

Jarle R. Herje

# Tetthet av betongtakstein

En laboratorieundersøkelse av tetthet mot  
slagregn og nedbør for tak tekket  
med betongtakstein

Prosjektrapport 7

Jarle R. Herje

# **Tetthet av betongtakstein**

En laboratorieundersøkelse av tetthet mot  
slagregn og nedbør for tak tekket  
med betongtakstein

Norges byggforskningsinstitutt 1986

*Prosjektrapport 7  
Tetthet av betongtakstein*

*UDK: 692.415.3  
ISBN: 82-536-0234-0*

*Opplag: 300  
Trykkeri: Nor-Trykk A/S*

*ETB: NBI Trondheimsavdelingen*

*© Norges byggforskningsinstitutt 1986*

*BYGGFORSK, Forskningsveien 3B, Postboks 322, Blindern, 0314 OSLO 3  
Trondheimsavdelingen, Høgskoleringen 7, 7034 TRONDHEIM - NTH*

## Forord

Undersøkelsene ble utført i 1981-82, og arbeidsrapportene fullført i 1982. Hensikten med arbeidene var å belyse egenskapene hos nye steintyper og vurdere muligheten for endring av gamle bruksmåter.

De er finansiert av Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd, Norges Betongindustriforbund og Byggforsk i fellesskap.

Vi håper at denne rapporten kan gi en bedre forståelse av hvilke faktorer som innvirker på tettheten. Det kan igjen føre til en stadig mer effektiv og riktig anvendelse av betongtakstein.

Oslo, Trondheim

August 1986

Jarle R. Herje

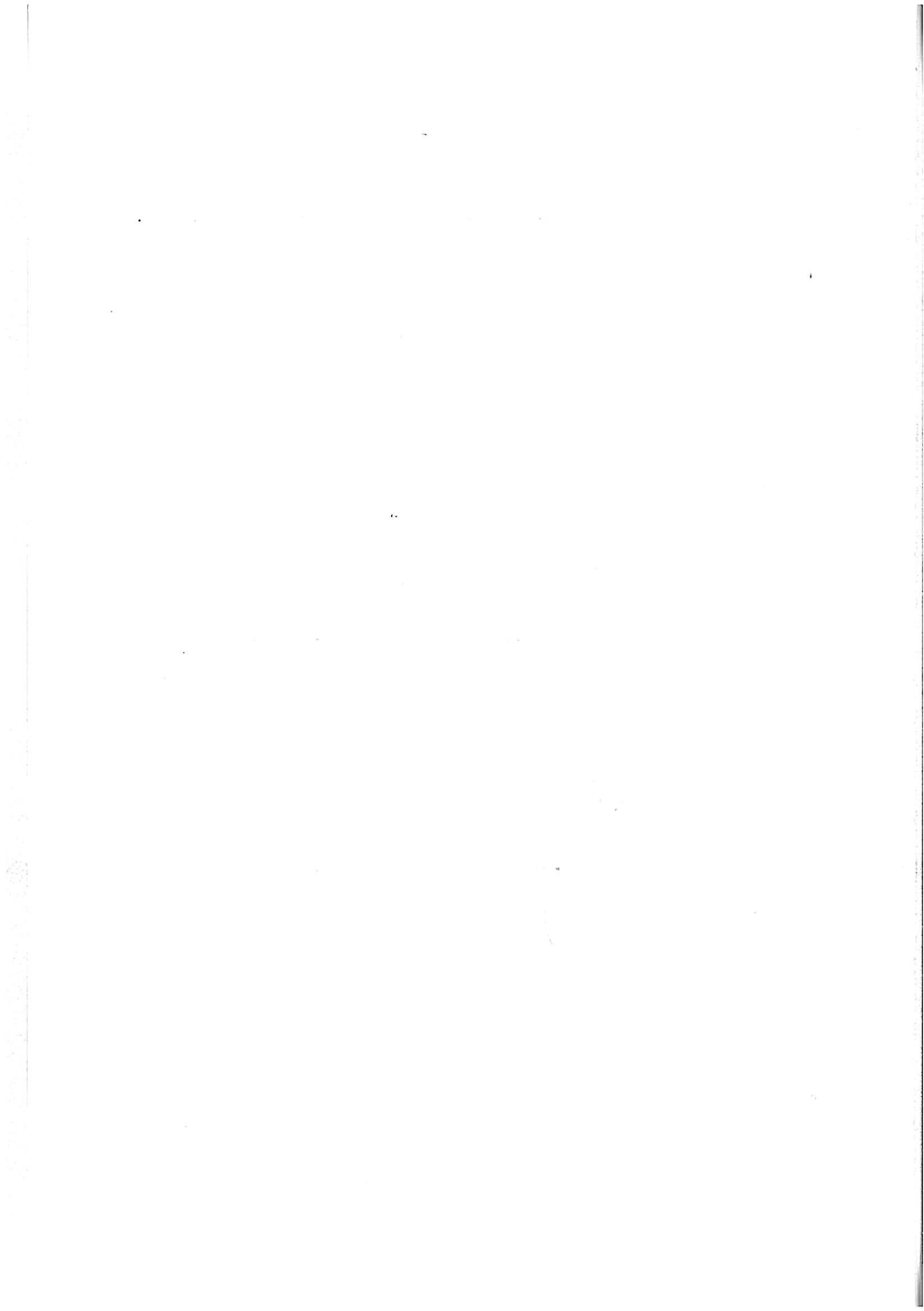
## Sammendrag

Vi har ønsket å skaffe en bedre forståelse av hvordan vind og regn virker på taket og dets tetthet. Samtidig også hvordan utformingen av taksteinen, montasjemetode osv. innvirker på risikoen for lekkasje.

Hele arbeidet er gjennomført som en laboratorieundersøkelse.

Det er fremkommet resultater som viser betydningen av steinens form, avstand mellom stein og undertak, hvordan lekkasjene arter seg, hvordan vannet beveger seg på over- og undersiden, takvinkelens betydning, vindhastighetens størrelse osv.

Bildet er meget sammensatt. Bestemte regler for utforming av stein og tak blir ikke gitt, men forslag til enkle hovedtrekk i slike retningslinjer blir fremlagt i rapporten.



## INNHOOLD

Forord	3
Sammendrag	3
1. Innledning	6
1.1 Undersøkelsen hadde flere formål	6
1.2 Prøveapparat	7
2. Beskrivelse av prøvene	8
3. Resultater fra prøvene	8
3.1 Tegltakstein	8
3.2 Betongtakstein	9
3.21 Steintype A	9
3.22 " B	10
3.23 " C	10
3.24 " D	11
3.25 " E	11
3.26 " F	12
4. Konklusjoner om vanntetthet mot slagregn, etter NORDTEST-metoden	14
5. Vurdering av prøvemethoden	14
6. Vannbevegelse på undersiden av steinen	24
7. Undersøkelse av lekkasje gjennom endeomlegg med varierende lengde på endeomlegg	25
8. Konklusjon og kommentarer	28
9. Nye retningslinjer for tekking med betongtakstein, et diskusjonsgrunnlag	29
Typer av takstein, foto	30

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Undersøkelsene hadde flere formål

Vi ønsket å klarlegge om de nye taksteinstypene og/eller nye formene for undertak stiller andre krav til takhelningen enn det vi har vært vant til å bruke tidligere.

Videre ville vi vurdere anvendbarheten av eksisterende prøvemetoder og eventuelt forslå nye for å klarlegge egenskapene for forskjellige taksteinstyper med og uten undertak.

Hittil har Norsk Standard angitt 22° som minste takfall for tak med steintekning. Kravet bygger på erfaringer med de steintypene og konstruksjonsformene som har vært brukt tidligere. Dagens materialer avviker fra eldre typer, og det var grunn til å anta at de nye er bedre enn de gamle. Men er de så meget bedre at man f.eks. kan lempe på kravene til tak-helning?

Systematisk prøving av tetthet har ikke vært utført tidligere i Norge. De prøvemetodene som har vært tilgjengelige, er brukt for å undersøke frostbestandighet og mekanisk styrke av stein.

I 1981 ble det vedtatt en NORDTEST-metode for prøving av tetthet av tak med steintekning (NORDTEST- metode NT Build 118). Denne metoden la vi til grunn for vår prøving. Men fordi den er ny og vi har relativt lite erfaringsmateriale å bygge på, var vi innstilt på at den kanskje burde revurderes/suppleres.

Vårt prøveopplegg ble fastlagt slik at vi kunne arbeide med begge disse problemene.

Hele undersøkelsen var et rent laboratoriearbeid. En feltundersøkelse eller innsamling av erfaringer fra praktisk anvendelse ville ha vært et nyttig supplement. Men det må ev. tas opp som en del 2 av undersøkelsen.

Det fins ingen normer og standardkrav til tetthet for takstein alene, bortsett fra at den samlede konstruksjonen (stein + undertak) skal være tett. Kvaliteter av steinen når det gjelder tetthet, kan derfor ikke vurderes mot noen faste normer. Vi valgte bare å registrere tettheten og så sammenligne med tradisjonell teglstein.

Vi antok at tettheten av taksteinen var avhengig av blant annet:

- Variasjoner i form og størrelse mellom de enkelte steinene, produksjons-nøyaktighet
- Nøyaktigheten og den omhu som ble brukt ved leggingen
- Vindhastigheten
- Vannpåføringen, dvs. vannmengde, og hvor vannet treffer steinen
- Takhelningen
- Lengde av endeomlegg.

Ved forsøkene har vi variert disse parametrene for å finne hvilken innflytelse de har på det endelige resultatet.

