

Knut Noreng og Bjørn Strandholmen

# Vindlast på flate tak Innfesting av fleksible takbelegg

Delrapport fra prosjekt 2 i FoU-programmet  
«Klima 2000»



Prosjektrapport 380  
Knut Noreng og Bjørn Strandholmen

### **Vindlast på flate tak**

### **Innfesting av fleksible takbelegg**

Emneord: klimatilpasning, klimapåkjønning, tak, takteknikker, vind, vindkrefter, innfesting

ISSN 0801-6461  
ISBN 82-536-0855-1  
100 eks. trykt av  
S.E. Thoresen as  
Innmat: 100 g Kymultra  
Omslag: 200 g Cyclus

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2004

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndverkslovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med Norges byggforskningsinstitutt er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 123 Blindern  
0314 OSLO  
Tlf.: 22 96 55 55  
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08  
[www.byggforsk.no](http://www.byggforsk.no)

#### *Hovedsamarbeidspartnere*

Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Husbanken, Statens bygningstekniske etat (BE), Norges forskningsråd, Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH), Statsbygg, Oslo kommune Undervisningsbygg Oslo KF, Norges teknisknaturvitenskapelige universitet (NTNU)

#### *Bransjepartnere*

Selmer Skanska AS, Optiroc AS, A/S Rockwool, Brødr. Sunde as, Glava A/S, Jackon AS, Icopal as, Isola as, Protan A/S, Moelven ByggModul AS, Scandiaconsult AS, Interconsult ASA, Aadnesen as, Dr. Techn. Kristoffer Apeland A/S

#### *Norske fagmiljøer*

Arkitekthøgskolen i Oslo (AHO), Høgskolen i Narvik, Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Norges landbrukshøgskole (NLH), CICERO Senter for klima-forskning, Riksantikvaren, Norges byggstandardiseringsråd (NBR)

#### *Bransjeforeninger*

Byggenæringens Landsforening (BNL), Isolasjonsprodusentenes forening (IPF), Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF), Boligprodusentenes Forening, Byggevareindustriens forening, Norges byggmesterforbund, Ventilasjons- og blikkenslagerbedriftenes landsforbund (VBL)

## FORORD

Denne rapporten gir en samlet framstilling av retningslinjer for innfesting av fleksible takbelegg på flate eller svakt skrånende tak. Rapporten omhandler anvisninger for beregning av vindkrefter samt spesifikasjoner for utførelse av mekanisk innfesting og ballastering.

Arbeidet i denne prosjektrapporten er utført innenfor prosjekt 2 *Økte vindlaster på bygninger*. Prosjektet er en del av FoU-programmet *Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner*.

Programmets hovedmål er gjennom forskning og utvikling å oppdatere prinsippløsninger for konstruksjoner som både gir økt bestandighet og økt pålitelighet ved ytre klimapåkjenninger. Videre skal programmet kartlegge mulige virkninger av klimaendringer på det bygde miljø, og drøfte hvordan samfunnet best kan tilpasse seg endringene. Hensikten er å definere klarere kriterier og utarbeide bedre anvisninger for projektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer, hovedsakelig knyttet til bygningers ytre klimaskjerm. Det skal i tillegg utvikles retningslinjer for hvordan de ulike aktører i plan- og byggeprosessen kan medvirke til å unngå at en bygning får skader eller ulemper som er forårsaket av fukt.

Programmet er et viktig ledd i arbeidet med å utvikle og revidere anvisninger i Byggforskserien og produktdokumentasjon i tekniske godkjenninger og sertifiseringer. Programmet ledes av Norges byggforskningsinstitutt (NBI) og gjennomføres i samarbeid med Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Norges forskningsråd, Husbanken, Statsbygg, Finansnæringens Hovedorganisasjon, Undervisningsbygg Oslo KF, Statens bygningstekniske etat, og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), samt andre fagmiljøer og sentrale aktører i BAE-sektoren. Programmet som ble igangsatt i august 2000, og vil pågå frem til utgangen av år 2006, består av 14 ulike prosjekter.

Arbeidet med rapporten er utført i nært samarbeid med Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) som også har vært initiativtaker til undersøkelsen. Rapporten utgis også som TPF informerer nr. 5 *Festing av fleksible takbelegg*. Se <http://www.tpf-info.org/>

Trondheim, desember 2004

Tore Kvande  
Programleder  
Norges byggforskningsinstitutt

Jan Siem  
Prosjektleder, prosjekt 2  
Norges byggforskningsinstitutt

## SAMMENDRAG

Prosjektrapporten gir en sammenstilling av de retningslinjer som gjelder ved beregning og utførelse av festing med mekaniske festemidler eller med ballast av fleksible takbelegg, enten på flate tak eller på svakt skrånende tak. Rapporten er en revisjon og videreføring av TPF Informerer nr 5 utgitt i 1990 og av TPF Informerer nr 5B utgitt i 1994 som et supplement til nr 5 for spesielt vindutsatte tak. De to informasjonsbladene er nå slått sammen og gitt en generell ajourføring. I tillegg er kapittelet om beregning av opptredende vindkrefter revidert i henhold til bestemmelsene i NS 3491-4 "Prosjektering av konstruksjoner. Dimensjonerende laster. Del 4: Vindlast" 1. utgave mai 2002.

Kapittel 2 omhandler beregning av vindkasthastighetstrykk,  $q_{kast}$ , mens kapittel 3 omhandler dimensjonerende vindlast på taket. Alle referanser hvor ikke annet fremgår er til NS 3491-4. De viktigste symboler er i tillegg forklart i kapittel 2.9.

Beregningsgangen i kapittel 2 og 3 er i henhold til NS 3491-4, men det er gjort noen forenklinger. Først i kapittel 2 beskrives viktige momenter som inngår i beregningen av  $q_{kast}$ . Tilslutt i kapittel 2 er det satt opp formel for manuell beregning av  $q_{kast}$  tilsvarende det som er gitt i tillegg E i NS 3491-4. Det er en forutsetning at man har tilgang til standarden for å bestemme flere faktorer som inngår i beregningen.

Kapittel 4 – 9 omhandler festemidlene, skjøte- og festemetoder, prøving og beregning av systemenes dimensjonerende kapasitet samt andre anvendelsestekniske momenter.

I kapittel 10 er det vist et beregnings skjema for beregning av innfestingsbehovet, og det er laget et eksempel som viser beregningsgangen.

