av stikk og risp. Det var på det viset i alt ca. 7% brekkasje på Lecasekkene, mest på grunn av indre fukt.

### Termistorene

Vedlegg 4 og 5 viser beliggenheten av termistorene. Kabler fra termistorene ble ført til to måleboder, der loggere ble avlest. Vi var primært opptatt av å studere temperaturprofilen gjennom veien, og særlig over og under isolasjonen. Vi ønsket også å se på temperaturfordelingen over tverrprofilen. Denne rapporten tar bare grovt for seg de målte resultatene. Men her er grunnlag for mer omfattende studier av erfaringsmaterialet.

Kjenner man isolasjonsevnen av platene og temperaturfallet over platene \ sekkene kan man regne ut varmemengden som passerer pr. tidsenhet. Frostmengden på stedet er bestemmende for isolasjonsbehovet. Men uten et varmemagasin å trekke på under isolasjonen, ville det selvsagt ikke være noen nytte av isolasjonen.

Varmemagasinet er jordvarmen, akkumulert gjennom sommeren. Den er en funksjon av årsmiddeltemperaturen. Blir "varmeutsugningen" gjennom isolasjonen større enn varmetilførselen nedenfra, vil frosten komme ned i unnergrunnen og fryse ut vann og eventuelt danne islinser og telehiving.

Oppfuktningen av isolasjonsplatene, mente vi, var i langt større monn diktert av damptrykkdifferansen over platene enn av den direkte kontakten med fuktighet i grunnen. Mettet vanddamp i høy temperatur har et større damptrykk enn i lavere temperatur. En asfaltert vei har gjerne mettet luft. I sommervarmen kan det være høy temperatur over platene og lav under.

Sommeren er derfor den tiden da platene vil ta opp mest vann. Derfor er det viktig å kjenne temperaturprofilene året rundt. Et laboratorieforsøk (Fig 23 - 24) kan utføres for å finne damptrykk-\ diffusjons-motstanden i isolasjonsmaterialet. Det var derfor også vår intensjon å finne ut av dette forholdet.

Vi anslo isolasjonsevnen i tørr Leca å være ca. halvparten av den vi har i tørr XPS. Hvorvidt Lecaisolasjonen ville kunne holde seg uskadd gjennom anleggstid og brukstid var et stort spørsmål. Metoden falt noe tungvint og relativt kostbar. Men vi regnet med at et vellykket resultat kunne gi støtet til en raffinering av metoden, slik at den ble både mer brukervennlig og rimelig.

Metoden ble senere også benyttet i den høytrafikkerte Prins Oscars gt. i Drammen. Der var vi mer uheldige med leveransen, idet Lecaen i sekkene utviklet en gass som blåste opp sekkene. Vi måtte punktere sekkene der, og få ut gassen og sveise sekkene igjen. Vi har ikke foretatt noen målinger eller oppfølging i Prins Oscars gt.

Videreutvikling av metoden eller gjentatt bruk har vi ikke hatt. Å benytte løs Leca uten fuktbeskyttelse har vi aldri hatt noen tro på. Vi anser at Leca-kulene vil ta opp fukt både inne i seg og på overflaten, og at isolasjonsevnen vil bli for lav i forhold til volumet og kostnaden. Men her er det rom for adskillig kreativitet.

### Nivellementsbolter

Det ble montert tre fastmerker av den type Veglaboratoriet benyttet på den tiden. Dette var hule, tre meter lange stålrør med en 0,3x0,3m fotplate satt i nedre ende. Rørene ble satt ned til en dybde av 2,5 m, og de var omgitt av et plastrør fylt med grease. I øvre ende var de omgitt av et sementmufferør fylt med singel og finpukk.

I dekket, i 22 tverrprofiler med 15 bolter. I tillegg var det 22 senterbolter og 4 i et tverrprofil, tilsammen 256 bolter. Disse ble regelmessig nivellert de første årene. Senere er veien blitt reasfaltert og nivellementet opphørte.

### Lufttemperaturer

Det ble satt opp en enkel kasse med maks.-min.- og hoved-termometer på nærmeste gårdstun, og gårdbrukeren foretok målinger daglig mot godtgjørelse. Senere ble det montert termograf og ført kontinuerlig registrering.

### Fuktabsorpsjon og isolerende evne i XPS, EPS og Leca

Vi forventet at:

1. EPS ville ta opp mer fukt enn XPS.
2. 5 cm plater ville fuktes opp ca. fire ganger raskere enn 10 cm plater av samme materiale.
3. isolasjonsevnen i 20 cm Leca (to sekkelag) er ekvivalent med 10 cm XPS-plater.
4. fuktopptaket i XPS og EPS hovedsaklig vil skje ved termisk diffusjon ovenfra sommerstid.
5. fuktopptaket ved ytre absorpsjon vil bli størst i våte partier av trauet.
6. frosten kunne slå igjennom i den uisolerte del av veien der Leca bare dekker midtre 5m.
7. frosten ville trenge innunder endepartiene av det isolerte feltet.

Fig 14 viser gjennomsnittlig vann i volum% for de forskjellige platene i veien gjennom tre år. Vi ser at 10 cm Sundolitt allerede i 1969, altså etter tre år i veien, hadde kommet opp i 14 vol% vanninnhold. Deretter gikk det litt opp og ned til 1996, da den har kommet opp i ca. 22 vol% vann, som er det høyeste for Sundolitten og det høyeste totalt.

Disse platene er "søkkunge" og har sterkt redusert isolasjonseffekt. Selvsagt vil vanninnholdet i seg selv bremse noe på frostnedtrengningen fordi vannet i Sundolitten må fryse før frosten kan gå videre nedover. Men dette er langt mindre bidrag enn den isolerende effekten av tørr isolasjon.

Nest dårligst ligger 5 cm platene av Styrofoam. Med noe variasjon har de steget relativt jevnt i vanninnhold inntil ca 13 vol% i 1996. Tilsvarende har 10 cm Styrofoam steget til 5 vol% i 1996. Kurvene for de to Styrofoamplatene viser at 10 cm platene har tatt fra 4,5 til 5 ganger lenger tid på å fuktes opp enn 5 cm platene. Dette stemmer relativt bra med forventningen i punkt 2 ovenfor.



Best ligger Roofmateplatene. Disse var de fasteste, og de hadde en hard, glatt finish på overflaten. 5 cm Roofmateplater oppførte seg likt med 10 cm Styrofoam. Dette skulle tilsi fire ganger lenger levetid, fuktsikringsmessig. Men i isolasjonsverdi ligger de ellers likt an med Styrofoamplatene innenfor de målte 30 årene. Roofmate 10 cm er best av platene, med 4,5 vol% etter tredivye år. Den har tatt ca 1,5 ganger lenger å fukte opp enn 5 cm Roofmateplatene. Dette tyder på at fuktingen av Roofmate ikke domineres av termisk diffusjon, men av ytre fukt.

For Lecasekkene er vanninnholdet målt i vann i % av tørrvekt. Dette må multipliseres med ca. 0,4 for å finne vann i vol%. Vi har ikke målt dette før ved slutten av de 30 årene. I det øverste sekkelaget er det registrert ca 12% etter tørrvekt og i det nedre sekkelaget ca. 1 til 3% etter tørrvekt. For å sammenligne med platene må dette altså multipliseres med ca. 0,4. Det gir ca 5 vol% i det øvre sekkelaget og 0,5 til 1,5 vol% i det nedre sekkelaget. Det er klart at dette kan variere fra sekk til sekk og at vi kanskje burde målt mer enn vi har gjort. Likevel er tallene bemerkelsesverdige lave.

Som tidligere nevnt var det allerede ved legging en del fuktighet i Lecaen. Det synes altså som om Lecaen har ligget gjennom 30 år uten å ta opp vesentlig med fukt, og har bevart sin isolerende evne intakt. Lecaen kommer altså isolasjonsmessig seirende ut. Vi mener bestemt at årsaken til at Lecaen har bevart sin isolerende evne er at den ligger i diffusjonstette sekker.

Gjennom alle prøvetakingene har det vist seg at isolasjonsmaterialene var mest fuktige i den delen av tverrprofilen som lå lavest. Det vil si i innersvingen. Dette er i overensstemmelse med forventning nr.5 ovenfor.

Det kan også ses av fig.15 og 16 at isolasjonsplatene har langt mer fuktighet ytterst mot flatene enn inne i platene. Dette betyr at ytre fukting nok har større betydning i forhold til termisk diffusjon, noe som er i utakt med forventning nr.4 ovenfor. Likevel skjer nok den termiske diffusjonsopptaket av vann vesentlig i sommerhalvåret. Det er viktig at underlaget for isolasjonsmaterialene er godt drenert.

Det har vist seg at der Lecaen bare dekker 5m midt i veien har det blitt telehiving i det uisolerte området utover mot veikanten. Dette bevirker årligvis at det samler seg vann midt i veien her på våren inntil telen går ut av grunnen. Dette er i samsvar med forventning nr.6 ovenfor.

Ved begge ender av veien har frosten trengt inn under det isolerte feltet og laget skader i dekket., Det vil si ved pel 4 der det ligger 5 cm Styrofoam og ved pel 19, der det ligger Leca. Dette er i samsvar med forventning 7 ovenfor.

Det er ellers lite tegn til skader, bortsett fra noe over det området som er isolert med 10 cm Sundolitt.

Vi må derfor si at forventningene vi stilte for 30 år siden har i det hovedsakelige blitt oppfylt. Vi er positivt overrasket med hensyn til Lecaisolasjonen. Det kan sikkert finnes metoder for å gjøre denne mer kostnadseffektiv og anleggsvennlig.

### 3. ERFARINGER ETTER 30 ÅR

Hensikten med forsøksfeltet var:

1. å etterprøve de teoretiske vurderingene av nødvendig isolasjon.
2. å vise at isolasjonsmaterialet kunne legges i underkant av overbygningen.
3. å undersøke varigheten av isolasjonsevnen og bestandigheten mot mekaniske påkjenninger.
4. å få erfaring med legging av isolasjonsmaterialer sett fra den anleggstekniske siden.

Observasjonene gjennom 30 år har i det alt vesentlige oppfylt denne hensikten.

Ved igangsettingen forventet vi at:

1. EPS ville ta opp mer fukt enn XPS.
2. 5 cm plater ville fuktes opp ca. fire ganger raskere enn 10 cm plater av samme materiale.
3. isolasjonsevnen i 20 cm Leca (to sekkelag) er ekvivalent med 10 cm XPS-plater.
4. fuktopptaket i XPS og EPS hovedsaklig vil skje ved termisk diffusjon ovenfra sommerstid.
5. fuktopptaket ved ytre absorpsjon vil bli størst i våte partier av trauet.
6. frosten kunne slå igjennom i den uisolerte del av veien der Leca bare dekker midtre 5m.
7. frosten ville trenge innunder endepartiene av det isolerte feltet.
8. 10 cm XPS ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
9. 10 cm EPS kanskje ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
10. 5 cm XPS ville kanskje fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
11. Lecaen i full bredde antagelig ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.
12. Lecaen over de 5 midtre m kanskje ville fungere tilfredsstillende over veiens levetid.

Disse forventningene ble oppfylt med unntak av:

4. Fuktopptaket i XPS og EPS skjedde antagelig vel så meget ved direkte oppsug fra fritt vann som ved termisk diffusjon.
9. 10 cm. EPS fungerte ikke tilfredsstillende. Den ble raskere fuktet enn ventet.
10. 5 cm. XPS, i alle fall Roofmate, fungerte tilfredsstillende og var tilstrekkelig.
11. Lecaen i full bredde fungerte tilfredsstillende, og Lecaen var like god som 10 cm XPS.
12. Lecaen over de 5 midtre m fungerte ikke tilfredsstillende. Det ble telehiv i det uisolerte området.

I hovedsak kan vi altså si at resultatene var etter forventningene, noen resultater dårligere og noen bedre enn forventet.

Fuktabsorpsjon og isolerende evne i XPS, EPS og Leca:

Vi forventet at:

1. EPS ville ta opp mer fukt enn XPS.
2. 5 cm plater ville fuktes opp ca. fire ganger raskere enn 10 cm plater av samme materiale.
3. isolasjonsevnen i 20 cm Leca (to sekkelag) er ekvivalent med 10 cm XPS-plater.
4. fuktopptaket i XPS og EPS hovedsaklig vil skje ved termisk diffusjon ovenfra sommerstid.
5. fuktopptaket ved ytre absorpsjon vil bli størst i våte partier av traet.
6. frosten kunne slå igjennom i den uisolerte del av veien der Leca bare dekker midtre 5m.
7. frosten ville trenge innunder endepartiene av det isolerte feltet.

Fig.14 viser gjennomsnittlig vann i volum% for de forskjellige platene i veien gjennom tre år. Vi ser at 10 cm Sundolitt allerede i 1969, altså etter tre år i veien, hadde kommet opp i 14 vol% vanninnhold. deretter gikk det litt opp og ned til 1996, da den har kommet opp i ca. 22 vol% vann, som er det høyeste for Sundolitten og det høyeste totalt.

Disse platene er "søkketunge" og har sterkt redusert isolasjonseffekt. Selvsagt vil vanninnholdet i seg selv bremse noe på frostnedtrengningen fordi vannet i Sundolitten må fryse før frosten kan gå videre nedover. Men dette er langt mindre bidrag enn den isolerende effekten av tørr isolasjon.

Nest dårligst ligger 5 cm platene av Styrofoam. Med noe variasjon har de steget relativt jevnt i vanninnhold inntil ca 13 vol% i 1996. Tilsvarende har 10 cm Styrofoam steget til 5 vol% i 1996. Kurvene for de to Styrofoamplatene viser at 10 cm platene har tatt fra 4,5 til 5 ganger lenger tid på å fuktes opp enn 5 cm platene. Dette stemmer relativt bra med forventningen i punkt 2 ovenfor.

Best ligger Roofmateplatene. Disse var de fasteste, og de hadde en har, glatt finish på overflaten. 5 cm Roofmateplater oppførte seg likt med 10 cm Styrofoam. Dette skulle tilsi fire ganger lenger levetid, fuktsikringsmessig. Men i isolasjonsverdi ligger de ellers likt an med Styrofoamplatene innenfor de målte 30 årene. Roofmate 10 cm er best av platene, med 4,5 vol% etter tre år. Den har tatt ca 1,5 ganger lenger å fukte opp enn 5 cm Roofmateplatene. Dette tyder på at fuktingen av Roofmate ikke domineres av termisk diffusjon, men av ytre fukt.

For Lecasekkene er vanninnholdet målt i vann i % av tørrvekt. Dette må multipliseres med ca. 0,4 for å finne vann i vol%. Vi har ikke målt dette før ved slutten av de 30 årene. I det øverste sekkelaget er det registrert ca 12% etter tørrvekt og i det nedre sekkelaget ca. 1 til 3% etter tørrvekt. For å sammenligne med platene må dette altså multipliseres med ca. 0,4. Det gir ca 5 vol% i det øvre sekkelaget og 0,5 til 1,5 vol% i det nedre sekkelaget. Det er klart at dette kan variere fra sekk til sekk og at vi kanskje burde målt mer enn vi har gjort. Likevel er tallene bemerkelsesverdige lave.

Som tidligere nevnt var det allerede ved legging endel fuktighet i Lecaen. Det synes altså som om Lecaen har ligget gjennom 30 år uten å ta opp vesentlig med fukt, og har bevart sin isolerende evne intakt. Lecaen og Roofmaten kommer altså isolasjonsmessig seirende ut.

Gjennom alle prøvetakingene har det vist seg at isolasjonsmaterialene var mest fuktige i den delen av tverrprofilet som lå lavest. Det vil si i innersvingen. Dette er i overensstemmelse med forventning nr. 5 ovenfor.

Det kan også ses av fig. 15 og 16 at isolasjonsplatene har langt mer fuktighet ytterst mot flatene enn inne i platene. Dette betyr at ytre fukting nok har større betydning enn antatt i forhold til termisk diffusjon, noe som er i utakt med forventning nr. 4 ovenfor. Likevel skjer nok den termiske diffusjonsopptaket av vann vesentlig i sommerhalvåret.