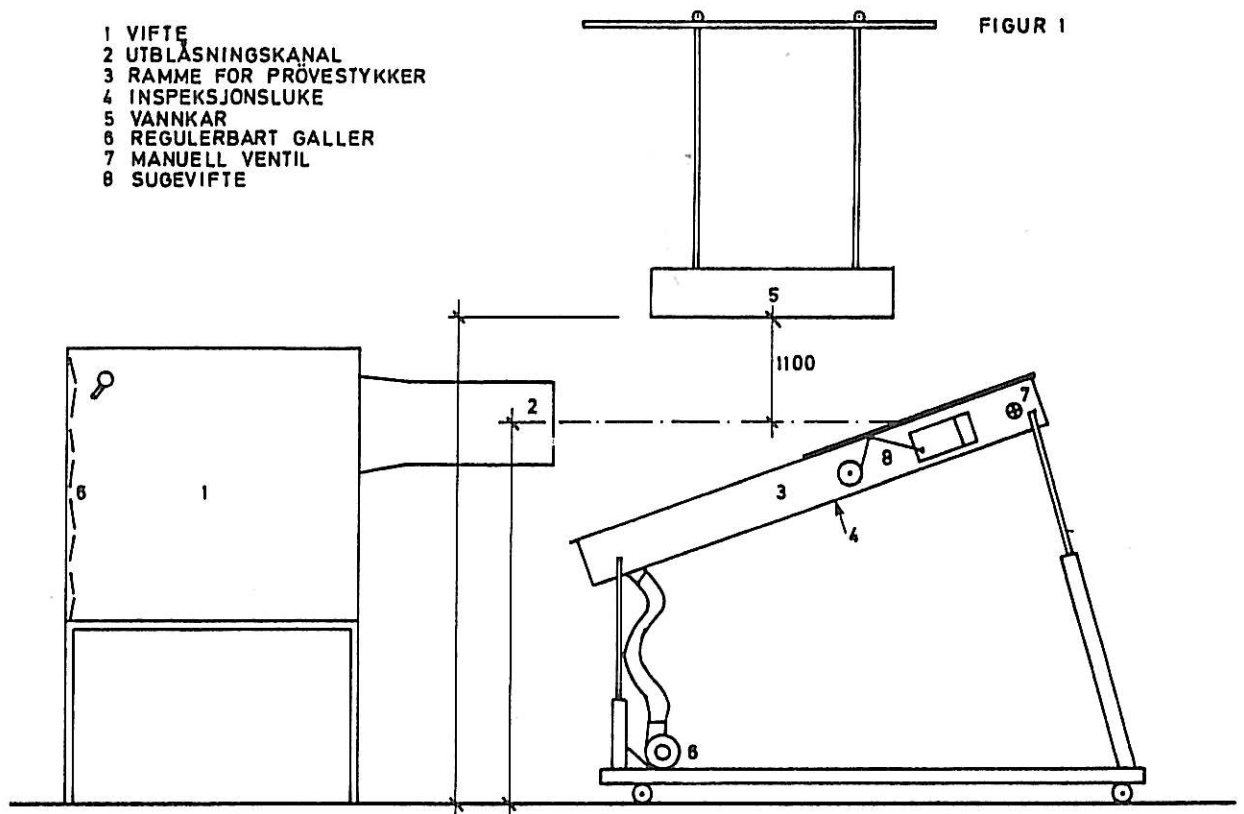
Som endeomlegg ble brukt tilnærmet det minimum som er angitt i produsentenes montasjeanvisninger. Det varierer en del, fra 100 mm for type E til 40 mm for type B. Endeomlegget for teglsteinen er gitt ved størrelsen av skråningskanten i det ene hjørnet. Betongsteinene er slik utformet at lengden på endeomlegget kan velges fritt innenfor visse rammer. Vi har derfor ikke direkte sammenlignet tettheten av de fem forskjellige betongsteintypene innbyrdes. De er sammenlignet med den enkle tegltaksteinen vi har som referanse.

## 1.2 Prøveapparat

Apparatet er vist på fig. 1. Den består i hovedsak av en vifte (1) med utblåsningskanal (2) med tverrsnitt 200 mm x 1000 mm. Prøvestykkene monteres i en ramme (3) i en kasse med bunn som enten kan være helt tett eller åpen ved at inspeksjonsluker (4) åpnes. Over prøvestykket henger en vannkasse med perforert bunn (5). Perforeringen i bunnen dekker et areal på 500 mm x 1000 mm. Vannet kommer ut som dråper fra perforeringen i en mengde på 175 kg/time. Kassen med prøvestykket er forsynt med ben som kan justeres i høyden slik at man får ønsket takhelning. Den er også dreibar slik at luft kan blåses enten mot endeomleggene eller mot sideomleggene, eller - om ønsket - mellomstillinger mellom disse.

Etter å ha gjennomført en del innledende undersøkelser, ble noen tilleggsforutsetninger fastlagt for prøvingen. Vannkassen ble plassert slik at de første vandråpene alltid skulle nå ned til lavestliggende endeomlegg uansett lufthastighet. Ved en ev. fast stilling på vannkassen i forhold til prøvestykket, ville varierende mengder vann treffe prøvestykket avhengig av lufthastigheten. Avstanden mellom prøvestykker og vannkasse i vertikal retning ble fastlagt til 1,1 m.

Variasjonen i tilført vannmengde, målt ved utløpet av vannkassebunnen, var  $\pm 5$  l/time (3 %).





På prøvekasen er montert en sugevifte (6), en manuell ventil (7) og en motordrevet sluse (8). Disse benyttes når man ønsker et konstant eller pulserende undertrykk inne i prøvekasen.

Vi kom til at opplektet takstein vil være så luftåpen at det neppe kan etableres noe større undertrykk under steinene. Derfor lot vi være å etablere et slikt undertrykk. Vi kjørte bare med lufthastighet langs taksiden (som selvfølgelig også kan gi litt undertrykk under steinen).

Åpningen i prøvekasen ble dekt med en sponplate belagt med en plastfilm. Over denne filmen ble lagt sløyfer og lekter på vanlig måte. Det vannet som drev inn gjennom taket under prøvene, ble samlet opp på en måleflate på 1,0 m x 1,0 m på plastfolien og målt med et måleglass. Målingen startet når lekkasjemengden pr. tidsenhet hadde stabilisert seg.

Avstanden fra senteret i utløpet av luftkanalen til midten av måleflaten var 1,5 m, målt horisontalt.

De angitte lufthastighetene er målt midt i utløpet av luftkanalen.

## 2. BESKRIVELSE AV PRØVENE

Vi brukte lekkasjene gjennom en tegning med tegltakstein som referanse. Det ble brukt Vittinge taktegl, en dobbeltkrum type av vanlig stein uten noen spesiell overflatebehandling, med glatt underside uten trykkutjevningsskammer. Disse steinene har avskårne hjørner som bestemmer hvor stort endeomlegg som kan brukes. På grunn av produksjonsmetodene er det relativt store variasjoner i formen fra stein til stein. Derfor blir det åpninger mellom steinene som øker lekkasjemulighetene for vann.

Både for prøvene med taktegl og betongstein ble det montert tre prøvetak. Det vil si at vi monterte først stein på hele flaten, ca. 2,0 m x 2,0 m. Deretter ble prøvene gjort. Så tok man steinen av og monterte nye stein på flaten, målte, demonterte og monterte stein på flaten for tredje gang med etterfølgende måling. Tre forskjellige takhelninger ble brukt hver gang. Måleflate for alle prøver var 1,0 m x 1,0 m.

## 3. RESULTAT FRA PRØVENE

### 3.1 Tegltakstein

Teglsteinstype	Doppeltkrum
Vindhastighet:	12 m/s
Totalhøyde på sløyfer + lekter:	37 mm
Avstand mellom lektene:	360 mm
Endeomlegg:	60 mm
Tid for oppsamling av lekkasjevann:	10 min
Antall stein:	20
Vannpåføring	175 kg/time

<u>Serie</u>	<u>Takvinkel</u>	<u>Overlapp</u>	<u>Lekkasje</u>
1	15 <sup>0</sup>	Ende	11,3 kg/time
	18	"	3,3 "
	22	"	2,1 "
2	15	"	11,4 "
	18	"	6,0 "
	22	"	4,0 "
3	15	"	10,3 "
	18	"	8,3 "
	22	"	6,6 "

Anmerkning:

Disse steinene har ikke trykkutjevningsskammer ved endene eller tetningsriller i sideomlegg. På grunn av unøyaktigheter i formen, varierte åpningene mellom steinene mye.

Det finnes også tegltakstein med trykkutjevningsskammer og utførelse som ligger nært opp til moderne betongtakstein. I denne undersøkelsen er slike tegltaksteinstyper ikke prøvd.

### 3.2 Betongtakstein

3.2.1	Steintype	A
	Vindhastighet:	12 m/s
	Totalhøyde på sløyfer + lekter:	37 mm
	Avstand mellom lekter:	350 mm
	Endeomlegg:	65 mm
	Tid for oppsamling av lekkasjevann:	6 min
	Antall stein:	20
	Vannpåføring:	175 kg/time

<u>Serie</u>	<u>Takvinkel</u>	<u>Overlapp</u>	<u>Lekkasje</u>
1	15 <sup>0</sup>	Ende	0,06 kg/time
	18	"	0,05 "
	22	"	0,08 "
2	15	"	0,02 "
	18	"	0,05 "
	22	"	0,14 "
3	15	"	0,11 "
	18	"	0,16 "
	22	"	0,09 "
	15	Side	0 "

Anmerkning:

Disse små vannmengdene er det ikke enkelt å måle nøyaktig. Denne steintypen gikk ut av produksjon i 1986.

3.22	Steintype	B
	Vindhastighet:	12 m/s
	Totalhøyde av sløyfer + lekter:	37 mm
	Avstand mellom lekter:	360 mm
	Endeomlegg:	40 mm
	Tid for oppsamling av lekkasjevann:	12 mm
	Antall stein:	28
	Vannpåføring:	175 kg/time

Serie	Takvinkel	Overlapp	Lekkasje
1	15°	Ende	0,88 kg/time
	18	"	0,63 "
	22	"	0,20 "
2	15	"	0,26 "
	18	"	0,27 "
	22	"	0,19 "
3	15	"	1,70 "
	18	"	1,60 "
	22	"	1,18 "
	15	Side	0 "

Anmerkning:

Vannlekkasjene avhenger sterkt av hvordan steinen monteres eller lar seg montere. Ved prøveserie 3 kom lekkasjevannet vesentlig inn på to steder.

3.23	Steintype	C
	Vindhastighet	12 m/s
	Totalhøyde av sløyfer + lekter	37 mm
	Avstand mellom lektene	370 mm
	Endeomlegg	50 mm
	Tid for oppsamling av lekkasjevann	6 min
	Antall stein	20
	Vannpåføring	175 kg/time

Serie	Takvinkel	Overlapp	Lekkasje	Anmerkning
1	15°	Ende	0 kg/time	Ingen dråper
	18	"	0	Tre dråper falt ned på folie
	22	"	0	Ingen synlig lekkasje
2	15	"	0,01 kg/time	Noen få dråper
	18	"	0	Ingen dråper
	22	"	0	Vann sugd opp av bet.stein
3	15	"	0,02 kg/time	Ingen dråper
	18	"	0	Ingen dråper
	22	"	0	Ingen dråper
	15	Side	0	Ingen lekkasje

Anmerkning:

Denne steinen har trykkutjevningsskammer både i ende- og sideomlegg. Dessuten er bølgebunnene meget formnøyaktige og tetter godt på de stedene der lekkasjen oftest pleier å være størst.