## INNHOLD

FORORD	3	5	MEKANISK INNFESTING	19
SAMMENDRAG	4	5.1	Festep prinsipp	19
1 INNLEDNING	6	5.2	Feste av tolags asfalt takbelegg	19
1.1 Formål og omfang	6	5.2.1	I 100 mm omlegg, Fig. 5.2.1	19
1.2 Bakgrunn	6	5.2.2	Gjennom bane, Fig. 5.2.2	19
2 BEREGNING AV VINDKAST		5.3	Feste av ettlags asfalt takbelegg	19
HASTIGHETSTRYKK	7	5.3.1	I 120 mm omlegg. Fig. 5.3.1	19
2.1 Generelt	7	5.3.2	I 150 mm omlegg. Fig. 5.3.2	20
2.2 Flytskjema ved beregning av $q_{kast}$	7	5.3.3	Gjennom bane	20
2.3 Distrikt, referansevindhastighet, høyde over havet og byggets høyde	7	5.3.4	Gjennom delvis sveist omlegg.	20
2.4 Terrenkategorier	7	5.4	Feste av takfolie	20
2.5 Nivåfaktor	9	5.4.1	I kant av bane. Fig. 5.4.1	20
2.6 Topografifaktorer	9	5.4.2	I underliggende flipp. Fig. 5.4.2	20
2.6.1 Byggested bakenfor skråningstopp (forhøyning)	10	5.4.3	Gjennom bane med overdekkning. Fig. 5.4.3	21
2.6.2 Byggestedet i skråning foran skråningstopp	10	5.4.4	Gjennom omlegg med overdekkning. Fig. 5.4.4	21
2.6.3 Byggestedet ved en regulær ås	10	5.5	Feste i underlag	21
2.6.4 Byggested på lesiden av bratt terreng (skrent)	10	5.5.1	Feste i stålplater	21
2.7 Beregning av $q_{kast}$ etter tillegg E	11	5.5.2	Sikring mot utskruing	21
2.7.1 Grunnverdi for hastighetstrykket for kastvind $q_{k0}(z)$	11	5.5.3	Feste i betong og lettbetong	21
2.7.2 Retningsfaktor $c_{RET}$	11	5.5.4	Feste i tre	21
2.7.3 Årstidsfaktor $c_{ARS}$ og sannsynlighetsfaktor $c_{SAN}$	11	6	ANNEN INNFESTING	22
2.7.4 Nivåfaktor $c_{HOH}$	11	6.1	Ballast	22
2.7.5 Faktor $k_1$ for vindakselerasjon over åser og skråninger	11	6.2	Klebing	22
2.7.6 Faktor $k_2$ som omhandler vindkastøkning på lesiden av bratt terreng	12	7	DIMENSJONERING AV FESTE-MIDLER	22
2.7.7 Faktor $k_3$ overgangssoner	12	7.1	Antall festemidler	22
2.7.8 Sammenstilling av resultatene	12	7.2	Dimensjonerende kapasitet	23
2.8 Huskeliste for beregning av $q_{kast}$	12	7.2.1	Dimensjonerende kapasitet basert på prøving	23
2.9 Symboler	12	7.2.2	Dimensjonerende kapasitet i taktro av tre	23
3 BEREGNING AV VINDKREFTER		8	SIKRING LANGS AVSLUTNINGER	24
PÅ TAK	13	8.1	Ved lav parapet (< 300 mm)	24
3.1 Formfaktorer for tak	13	8.2	Ved høy parapet ( $\geq$ 300 mm)	25
3.1.1 Utvendig last $c_{pe}$	13	8.2.1	Takfolie	25
3.1.2 Innvendig last $c_{pi}$	14	8.2.2	Asfalt takbelegg	25
3.2 Virkningsgrader	14	8.3	Gjennomføringer	25
3.2.1 Virkningsgrad for utvendig last, $f_3$	14	9	SPESIFIKASJON AV MEKANISKE FESTEMIDLER	26
3.2.2 Virkningsgrad for innvendig last $f_4$	14	9.1	Sjekkliste for beskrivelse av mekanisk innfesting av taktekninger	26
3.3 Lastfaktorer	15	9.1.1	Tegninger	26
3.4 Dimensjonerende last	15	9.1.2	Laster	26
4 FESTEMIDLER	16	9.1.3	Andre opplysninger	26
4.1 Korrosjonsbeskyttelse, bruksgrupper	16	10	DIMENSJONERINGSSKJEMA MED BEREGNINGSEKSEMPEL	26
4.2 Prøving av korrosjonsmotstand	16	10.1	Beregningseksempel	27
4.3 Galvanisk korrosjon	17	10.2	Beregningsskjema	30
4.4 Pappspiker	17	LITTERATUR		33
4.5 Kramper	17			
4.6 Stålskruer og betongstifter	17			
4.7 Festemidler av plast	18			

## 1 INNLEDNING

### 1.1 Formål og omfang

Granskningen av skadene etter orkanen på Nordvestlandet i 1992 viste at i perioden 1950 – 1991 var risikoen for mangelfulle konstruksjoner i nybygg økende. Svært mange av skadene som oppsto kunne vært unngått dersom eksisterende regleverk og anvisninger hadde vært fulgt. Granskningen viste også at dersom sikkerhetsnivået i forskriftene skulle følges, var det nødvendig å oppdatere vindlastbestemmelsene.

I NS 3491-4, som ble utgitt i mai 2002, er det gjennomført omfattende revisjoner av beregningsreglene for vindlast. Hovedprinsippet for beregning av vindlast er det samme, men regelverket er blitt betydelig mer komplisert og det er svært mange nye faktorer som er trukket inn i beregningene. Vindtrykket er i denne standarden kalt vindhastighetstrykket og er gitt betegnelsen  $q_{kast}$ . Det er også blitt betydelig mer arbeidskrevende å bestemme formfaktorene i den nye vindlast standarden.

### 1.2 Bakgrunn

Takbransjen i Norge utarbeidet første gang i 1980 retningslinjer for mekanisk innfesting av takbelegg. Denne er senere omarbeidet i 1990, TPF informerer nr 5 og utvidet til å omfatte spesielt vindutsatte tak i 1994, TPF Informerer nr 5B. Det var et ønske å slå sammen nr 5 og 5B, samt å innarbeide bestemmelsene gitt i ny vindlaststandard NS 3491-4 som representerte økte vindlaster og større detaljeringsgrad enn tidligere bestemmelser for slik at værhardheten til alle kommunene er definert, samt at det tas hensyn til terrengets ruhet og virkningen av omkringliggende terreng. Dette må behandles spesielt, og sammen med kunnskap om nyere applikasjonsmetoder skal en ny festespesifikasjon utarbeides og gjøres tilgjengelig for aktørene i bransjen.

## 2 BEREGNING AV VINDKAST HASTIGHETSTRYKK

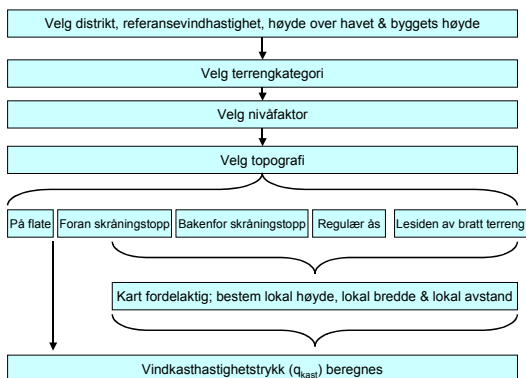
### 2.1 Generelt

Regler for beregning av dimensjonerende vindkrefter på tak finnes nå i NS 3490 Prosjektering av konstruksjoner – Krav til pålitelighet: 1. utg. 1999 og NS 3491-4: Vindlaster: 1. utgave mai 2002. Tidligere var dette referert i bare NS 3479 Prosjektering av bygningskonstruksjoner.

Fortsatt gjelder at det er meget viktig med lokal kunnskap om byggestedet. Bruk av kart i målestokk 1:50 000 er også en fordel for å velge riktige parametre på åser, skråninger og bratte terrengpartier og valg av terrengruhet. Betegnelsen  $q_{kast}$  defineres som den kortvarige toppverdi av vindens hastighetstrykk.  $q_{kast}$  blir også omtalt som vindkasthastighetstrykket.

### 2.2 Flytskjema ved beregning av $q_{kast}$

Beregningsgangen av  $q_{kast}$  kan framstilles skjematisk. Figur 2.2.1 nedenfor viser en skjematisk framstilling av beregning av  $q_{kast}$ .



**Figur 2.2.1**

Flytskjema ved beregning av  $q_{kast}$

### 2.3 Distrikt, referansevindhastighet, høyde over havet og byggets høyde

Adresse og dermed kommune bestemmes. Når kommune er kjent kan referansevindhastighet bestemmes fra tabell A.1, side 71 i standarden. Når adresse er kjent kan man angi en verdi på høyde over havet (HOH). Byggets høyde  $z$  er også nødvendig inndata.

I en beregning hvor tilslutt den dimensjonerende last skal beregnes er det også nødvendig å kjenne byggets største bredde mot vind og byggets dybde. Et begrep er bygningstype, om bygningen er høy eller lav. Dette beskrives i kapittel 3.