Det har vist seg at der Lecaen bare dekker 5 m midt i veien har det blitt telehiving i det uisolerte området utover mot veikanten. Dette bevirker årvissst at det samler seg vann midt i veien her på våren inntil telen går ut av grunnen. Dette er i samsvar med forventning nr. 6 ovenfor.

Ved begge ender av veien har frosten trengt innunder det isolerte feltet og laget skader i dekket. Det vil si ved pel 4 der det ligger 5 cm Styrofoam og ved pel 19, der det ligger Leca. Dette er i samsvar med forventning 7 ovenfor. Det er ellers lite tegn til skader, bortsett fra noe over det området som er isolert med 10 cm Sundolitt.

Vi må derfor si at forventningene vi stilte for 30 år siden har i det hovedsaklige blitt oppfylt. Vi er positivt overrasket med hensyn til Lecaisolasjonen.

#### 4. PRØVETAKING 1996

##### Prøvetaking av isolasjonsmaterialene.

I oktober 1996 ble oppgravingen foretatt med deltagelse av tre mann fra Veglaboratoriet. Buskerud fylke deltok med en mann og en innleid minigraver. Buskerud ordnet alt det praktiske ved oppgravingen og prøvefeltene var skåret ut før Veglaboratoriets folk kom. Prøvetakingen tok 1½ dag. For å finne tilbake til riktig kjeding ble det tatt utgangspunkt i kummer plassert i profil 7 og profil 13 i henhold til anleggsbeskrivelse (intern rapp. Nr 56)

Det ble tatt prøver av følgende isolasjonsmateriale.

Styrofoam FR 5 cm (profil 4+3 V+H side)  
Styrofoam RM 5 cm (profil 5+3 V side)  
Styrofoam RM 2x5 cm (profil 6+3 V side)  
Styrofoam FR 10 cm (profil 7+2 V side)  
Sundolitt 10 cm (profil 11 V side)  
Leca (profil 14+5 V side)

##### **Alle prøver er nummerert fra senterlinje og utover**

Av Styrofoam FR 5 cm ble det tatt prøver i hele vegens tverrprofil. Av de andre materialene ble det bare tatt av **venstre** kjørebane (sett mot stigende pelnummer). Venstre kjørebane ligger i innersving og lavere i skjæring, med mer fuktighet i traubunnen.

Det ble skåret ut 60-70 cm brede spor i dekke. Dette ble så fjernet med en minigraver. Minigraveren ble også brukt til å fjerne mesteparten av forsterkningslaget. Resten av grusen ble fjernet manuelt for ikke å skade platene. Isolasjonsmaterialene ble saget ut i ca 10 cm bredde og merket for senere identifisering.

Prøvene ble pakket i doble plastposer og tatt inn til Veglaboratoriet for bestemmelse av trykkstyrke og vanninnhold. Noen av prøvene ble skåret i skiver for å se fordelingen av fukten i platenes tykkelse.

##### Prøvetaking av grusen

Det ble tatt prøver av grusen for hver meter i tverrprofilet. I profil 4+3 og 5+3 ble det tatt prøver i tre dybder over platene og en prøve av undergrunnen. I de andre profilene ble det tatt prøver i to dybder over og en av undergrunnen fordi det var noe mindre overdekkning i disse profilene. Prøvene ble pakket i plastposer og tatt med til Veglaboratoriet for bestemmelse av vanninnhold.

## 5. RESULTATER AV PRØVETAKING 1996

### Isolasjonsmaterialenes fuktopptak.

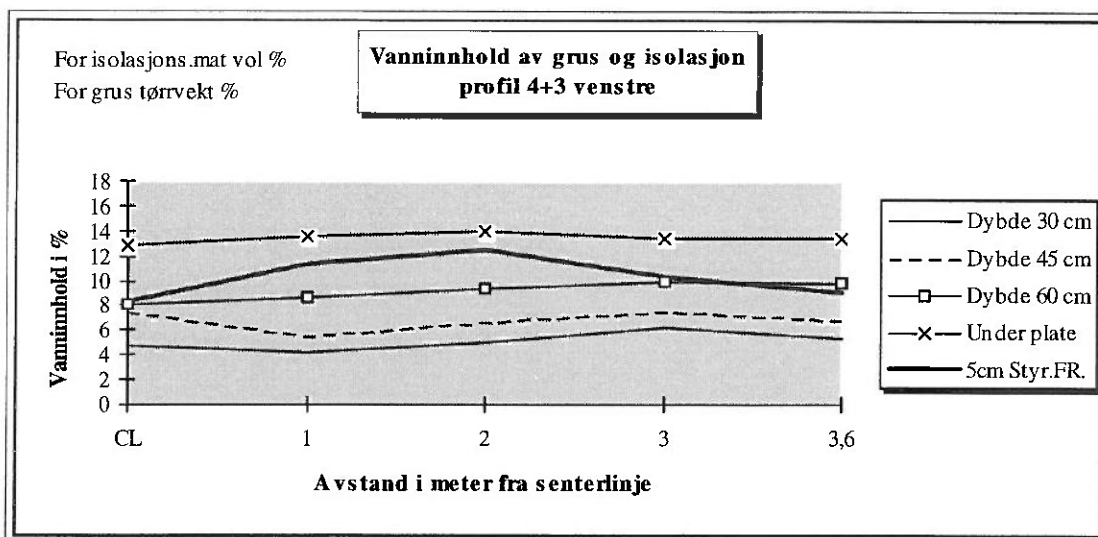
Av de undersøkte isolasjonsmaterialene skiller Sundolit seg klart ut med et mye høyere vanninnhold enn de øvrige materialene.

| <u>Profil</u>       | <u>Variasjon i vanninnhold</u> | <u>Midlere vanninnhold</u> |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 4 + 3 høyre side    | 5,0 - 14,8                     | 10,8                       |
| 4 + 3 venstre side  | 8,3 - 18,3                     | 13,6                       |
| 5 + 3 venstre side  | 5,0 - 7,7                      | 6,3                        |
| 6 + 3 venstre side  | 2,9 - 5,4                      | 4,4                        |
| 7 + 2 venstre side  | 3,0 - 7,6                      | 5,4                        |
| 11 venstre side     | 14,5 - 33,6                    | 21,5                       |
| 14 + 5 venstre side | 1,3 - 13,9                     | 8,0                        |

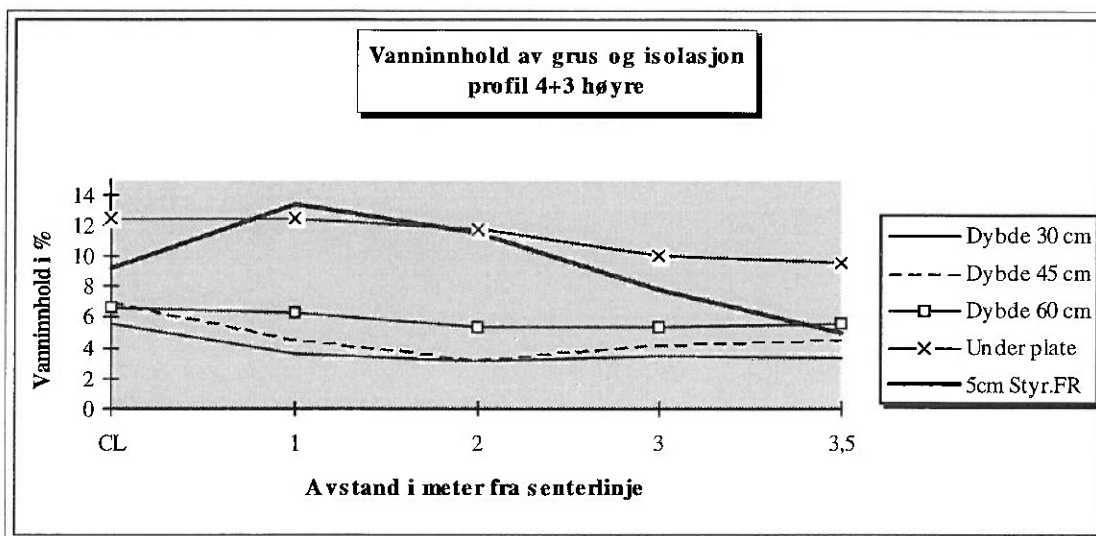
At det er så stor forskjell i vanninnholdet på høyre og venstre side (sett mot stigende pelnummer) kan skyldes at vegen ligger i kurve med ensidig tverrfall (1:30) mot øst. Dessuten ligger det en lukket drensgrøft i venstre vegskråning.