3.24	Steintype	D
	Vindhastighet	12 m/s
	Total høyde av sløyfer + lekter	37 mm
	Avstand mellom lektene	330 mm
	Endeomlegg	80 mm
	Tid for oppsamling av lekkasjevann	12 min
	Antall stein	20
	Vannpåføring	175 kg/time

Serie	Takvinkel	Overlapp	Lekkasje	Anmerkning
1	15°	Side	0 kg/time	Ingen lekkasje
2	15	"	0	Ingen dråper
	18	"	0	To dråper fra sideoverlapp
	22	"	0	Ingen dråper
3	15	"	0,015 kg/time	Vind: 18 m/s
	18	"	0,020	" "
	22	"	0,025	" "

Anmerkning:

Steintype D har et trykkutjevningsskammer ved endeomlegget. I tillegg har den meget stor formnøyaktighet og en ru overflate.

3.25	Steintype	E
	Vindhastighet	12 m/s
	Total høyde av sløyfer + lekter	37 mm
	Avstand mellom lektene	310 mm
	Endeomlegg	100 mm
	Tid for oppsamling av lekkasjevann	12 min
	Antall stein	20
	Vannpåføring	175 kg/time

Serie	Takvinkel	Overlapp	Lekkasje	Anmerkning
1	15°	Ende	0 kg/time	Noen få dråper
	18	"	"	
	22	"	"	
2	15	"	"	
	18	"	"	
	22	"	"	
3	15	"	"	
	18	"	"	
	22	"	"	
	15	Side	"	

Anmerkning:

Etter prøvene var de fleste steinene meget fuktige på undersiden, særlig i nærheten av de to trykkutjevningsskamrene ved enden. Dette vannet ble sugd opp av betongen. Noen få dråper hang fast under steinen. Noen få av dem falt ned.

3.26	Steintype	F
	Vindhastighet	12 m/s
	Total høyde av sløyfer + lekter	37 mm
	Avstand mellom lektene	310 mm
	Endeanlegg	110 mm
	Tid for oppsamling av lekkasjevann	12 min
	Vannpåføring	175 kg/time

Serie	Takvinkel	Overlapp	Lekkasje kg/time
1	15 °	Ende	0
"	18	"	0
"	22	"	0
2	15	"	0
"	18	"	0
"	22	"	0
3	15	"	0
"	18	"	0
"	22	"	0

Anmerkning:

Denne steintypen har på overflaten samme utseende som type A, men en annen utforming på undersiden der den har to trykkutjevningsskammer ved endeomlegget. (Steintype A gikk ut av produksjon i 1986).

**TABELL 1.** Sammendrag av vannlekkasjemålingene

Type	Takvinkel	Middelverdi l/time	Standardavvik	Middelverdi standardavvik
Tegl	15°	11,0	0,6	0,05
	18	5,8	2,5	0,43
	22	4,2	2,3	0,55
Betongtakstein A	15	0,06	0,05	0,71
	18	0,09	0,06	0,73
	22	0,10	0,03	0,31
Betongtakstein B	15	0,95	0,72	0,76
	18	0,83	0,69	0,83
	22	0,52	0,57	1,09
Betongtakstein C	15	0,01	0	-
	18	0	0	-
	22	0,01	0	-

Type	Takvinkel	Middelve rdi l/time	Standardavvik	Middelve rdi standardavvik
Betongtakstein D	15	0	0	-
	18	0	0	-
	22	0	0	-
Betongtakstein E	15	0	0	-
	18	0	0	-
	22	0	0	-
Betongtakstein F	15	0	0	-
	18	0	0	-
	22	0	0	-

Samlet høyde på sløyfer og lekter	37 mm
Vindhastighet	12 m/s
Vannpåføring	175 kg/time

**Merknad:**

En del innledende forsøk tydet på at vannlekkasjen var avhengig av avstanden mellom takstein og undertak. Minst lekkasje fikk man ved små avstander. Derfor har vi hele tiden brukt den minste avstanden man i praksis kan ha: 37 mm, dvs. 12 mm sløyfer og 25 mm lekter.

#### 4. KONKLUSJONER OM VANNTETTHET MOT SLAGREGN, ETTER NORDTEST-METODEN

Man måtte forvente en viss spredning i prøveresultatene. Det har sammenheng med variasjoner i form og overflate på steinene og med variasjoner i montasjearbeidet på byggeplassen. Variasjonene kom også frem i våre observasjoner.

Resultatene beskriver likevel helt klart de betydelige forskjellene mellom det vi kan kalle en tradisjonell/klassisk utførelse av tegltakstein og moderne betongtakstein.

Vannlekkasjene for moderne, riktig utformet betongtakstein nærmer seg i praksis 0.

Det gir igjen grunnlag for å revurdere den konstruksjonspraksisen man har i dag, i alle fall når det gjelder hensynet til tetthet mot regninndrev.

Vi kan gå ut fra at de reglene man i dag bruker for utforming av tak med takstein, bygger på lang tids erfaring med eldre steintyper som f.eks. taktegl av enkel type.

Vi antar at takene med moderne takstein av de typene vi har prøvd her, og med takhelning 18°, vil være minst like tette som den taktegltypen vi har prøvd ved 22° takhelning.

En del andre forhold kan også ha betydning for tettheten av et tak:

Ved snøsmelting kan det bygges opp små, lokale isrygger på taket. Bak dem vil smeltevann samles opp og trenge inn i taket.

Fin fokksnø kan trenge inn gjennom meget små åpninger i takhuden.

Utilfredsstillende detaljer med beslag, avslutninger, gjennomføringer etc. kan gi lekkasjer.

Dette er forhold som må ordnes uavhengig av selve steinen, og som ikke har noe å gjøre med krav til steinen og leggemetodene for den. De er ikke tatt med i denne undersøkelsen.

Funksjonskravene til taket er selvfølgelig også knyttet til disse forholdene. Ved valg av den samlede konstruksjonen (overtak, undertak, beslag etc.) må de tas i betraktning. Jo tettere overtak, dess mindre krav til undertakets tetthet, forutsatt at det er tatt hensyn til fokksnø, snøsmelting, beslag og detaljer.

#### 5. VURDERING AV PRØVEMETODEN

Prøvemethoden (NORDTEST NT Build 118) er relativt ny, og man har liten erfaring fra bruk av den. Vi fant det derfor riktig å studere også selve metoden og det nødvendige prøveutstyret samtidig med prøvingen av takstein.

5.1 Den vannmengden som er foreskrevet i NORDTEST-metoden er meget stor. Den tilsvarende 350 mm/time og ligger langt høyere enn det man i praksis kan vente av nedbør her til lands. Men samtidig vet vi at vann som faller ned på de høyereliggende delene av et tak, samles opp lenger nede. På de nederste delene ved raftet kan vannmengdene bli meget store. Vi har derfor ikke funnet det nødvendig å endre noe på dette kravet ved prøvingen.

5.2 Man kan anta at økende vindhastighet også vil bety økende vannlekkasje. Den nøyaktige sammenhengen er imidlertid ikke helt klar. For å skaffe oss en bedre forståelse, gjorde vi en del forsøk som vil fremgå av tabell 2 og diagram 2. Lekkasje ble målt ved tre hastigheter. Ved 6 m/s var den omtrent 0. Vinden var enda for svak til å drive vannet inn gjennom spaltene mellom steinene. Deretter økte lekkasjen stadig raskere med lufthastigheten. Man måtte forvente en økning omtrent med kvadratet av hastigheten.

**Tabell 2** Lekkasje målt ved tre vindhastigheter. Takvinkel 15°.

<u>Steintype:</u>	<u>Tegl, dobbeltkrum</u>
Vindhastighet:	6-12-18 m/s
Total høyde av sløyfer + lekter:	65 mm
Avstand mellom lektene:	360 mm
Endeomlegg:	60 mm
Måletid:	2 min
Antall stein:	20
Vannpåføring:	175 kg/time

Vindhastighet	Prøve nr.	Vannlekkasje l/time	Middel
6 m/s	1	0,020	0,30
	2	0,024	
	3	0,036	
12 m/s	1	15,18	15,1
	2	14,73	
	3	15,32	
18 m/s	1	71,58	71,2
	2	69,12	
	3	72,84	

Diagram 2 bygger bare på tre observasjoner, og er dermed relativt grovt. Men antar man rette linjer mellom disse punktene, vil man kunne danne seg et bilde av lekkasjemengdens avhengighet av lufthastigheten.

NORDTEST-metoden angir en standard hastighet på 12-14 m/s. Ser vi på diagrammet, gir 12 m en lekkasje på ca. 15,1 l/time, mens 14 m/s gir 35,0 l/time. Dette viser at man må bruke langt mindre toleranser når lufthastigheten skal bestemmes. Tillates variasjoner mellom 12 og 14 m/s, kan resultatene variere innen altfor vide grenser.

Vi må derfor foreslå en vindhastighet med mindre avvik.



6 m/s GIR LEKKASJE PÅ 0,03 l/time  
12 m/s ————— " ————— 15,1 l/time  
18 m/s ————— " ————— 71,2 l/time

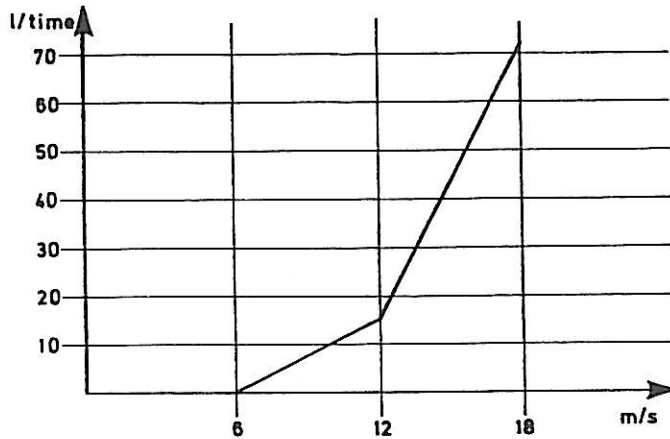


Diagram 2  
Lekkasjemengde avhengig av lufthastighet

- 5.3 Variasjonen i steinens form og montasjearbeidet influerer sterkt på prøve-resultatene. En enkeltprøve vil derfor ikke være nok. Det må i det minste kjøres tre parallelle prøver i hver serie for å kunne få et begrep også om spredningen.
- 5.4 Vindhastigheten langs en takside er aldri konstant gjennom lengre perioder. Prøvemethoden forutsetter imidlertid en konstant hastighet. Praktiske hensyn ligger bak denne forutsetningen.

For å få en viss oversikt over variasjonene når man kjørte med konstant eller pulserende vindhastighet, gjorde vi en enkel prøve. Til forsøkene ble benyttet den samme steinmontasjen som vi har nevnt under foregående pkt.5.2. Resultatet fremgår av diagram 3.