### 2.4 Terrengkategori

Det er fem klasser for terrengkategori. Denne varierer fra åpent hav til tett granskog. Grad av ruhet til terrenget er en annen betegnelse som brukes. Terrengkategori beskriver hvordan vinden bremses av terrenget. Lav ruhet fører til at vinden bremses mindre av terrenget. Figur 2.4.1 viser dette nærmere.

Terrengkategori 0	Åpent opprørt hav
Terrengkategori I	Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner
Terrengkategori II	Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær
Terrengkategori III	Sammenhengende småhusbebyggelse, industriområde eller skogområde
Terrengkategori IV	Byområder der minst 15 % av arealet er dekket med bygninger og deres gjennomsnittelige høyde overskrider 15 m. Granskogområder.

**Figur 2.4.1.**

Terrengkategorier (grad av ruhet) i henhold til NS 3491-4, fig. 1 og tab 1.

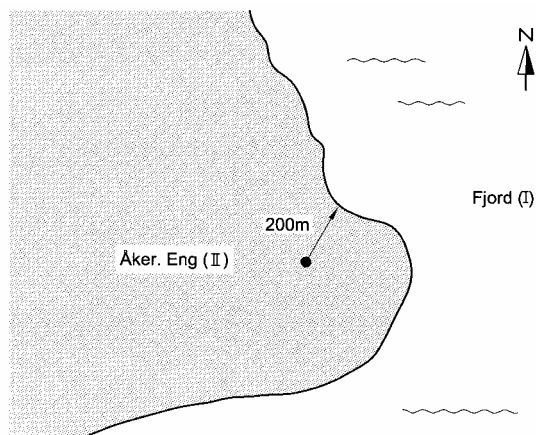
Hvilken ruhet skal man velge? Terrenget er sjelden idealisert slik fig. 2.4.1 viser.

Nedenfor er tre eksempler som belyser valg av ruhet. Begrepet overgangssone er utelatt i denne forenklete beregningsmetodikk fordi et konservativt valg av ruhet slik dette bladet anbefaler inkluderer virkningen av overgangssoner. Et konservativt valg av ruhet vil si å velge den laveste ruheten til området rundt byggestedet. Denne framgangsmåten gir minst demping av vindkasthastigheten. Alle eksemplene viser plassering av byggestedet i fugleperspektiv eller i kartformat om man vil.

#### Eksempel 1

Viktige momenter for valg av ruhet:

- Byggested er plassert i et område med terrengkategori II
- Nærmeste område med lavere ruhet er fjorden med terrengkategori I
- Det blir lite demping av vinden over 200 m åker, eng (II).
- **Konklusjon:** Terrengkategori I velges. Andre vindretninger vil gi lik eller større ruhet.

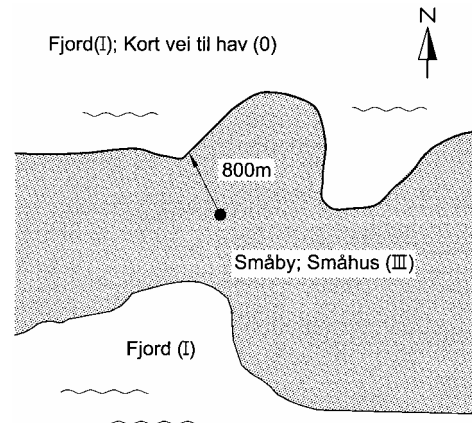


**Figur 2.4.2**  
Eksempel 1 på valg av terrengkategori

#### Eksempel 2

Viktige momenter for valg av ruhet:

- Byggested kan være lokalisert ved kysten med omgivelser som småhus. Dette svarer til kategori III (sammenhengende småhusbebyggelse).
- Både fjord i sør og nord har lavere ruhet.
- Åpent hav er kategori 0, mens fjordarmen i sør ikke følger ut til åpent hav og gis da en høyere ruhet I.
- Vindhastighet fra nord, nordvest blir noe redusert på grunn av terrenget som omfatter småby, småhus (III) over 800 m.
- **Konklusjon:** Terrengkategori I bør velges. Andre vindretninger vil gi lik eller større ruhet.

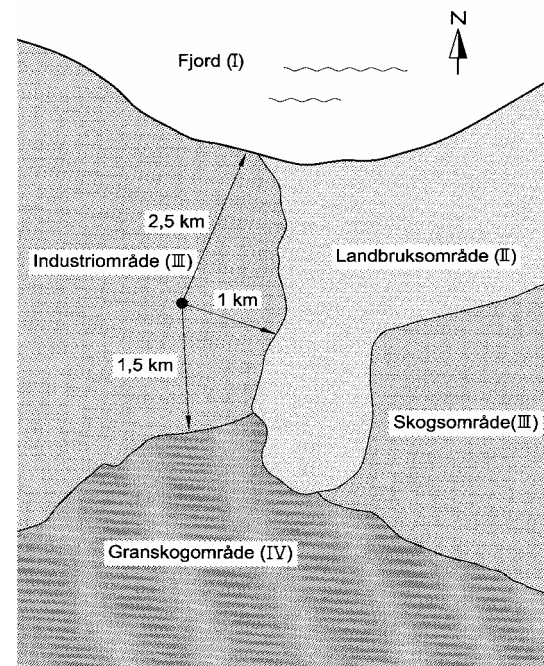


**Figur 2.4.3**  
Eksempel 2 på valg av terrengkategori

#### Eksempel 3

Viktige momenter for valg av ruhet:

- Byggestedet i eksempel 3 er plassert i et industriområde, terrengkategori III.
- Nærmeste område med lavere ruhet er flere; Landbruksområde i øst, terrengkategori II og en fjord med en viss bredde i nord, terrengkategori I.
- Antall sprang i ruhet for vind fra nord er 2, mens fra øst er det 1 sprang.
- Avstand til fjorden i nord er 2,5 km. Vindhastigheten vil få en stor reduksjon på grunn av terrenget som omfatter industriområde (III).
- Med vind fra øst (landbruksområde) vil ruheten til industriområdet bremse vinden noe slik at man kan forvente en  $q_{kast}$  på byggestedet som er 10 % større enn i terrengkategori III.
- **Konklusjon:** Terrengkategori II bør velges. Andre vindretninger vil gi lik eller større ruhet.



**Figur 2.4.4**  
Eksempel 3 på valg av terrengkategori



## 2.5 Nivåfaktor

Nivåfaktoren,  $c_{HOH}$ , beskrives i standardens pkt. A.4. Faktoren er avhengig av byggestedets høyde over havet. For byggested lavere enn  $H_0$  er nivåfaktoren 1,0. Dersom byggestedet er i en sone mellom  $H_0$  og  $H_{topp}$ , så kommer faktoren til anvendelse, se tabell 2.1 og tabell 2.2. Dette er tabeller som gjenfinnes i NS 3491-4 Vindlaster, tabellene A.4 og A.5.

Først må man finne det distriktet som byggestedet befinner seg i. Deretter må man fastslå om nivå på byggestedet befinner seg mellom  $H_0$  og  $H_{topp}$ . Er byggested mellom  $H_0$  og  $H_{topp}$  så brukes tabell 2.2 for å bestemme nivåfaktor  $c_{HOH}$ . Er  $H$  på byggestedet mellom to verdier i tabell 2.2, så velg til konservativ side, det vil si den største verdien. Eksempel: Byggested er på  $H = 970$  i område 1.  $v_{REF}$  er 24 m/s. Avlest i tabell 2.2 medfører at  $c_{HOH}$  vil være mellom 1,00 og 1,04. Velg  $c_{HOH}$  lik 1,04. Dersom man ønsker nøyaktigere bestemmelse av  $c_{HOH}$  kan formel i NS 3491-4, pkt. A.4 benyttes.