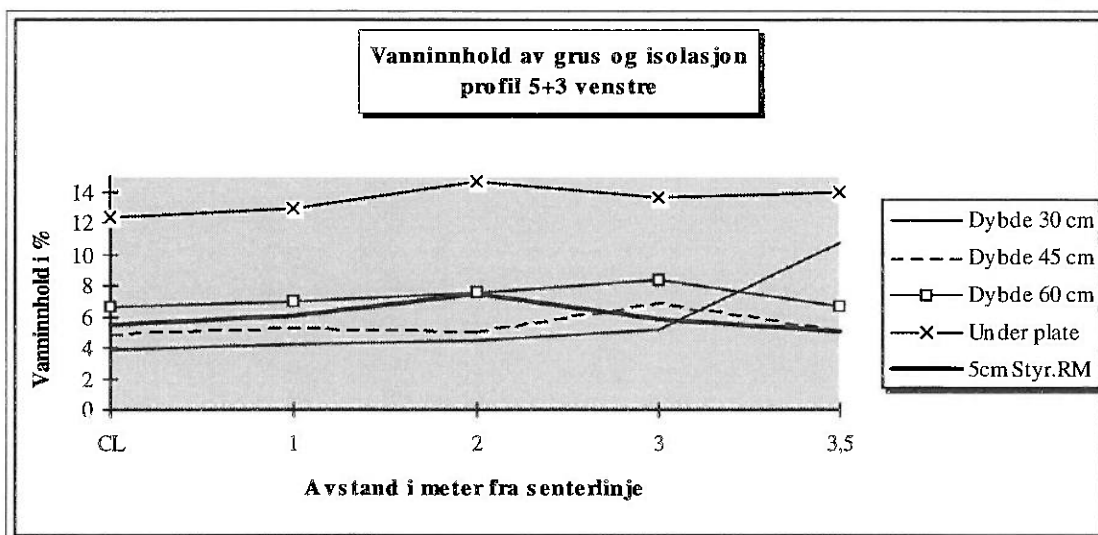
Figur 1



Figur 2

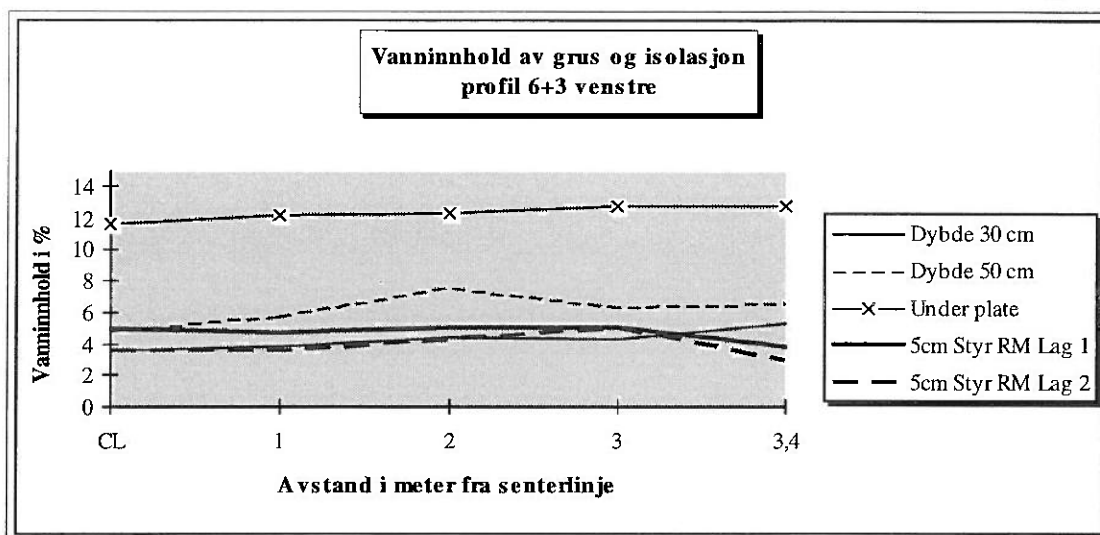


Figur 3

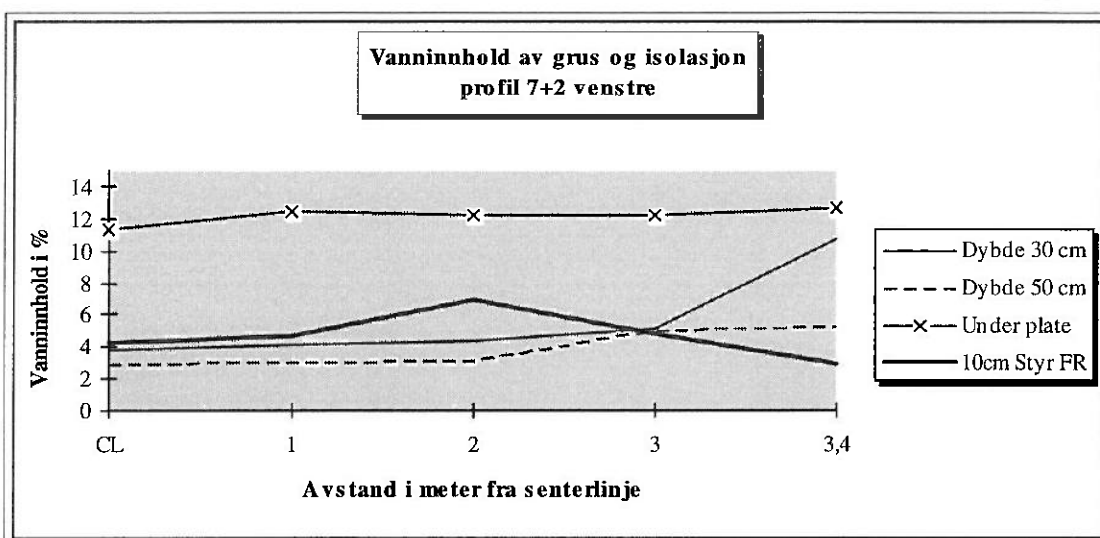




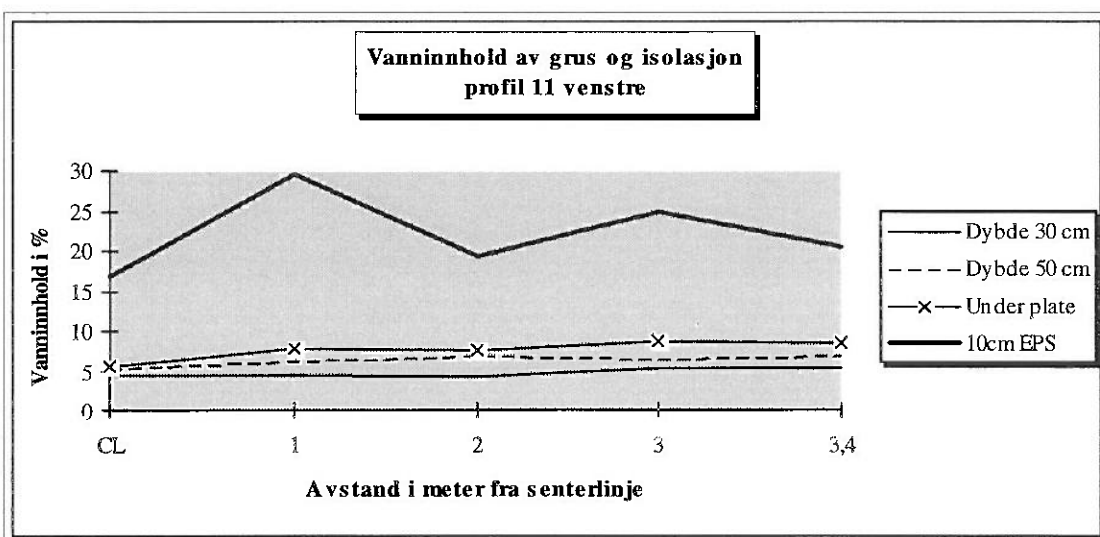
Figur 4



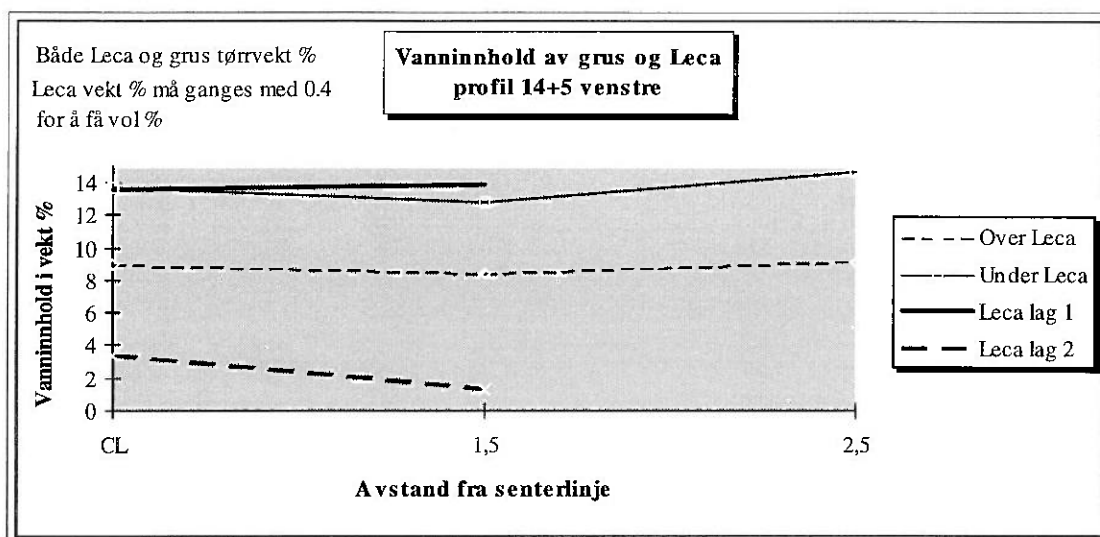
Figur 5



Figur 6

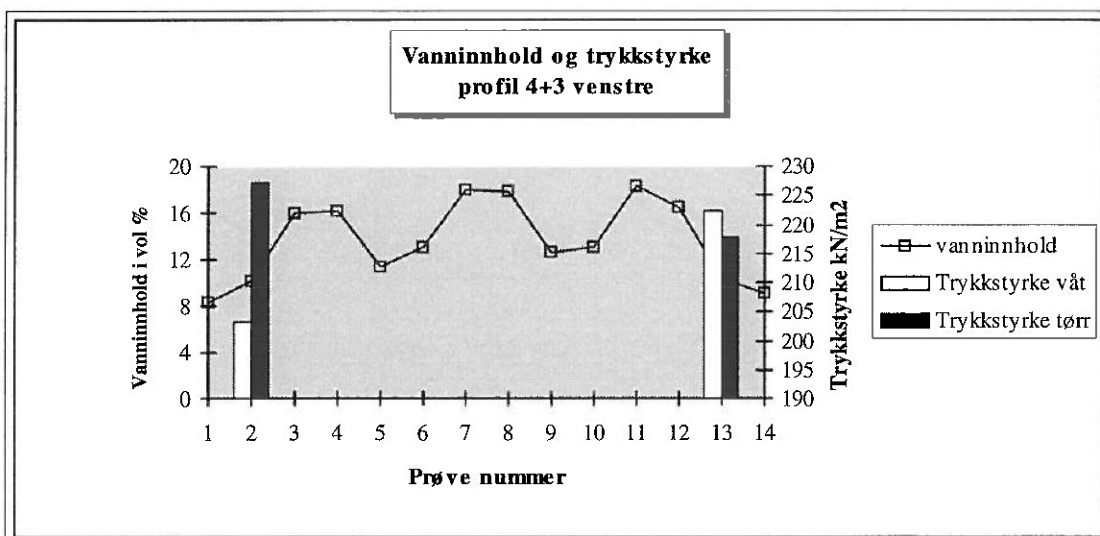


Figur 7



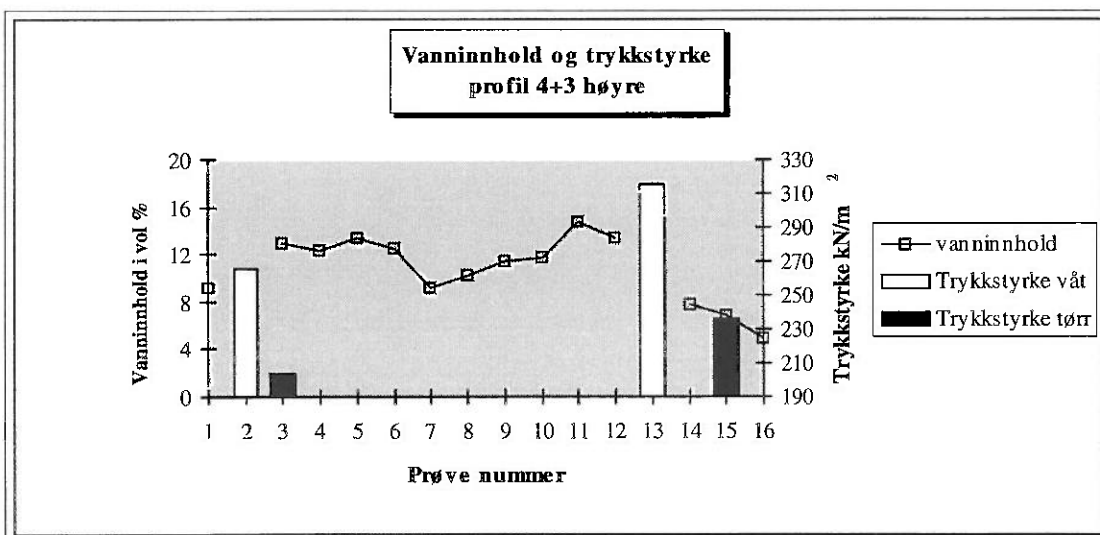
Styrofoam FR 5 cm

Figur 8



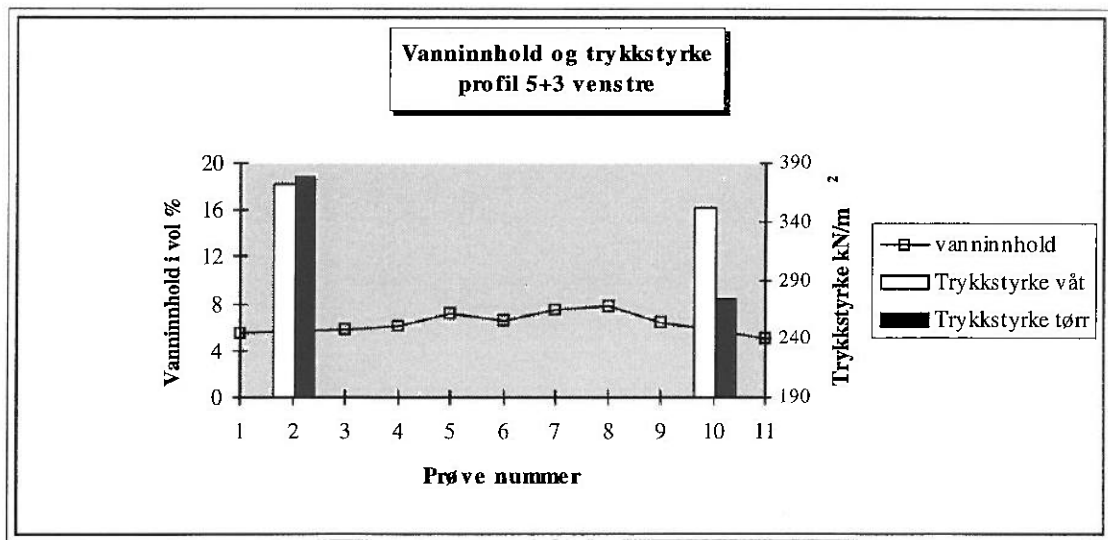
Styrofoam FR 5 cm

Figur 9



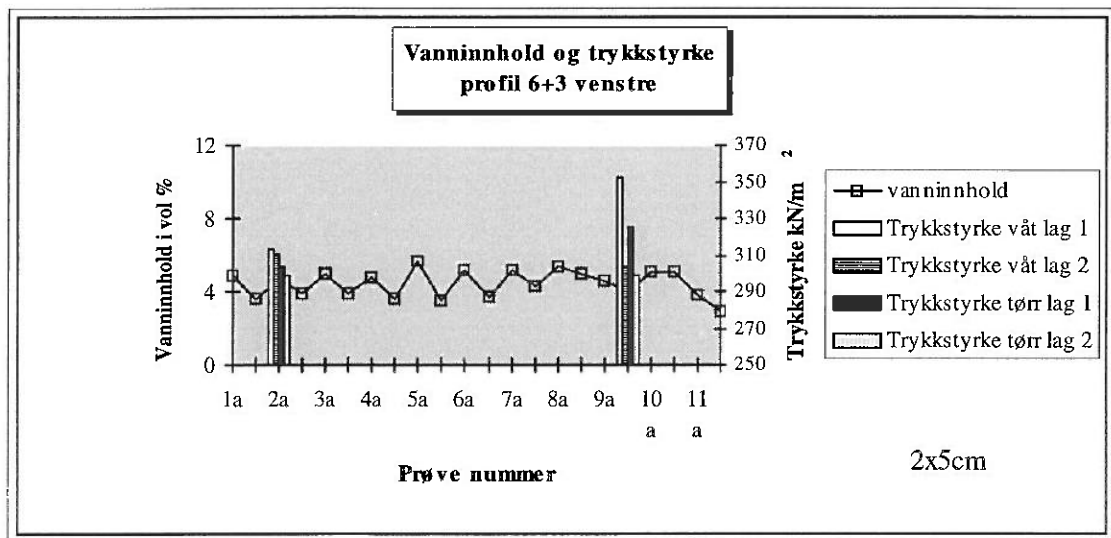
Styrofoam RM 5 cm

Figur 10



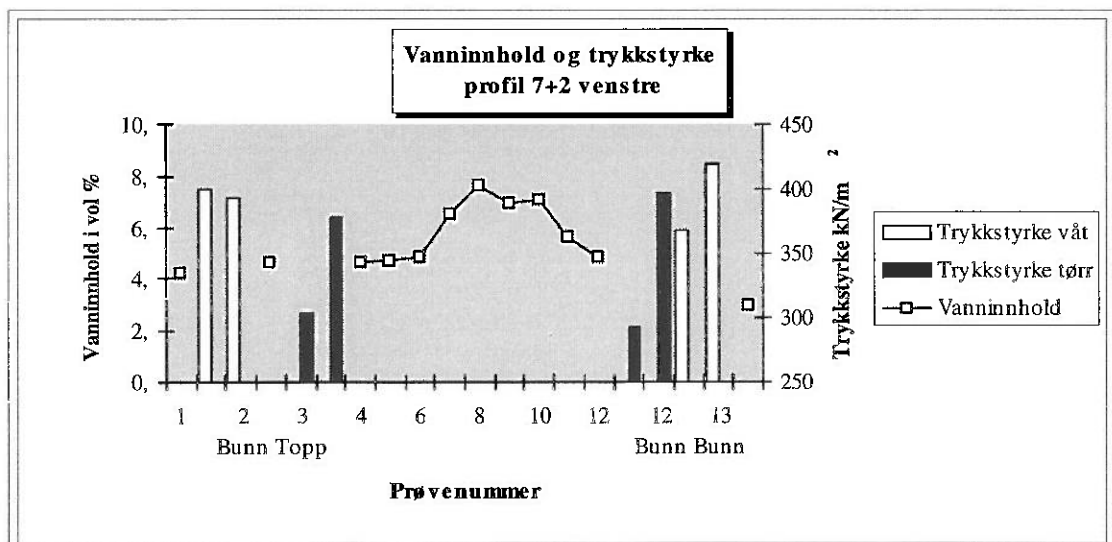
Styrofoam 2x5 cm

Figur 11



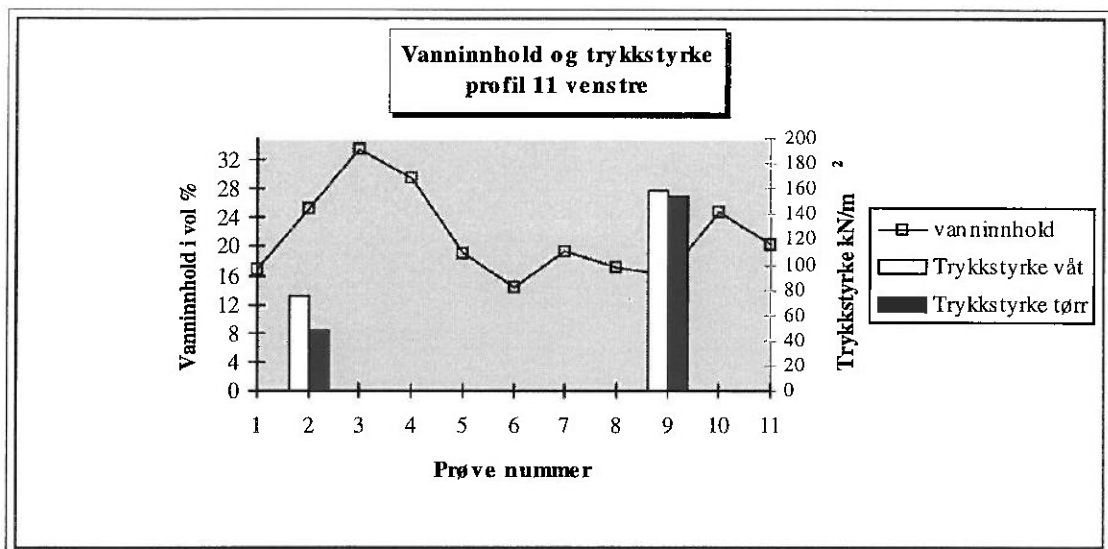
Styrofoam FR 10 cm

Figur 12

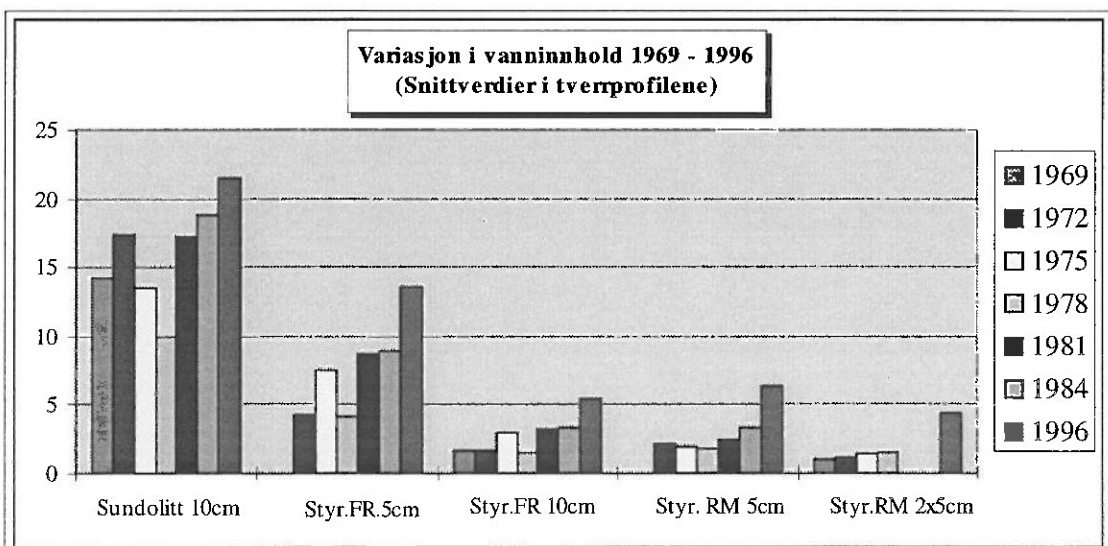


## Sundolitt EPS 10 cm

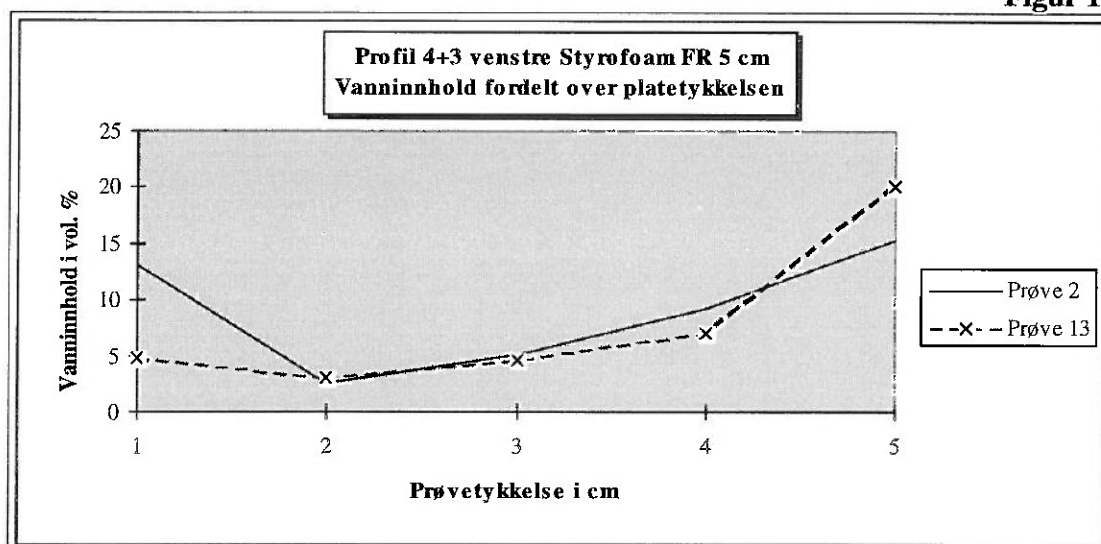
Figur 13



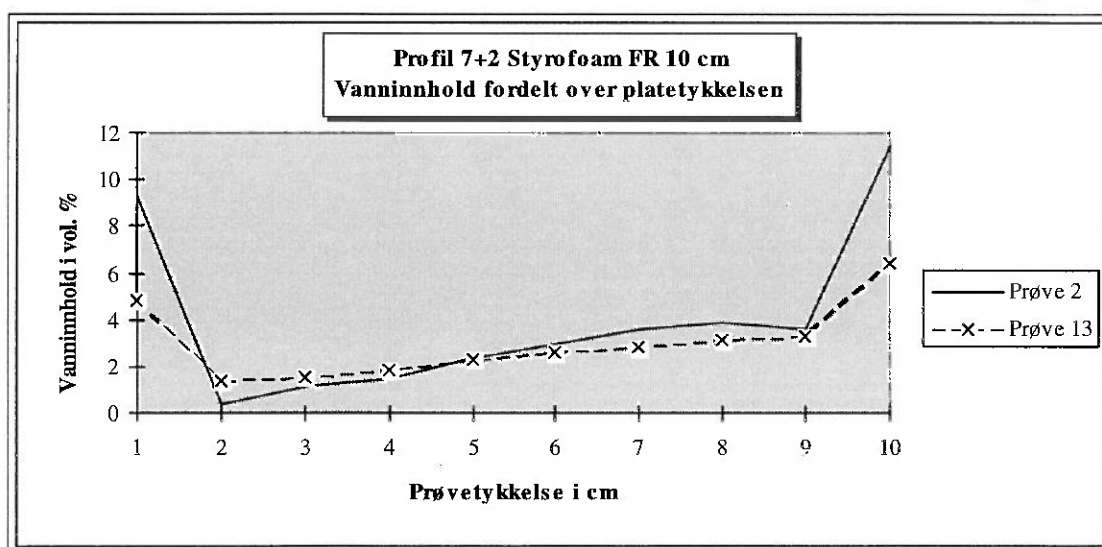
Figur 14



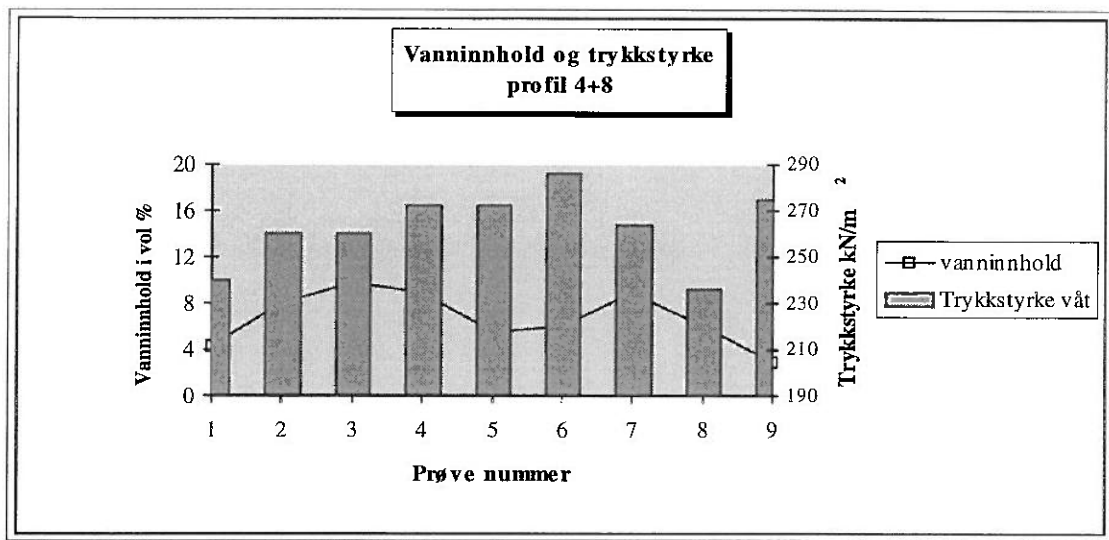
Figur 15



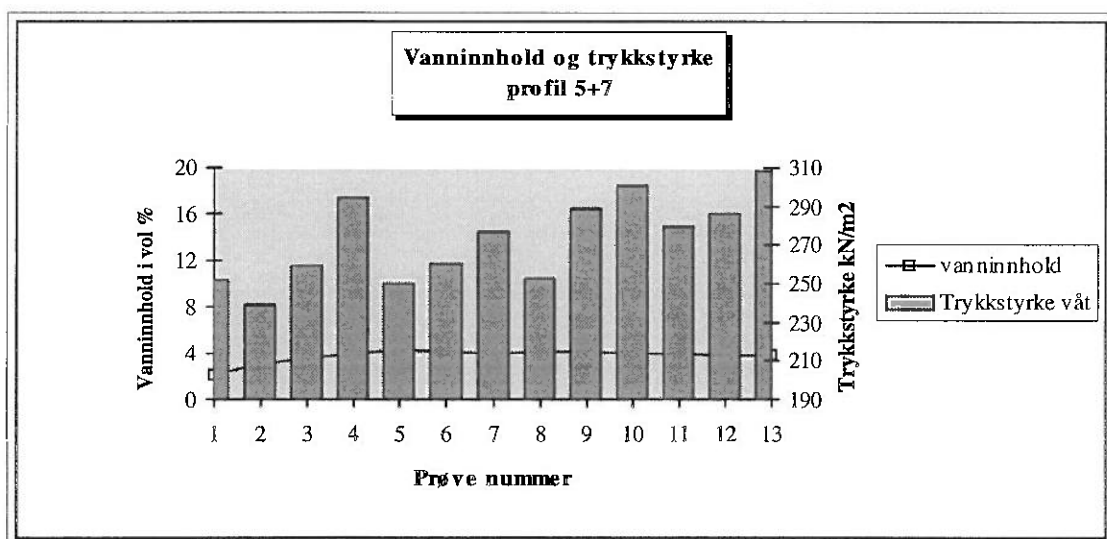
Figur 16



Figur 17 Resultater 1984



Figur 18 Resultater 1984



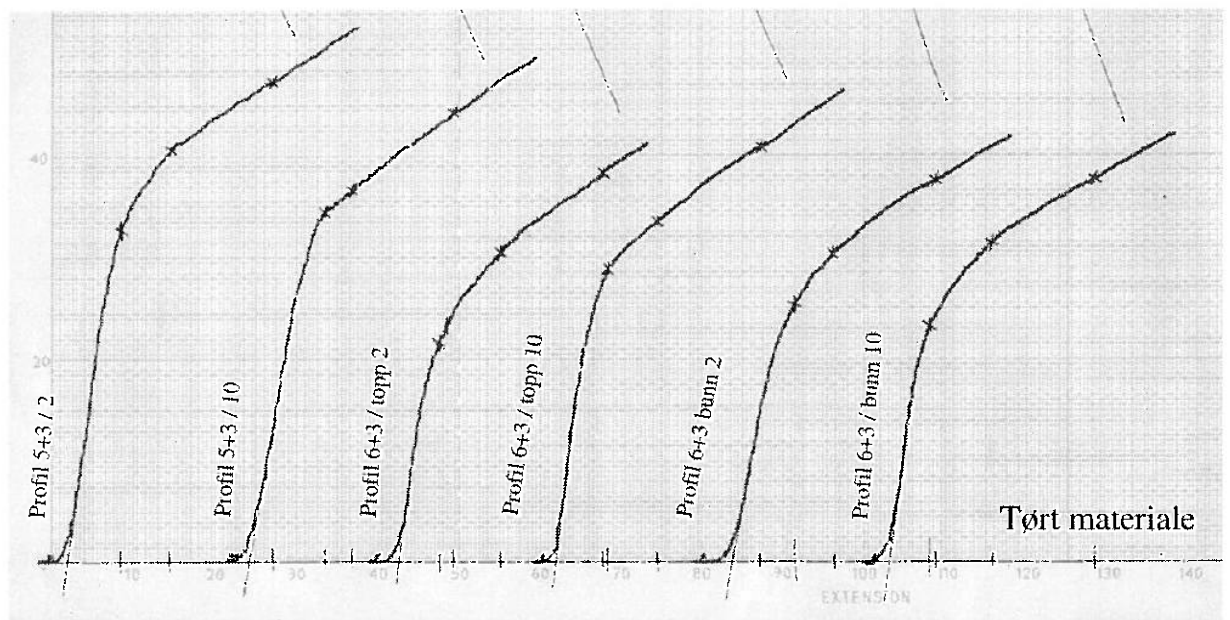
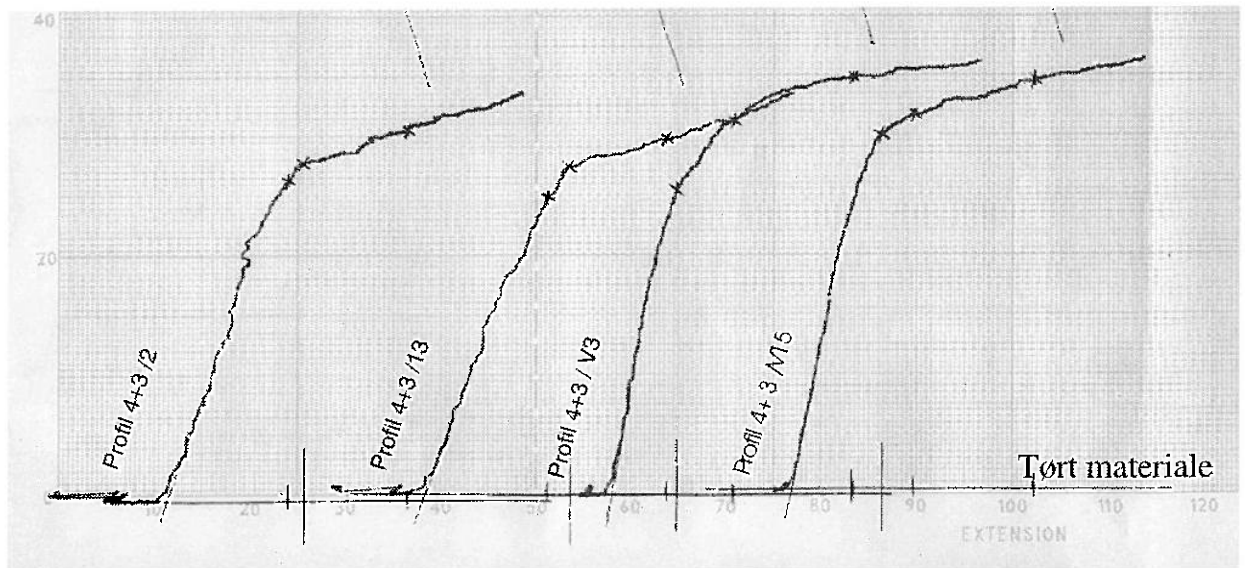
Tabell 1

## Oversikt over trykkstyrke / densitet prøvetaking 1996

| Profil nr. | Vått materiale |               |               |              | Tørr materiale |                |               |               |
|------------|----------------|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|            | Prøve nr.      | Tr.styrke våt | % Deformasjon | Densitet våt | Prøve nr.      | Tr.styrke tørr | % Deformasjon | Densitet tørr |
| 4+3        | 2              | 203,2         | 3,8           | 123,8        | 2              | 227,2          | 5,7           | 29,5          |
| 4+3        | 2              | 219,2         | 5             | 123,8        | 2              | 214,4          | 5             | 29,5          |
| 4+3        | 2              | 252,8         | 10            | 123,8        | 2              | 246,4          | 10            | 29,5          |
| 4+3        | 13             | 222,4         | 4             | 128,4        | 13             | 217,6          | 6             | 33,2          |
| 4+3        | 13             | 233,6         | 5             | 128,4        | 13             | 198,4          | 5             | 33,2          |
| 4+3        | 13             | 267,2         | 10            | 128,4        | 13             | 238,4          | 10            | 33,2          |
|            |                |               |               |              |                |                |               |               |
| 4+3 V      | 2              | 201,6         | 1,4           | 112,3        | 3              | 203,2          | 2,7           | 30,8          |
| 4+3 V      | 2              | 265,6         | 5             | 112,3        | 3              | 249,6          | 5             | 30,8          |
| 4+3 V      | 2              | 291,2         | 10            | 112,3        | 3              | 280            | 10            | 30,8          |
| 4+3 V      | 13             | 297,6         | 4,2           | 139,3        | 15             | 236,8          | 3,8           | 31,3          |
| 4+3 V      | 13             | 315,2         | 5             | 139,3        | 15             | 249,6          | 5             | 31,3          |
| 4+3 V      | 13             | 331,2         | 10            | 139,3        | 15             | 275,2          | 10            | 31,3          |
|            |                |               |               |              |                |                |               |               |
| 5+3        | 2              | 251,2         | 2,6           | 99,6         | 2              | 260,8          | 2,6           | 41,9          |