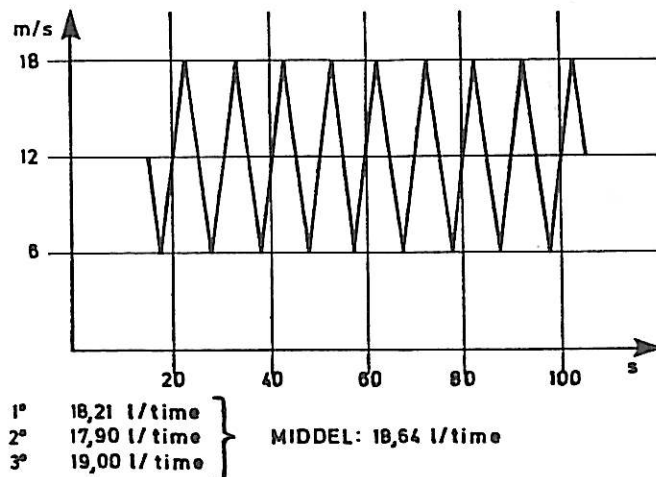


Diagram 3  
Lekkasje teoretisk 22,9 l/time

Vi beregnet grovt den lekkasjemengden vi kunne forvente basert på den pulseringen som er angitt. Ved måling fant vi at den lekkasjen som kom gjennom, var mindre enn den beregnede. Dette antyder at vår prøvemethode med konstant hastighet er en noe større påkjenning enn det som forekommer i praksis.

Den samme sammenhengen har vi også funnet ved studier av slagregn på vegger. Prøving med statisk trykk (stabil vindhastighet) gir en noe større påkjenning enn pulserende. Det kan føre til at man ikke får frem alle virkelige egenskaper for tekkingen, f.eks. fra trykkutjevningsskammer. En pulserende hastighet gir imidlertid en mer komplisert metode for prøvingen.

Det bør vurderes om metoden skal endres fra statisk til pulserende vindhastighet.

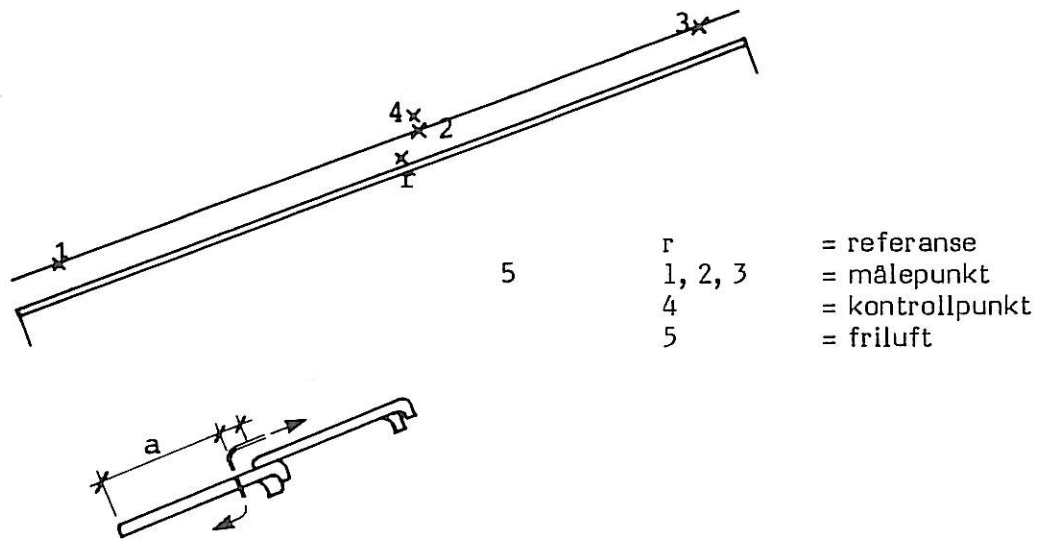
- 5.5 Lekkasjen avhenger av takhelningen: Brattere tak, mindre lekkasje. Det virker også logisk fordi "avrenningskomponenten" nedover langs taksiden øker med økende vinkel.
- 5.6 Det benyttes forskjellige typer undertak som legges med varierende avstand fra undersiden av steinen. Variasjoner i denne avstanden har stor innflytelse på lekkasjemengden. Derfor må denne avstanden angis og fastslås.

Resultater fra en enkel prøve er vist i tabell 3. Vi har ingen sikker forklaring på årsakene til disse variasjonene.

**Tabell 3** Lekkasje målt ved varierende avstand mellom undertaket og steinens underside

Steintype:	Tegl, dobbeltkrum		
Vindhastighet:	12 m/s		
Total høyde av sløyfer + lekter:	37-65-600 mm		
Avstand mellom lekter:	360 mm		
Endeomlegg:	60 mm		
Måletid:	10 min		
Antall stein:	20		
Vannpåføring:	175 kg/time		
Samlet høyde av lekter + sløyfer	Takvinkel		
	15°	18°	22°
37 mm	11.0 l/t	5.8 l/t	4.2 l/t
65 mm	15,1 l/t	11.9 l/t	9.8 l/t
600 mm	67.0 l/t	54.0 l/t	41.0 l/t

- 5.7 Lekkasjer og andre egenskaper ved taket antas å henge sammen med variasjoner i trykkforholdene på oversiden av steinen og trykkfallet over steinen. For å få en oversikt over sammenhengen mellom lufthastighet og trykkforskjell mellom over- og undersiden av taksteinen, foretok vi målinger i en rekke punkter (se fig. 4).



r = referanse  
1, 2, 3 = målepunkt  
4 = kontrollpunkt  
5 = friluft

avstand a: tegl stein = 310 mm  
Type E = 280 mm  
diameter kobberør = 6,5 mm

Fig. 4  
Forsøkene ble kjørt uten vanntilførsel

Det ble boret hull med diameter 6,5 mm på de stedene som er angitt på figuren. Små kobberør ble satt inn i hullene slik at enden på dem fluktet med oversiden av steinen, og de ble deretter forbundet med trykkmålere og skriver.

Kontrollpunkt 4 lå 15 mm ovenfor målepunkt 2. Det er vist som et bøyd rør på skissen. Prøvetaket har en størrelse på 2 m x 2 m. Det ligger noe høyere enn avgrensningen av prøvekasene. Dermed blir det åpent mot fri luft på alle fire sider. Vi mente at dette kunne influere på trykkforholdene under steinen. Derfor ble det gjort forsøk med forsegling med tape rundt de to skrånne sidene og den laveste siden (åpent på den høystliggende siden) og med full åpning langs alle fire sider. Vi fant imidlertid ingen forskjell i trykkforholdene og kjørte derfor alle prøver med fri åpning på alle fire sider. Punkt 1 viste seg å ligge utenfor det området der luften hadde stor hastighet. Punkt 3 lå så nært den øvre kanten at man fikk sug.

Tabell 4 viser resultatene av trykkmålingene i fem punkter ved forskjellige vindhastigheter og takvinkler. Målingene ble gjort for to forskjellige steintyper (E og teglstein).

Tabell 4

Steintype:  
Samlet høyde av lekter og sløyfer:  
Avstand mellom lekter:  
Tid målt:  
Antall stein:

Tegl og type E  
65 mm  
360 mm og 310 mm  
20 s  
35 og 36

TEGL	Takvinkel	Pkt.	Vindhastighet	Tid	Middel	Maximum	Minimum	Takvinkel	Pkt.	Vindhastighet	Tid	Middel	Maksimum	Minimum	
100	1	1	5	20	+0.07	+0.82	-0.33	200	1	5	25	-0.08	+0.14	-0.40	
			10	20	+0.29	+1.22	-0.63			10	25	-0.05	+0.50	-0.60	
			15	15	+0.30	+1.56	-0.64			15	20	-0.05	+0.88	-0.80	
			20	20	0.29	+1.62	-0.06			20	20	-0.02	+0.84	-0.88	
			25	15	+0.60	+2.56	-0.67			25	15	+0.03	+1.20	-1.20	
	2	2	2	5	20	+0.34	+0.75	+0.06	200	2	5	20	+0.48	+0.94	+0.13
				10	20	+1.18	+2.08	+0.48			10	20	+1.48	+2.80	+0.99
				15	15	+2.48	+3.68	+1.59			15	20	+3.76	+5.15	+1.16
				20	20	+3.69	+5.15	+2.72			20	20	+6.16	+7.62	+4.30
				25	15	+7.04	+8.75	+4.76			25	15	+11.60	+14.43	+10.80
	3	3	3	5	20	+0.01	+0.18	-0.15	200	3	5	20	-0.02	+0.19	-0.08
				10	20	+0.04	+0.56	-0.48			10	20	+0.15	+0.51	-0.40
				15	15	+0.05	+0.82	-0.64			15	20	+0.22	+1.42	-0.48
				20	20	+0.10	+1.54	-0.88			20	20	+0.35	+1.62	-0.46
				25	15	+0.14	+2.00	-1.12			25	15	+0.80	+2.55	-0.32
4	4	4	5	20	-0.14	+0.26	-0.74	200	4	5	20	+0.10	+0.42	+0.60	
			10	20	-0.56	+0.88	-2.48			10	20	+0.18	+1.25	-1.25	
			15	15	-1.02	+0.70	-3.10			15	20	+0.28	+1.95	-1.76	
			20	20	-1.44	+0.61	-3.92			20	20	+0.48	+3.41	-1.68	
			25	15	-2.98	-0.60	-4.80			25	15	+0.80	+3.60	-2.44	
5	5	5	5	10	+0.00	+0.03	-0.03	200	5	5	10	-0.02	+0.02	-0.06	
			10	5	+0.03	+0.08	-0.05			10	10	+0.07	+0.24	-0.06	
			15	5	+0.05	+0.14	-0.05			15	5	+0.12	+0.40	-0.03	
			20	5	+0.04	+0.16	-0.11			20	5	+0.22	+0.67	-0.02	
			25	5	+0.07	+0.70	-0.60			25	5	+0.35	+1.09	-0.30	
150	1	1	5	25	-0.08	+0.51	-0.42	250	1	5	25	-0.12	+0.10	-0.34	
			10	20	-0.01	+0.61	-0.51			10	25	+0.12	+0.68	-0.44	
			15	25	+0.01	+0.77	-0.61			15	20	-0.10	+0.84	-0.82	
			20	20	+0.02	+0.67	-0.67			20	20	-0.05	+1.92	-1.68	
			25	10	+0.15	+0.95	-0.25			25	20	-0.03	+1.60	-1.28	
	2	2	2	5	20	+0.35	+0.80	+0.06	250	2	5	20	+0.50	+1.72	+0.16
				10	20	+1.18	+2.05	+0.59			10	20	+2.40	+3.34	+1.44
				15	20	+2.64	+4.00	+1.44			15	20	+4.48	+5.28	+3.07
				20	20	+4.80	+6.16	+3.39			20	20	+8.32	+9.92	+6.70
				25	10	+8.80	+11.20	+7.06			25	15	+13.60	+15.68	+11.68
	3	3	3	5	20	-0.03	+0.16	-0.17	250	3	5	20	-0.06	+0.16	-0.24
				10	20	+0.05	+0.78	-0.26			10	20	+0.34	+1.04	-0.16
				15	15	+0.07	+0.98	-0.48			15	20	+0.32	+1.95	-0.18
				20	20	+0.08	+1.15	-0.91			20	20	+0.67	+1.97	-0.07
				25	10	+0.20	+1.70	-0.25			25	15	+1.14	+2.32	-0.08
4	4	4	5	20	-0.08	+0.35	-0.64	250	4	5	25	+0.14	+0.42	-0.62	
			10	20	-0.25	+0.85	-1.58			10	20	+0.48	+1.68	-0.74	
			15	20	-0.56	+1.22	-2.72			15	20	+1.28	+3.20	-0.64	
			20	20	-0.80	+1.77	-3.39			20	20	+2.72	+4.94	+0.32	
			25	10	-1.44	+1.44	-3.70			25	15	+3.73	+6.70	+1.17	
5	5	5	5	10	-0.02	+0.01	-0.05	250	5	5	10	-0.06	+0.02	-0.12	
			10	5	+0.03	+0.09	-0.05			10	5	+0.06	+0.22	-0.18	
			15	5	+0.04	+0.11	-0.05			15	5	+0.23	+0.53	+0.02	
			20	5	+0.05	+0.43	-0.12			20	5	+0.35	+1.12	+0.14	
			25	5	+0.20	+0.94	-0.08			25	5	+0.35	+1.12	+0.14	