**Tabell 2.1**

Parameter for bruk i nivåfaktoren

	Distrikt	$H_0$ m	$H_{topp}$ m
Område 1	Sør-Norge inkl. Sør-Trøndelag	900	1500
Område 2	Nord-Trøndelag, Nordland, Troms	700	1300
Område 3	Finnmark, Svalbard	400	1000

**Tabell 2.2**

Nivåfaktoren og basisvindhastigheten

	H m							
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
Område 1	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
Område 2	700	800	900	1000	1100	1200	1300	
Område 3	400	500	600	700	800	900	1000	
$v_{REF}$ m/s	$c_{HOH}$							
20	1,00	1,08	1,17	1,25	1,33	1,42	1,50	
21	1,00	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36	1,43	
22	1,00	1,06	1,12	1,18	1,24	1,30	1,36	
23	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	
24	1,00	1,04	1,08	1,13	1,17	1,21	1,25	
25	1,00	1,03	1,07	1,10	1,13	1,17	1,20	
26	1,00	1,03	1,05	1,08	1,10	1,13	1,15	
27	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,09	1,11	
28	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	
29	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	
≥ 30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

## 2.6 Topografifaktorer

Bruk av topografifaktor,  $c_t$ , er nytt i NS 3491-4 i forhold til NS 3479. TPF definerer fire plasseringer av bygget som får innvirkning på beregning av  $q_{kast}$ :

- Bakenfor skråningstopp
- Foran skråningstopp
- I en ås samt
- På lesiden av bratt terreng (skrent).

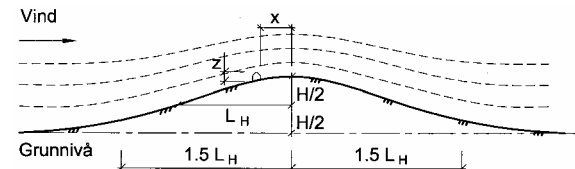
Når man skal bestemme topografifaktoren bør man ha kart i målestokk 1:50 000 eller større. Når inndata i beregning av topografifaktor skjønsmessig vurderes, så vil også selve topografifaktoren være følsom for vurderingene. Dette bør man være klar over under beregning av topografifaktoren.

Når topografien rundt byggestedet består av flere åser, fjell evt. skråninger, så bør man legge den verste topografi til grunn for beregning av  $q_{kast}$ . Det vil si den topografien som gir størst  $q_{kast}$ . For å avgjøre hvilken topografi som gir den høyeste  $q_{kast}$  kan det være nødvendig å beregne i flere retninger. Når man først beregner topografifaktoren i gitte retninger, så kan nøyaktigheten bedres ved å inkludere retningsfaktoren  $c_{RET}$ . Noe av hensikten med retningsfaktoren  $c_{RET}$  er at vinden ikke blåser like sterkt fra de ulike retninger. Hvordan retningsfaktoren inngår i regnestykket er vist i pkt. 2.7.

Flatt terreng er et spesialtilfelle der topografifaktoren er 1,0.

Merk at åser og skråninger som har en høyde  $H$  større enn 200 m over grunnivå, bør vurderes spesielt. Dette gjelder for pkt. 2.6.1, 2.6.2 og 2.6.3.

For konservative forenklinger i forhold til standarden, se kap. 2.7.



**Figur 2.6.1**

Figur som viser parametrene som er aktuelle for topografifaktor.

Figur 2.6.1 viser parametre som er viktige ved bestemmelse av topografifaktoren.

Forklaring av symboler i figur 2.6.1:

$H$  - høyden av ås, skråningen eller fjellet, og refereres til et nullnivå i forhold til omkringliggende terreng.

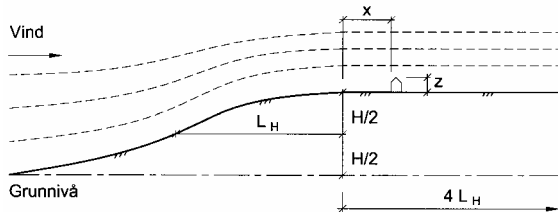
$L_H$  - halve lengden på åsen, skråningen eller fjellet i et typisk snitt gjennom åsen på byggestedet.

$x$  - horisontal avstand fra toppen av åsen, skråningen eller fjellet til byggestedet.

$z$  - høyden ved gesims på bygningen med flatt tak eller pulttak eller ved mønetopp for bygninger med saltak.

### 2.6.1 Byggestedet bakfor skråningstopp (forhøyning)

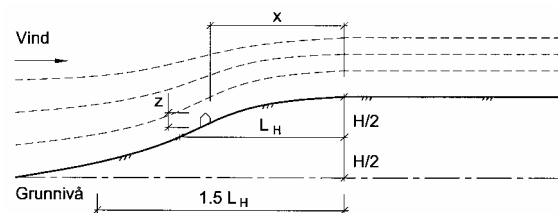
Figur 2.6.2 viser en idealisert skråning med byggested bakfor toppen av skråningen. Det vil være en vindforsterkning bak skråningstopp med innvirkning i lengden  $4 \cdot L_H$  fra skråningstopp. Dersom  $x < 4 \cdot L_H$  skal vindforsterkningen beregnes.



**Figur 2.6.2**  
Byggestedet bakfor skråningstopp

### 2.6.2 Byggestedet i skråning foran skråningstopp

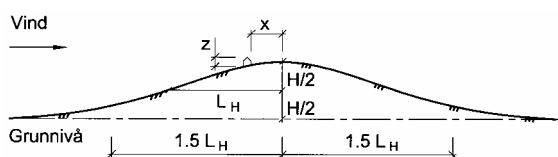
Dersom byggestedet ligger en horisontal avstand  $x$  foran toppen av skråning mindre enn  $1,5 \cdot L_H$  blir det påvirket av en vindforsterkning som skal beregnes, se figur 2.6.3.



**Figur 2.6.3**  
Byggested i skråning foran skråningstopp

### 2.6.3 Byggestedet ved en regulær ås

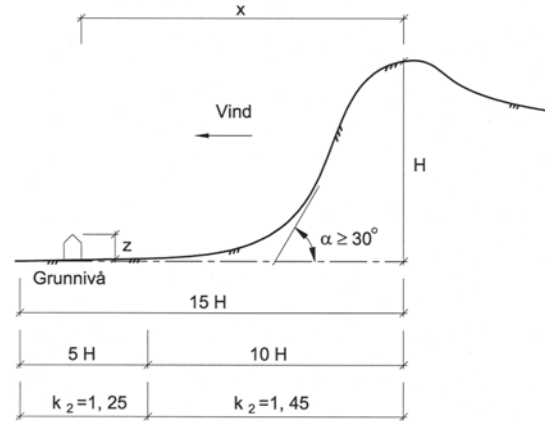
Figur 2.6.4 viser en regulær ås.  $H$  er definert som høyden på åsen i forhold til det omkringliggende terrenget. Dersom byggestedet har en horisontal avstand  $x$  til toppen av åsen (enten foran eller bak) mindre eller lik  $1,5 \cdot L_H$  så blir det påvirket av vindforsterkning som skal beregnes. Er avstanden fra toppen av åsen større enn  $1,5 \cdot L_H$ , så ser man bort i fra forsterkning på grunn av åsen.



**Figur 2.6.4**  
Byggested ved en regulær ås

### 2.6.4 Byggested på lesiden av bratt terreng (skrent)

Byggesteder på lesiden av bratt terreng kan bli utsatt for en økning av vindkasthastighetstrykket. Dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle i henhold til momentene i punkttoppstillingen. Figur 2.6.4 viser en idealisert situasjon av dette forholdet og viser når forsterkning av vindkasthastighetstrykk vil inntreffe. Faktor  $k_2$  er en faktor som tar hensyn til vindkastøkning på lesiden av bratt terreng.