| 5+3        | 2              | 307,2         | 5             | 99,6         | 2              | 355,2          | 5             | 41,9          |
| 5+3        | 2              | 371,2         | 10            | 99,6         | 2              | 377,6          | 10            | 41,9          |
| 5+3        | 10             | 256           | 2             | 93,7         | 10             | 273,6          | 3,7           | 41,1          |
| 5+3        | 10             | 297,6         | 5             | 93,7         | 10             | 291,2          | 5             | 41,1          |
| 5+3        | 10             | 352           | 10            | 93,7         | 10             | 352            | 10            | 41,1          |
|            |                |               |               |              |                |                |               |               |
| 6+3        | 2 topp         | 161,6         | 1,4           | 80,3         | 2 topp         | 171,2          | 2             | 38,6          |
| 6+3        | 2 topp         | 246,4         | 5             | 80,3         | 2 topp         | 243,2          | 5             | 38,6          |
| 6+3        | 2 topp         | 313,6         | 10            | 80,3         | 2 topp         | 304            | 10            | 38,6          |
| 6+3        | 10 topp        | 220,8         | 1,7           | 84,1         | 10 topp        | 228,8          | 2,5           | 40,8          |
| 6+3        | 10 topp        | 286,4         | 5             | 84,1         | 10 topp        | 267,2          | 5             | 40,8          |
| 6+3        | 10 topp        | 352           | 10            | 84,1         | 10 topp        | 324,8          | 10            | 40,8          |
| 6+3        | 2 bunn         | 176           | 1,8           | 73,1         | 2 bunn         | 201,6          | 3,1           | 37,9          |
| 6+3        | 2 bunn         | 248           | 5             | 73,1         | 2 bunn         | 241,6          | 5             | 37,9          |
| 6+3        | 2 bunn         | 310,4         | 10            | 73,1         | 2 bunn         | 299,2          | 10            | 37,9          |
| 6+3        | 10 bunn        | 156,8         | 1,2           | 68,3         | 10 bunn        | 184            | 1,9           | 38,4          |
| 6+3        | 10 bunn        | 244,8         | 5             | 68,3         | 10 bunn        | 249,6          | 5             | 38,4          |
| 6+3        | 10 bunn        | 304           | 10            | 68,3         | 10 bunn        | 299,2          | 10            | 38,4          |
|            |                |               |               |              |                |                |               |               |
| 7+2        | 2 topp         | 400           | 5,6           | 47,4         | 3 topp         | 304            | 4,8           | 83,7          |
| 7+2        | 13 topp        | 368           | 4,9           | 56,4         | 12 topp        | 292,8          | 4,6           | 85,1          |
| 7+2        | 2 bunn         | 393,6         | 4,6           | 97,3         | 3 bunn         | 377,6          | 4             | 82,2          |
| 7+2        | 13 bunn        | 419,2         | 4,2           | 77,2         | 12 bunn        | 396,8          | 4             | 85,3          |
|            |                |               |               |              |                |                |               |               |
| 11         | 2              | 75,2          | 5             | 194,1        | 2              | 48             | 5             | 73,5          |
| 11         | 9              | 158,4         | 5             | 193,4        | 9              | 158,4          | 5             | 69,9          |