Type E		Type E											
Takvinkel	Pkt.	Vindhastighet	Tid	Middel	Maksimum	Minimum	Takvinkel	Pkt.	Vindhastighet	Tid	Middel	Maximum	Minimum
10°	1	5	25	+0.05	+0.72	-0.35	20°	1	5	20	-0.08	+0.17	-0.30
		10	25	-0.08	+0.86	-0.61			10	20	+0.28	-0.40	
		15	25	-0.10	+0.79	-0.62			15	20	-0.10	+0.25	-0.45
		20	25	-0.11	+0.80	-0.68			20	15	-0.08	+0.36	-0.58
		25	20	-0.07	0.92	-0.72			25	15	-0.10	+0.61	-0.98
	2	5	25	+0.35	+0.90	+0.04	2	2	5	20	+0.46	+0.93	+0.01
		10	25	+1.10	+2.12	+0.38			10	20	+2.08	+3.20	+1.18
		15	25	+2.78	+4.08	+1.77			15	20	+3.40	+4.72	+2.36
		20	25	+4.88	+6.60	+3.51			20	15	+6.48	+7.53	+5.24
		25	15	+7.55	+9.40	+5.97			25	15	+11.20	+13.76	+9.04
	3	5	25	-0.05	+0.16	-0.21	3	3	5	20	-0.09	+0.10	-0.30
		10	25	-0.18	+0.36	-0.68			10	20	-0.17	+0.41	-0.61
		15	25	-0.27	+0.58	-1.12			15	20	-0.21	+0.61	-0.76
		20	25	-0.40	+0.45	-1.25			20	15	-0.26	+0.66	-0.97
		25	25	-0.58	+0.48	-1.50			25	15	-0.48	+0.90	-1.61
4	5	25	+0.21	+0.65	+0.08	4	4	5	20	+0.42	+0.87	+0.09	
	10	25	+0.96	+1.78	0.38			10	20	+1.80	+3.28	+0.78	
	15	25	+2.35	+3.59	+1.37			15	20	+2.96	+4.24	+1.67	
	20	25	+4.19	+5.70	+2.90			20	15	+5.68	+6.70	+4.46	
	25	10	+6.60	+9.10	+5.10			25	15	+9.60	+11.79	+6.48	
5	5	10	-0.04	+0.00	-0.08	5	5	5	10	-0.04	+0.00	-0.08	
	10	10	-0.09	-0.01	-0.21			10	10	-0.05	+0.06	-0.16	
	15	5	-0.12	+0.02	-0.25			15	10	-0.04	+0.08	-0.15	
	20	5	-0.13	+0.12	-0.33			20	5	-0.02	+0.18	-0.22	
	25	5	-0.13	+0.20	-0.55			25	5	-0.04	+0.30	-0.41	
15°	1	5	25	-0.07	+0.24	-0.71	25°	1	5	20	-0.06	+0.16	-0.26
		10	25	-0.06	+0.38	-0.44			10	20	-0.07	+0.18	-0.33
		15	25	-0.04	+0.45	-0.40			15	20	-0.08	+0.28	-0.42
		20	25	-0.02	+0.41	-0.48			20	15	-0.12	+0.40	-0.72
		25	15	-0.14	+0.46	-0.56			25	15	0.25	-0.45	-1.45
	2	5	25	+0.48	+1.01	-0.10	2	2	5	20	+0.60	+1.24	+0.16
		10	25	+1.46	+2.56	+0.48			10	20	+1.88	+2.56	+0.98
		15	25	+2.92	+4.00	+1.87			15	20	+4.24	+5.76	+3.04
		20	25	+5.12	+6.60	+3.68			20	15	+7.04	+8.10	+6.08
		25	15	+8.60	+11.10	+6.60			25	15	+12.80	+15.52	+10.61
	3	5	25	-0.07	+0.16	-0.27	3	3	5	20	-0.05	+0.22	-0.22
		10	25	-0.12	+0.41	-0.56			10	20	-0.12	+0.60	-0.48
		15	25	-0.16	+0.58	-0.73			15	20	-0.15	+0.62	-0.64
		20	20	-0.28	+0.61	-1.06			20	15	-0.26	+0.60	-0.94
		25	15	-0.40	+0.63	-1.34			25	15	-0.34	+0.68	-1.35
4	5	25	+0.40	+1.00	+0.00	4	4	5	20	+0.48	+0.94	+0.14	
	10	25	+1.24	+2.16	+0.57			10	20	+1.68	+2.76	+0.94	
	15	25	+2.50	+4.16	+1.60			15	20	+3.84	+5.24	+2.78	
	20	20	+4.48	+6.24	+2.40			20	15	+6.64	+7.84	+5.20	
	25	15	+7.90	+9.90	+6.12			25	15	+11.52	+13.22	+8.88	
5	5	5	-0.03	+0.01	-0.09	5	5	5	10	-0.04	-0.01	-0.09	
	10	5	-0.04	+0.03	-0.18			10	5	-0.05	+0.07	-0.10	
	15	5	-0.02	+0.10	-0.20			15	5	-0.02	+0.14	-0.15	
	20	5	+0.00	+0.24	-0.24			20	5	-0.04	+0.17	-0.24	
	25	5	-0.01	+0.38	-0.45			25	5	-0.03	+0.18	-0.25	

Diagram 4 viser klart avhengigheten mellom vindhastighet og trykkfall, tilnærmet varierer trykket med kvadratet av vindhastigheten.

I diagram 5 og 6 er vist trykkforholdene målt i pkt. 2 både for E og for tegl. De viser at trykkfallet over steinen stort sett er det samme for begge typer, selv om den ene er meget åpen i skjøtene og den andre er meget tett. (Vi hadde antatt at det ville være en vesentlig forskjell mellom dem).

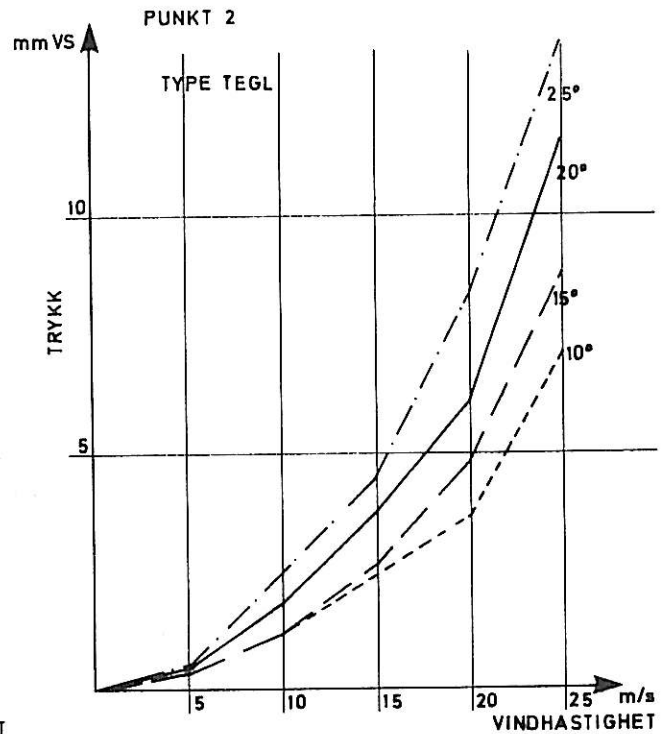
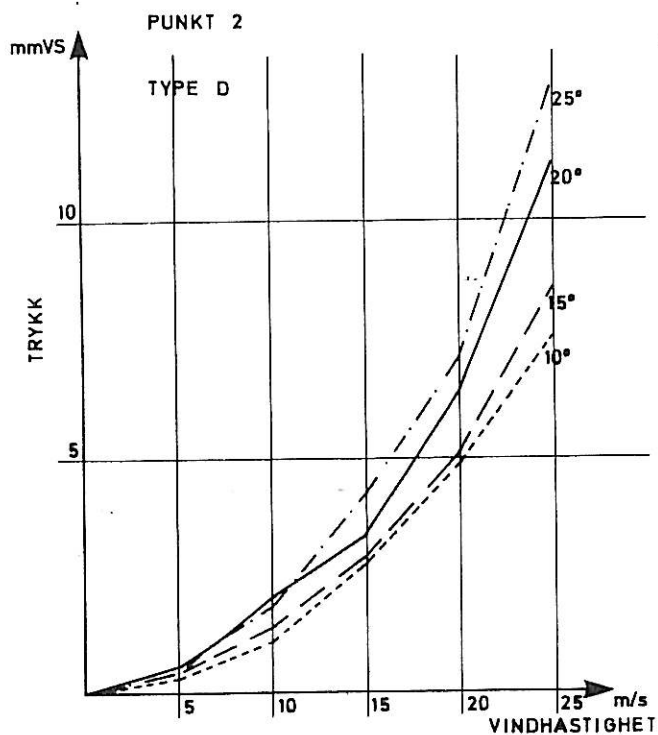
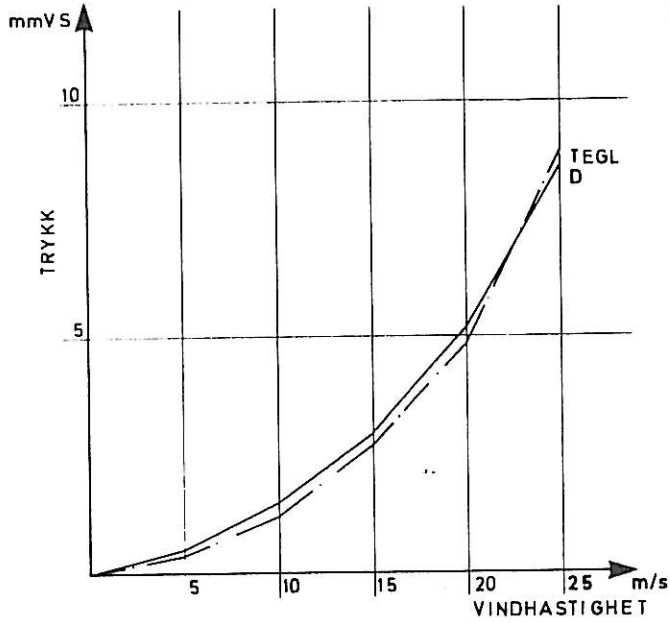