**Figur 2.6.4**  
Byggested med forsterkning av vindkasthastighetstrykk på lesiden av bratt terreng (skrent)

Viktige momenter for å avgjøre om forsterkning av vindkasthastighetstrykk på lesiden av bratt terreng er aktuelt:

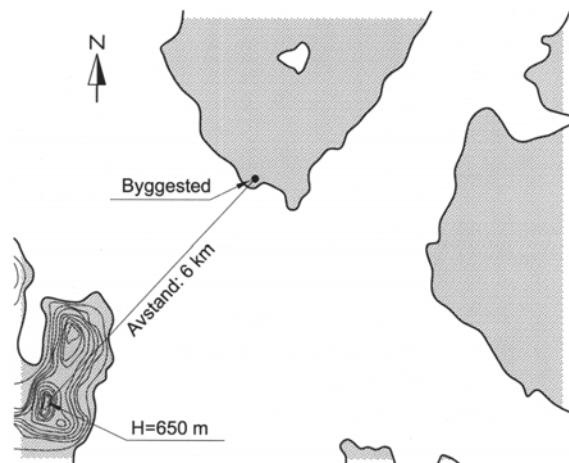
- Man må ha fri sikt til toppen av skrenten eller skrenten i seg selv.
- Skrenten eller det bratteste partiet skal ha helning større eller lik  $30^\circ$ . Velg den bratteste skråningen.
- Den horisontale avstanden til toppen av skrenten må være mindre enn 15 ganger høyden  $H$ .
- Når punktene over er tilfredsstillt og det rundt byggestedet er terrengkategori I eller II, skal vindforsterkning beregnes. Standarden viser hvordan dette kan gjøres nøyaktig. Figur 2.6.4 og beregningseksempel vist i Figur 2.6.5 er forenklet ved at terrengkategori II er lagt til grunn.
- Tilsvarende hvis det er terrengkategori III eller IV, så skal det vurderes/undersøkes om det er nødvendig å beregne vindforsterkning. I en vurdering skal det legges vekt på om det tidligere har vært registrert slik vindforsterkning. I beregningene benyttes det da terrengkategori II.

Byggesteder utsatt for forsterkning av vindkasthastighetstrykk fordi det ligger på lesiden av bratt terreng vil i Norge ofte opptre i kystnære strøk på Vestlandet og i Nord Norge, men også i strøk innover i landet. Når man har vurdert disse forholdene velger man om denne forsterkning av vindkasthastighetstrykket skal tas med i beregningen av  $q_{kast}$ .

Forenklet i henhold til tillegg E pkt. E.5, så kan faktor  $k_2$  bestemmes på følgende måte:

- Er byggestedet innenfor en avstand  $10 \cdot H$  så velges  $k_2 = 1,45$ .
- Er byggestedet i en avstand større enn  $10 \cdot H$ , men mindre enn  $15 \cdot H$  så velges  $k_2 = 1,25$ .

Hvordan skal man avgjøre om en skråning er bratt i praktisk bruk? Eksemplet viser mer om framgangsmåten.



**Figur 2.6.5**  
Eksempel på bratt terreng

Figur 2.6.5 viser et kartutsnitt som skal illustrere bruk av faktor  $k_2$ . Byggestedet er 20 m over havflaten. Når fjellene/skrentene er høye vil de påvirke et byggested langt unna. Med vindretning i fra sørvest vil byggestedet bli påvirket av vindforsterkning av fjellene i sørvest.

Eksempelet viser at det er en stor fordel med kart for å sikre inngangsdata når faktor med hensyn til bratt terreng skal beregnes. I dette konkrete tilfellet er man nødt for å vurdere flere vindretninger på grunn av alle fjellene i nærheten av byggestedet. I dette eksemplet avgrenser vi og betrakter bare vindretning sørvest.

I eksemplet over blir  $10 H = 6500$  m.

Det gir faktor  $k_2 = 1,45$ , se fig. 2.6.4. Man må altså påregne en 45 % økning av  $q_{kast}$  på grunn av fjellparti i sørvest.

## 2.7 Beregning av $q_{kast}$ etter tillegg E

Kortvarig toppverdi av vindens hastighetstrykk er definisjonen på  $q_{kast}$ . Dette er den verdi som vi bruker videre i all dimensjonering med hensyn til vindkrefter på bygg. Formler og uttrykk slik det presenteres i dag er tilsvarende som ligger til grunn for kurvene som ble anvendt tidligere, jfr. NS 3479, pkt 4.2. Flere faktorer er tatt i bruk for å gi en mer korrekt beskrivelse av hvordan vind kan beskrives på et byggested.

Det er viktig å merke seg at fremstillingen som er valgt i dette informasjonsbladet gir en noe forenklet og konservativ framstilling av beregning av  $q_{kast}$ . For å beregne detaljert henvises det til NS 3491-4: Vindlaster.

I tillegg E pkt. E.2 angis at  $q_{kast}(z)$  kan bestemmes av følgende ligning:

$$q_{kast}(z) = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{RET}^2 \cdot c_{HOH}^2 \cdot c_{SAN}^2 \cdot c_{ARS}^2 \cdot q_{k0}(z)$$

De forskjellige faktorer blir forklart nedenfor.

### 2.7.1 Grunnverdi for hastighetstrykket for kastvind $q_{k0}(z)$

$q_{k0}(z)$  er en grunnverdi for hastighetstrykket for kastvind, dvs. dersom alle koeffisienter er 1,0 og topografifaktor ikke er aktuell.  $q_{k0}(z)$  varierer med valgt terrengkategori,  $v_{REF}$  og høyde på bygningen. Kurver for forskjellig ruhet og  $v_{REF}$  er opptegnet i tillegg E pkt E.3, og brukes som følger:

- Man finner den kurve som gjelder for valgt  $v_{REF}$ .
- Går deretter inn på riktig  $z$  som er høyde på bygning, og følger den til man treffer riktig kurve for den valgte ruhet.
- Går deretter vertikalt ned til  $x$ -aksen og finner  $q_{k0}(z)$  i  $N/m^2$ .

### 2.7.2 Retningsfaktor $c_{RET}$

Denne faktoren er lik 1,0 eller mindre og er en sektoravhengig reduksjon av  $q_{kast}$ . Den har sin forklaring i at det ikke blåser like sterkt fra alle retninger på et gitt sted. Vi velger denne lik 1,0, som er et valg til sikker side, men nøyaktigere verdier kan anvendes jfr. standardens pkt. A.2.

### 2.7.3 Årstidsfaktor $c_{ARS}$ og sannsynlighetsfaktor $c_{SAN}$

Årstidsfaktor settes  $c_{ARS} = 1,0$ . Dette er tilfelle for alle varige bygningskonstruksjoner i Norge. Sannsynlighetsfaktoren  $c_{SAN}$  velges forskjellig fra 1,0 dersom en annen returperiode enn 50 år ønskes, jfr standardens pkt. 5.

### 2.7.4 Nivåfaktor $c_{HOH}$

Nivåfaktoren  $c_{HOH}$  kan være  $\geq 1,0$ . Se pkt. 2.5.

### 2.7.5 Faktor $k_1$ for vindakselerasjon over åser og skråninger

Faktor  $k_1$  er en faktor som tar hensyn til vindakselerasjon over åser og skråninger, og beskrives i tillegg E, pkt. E.4 i standarden. Se i pkt. 2.6.1 – 2.6.3 i dette bladet for når det er aktuelt med å beregne vindakselerasjonsøkning over åser og skråninger.