## Trykkstyrke kurver av profilene

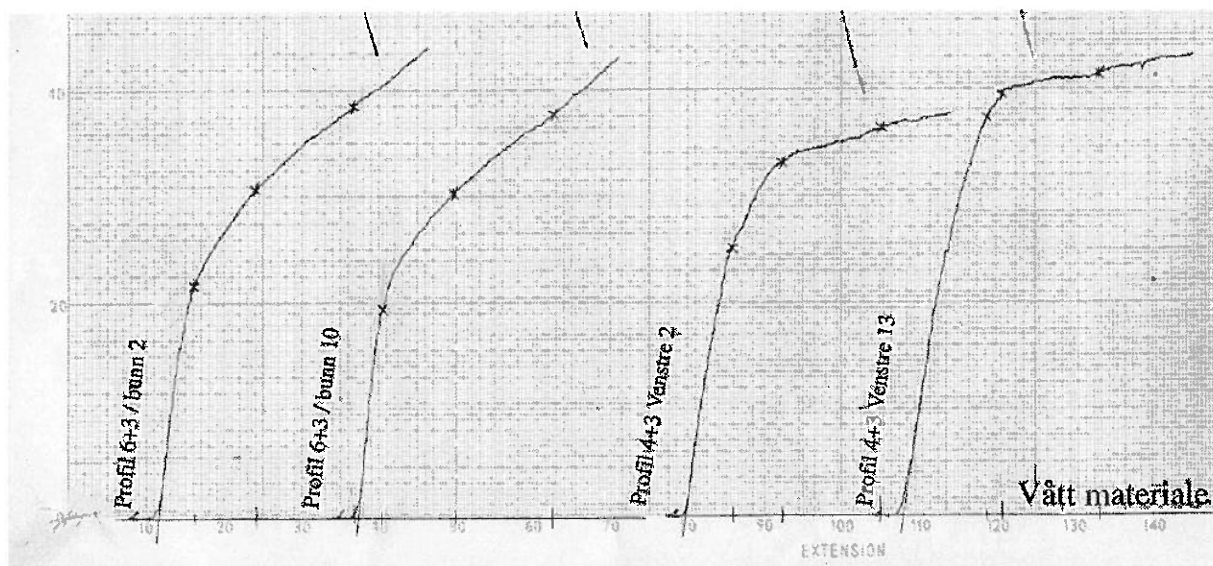
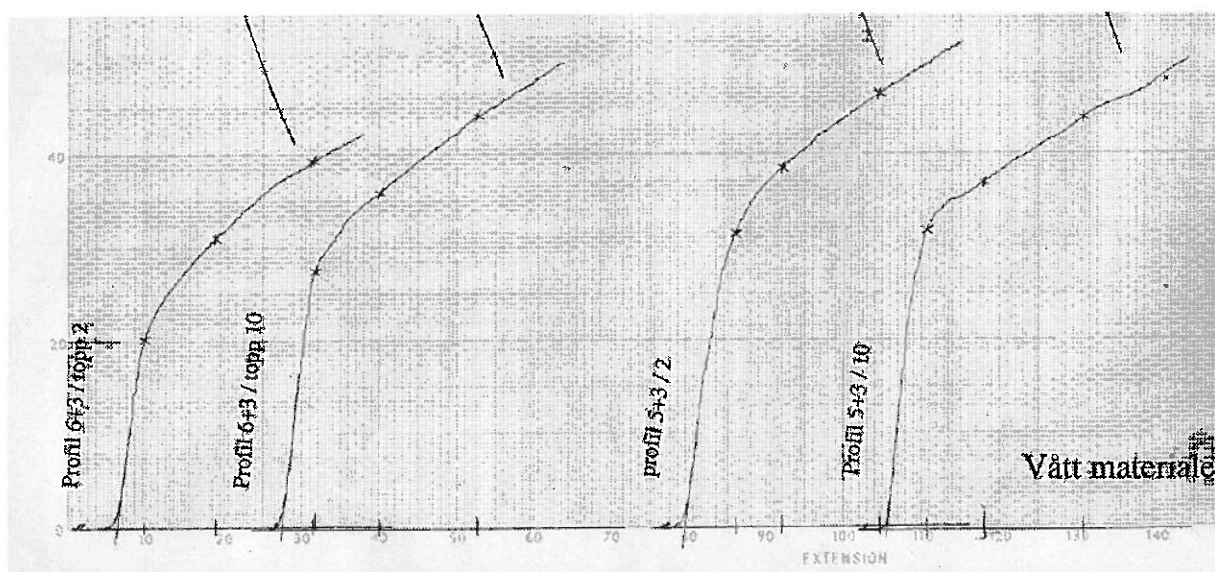
Figur 19





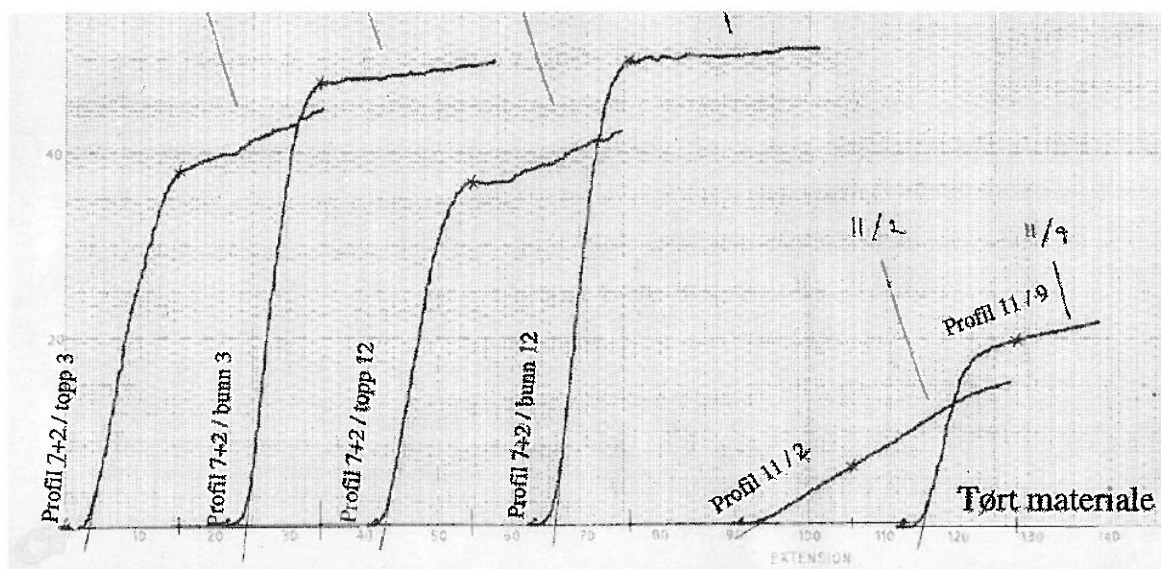
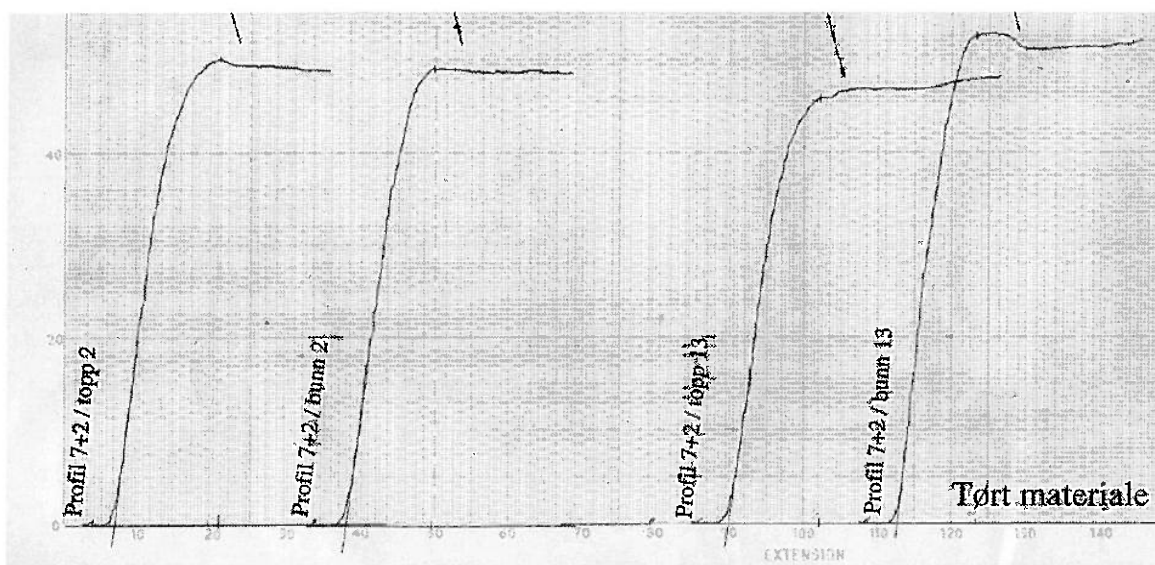
## Trykkstyrke kurver av profilene