DIAGRAM 4

TRYKKFORSKJELLER

TAKVINKEL 15°  
PUNKT 2



TAKVINKEL 10°  
PUNKT 2

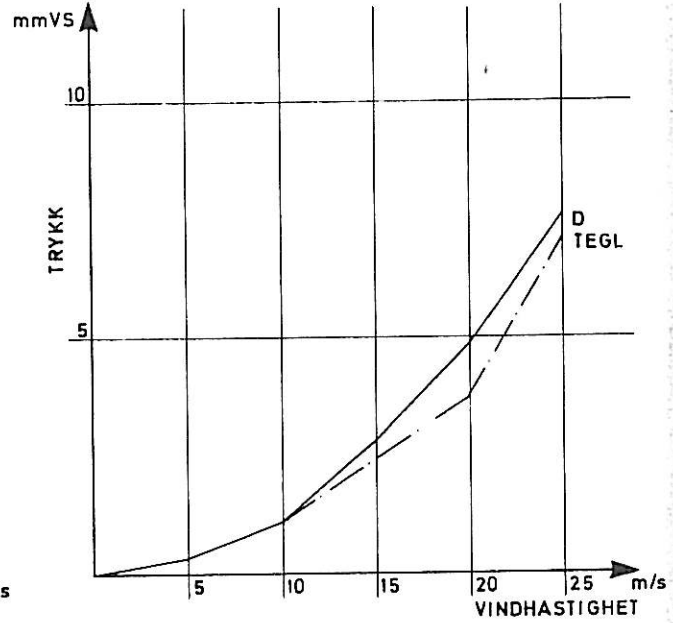
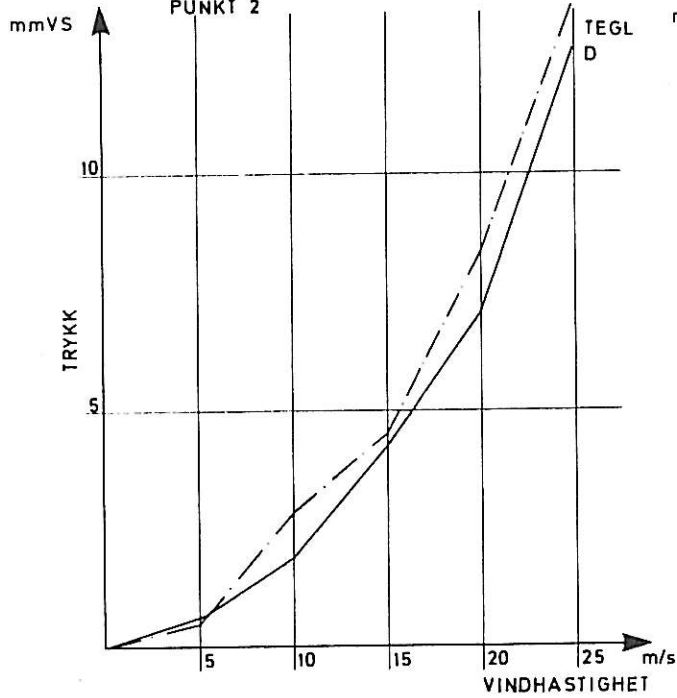


DIAGRAM 5

TAKVINKEL 25°  
PUNKT 2



TAKVINKEL 20°  
PUNKT 2

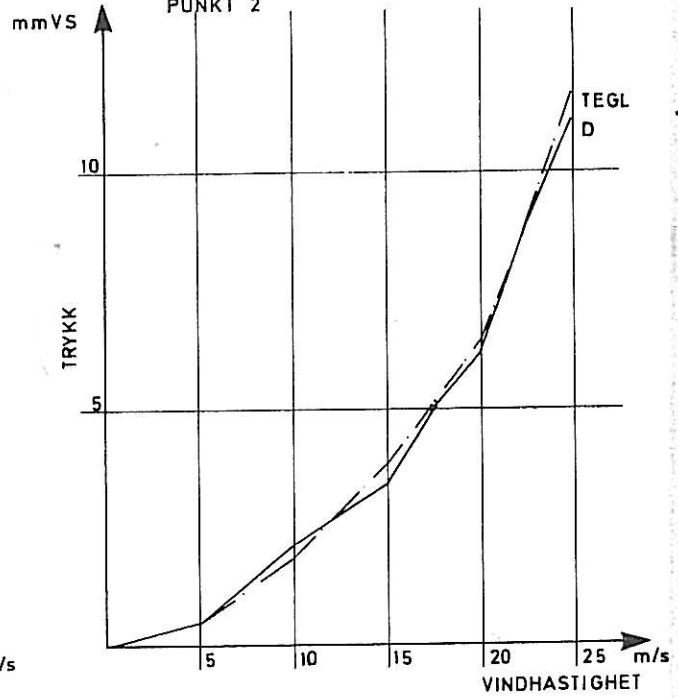


DIAGRAM 6

- 5.8 Vi hadde tidligere funnet at lekkasjen økte med avstanden mellom stein og undertak. Det kunne tenkes å ha sammenheng med tilsvarende variasjon/økning i trykkfallet over taket. Derfor foretok vi en undersøkelse av denne sammenhengen.

I tabell 5 er vist resultatet. Det viser en svak reduksjon av trykkfallet ved økende avstand mellom stein og undertak. Noe overraskende fordi det tidligere er påvist at vannlekkasjen øker med økende avstand mellom stein og undertak.

Tabell 5

Type E

Takvinkel	Pkt.	Vindhastighet	25	65	110	200
15°	2	5	+0,48	+0,48	+0,46	+0,40
		10	+1,44	+1,46	+1,56	+1,36
		15	+3,68	+2,92	+3,68	+2,96
		20	+5,76	+5,12	+6,08	+5,12
		25	+9,92	+8,60	+10,32	+8,80

Samlet høyde av lekter og sløyfer: 25, 65, 110 og 200 mm

- 5.9 En mer detaljert undersøkelse ble gjort med en av steintypene (B). I alt 12 forskjellige kombinasjoner av takvinkel og vindhastighet, hver av disse med tre takprøvemonteringer. Endeomlegg 40 mm. Resultatene er vist nedenfor.

Vindhastighet m/s	Takvinkel °	Lekkasjer l/time			Middelverdi for 3 tak	Forholdstall
		Tak 1	Tak 2	Tak 3		
10	15	0.180	0.516	0.390	0.24	1.0
12	15	0.600	0.93	0.57	0.70	2.9
14	15	1.93	1.88	2.12	1.98	8.3
20	15	13.18	22.61	20.60	18.80	78.5
10	18	0.14	0.25	0.28	0.22	0.9
12	18	0.33	0.53	0.43	0.43	1.8
14	18	0.99	1.69	0.92	1.20	5.0
20	18	13.24	11.47	16.80	13.83	57.6
10	22	0.14	0.19	0.20	0.18	0.75
12	22	0.28	0.35	0.35	0.33	1.4
14	22	0.81	1.06	0.98	0.95	4.0
20	22	11.11	12.38	15.02	12.84	53.5



Oppstillingen på motstående side viser at lekkasjen for takvinkler 18 og 22° er langt mer avhengig av vind-hastigheten enn av takvinkelen og at det er liten forskjell på lekkasjer ved samme vindhastighet ved 18 og 22°.

Resultatene fra hele prøveserien virker logisk, med økende lekkasjer ved økende vindhastigheter og fallende takvinkel. Se også diagram 7.

Det tyder på at prøvemethoden som benyttes, bygger på riktige prinsipper.

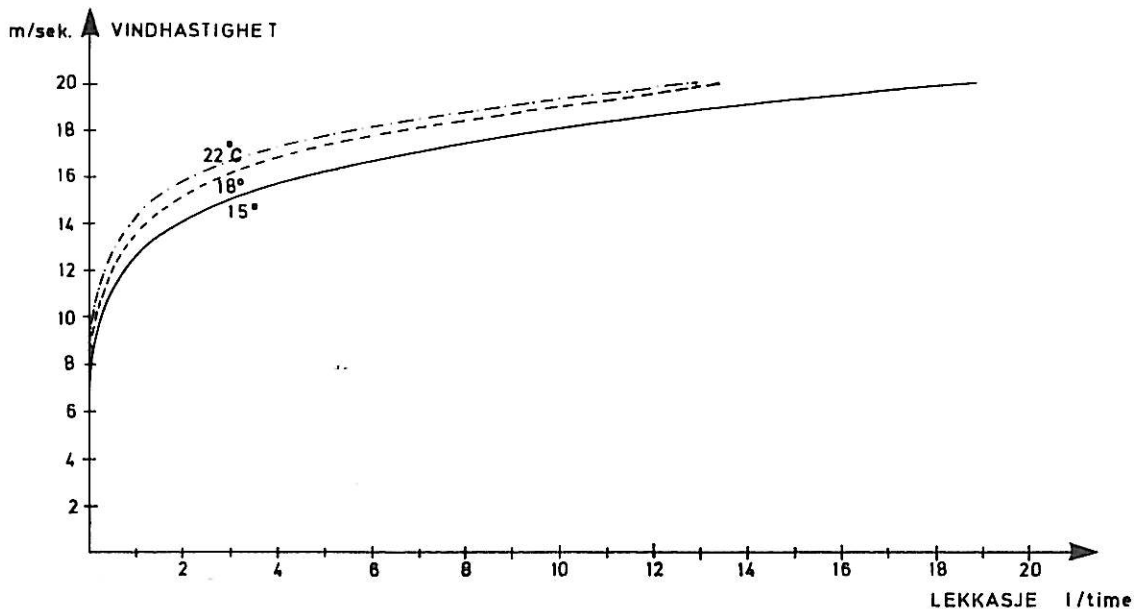


Diagram 7

## 6. VANNBEVEGELSER PÅ UNDERSIDEN AV STEINEN

En kort undersøkelse viste følgende:

Det vannet som trenger inn i endeomlegget, kan følge betongoverflaten over øvre ende på steinen og ned langs undersiden av den. Hvis det nedenforliggende endeomlegget er helt tett, kan vannet dryppe ned på undertaket. Det samme kan skje hvis steinen ett eller annet sted på undersiden har en dryppnese/dryppkant. Hvis imidlertid også det nedenforliggende endeomlegget er åpent, renner vannet ut.