Før  $k_1$  kan finnes må først faktor  $c_t$  finnes ut i fra følgende formel:

$$c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot H / L_H$$

der :

$k_t$  er en konstant for type topografi, den er 1,8 for skråninger og 2,0 for åser.

$k_x$  er en faktor som tar hensyn til horisontal avstand til toppunkt av skråningen/åsen. Bruk figurene E.7 og E.8 i standarden.

$k_z$  er en faktor som tar hensyn til høyden på bygningen over skråningen/åsen. Bruk figurene E.9 og E.10 i standarden.

$k_{3D}$  er en faktor som omhandler tredimensjonale effekter av åser. Åser og skråninger er i dette informasjonsbladet forenklet til å bli betraktet som to-dimensjonale og gis i teorien en uendelig lang utstrekning. Beregningsmessig i standarden så vil denne tredimensjonale faktoren aldri bli større enn 1,0. Ved å velge denne lik 1,0 i alle tilfeller så er det en konservativ forenkling.

$H/L_H$  dette forholdet kan settes inn med faktisk verdi, men kan også velges med en konservativ verdi lik 0,5.

Husk at for kurvene E.7 – E.10 så angis  $L_H$ .

Når  $c_t$  er funnet, brukes figurene E.2 til E.6 for å finne  $k_1$ .

### 2.7.6 Faktor $k_2$ som omhandler vindkastøkning på lesiden av bratt terreng

Vindkastøkning på lesiden av bratt terreng er beskrevet i pkt. 2.6.4. Dersom vindforsterkning pga. bratt terreng er aktuelt så må  $k_2$  bestemmes.

### 2.7.7 Faktor $k_3$ overgangssoner

Faktor  $k_3$  tar hensyn til at tilgrensende områder har en annen ruhet enn den på byggestedet. Konservativ valg av ruhet er vist i pkt. 2.4 og medfører at  $k_3$  kan settes lik 1,0.

### 2.7.8 Sammenstilling av resultatene

Med de forenklinger som er angitt i kap. 2.7.1 til 2.7.7 over kan  $q_{kast}(z)$  settes som følger:

$$q_{kast}(z) = k_1 \cdot k_2 \cdot c_{HOH}^2 \cdot q_{k0}(z)$$

## 2.8 Huskeliste for beregning av $q_{kast}$

De viktigste inputdata

1. Skaff overblikk over byggestedet
  - Er det nærhet til vindutsatte områder?
  - Hvordan er terrenget; Skog, snaufjell, landbruksområde, strandsoner?

- Er lokale bygningskyndige blitt kontaktet?
- Er det spesielle takutstikk/takløsninger som må ha ekstra fokus?
- Er det egen rådgivende ingeniør i byggesaken?
- Er rådgivende ingeniør blitt spurt om  $q_{kast}$  eller andre vinddata om byggestedet?

2. Finn  $v_{REF}$  i fra standardens tillegg A
  - Kommunenavn må være kjent eller  $v_{REF}$  oppgis.
3. Geometriske data på bygget angis:
  - Høyde (ved møne)
  - Bredde
  - Dybde
  - Høyde over havet
4. Bestem ruhet på byggestedet kategori 0-IV (pkt. 2.4)
  - Bruk eksemplene ved vurderingen, velg ruhet til sikker side.
5. Bygges det nær eller i en ås/skråning (pkt. 2.6.1 - 2.6.3)?
  - Hvis ja, bestem aktuell topografifaktor.
6. Kan man se skrent eller bratt fjellparti fra byggestedet (pkt. 2.6.4)?
  - Kan det bratte terrengpartiet sees, og er det  $\geq 30^\circ$ ? Hvis ja, bestem aktuell topografifaktor.
7.  $q_{kast}$  beregnes.

Dimensjonerende last beregnes.

## 2.9 Symboler

H	Høyden av en topografisk form (ås, skråning eller lignende), høyde over havet, høydeforskjell
$L_H$	Halve lengden av topografisk form (ås, skråning eller lignende)
$b$	Bredde av konstruksjon (vanligvis på tvers av vindretningen)
$c_{pe}$	Utvendig formfaktor
$c_{RET}$	Retningsfaktor
$c_{SAN}$	Statistisk faktor
$c_t$	Topografifaktor angitt i tillegg E
$c_{ARS}$	Årstidsfaktor
$d$	Dybde av konstruksjon.
$h$	Høyde av bygningen, altså $h = z$
$q_{kast}(z)$	Kortvarig toppverdi av vindhastighetstrykket
$q_{k0}(z)$	Grunnverdi for hastighetstrykket for kastvind, det vil si dersom alle koeffisienter er 1,0 og topografifaktor ikke er aktuelt
$v_{REF}$	Referansevindhastighet ved havnivå
X	Horisontal avstand fra ås/skråningstopp
Z	Høyde på konstruksjon over terrenget på byggestedet. Settes lik høyden $h$ for bygninger

### 3 BEREGNING AV VINDKREFTER PÅ TAK

Beregning av vindkrefter på tak er gjort mer omfattende i dagens NS 3491-4:2002 i forhold til NS 3479. Endringene fra tidligere baserer seg stort sett på endrede betegnelser for faktor, økt antall av faktorer, og noen justeringer av faktorer. Prinsippene for hvordan vind påvirker bygninger er en gammel viten og er ikke endret hovedsakelig.

#### 3.1 Formfaktorer for tak

NS 3491-4: 2002 angir en lang rekke formfaktorer for forskjellig takformer og takavslutninger. Standarden angir formfaktorer for utvendig last for:

- flate tak
- pulttak
- sal- og traутak
- valmtak
- sagtak
- bueformete tak og kupler
- frittstående flate tak
- frittstående sal- og traутak og
- frittstående pulttak.

Likewise fins det flere formfaktorer for forskjellige takavslutninger for flate tak. Vi forenkler forskjellige varianter og velger her at alle takavslutninger har skarp kant.

De taktyper som omhandles er flate tak, saltak, pulttak, valmtak og buede tak.

##### 3.1.1 Utvendig last $c_{pe}$

Formfaktorer  $c_{pe}$  for utvendig last er avhengig av takform og takfelt, se fotnote 1. I tabell 3.1 og figur 3.1.1 er formfaktorene forenklet angitt i forhold til NS 3491-4 for de fire vanligste takformene. Takflatene langs ytterkanten utsettes for større vindsug enn resten av taket og for bestemmelse av utvendig last og sug, inndeles derfor taket i tre felt, hjørnefelt, randfelt og midtfelt.

Formfaktorene gitt i tabell 3.1 gjelder for takavslutning uten parapet og med skarp kant. Ved bruk av parapet og/eller avrundede kanter kan formfaktorene reduseres, se mer om det i NS 3491-4, Tabell 8.

Formfaktor på inntil 5 kan påregnes lokalt for lave parapeter med skarpe kanter, se fig. 3.1.2.

Det gjøres oppmerksom på at beslaget må dimensjoneres og innfestes for de beregnede vindkrefter. Det anbefales minimum materialtykkelse 0,8 mm og stående falser på beslagets horisontale flate.

Standarden angir mange formfaktorer for forskjellige takavslutninger for flate tak, blant annet skarp kant, parapet, krum, skrå og rett avslutning. TPF velger å forenkles ved å bruke den største verdien for hjørnefelt. I henhold til tabell 8, s 34 i standarden blir  $c_{pe} = 2,5$ .

Utvendig formfaktor i standarden skiller mellom  $c_{pe,1}$  og  $c_{pe,10}$ . Formfaktor  $c_{pe,1}$  referer seg til et belastet areal på 1 m<sup>2</sup>, og gjelder for festemidler for takbelegg. Formfaktor  $c_{pe,10}$  referer seg til et belastet areal på 10 m<sup>2</sup>, og blir anvendt i dette informasjonsbladet i pkt. 6.1 Ballast.