Figur 20



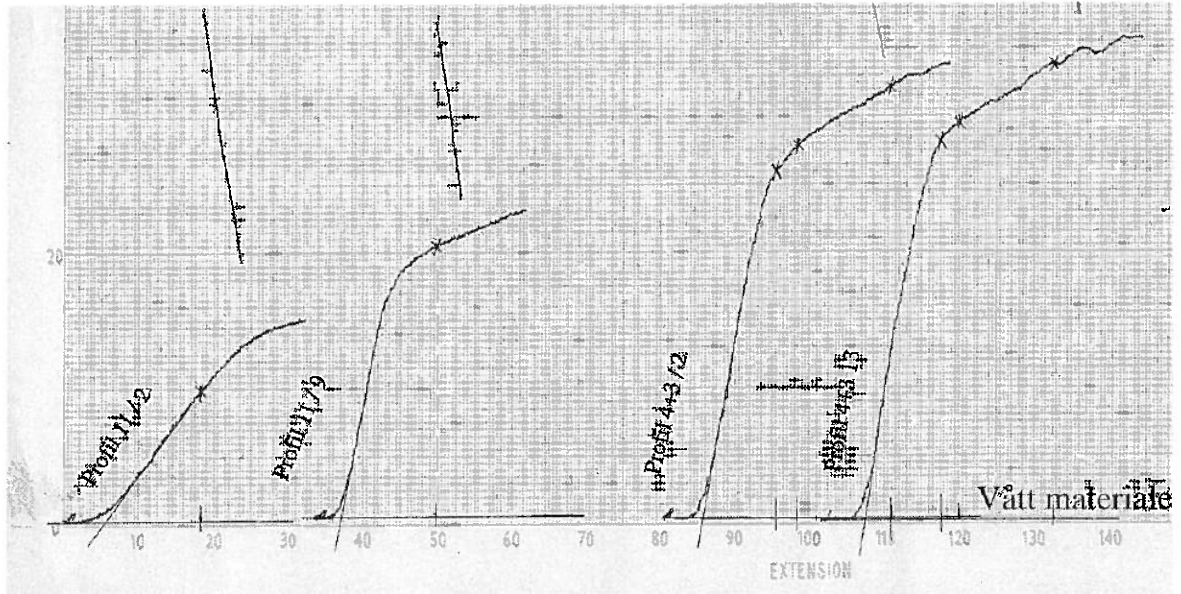
Trykkstyrke kurver av profilene

Figur 21

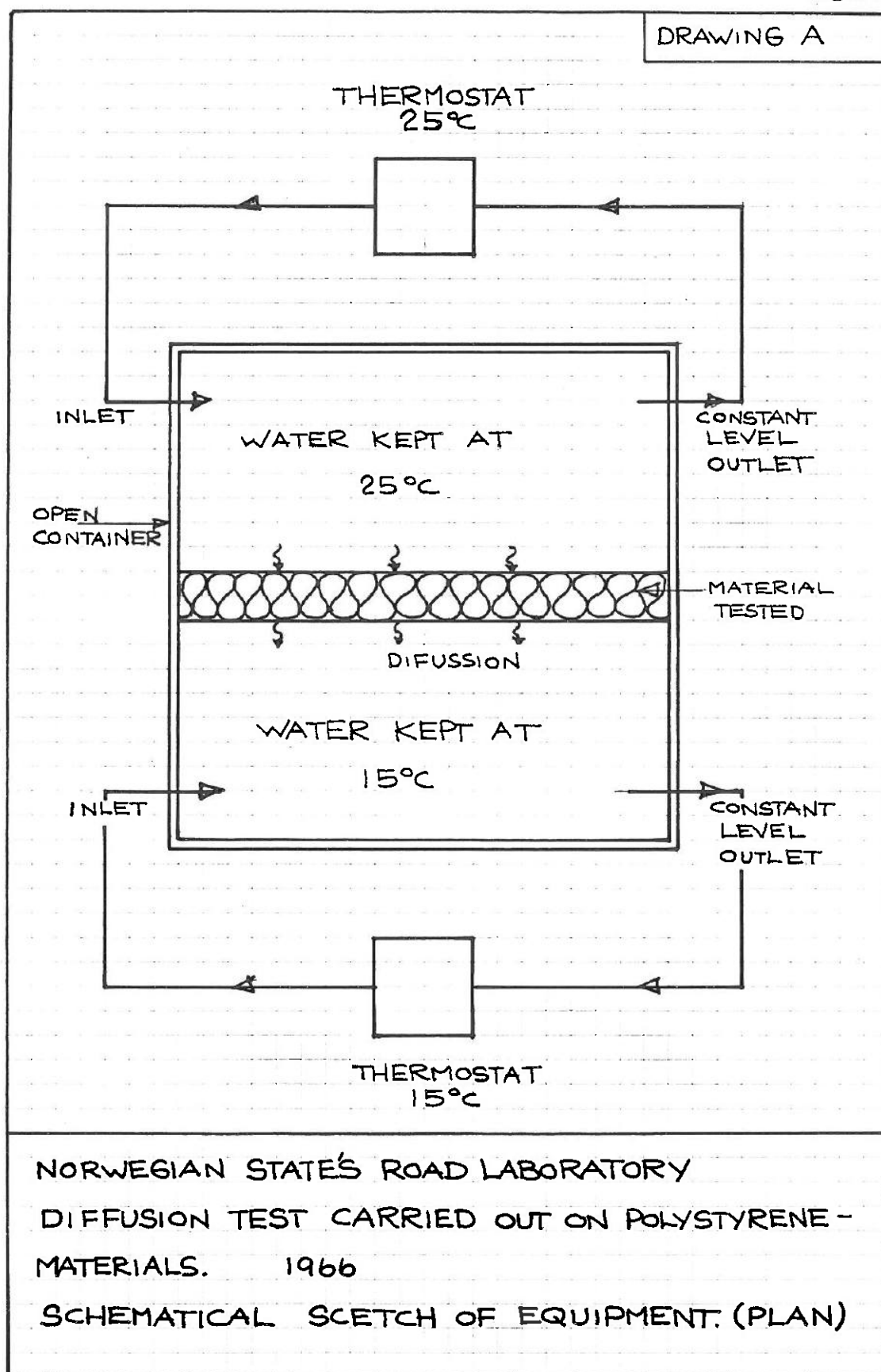


## Trykkstyrke kurver av profilene

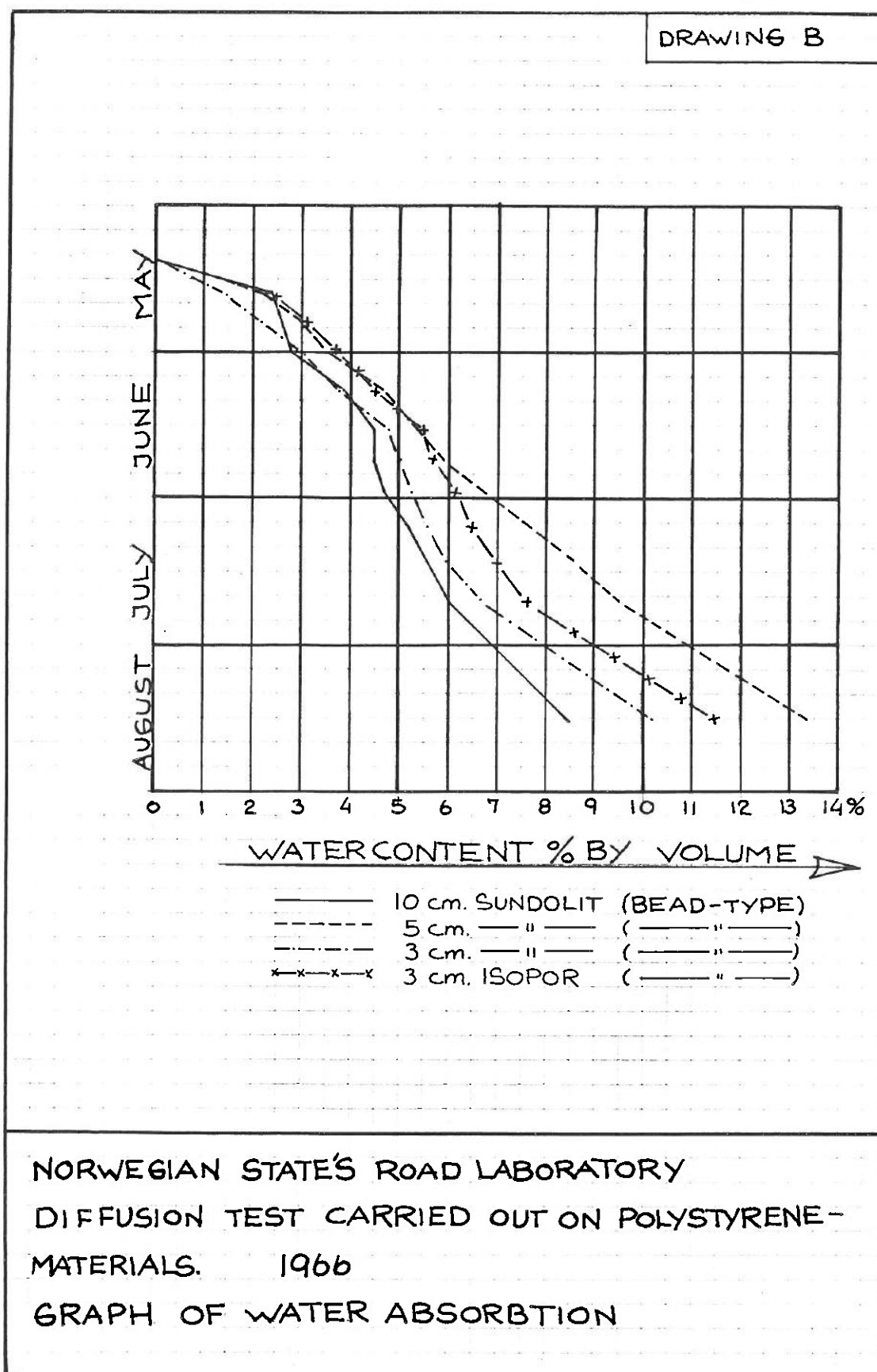
Figur 22



Figur 23



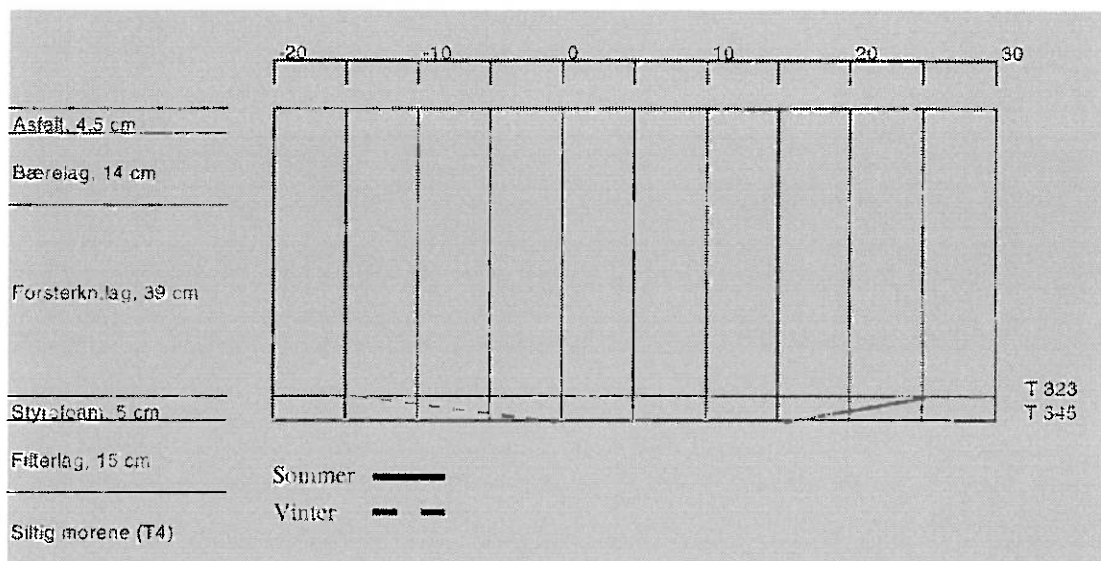
Figur 24



Figur 25

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

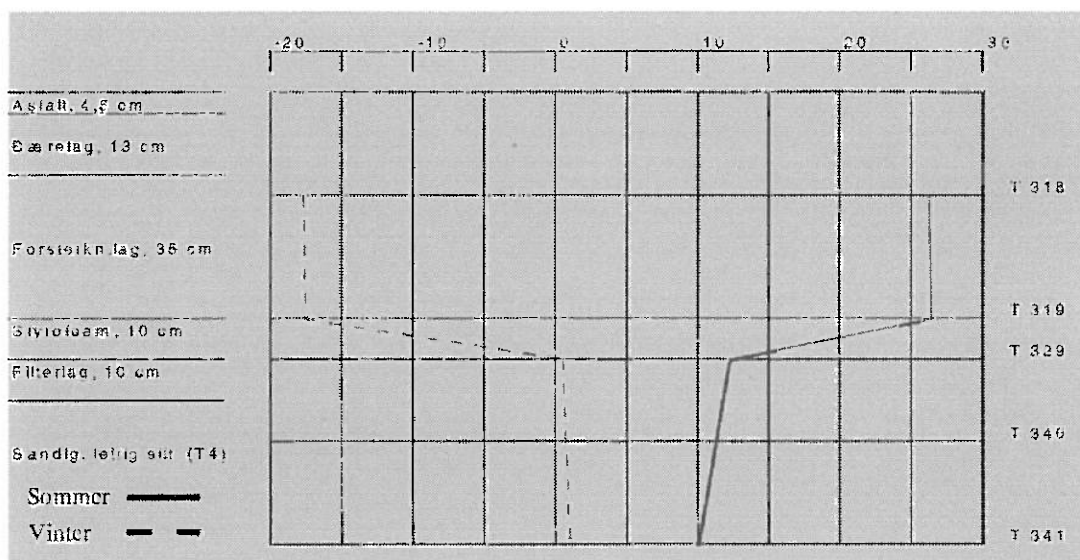
PEL 4+5



Figur 26

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

PEL 7+5

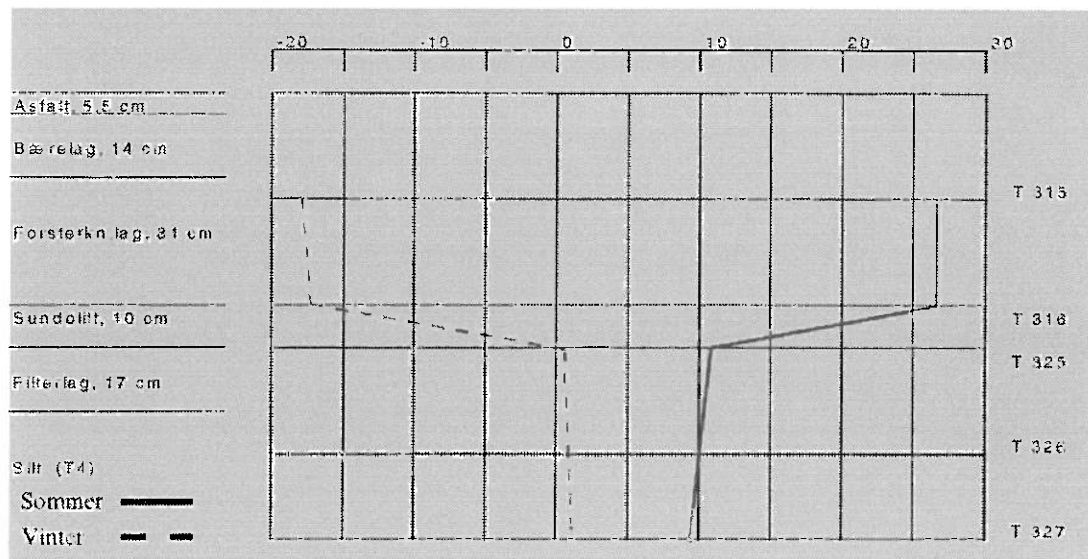




Figur 27

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

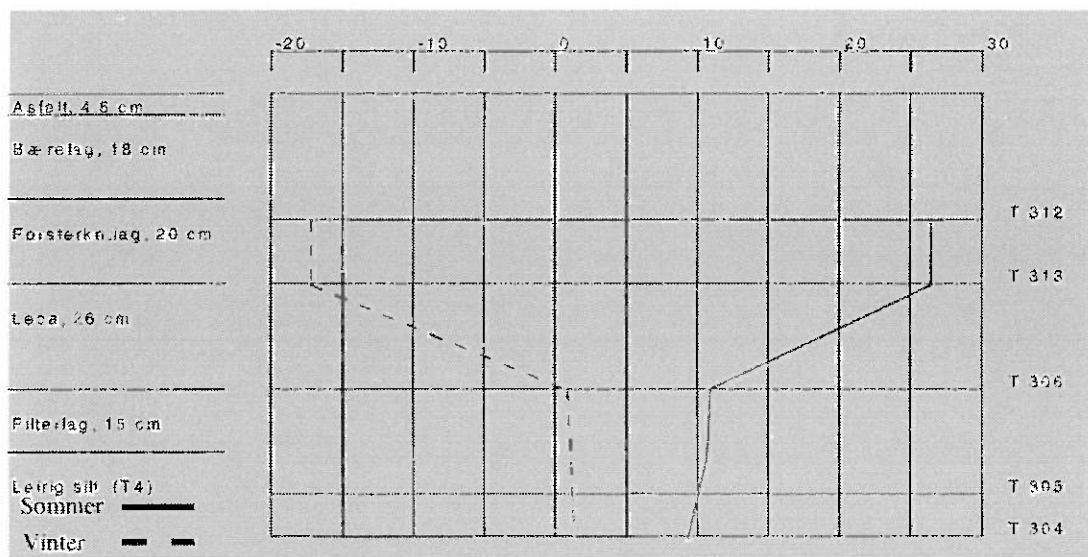
PEL 10



Figur 28

MAX / MIN TEMPERATURER, KJELLSTADVEIEN - LIER

PEL 15



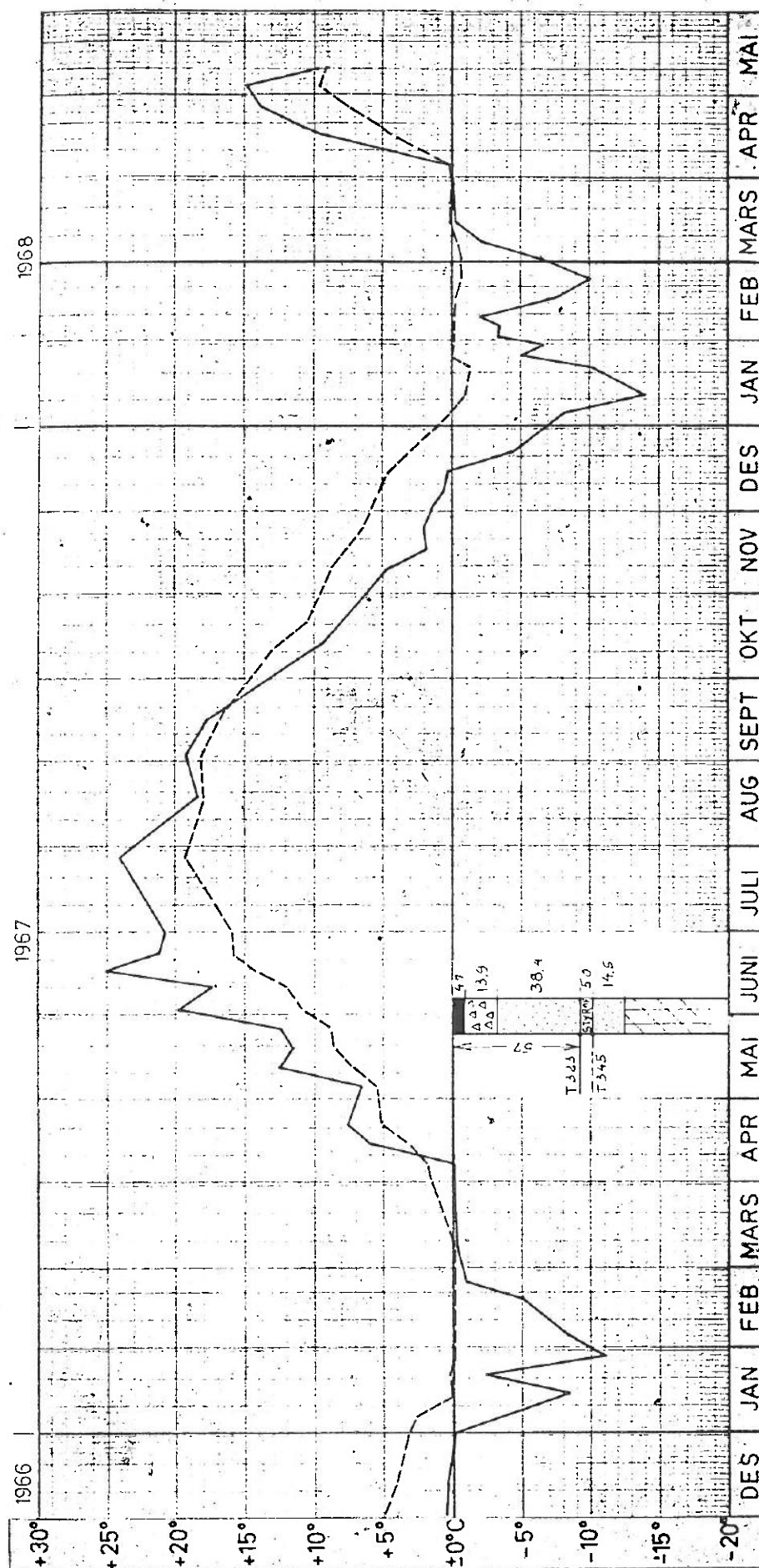


Fig.31 Temperaturens variasjon med tiden for målepunktene over og under 5cm styrofoam i Ø ved pøl nr. 4+5m.  
( se side 11 )