Vi kan derfor gå ut fra at et tak som har endeomlegg med varierende tetthet, kan få konsentrerte lekkasjer i nærheten av de endeomleggene som er tettest. Det kan f.eks. skje hvis det flekkvis oppstår mosevekst over omleggene.

Det samme kan skje dersom steinen på undersiden har knaster og utvekster som gir dryppneser.

Der steinen ligger an mot taklektene, vil man naturlig få slik konsentrert avrenning og nedfukting/råte av lekter på enkelte flekker. Kontaktflaten bør derfor være minst mulig, og bør dessuten ha en slik form at vannet kan renne fritt forbi i størst mulig utstrekning.

Hvis man har en tekning med vekselvise tette og utette endeomlegg, kan man få uheldige lekkasjekonsentrasjoner.

## 7. UNDERSØKELSE AV LEKKASJE GJENNOM ENDEOMLEGG MED VARIERENDE LENGDE PÅ ENDEOMLEGGENE

Steintyper:       A  
                      B  
                      C  
                      E

Prøvene ble gjort med takhelning 15°. Endeomleggenes lengde avhenger av lekkeavstanden. Vi benyttet fire lekkeavstander, d.v.s. 370 - 350 - 330 - 310 mm. Steinene er ikke like lange. Derfor vil også endeomleggslengdene variere en del.

Lengden på A er   415 mm

Lengden på B er   400 mm

Lengden på C er   420 mm

Lengden på E er   405 mm

Lekkasjemålingene ble gjort på to prøvetak av hver type. Det måles lekkasje på en flate på 1.0 m x 1.0 m.

De endeomleggene som er benyttet ved prøvingen, stemmer ikke overalt med de som produsentene anbefaler. Valg av endelomlegg er gjort for å få tegnet opp forløp av lekkasjene i prøveøyemed.

### 7.1 Middelverdi av to målinger (lekkeavstand 350 mm):

Vindhastighet	A	B	C	E
m/s	g/time			
12	380	655	35	125
16	765	4.050	1.190	490
20	1.610	10.250	2.410	1.685
24	5.760	21.310	3.245	3.980

7.2 Etterfølgende tabell viser lekkasjene pr. time for de fire lekkeavstandene. Ved en del målinger med lekkeavstand 370 mm nådde vi ikke opp i de forutsatte hastighetene på 24 m/s. De hastighetene som ble benyttet i disse tilfellene er angitt i parentes. Lekkasjemengdene er beregnet ved hjelp av korreksjonskurver og derfor mindre nøyaktige enn de andre.

SAMLET OVERSIKT OVER LÆKKASJEMÅLINGER VED VARIERENDE ENDEOMLEGG

Avstand mellom lekter	Prøve-tak nr.	Type A 415 mm		Type B 400 mm		Type C 420 mm		Type E 405 mm				
		Over-løpp	12 m/s	24 m/s	Over-løpp	12 m/s	24 m/s	Over-løpp	12 m/s	24 m/s		
mm	-	mm	g/time	mm	g/time	mm	g/time	mm	g/time			
370	I	-45	635	18.550	-30	6.930	37.180 (22)	20	17.350 (22)	-35	1.250	18.330 (20)
	II	-45	710	18.650	-30	7.410	38.110 (22)	80	16.870 (21)	-35	1.210	18.430 (20)
350	I	-65	350	5.710	-50	610	20.900	20	3.170	-55	120	3.950
	II	-65	410	5.810	-50	700	21.720	50	3.320	-55	130	4.010
330	I	-85	90	3.350	-70	50	11.170	-4	250	-75	10	920
	II	-85	100	3.490	-70	60	11.600	-4	320	-75	10	730
310	I	-105	35	2.650	-90	15	5.020	0	75	-95	20	250
	II	-105	80	2.850	-90	20	4.780	0	60	-95	0	270

Konstant: 1) Takvinkel = 15°

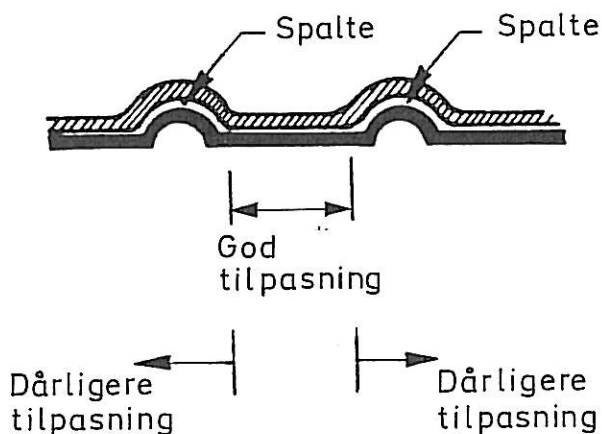
2) Vannmengde = 175 kg/time på 0.5 m<sup>2</sup>

### 7.3 Bemerkninger til type A

Lekteavstand 370 mm, endeomlegg 45 mm

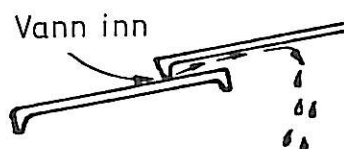
Steinene faller ikke helt sammen. Det er spalte mellom steinene på toppen av bølgene. Der kan vann drive inn relativt lett. I de brede bølgebunnene faller steinene godt sammen og virker tettere med mindre spalter mellom dem. Fikk man til en like god tilpasning i bølgetoppene, ville lekkasjene sannsynligvis bli vesentlig redusert.

Skissen viser variasjonene i tilpasning.



Lekteavstand 310 mm, endeomlegg 105 mm

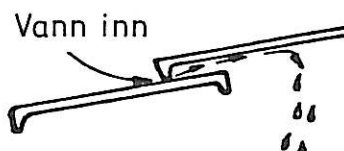
Lekkasjene avtar ikke vesentlig om man reduserer lektheavstanden fra 330 til 310 mm. Det kan tenkes sekundæreffekter som motvirker effekten av lengre endeoverlapp. Hva dette skyldes, har vi ikke funnet. Store vannmengder drives oppover langs undersiden av steinen og faller ned på måleflaten under steinen.



#### 7.4 Bemerkninger til type B

Formen og formnøyaktigheten på disse steinene er slik at man får en rekke spalter mellom steinene på en rekke steder. Dessuten er disse steinene de korteste i vårt prøvevalg. Det er derfor naturlig at de gir de relativt største lekkasjene.

Vann som driver inn i endeomleggene faller umiddelbart bak enden av den underliggende steinen.



#### 7.5 Bemerkninger til type C

Dette er de lengste steinene av dem vi har prøvd. De er utformet som Type E med unntak av at de bare har ett trykkutjevningsskammer, mens Type E har to. Med lekkeavstand 370 mm kommer bare det ene kammeret i funksjon. Lekkasjemengden for E og C blir derfor ved denne avstanden omtrent lik.

#### 7.6 Bemerkninger til type E

Ved lekkeavstanden 370 og 350 kommer bare det ene trykkutjevningsskammer i funksjon. Man skulle vente et stort sprang i lekkasjemengden når avstanden reduseres til 330 mm, slik at begge kammer kommer i funksjon, men det får man ikke med hastighet 24 m/s.

Lekkasjene ligger nært opptil Type C.

### 8. KONKLUSJON OG KOMMENTARER

Vi har undersøkt tetthet mot regninndrev av tak tekket med fire forskjellige typer betongtakstein på tett undertak. Resultatene viser at det ikke bør være noe i veien for å bruke disse typene på tak med helning ned til 18°, når de foreskrevne leggemetoder benyttes.

Forsøkene viser bl.a. at:

### 8.1 Registreringer:

Vanninntregningen (lekkasjen) øker med fallende takvinkel og økende vindhastighet.

Lekkasjen øker også med økende avstand mellom stein og undertak.

Ved de benyttede prøvebetingelsene, vindhastighet 12 m/s ifølge NORDTEST-metoden, varierte lekkasjen for moderne betongtakstein mellom 0 og 1,0 l/time, mens den for dobbeltkrum teglstein uten trykkutjevningsskammer var maksimum ca. 11,0 l/time.

### 8.2 NORDTEST-metoden bør endres en del, bl.a.:

Det må angis en mer nøyaktig vindhastighet.

Plassering av vannpåføringen og vindkanalenes ende i forhold til prøvestykket må beskrives mer nøyaktig.

Avstand mellom takstein og undertak må angis.

## 9. NYE RETNINGSLINJER FOR TEKKING MED BETONGTAKSTEIN, ET DISKUSJONGRUNNLAG

Taket skal være tett når man betrakter steinen og undertaket samlet.

Takets tetthet dokumenteres ved en funksjonsprøving etter NORDTEST-Metode NT Build 118, på en måleflate minst 1.0 m x 1.0 m, eller ved annen anerkjent metode.

Hvis man bruker stein med lekkasjemengde  $L < 0,01$  l/time  $m^2$  målt ved hastighet 12 m/s, kan man benytte forenklet undertak av folietypen. Folien må ha en tilstrekkelig styrke og bestandighet og må monteres slik at den kan oppfylle sine funksjonskrav i steinens forventede levetid.

Hvis man bruker stein med lekkasjemengde  $1,0 > L > 0,01$  l/time  $m^2$ , kan man benytte undertak av tynne plater av trefiber eller tilsvarende. De må ha tilstrekkelig styrke og bestandighet, og må monteres slik at de kan oppfylle sine forutsatte funksjonskrav i steinens forventede levetid.