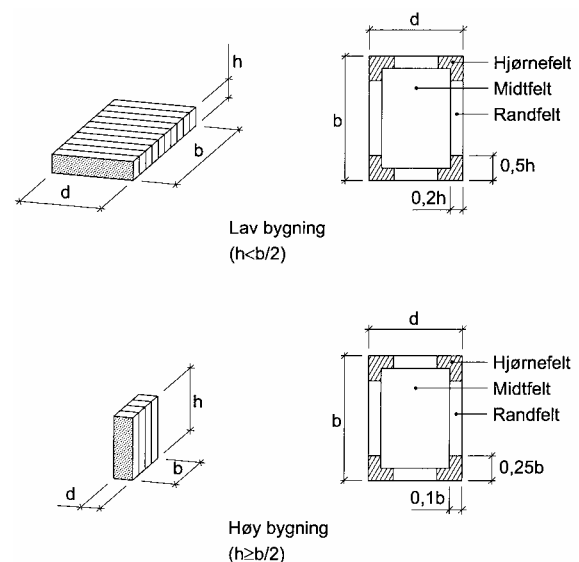
**Tabell 3.1**

Formfaktorer  $c_{pe}$  for utvendig last på tak

Takform	Formfaktor $c_{pe}$		
	Hjørnefelt	Randfelt	Midtfelt
Flate tak,	2,5	2,0	1,0
Saltak, $5^\circ \leq \beta \leq 15^\circ$ og valmtak	2,5	2,0	1,0*
Pulttak, $\beta \leq 15^\circ$ lav side høy side gavler	2,5	2,0	1,0
	2,9	2,5	1,0
Buetak	2,0**	2,0**	1,0

\* I en stripe langs mønet på begge sider med bredde 0,2 h skal det regnes med formfaktor  $c_{pe} = 1,5$  for saltak og  $c_{pe} = 2,0$  for valmtak.

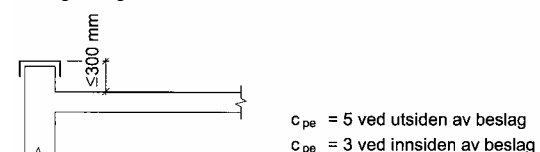
\*\* Ved ende og gavelfelt.



**Figur 3.1.1**

Figuren viser utstrekning og plassering av de forskjellige takfeltene for valmtak, flate tak, saltak og pulttak. For å bestemme høy eller lav bygning skal største verdi av b brukes.

#### Lav parapet



**Figur 3.1.2**

Formfaktor  $c_{pe}$  lokalt ved parapet på flate tak

<sup>1</sup> Merk at NS 3491-4 bruker konsekvent minus fortegn for sug, mens TPF inf. 5 bruker pluss.

### 3.1.2 Innvendig last $c_{pi}$

Det må kontrolleres om det oppstår innvendig vindlast i bygningen. Dette fordi utettheter ved parapet kan føre til at vindtrykk forplanter seg inn under tekningen. Størrelsen og fordelingen av åpninger i bygningskroppen må også vurderes. Forenklet så betrakter vi to tilfeller:

1. Tett bygg, ingen dominerende vindfasade
2. Bygg med permanente åpninger, med minst en dominerende vindfasade.

Dominerende vindfasade er den fasade hvor arealet av åpninger er minst to ganger summen av arealet av åpningene i de andre fasadene i bygningen. Det er viktig å merke seg at for bygninger som har minst to sider med åpninger i hver side (for eksempel fasade og tak) som er mer enn 30 % av arealet av denne siden, skal taket beregnes som frittstående tak.

Erfaring viser at underkonstruksjonenes tetthet ofte blir overvurdert eller at foreskrevet tetting ikke blir utført.

Ved dimensjonering av feste for tekningen er overtrykket i bygningen av interesse i og med at det kan komme som tilleggslast på tekningens underside hvis takkonstruksjonen ikke er helt tett. Formfaktorer  $c_{pi}$  for innvendig last er avhengig av bygningens tetthet og kan settes til:

$$c_{pi} = 0,2 \text{ for normalt tette bygninger}$$

$$c_{pi} = 0,7 \text{ for åpne bygninger, for eksempel åpne lagerbygg}$$

Dette gjelder også for normalt tette bygg der portene må åpnes uansett vindforhold, for eksempel garasjer for utrykningskjøretøy eller dører/porter av enkel og utett form.

## 3.2 Virkningsgrader

### 3.2.1 Virkningsgrad for utvendig last, $f_3$

Dette punktet er uforandret i forhold til forrige versjon av TPF Inf. nr. 5 av 1994. Overføring av last til det mekaniske festet er avhengig av at tekningen til en viss grad blir deformert. Tekningen vil bøye seg opp mellom festepunktene og det oppstår en økning av volumet på undersiden. Avhengig av underlagets tetthet vil det så oppstå undertrykk som kan regnes i fradrag fra suget på oversiden. Se fig. 3.2.1. Tabell 3.2.1 angir faktorer for virkningsgraden av utvendig last, avhengig av bærekonstruksjonen.

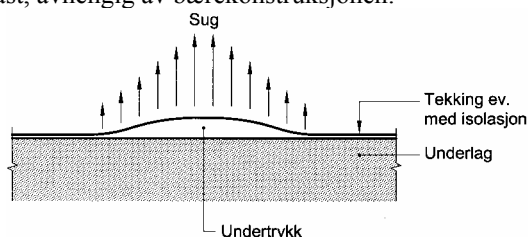


Fig. 3.2.1

Det kan oppstå et undertrykk under tekningen hvis underkonstruksjonen er tett

Tabell 3.2.1

Faktorer for virkningsgraden av utvendig last

Faktor $f_3$	Underkonstruksjon
0,8	Tett konstruksjon og isolasjonstykkelse mellom underkonstruksjonen og tekning $\leq 100$ mm
1,0	Utett underkonstruksjon eller isolasjonstykkelse mellom underkonstruksjonen og tekning $> 100$ mm

Følgende kan brukes som eksempler på tett underkonstruksjon:

- tett gammel tekning eller sperresjikt som er klebet eller mekanisk festet
- lettbetong- eller betongelementer med gyste fuger
- plasstøpt betong.

Tette underkonstruksjoner skal også være tettet ved gjennomføringer og langs parapet.

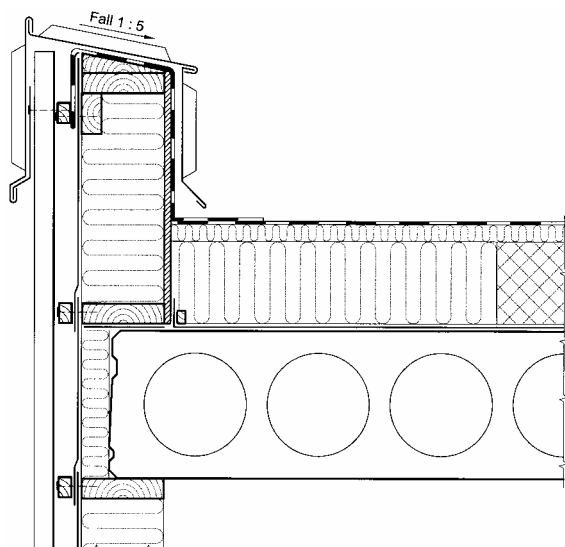
Ved bruk av laveste verdi for virkningsgrad skal underkonstruksjonens tetthet kontrolleres spesielt. Erfaring viser at underkonstruksjonens tetthet ofte blir overvurdert eller at foreskrevet tetting ikke blir utført.