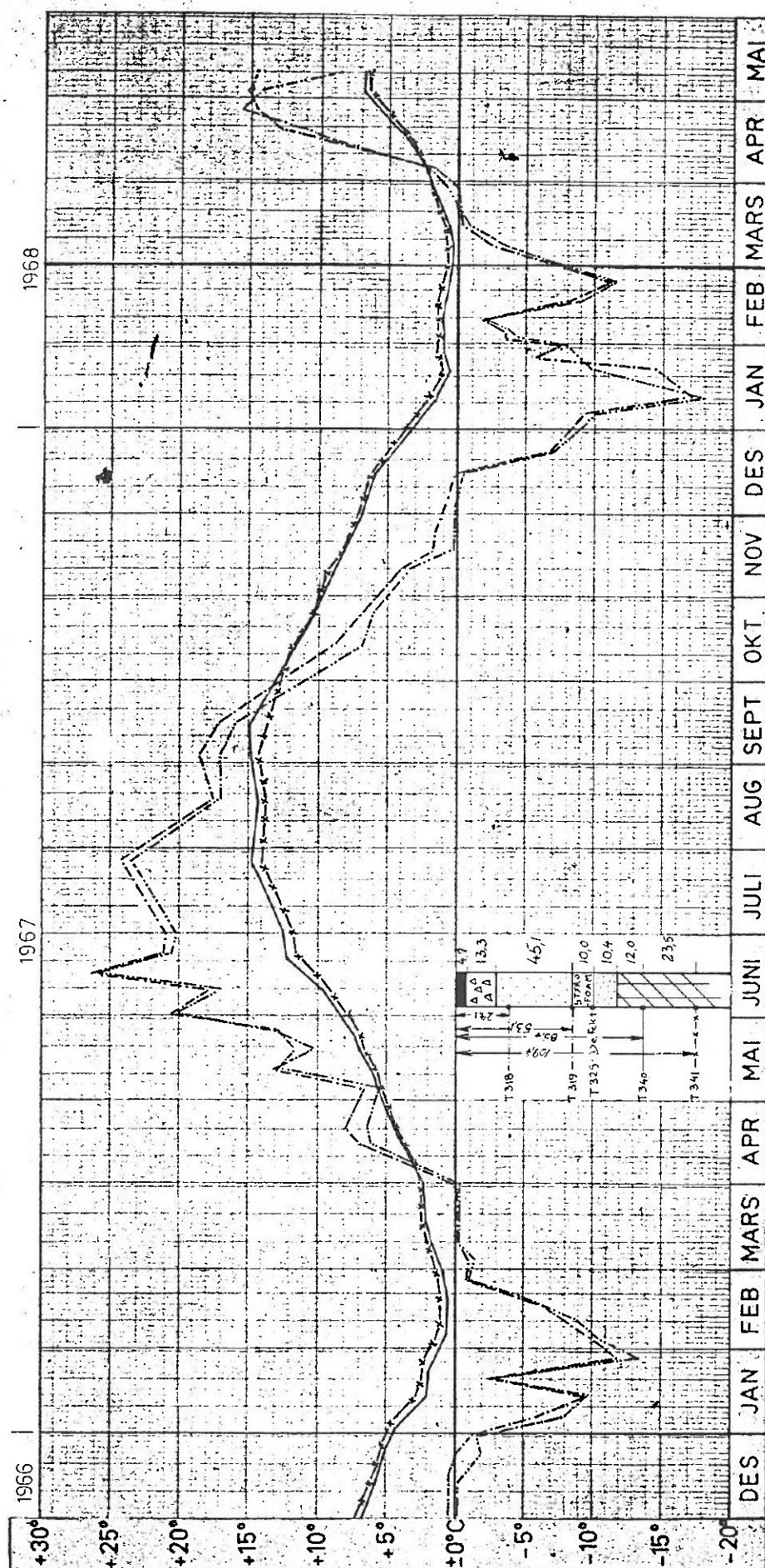


Fig. 31 Temperaturen's variation med tiden for målepunkterne over og under 10cm styrofoam i Ø ved pøl nr. 7 + 5m.

( se side 11. )

V

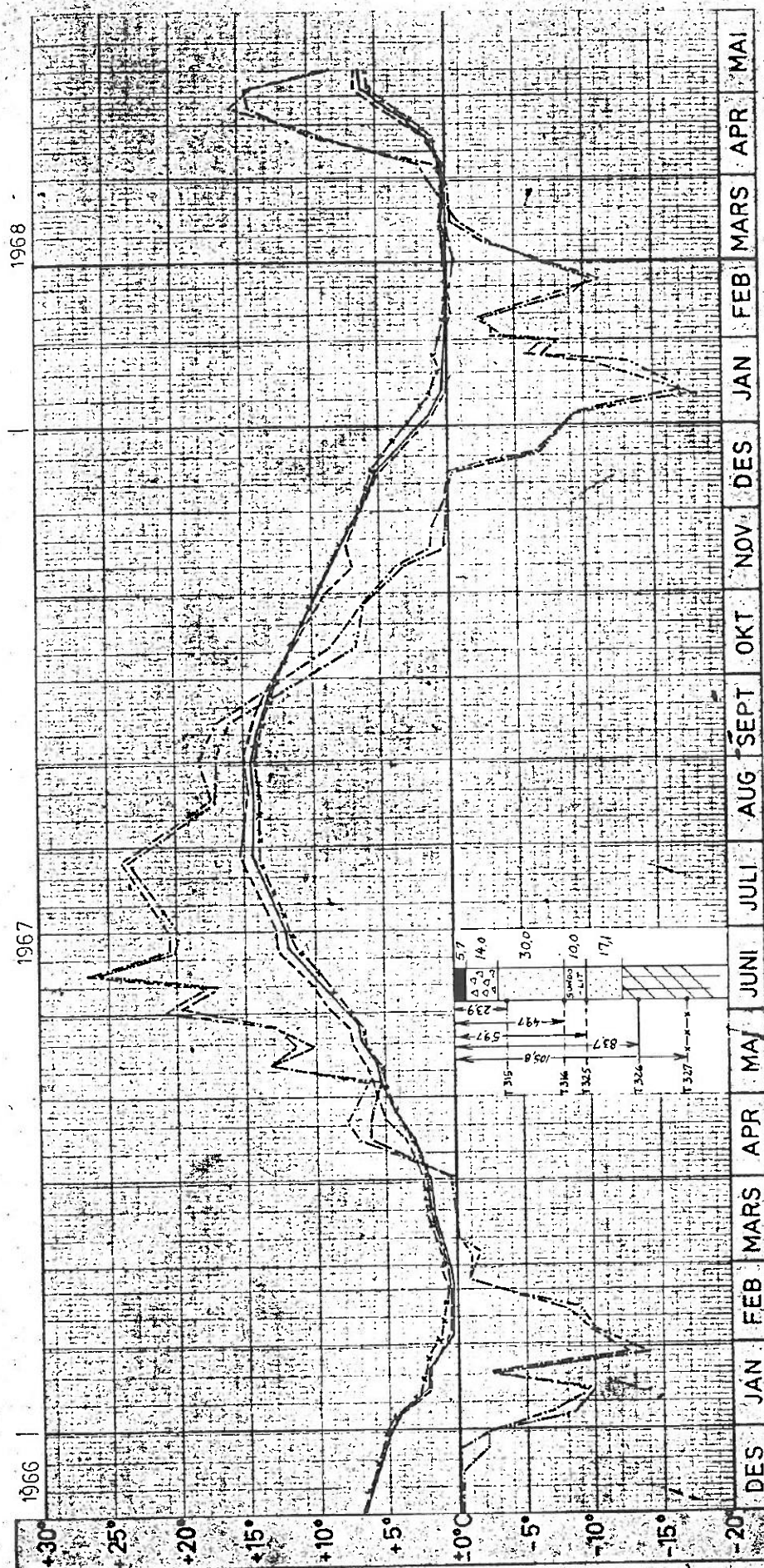


Fig.31 Temperaturs variasjon med tiden for målepunktene over og under 10cm sundolit i Ø ved pel nr.10.

(se side 11.)

Fig. 36 Dögnmiddelt-

Temperatur över og under samt temperaturfall gjennom isolasjonslaget i  $\phi$ .  $\Delta t$  = temp.fall. (se side 12, 18)

| Dato      | Pel. nr. 4 + 5 m<br>5cm styrofoam |       | Pel. nr. 5 + 5 m<br>5cm roofmate |       | Pel. nr. 6 + 5 m<br>2x5cm roofmate |       | Pel. nr. 7 + 5 m<br>10cm styrofoam |       | Pel. nr. 10<br>10cm sundolit |       | Pel. nr. 15 + 5 m<br>ca. 20cm leca |       | Pel. nr. 18 + 5 m<br>ca. 20cm leca |       | Pel. nr. 21<br>isoleret 50cm |       |
|-----------|-----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|           | T 323                             | T 345 | T 322                            | T 344 | T 321                              | T 343 | T 319                              | T 329 | T 316                        | T 325 | T 313                              | T 306 | T 311                              | T 303 | T 300                        | T 301 |
| 17.3.1969 | -4.4                              | -0.2  |                                  |       | -5.3                               | 0.6   | -5.1                               | 0.1   | -4.2                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 4.2                               |       |                                  |       | 5.9                                |       | 5.2                                |       | 4.1                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 18.3.1969 | -4.0                              | -0.2  |                                  |       | -4.9                               | 0.6   | -4.7                               | 0.1   | -3.9                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 3.8                               |       |                                  |       | 5.5                                |       | 4.8                                |       | 3.8                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 19.3.1969 | -3.1                              | -0.2  |                                  |       | -3.8                               | 0.7   | -3.6                               | 0.1   | -2.8                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 2.9                               |       |                                  |       | 4.5                                |       | 3.7                                |       | 2.7                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 20.3.1969 | -2.1                              | -0.2  |                                  |       | -2.8                               | 0.8   | -2.5                               | 0.1   | -2.0                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 1.9                               |       |                                  |       | 3.6                                |       | 5.6                                |       | 1.9                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 21.3.1969 | -1.9                              | -0.1  |                                  |       | -2.5                               | 0.9   | -2.3                               | 0.1   | -2.0                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 1.8                               |       |                                  |       | 3.4                                |       | 2.4                                |       | 1.9                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 22.3.1969 | -1.9                              | -0.1  |                                  |       | -2.4                               | 1.0   | -2.4                               | 0.1   | -2.1                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 1.8                               |       |                                  |       | 3.4                                |       | 2.5                                |       | 2.0                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 23.3.1969 | -1.9                              | -0.1  |                                  |       | -2.4                               | 1.0   | -2.3                               | 0.1   | -2.2                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 1.8                               |       |                                  |       | 3.4                                |       | 2.4                                |       | 2.1                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 24.3.1969 | -1.7                              | -0.1  |                                  |       | -1.9                               | 1.1   | -1.9                               | 0.2   | -1.8                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 1.6                               |       |                                  |       | 3.0                                |       | 2.1                                |       | 1.7                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 25.3.1969 | -1.1                              | -0.1  |                                  |       | -1.0                               | 1.2   | -1.1                               | 0.2   | -1.0                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 1.0                               |       |                                  |       | 2.2                                |       | 1.3                                |       | 0.9                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 26.3.1969 | -0.6                              | 0     |                                  |       | -0.5                               | 1.4   | -0.6                               | 0.3   | -0.6                         | -0.1  |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.6                               |       |                                  |       | 1.9                                |       | 0.9                                |       | 0.5                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 27.3.1969 | -0.4                              | 0     |                                  |       | -0.2                               | 1.5   | -0.3                               | 0.5   | -0.3                         | 0     |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.4                               |       |                                  |       | 1.7                                |       | 0.8                                |       | 0.3                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 28.3.1969 | -0.3                              | 0     |                                  |       | -0.2                               | 1.6   | -0.2                               | 0.6   | -0.2                         | 0     |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.3                               |       |                                  |       | 1.8                                |       | 0.8                                |       | 0.2                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 29.3.1969 | -0.2                              | 0     |                                  |       | -0.1                               | 1.6   | -0.1                               | 0.6   | -0.1                         | 0     |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.2                               |       |                                  |       | 1.7                                |       | 0.7                                |       | 0.1                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 30.3.1969 | -0.2                              | 0     |                                  |       | -0.1                               | 1.7   | 0                                  | 0.7   | -0.1                         | 0     |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.2                               |       |                                  |       | 1.8                                |       | 0.7                                |       | 0.1                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 31.3.1969 | -0.1                              | 0     |                                  |       | -0.1                               | 1.8   | 0                                  | 0.8   | -0.1                         | 0     |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.1                               |       |                                  |       | 1.9                                |       | 0.8                                |       | 0.1                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |
| 1.4.1969  | -0.1                              | 0     |                                  |       | 0                                  | 1.9   | 0                                  | 0.9   | -0.1                         | 0     |                                    |       |                                    |       |                              |       |
|           | 0.1                               |       |                                  |       | 1.9                                |       | 0.9                                |       | 0.1                          |       |                                    |       |                                    |       |                              |       |

**REFERANSELISTE:**

**Beskow G.** (1935) Tjælbildningen ock tjælløftningen med serskild hensyn til vegar ock järnvegar. Statens Veginstitut. Meddelande nr.48.

**Borg Hansen P., Refsdal G.** (1973). Thermal Insulation of Roads. Design Aspects Regarding Strength, Moisture Absorption and Insulating Thickness. Proc. Oslo Symposium on Frost Action in Roads. Oslo & Paris.

**Frost i jord.** (1976). Sikring mot teleskader, Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd og Statens vegvesens Utvalg for frost i jord. Publikasjon nr. 17.

**Heje K.** (1932). Telehiving, dens grunnårsaker og botemidler. Meddelelser fra Veidirektøren.

**Knutson Å.** (1966). Forsøksfelt Kjellstadveien, Lier. Anleggsbeskrivelse. Intern rapport nr.56. Veglaboratoriet.

**Knutson Å.** (1973). Theory and Experience Regarding Frost Penetration and Frost Heaving. Proc. Oslo Symposium on Frost Action in Roads. Oslo & Paris.

**Knutson Å.** (1990). Sikring mot teleskader: kap.13 Statens vegvesen Geoteknikk i vegbygging, håndbok nr. 016.

**Nordal R.S.** (1972) Prinsipp for hovedproblem for telefrie vegkonstruksjonar. NVF konferansen "Frost i veg". Veglaboratoriet. Meddelelse nr.46.

**Nordal R.S., Sætersdal R., Knutson Å., Refsdal G.** (1973). Research activities in Norway on Frost Problems. Report to PIARC XIV World Congress Prague 1971. Int.rapport nr.456. Veglaboratoriet.

**Skaven-Haug S.** (1961). Frostsikker fundamenteringsdybde for byggverk og vannledninger. Norges geotekniske institutt. Publikasjon nr.46.

**Skaven-Haug S.** (1965). Reduksjon av teledybden, sterkt varmeisolerende skikt i topplaget. Teknisk meddelelse nr.2. NSB.