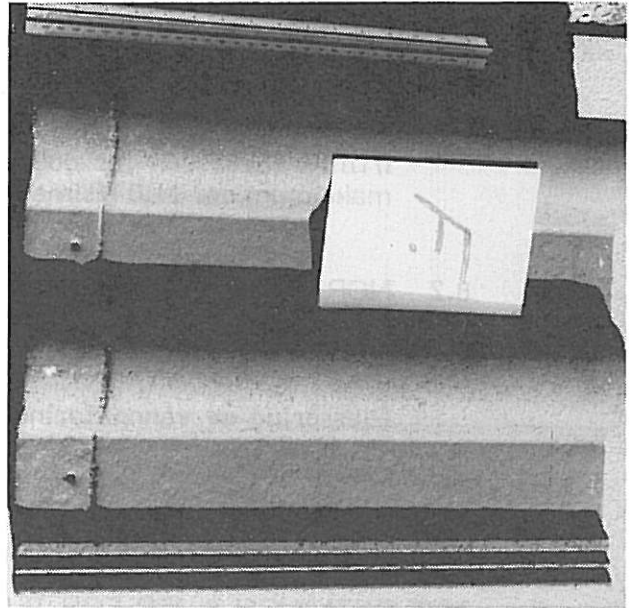
Stein med lekkasjemengde  $L > 1,0$  l/ $m^2$  time, bør ha ordinært stivt og tett undertak, for eksempel rupanel og papp eller lignende.

Tilsvarende undertakstype skal anvendes hvis takets konstruktive utforming er slik at vann kan demmes opp lokalt (p.g.a. isdammer, bygningsdetaljer etc.) i høyde stor nok til å føre vann gjennom omleggene.

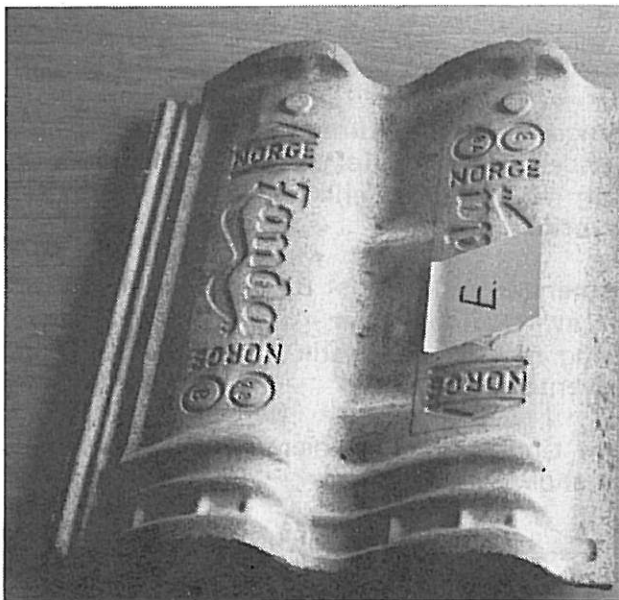
Ved valg av undertakstype må man også ta hensyn til de lokale klimaforhold som f.eks vind og fokksnø, og den ekstra sikkerhet man måtte ønske hvis f.eks en stein skulle falle av eller bli ødelagt. De samme faktorer må man også legge vekt på ved valg av endeomlegg.



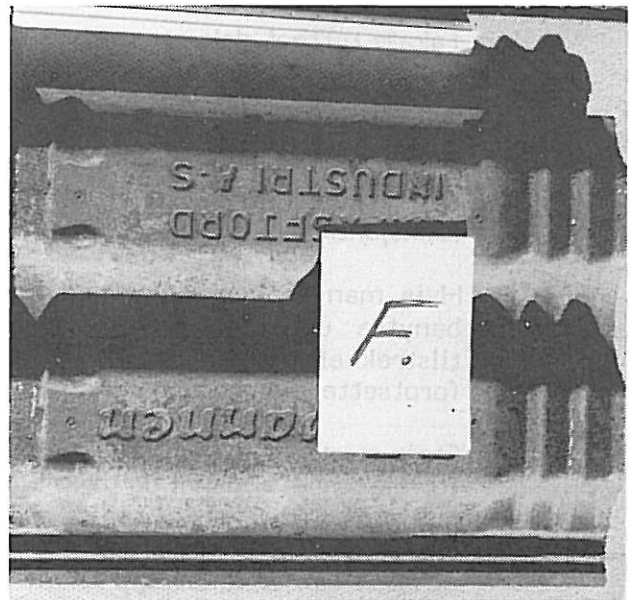
Betongtakstein, type E  
overside



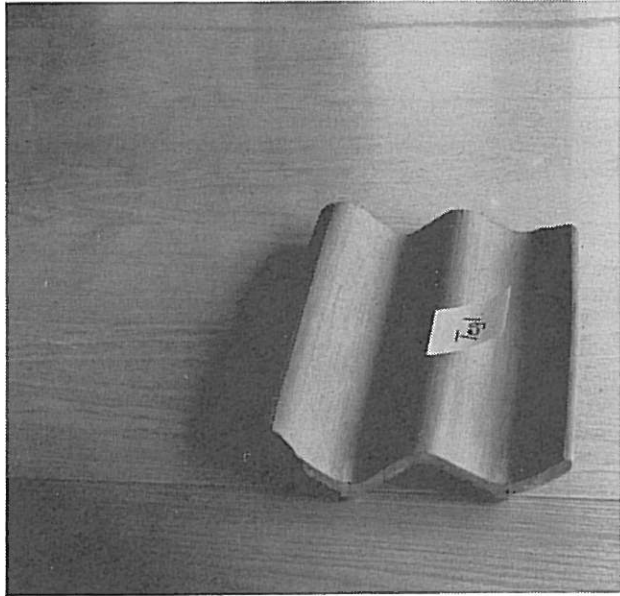
Betongtakstein, type F  
overside



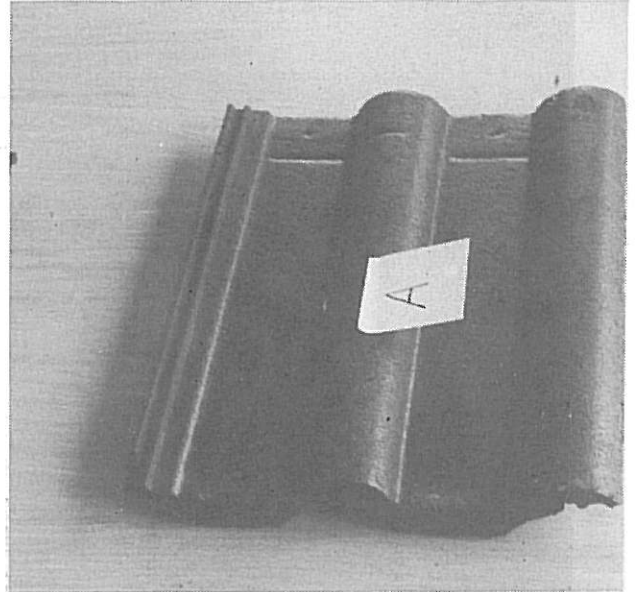
Betongtakstein, type E  
underside



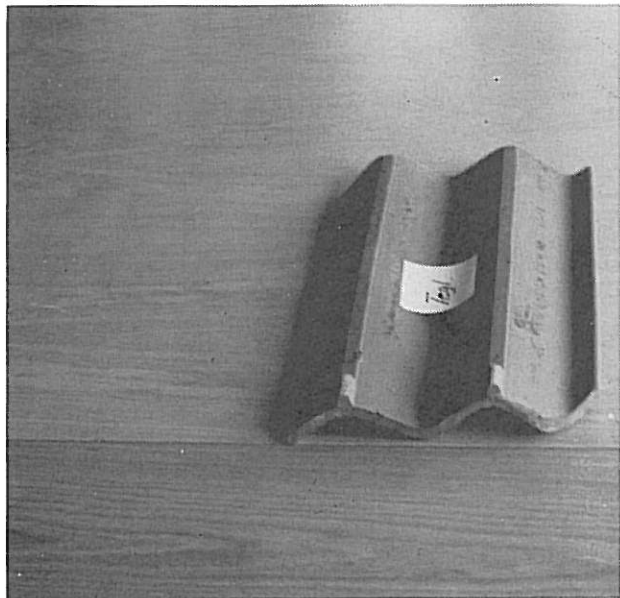
Betongtakstein, type F  
underside



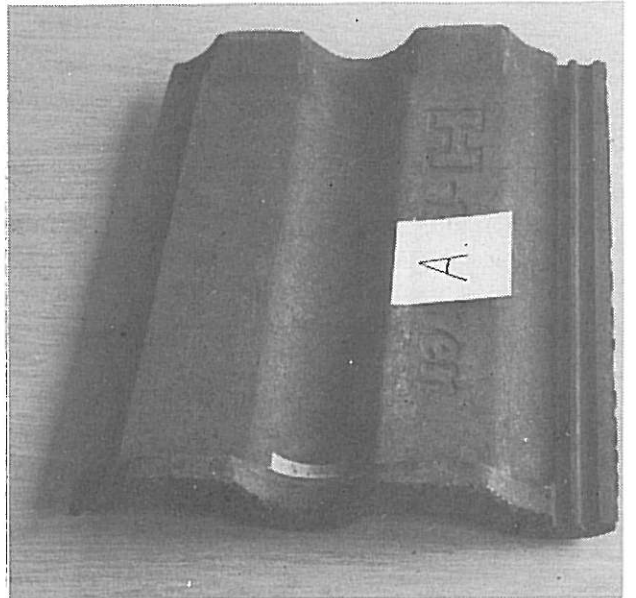
Tegl, overside



Betongtakstein, type A  
overside



Tegl, underside

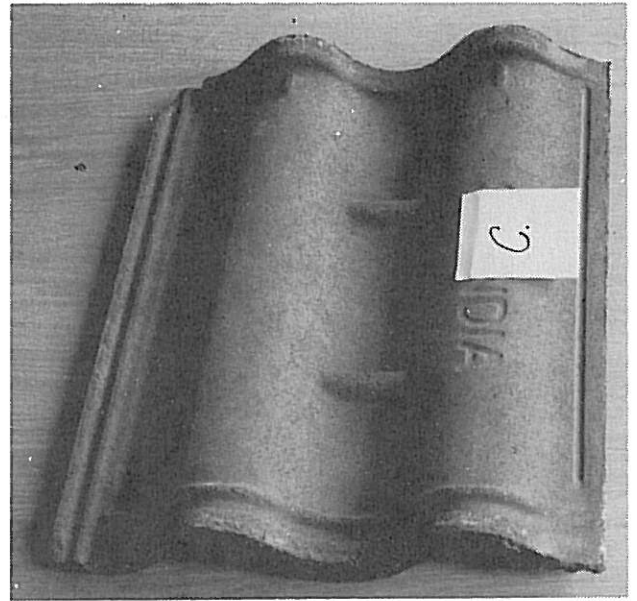


Betongtakstein, type A  
underside





Betongtakstein, type C  
overside



Betongtakstein, type C  
underside