**Skaven-Haug S.** (1944). Frostmengdekart over Norge. Meddelelser fra veidirektøren nr.5. Vegdirektoratet.

**Skogseid A.** (1968). Telesikring ved isolasjonsmaterialer. Veglaboratoriet. Meddelelse nr.35.

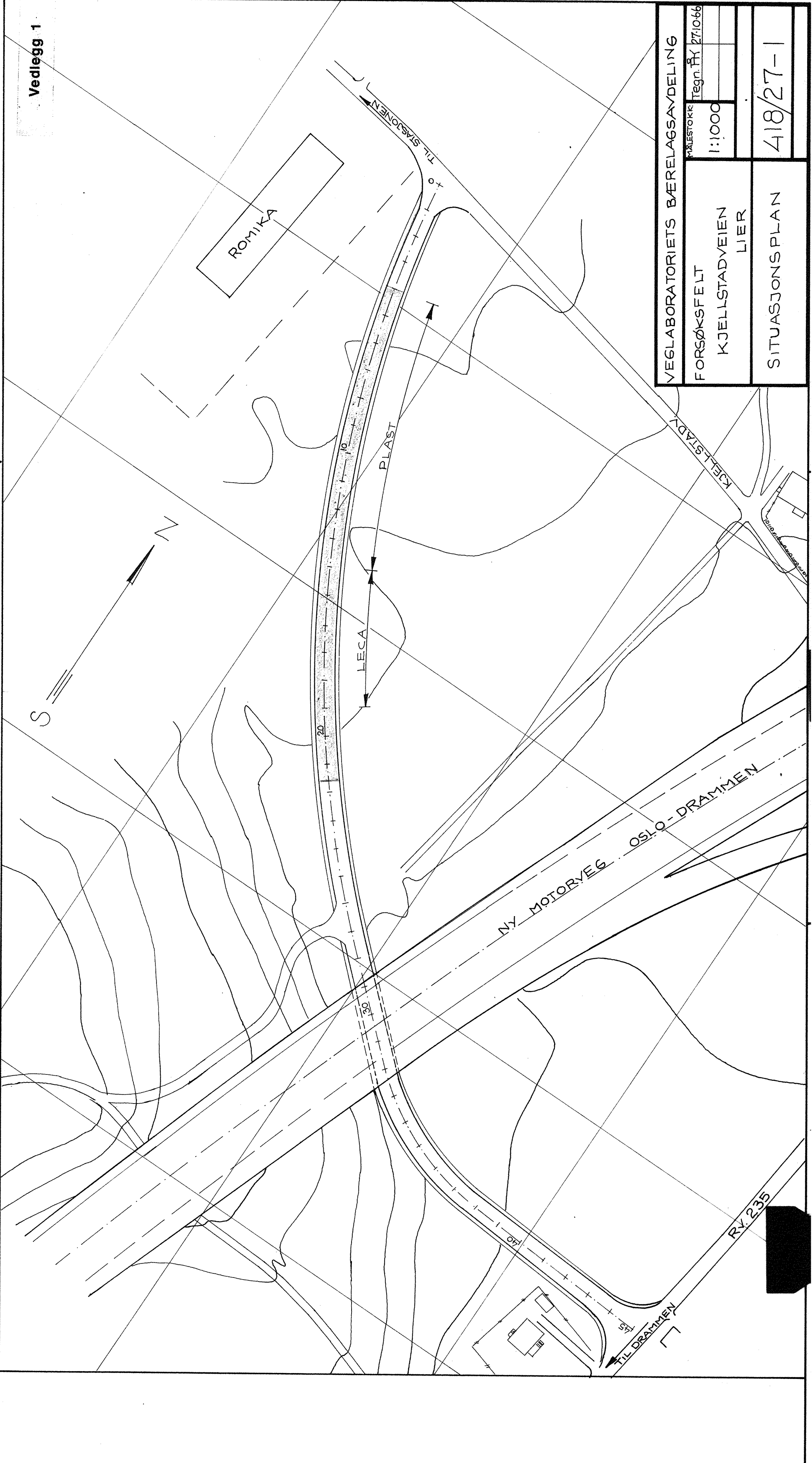
**Skogseid A.** (1971). Frostsikring av veger ved isolering. Litt om det fysikalske grunnlaget. Veglaboratoriet. Meddelelse nr.37.

**Statens vegvesen.** (1992) Vegbygging. Vegnormalene. Håndbok 018.

**Watzinger A., Kindem E., Michelsen B.** (1965). Masseutskiftingsmaterialer for teleforebygning på vei- og jernbane. Varmetekniske undersøkelser. Norges geotekniske institutt. **Watzinger A., Kindem**

**E., Michelsen B.** (1938). Undersøkelser av masseutskiftingsmaterialer for vei- og jernbanebygging. Meddelelser fra veidirektøren nr. 6. Vegdirektoratet. (Også Meddelelser nr. 7 og 9 av 1941).





VEGLABORATORIETS BÆRELAGSANDDELING

FORSØKSFELT

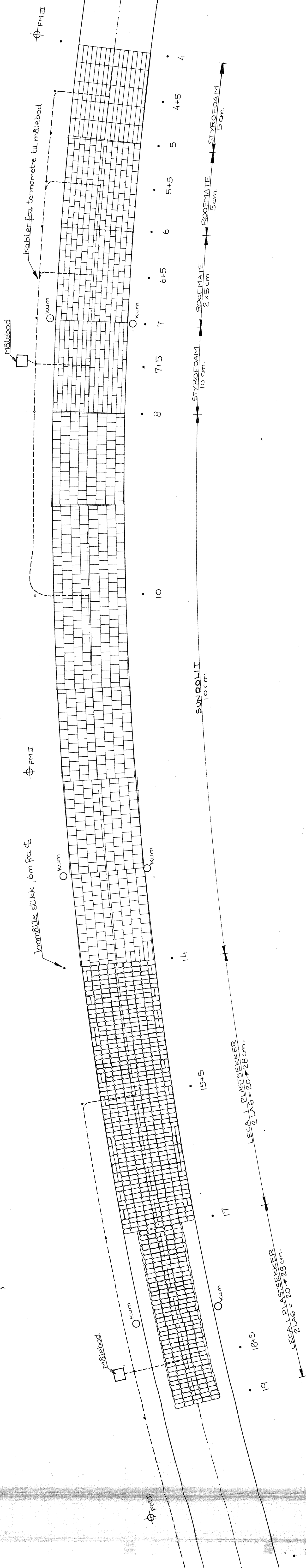
KJELLSTADVEIEN  
LIER

SITUASJONSPLAN

MÅLSTOKK 1:1000

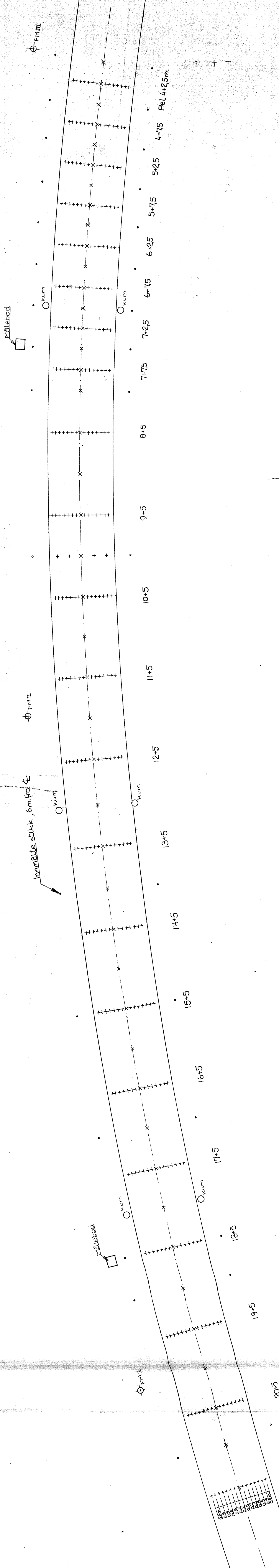
Tegn. H. 27.10.66

418/27-1



del 21

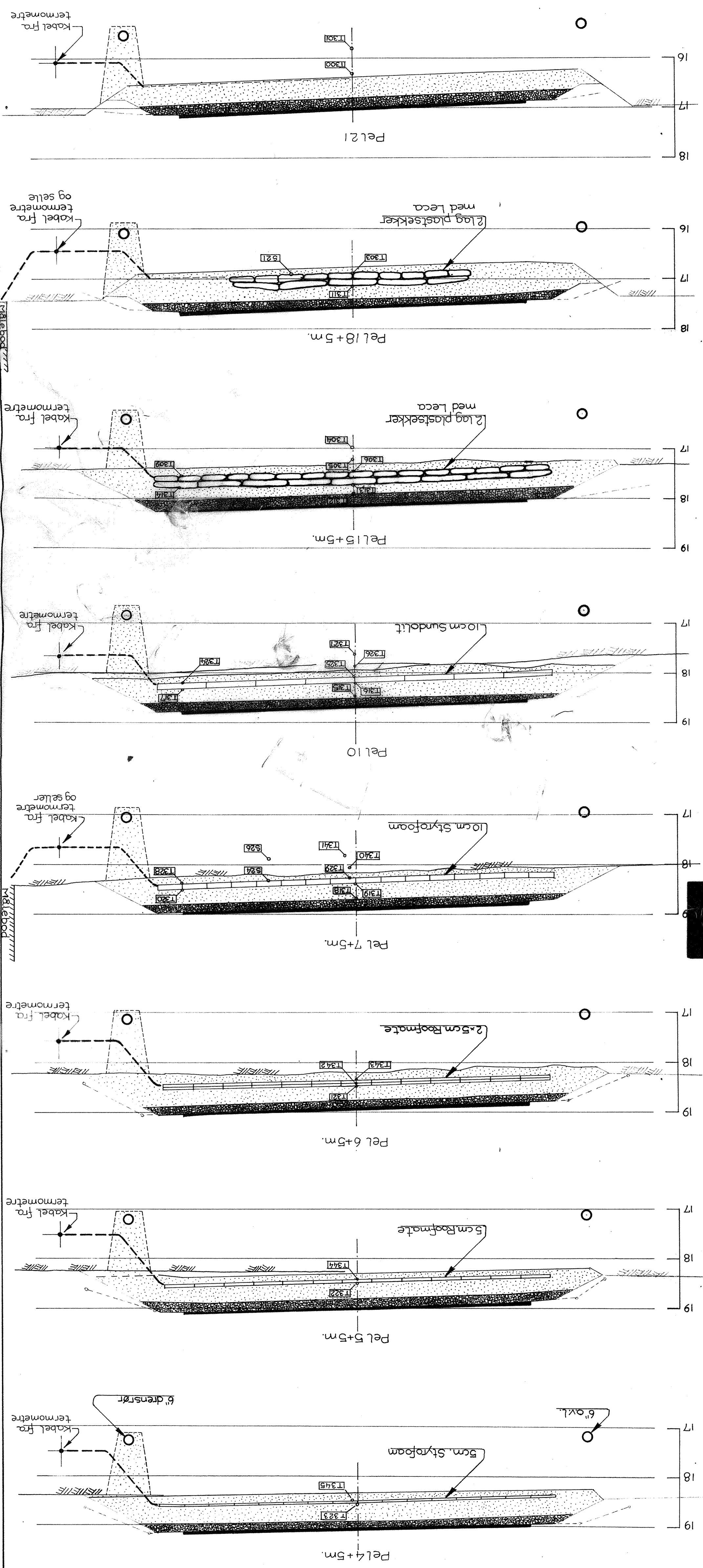
|                                    |  |                               |  |
|------------------------------------|--|-------------------------------|--|
| VEGELABORATORIETS BÆRELAGSAVDELING |  | MÅLESTOKKE: Tegning: 26/10/66 |  |
| FORSØKSFELT                        |  | 1:200                         |  |
| KJELLSTADVEIEN                     |  |                               |  |
| LIER                               |  |                               |  |
| PLANTEGNING:                       |  | 418/27-2                      |  |
| ISOLASJON OG KABLER                |  |                               |  |



|                                        |            |                    |
|----------------------------------------|------------|--------------------|
| VEGLABORATORIETS BÆRELAGSAVDELING      |            |                    |
| FORSØKSFELT<br>KJELLSTADVEIEN<br>LIER  | Målestokk: | Tegn. Nr. 27/10-66 |
|                                        | 1:200      |                    |
| PLANTEGNING:<br>BOLTER FOR NIVELLEMENT |            | 418/27-3           |



|                                   |  |                 |      |
|-----------------------------------|--|-----------------|------|
| VEGLABORATORIETS BÆRELAGSAVDELING |  | Tegn. HY 281066 |      |
| FORSØKSFELT                       |  | MALESTØRKE      | 1:50 |
| KJELLSTADVEIEN                    |  |                 |      |
| LIER                              |  |                 |      |
| TVERRPROFILER                     |  | 418/27-4        |      |

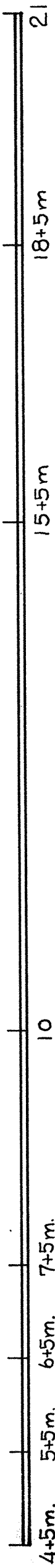
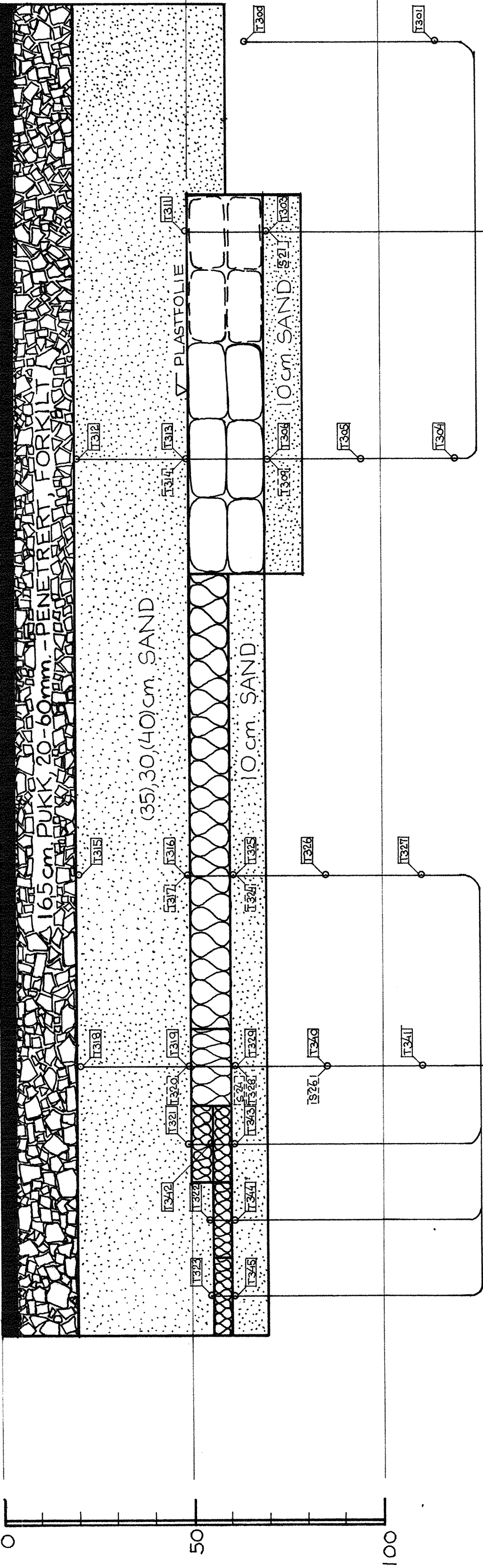


STYRO-ROOF-STYRO-  
FOAM MATE FOAM  
5 cm. 5 cm. 2x5 cm. 10 cm.

SUNDOLIT  
10 cm.

8 m. BREDDER: Leca 15 m. BREDDER: Leca ORDINÆR VEG  
1 PLASTSEKKER. 1 PLASTSEKKER INGEN ISOLASJON  
TEORETISK: 2x10 cm. TEOR: 2x10 cm.

3.5 cm. ASFALT



TEGNFORKLARING:-

T321 = TERMOMETER NR.321

T324 = PORETRYKKSSELLE NR 24

T325 = TERMOMETER LIGGER 35m. HØYRE FOR Ø  
EVT. PORETRYKKSSELLEN 1,75m. HØYRE FOR Ø

VEGLABORATORIETS BÆRELAGSAVDELING

FORSØKSFELT  
KJELLSTADVEIEN  
LIER

MÅLESTOKK  
L=1:500  
H=1:10

Tegn: T.K. 4.11.66

SKJEMATISK  
LENGDEPROFIL

418/27-5