### 3.2.2 Virkningsgrad for innvendig last $f_4$

Tettheten av takets underkonstruksjon vurderes tilsvarende som for virkningsgraden av utvendig last. Tettheten av vegg og gesims eller parapet er imidlertid like viktige å vurdere. Praksis har vist at norsk byggeskikk ikke medfører god nok vindtetting av fasadekledning, rundt porter og vindusfelt og rundt parapet eller gesims. Hvis ikke både takets underkonstruksjon, vegg og parapeten har tilfredsstillende tetting anses konstruksjonen for utett og det må regnes med fullt tillegg for innvendig lastvirkning.

Eksempler på tilfredsstillende tetting: Se fig. 3.2.2.

- a) Av takets underkonstruksjon
  - vurderes som vist under pkt 3.2.1
- b) Av vegg
  - Vegg skal ha god vindsperre med tette, klemte skjøter
  - Vindsperra skal ha horisontal klemming langs undersiden av overgangen tak/vegg for å hindre lufttransport inn i takkonstruksjonen
- c) Av parapet eller gesimskasse
  - vindsperre med tette, klemte skjøter
  - langsgående klemming av overlappskjøten mellom taktekning og vindsperre for å hindre luft i å trenge inn i isolasjonssjiktet
  - langsgående klemming av overlappskjøten mellom vindsperra på parapet eller gesims og vindsperre på vegg for å hindre luft i å trenge inn i isolasjonssjiktet og videre inn under tekningen.

**Fig 3.2.2.**

Lufttette overganger tak/parapet og parapet/vegg samt lufttett takkonstruksjon er viktig.

Hvis undertaket har tilstrekkelig tetthet og styrke vil det hindre overføring av last til festemidlet. Tabell 3.3.1 angir faktorer for lastoverføring av innvendig last avhengig av bærekonstruksjonen.

**Tabell 3.3.1**

Faktorer for virkningsgraden av innvendig last

Faktor $f_4$	Underkonstruksjon
0,0	Tett underkonstruksjon
1,0	Utett underkonstruksjon

### 3.3 Lastfaktorer

Ved dimensjonering gjelder NS 3490:1999 Prosjektering av konstruksjoner – Krav til pålitelighet. For vårt tilfelle som gjelder påvisning av kapasitet i en festeanordning, og med en dominerende variabel last (vind) er lastfaktor  $\gamma = 1,5$ , jfr. NS 3490, tillegg E. Takteking settes normalt i pålitelighetsklasse 2, jfr. tillegg K. Det betyr at i henhold til tabell 6 side 34 kan lastfaktoren reduseres med en faktor  $k_L = 0,9$ .

### 3.4 Dimensjonerende last

Måten dimensjonerende last beregnes på er som tidligere utgaver av TPF informerer nr. 5 og 5B, men faktorer og betegnelser er endret.

Dimensjonerende last for de forskjellige takfeltene kan beregnes ut fra følgende formel:

$$q_d = 1,5 \cdot 0,9 \cdot (f_3 \cdot c_{pe} + f_4 \cdot c_{pi}) \cdot q_{kast}$$

- $q_d$  = dimensjonerende last (kN/m<sup>2</sup>)
- 1,5 = lastkoeffisient i forhold til NS 3490
- 0,9 = reduksjonsfaktor i henhold til pålitelighetsklasse 1 NS 3490
- $f_3$  = faktor for virkningsgraden av utvendig last, se tabell 3.2
- $c_{pe}$  = formfaktor for utvendig last
- $f_4$  = faktor for virkningsgraden av innvendig last, se tabell 3.3
- $c_{pi}$  = formfaktor for innvendig last
- $q_{kast}$  = hastighetstrykk (kN/m<sup>2</sup>), oppgitt av rådgiver eller beregnet i henhold til kap. 2

Dimensjonerende last pr. festepunkt beregnes på følgende måte:

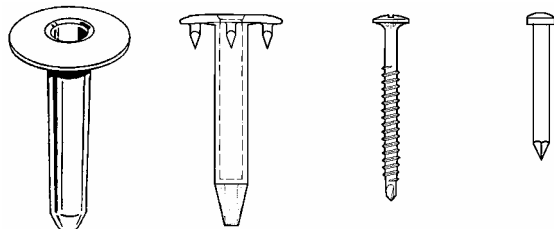
$$Q_d = q_d \cdot a \cdot b$$

- $Q_d$  = dimensjonerende last pr festepunkt (kN)
- $a$  = avstand mellom festeradene (m)
- $b$  = avstand mellom festene i en rad (m)

Lasten ( $q_d$ ) kan reduseres med 2/3 av egenlast av tekning eller tekning og isolasjon hvor disse er limt sammen, samt eventuell ballast.

## 4 FESTEMIDLER

Figur 4.1.0 viser eksempel på mekaniske festemidler for betongtak og ståltak med henholdsvis plugg og selvborende skrue. På tretak kan det også benyttes skruer. Disse kan være selvborende



**Fig. 4.1.0**

Eksempler på festemidler

- To forskjellige typer plast festebrikker
- En stålskrue og en betongstift.

### 4.1 Korrosjonsbeskyttelse, bruksgrupper

Korrosjonsbeskyttelsen av de mekaniske festene må dokumenteres og vurderes i forhold til de antatte påkjenningene på taket. Disse kan inndeles i fire bruksgrupper:

KLA anbefales benyttet i de fleste tilfeller.

KL kan benyttes der forholdene anses normalt uproblematisk.

K anbefales normalt ikke benyttet.

KLAM er en nyinnført bruksgruppe som skal ta vare på de tilfeller der festemidlet blir utsatt for mekanisk slitasje under montering, og hvor forholdene for øvrig er lik bruksgruppe KLA.

**Bruksgruppe K:**

Bare i bygninger med lite fukttilskudd slik at kondensfukt kun kan forekomme på undersiden av tekningen i relativt korte perioder.

*Eksempler:*

- Bygninger med lavt fukttilskudd, dvs. med god ventilasjon og lavt fuktinnhold i inneluft (mindre enn 1 g/m<sup>3</sup> høyere enn i uteluft)
- Skive på festemiddel, innklebet.

**Bruksgruppe KL:**

Risiko for lengre perioder med kondensfukt på festemiddel forårsaket av høy relativ fuktighet i luften mellom tekning og tett underlag.

Begrensede muligheter for uttørring.

*Eksempler:*

- Stålplatetak med dampsperre
- Betongtak
- Omtekning
- Skive på festemiddel i kant av bane eller i flipp.

**Bruksgruppe KLA:**

Stor risiko for lengre perioder med kondensfukt på festemidlet forårsaket av høy relativ fuktighet i luften mellom tekning og tett underlag, eller med mulighet for aggressive stoffer i isolasjonen eller på eksisterende tekning ved omtekning. Dårlige muligheter for uttørring.

*Eksempler:*

- Korrosjonsfremmende phenolforbindelser i isolasjonen
- Omtekning i områder med korrosjonsfremmende nedfall fra industri, sur nedbør eller saltinnnev fra sjø
- Skive på festemiddel i kant av bane og med filt over skiven.

**Bruksgruppe KLAM:**

Som gruppe KLA, men med ekstra fare for slitasje og ødeleggelse av eventuelle korrosjonsbeskyttelse under montering, for eksempel gjennom skiferbestrødd asfaltbelegg.

### 4.2 Prøving av korrosjonsmotstand

Prøving av korrosjonsmotstand på metalliske festematerialer utføres i Kesternichkammer i henhold til DIN 50018 med 1,0 l SO<sub>2</sub>. Selve prøvingsprosedyren er modifisert i henhold til FM standard 4470 hvor maks. 15 % av overflaten kan være angrepet av rød rust etter foreskrevet antall sykler.

Temperatur og fuktstabilitet av organisk belegg prøves i tillegg i 300 timer ved 90 °C og 100 % RF uten at det oppstår blemmer eller avskalling.

Med utgangspunkt i påkjenningene i den enkelte bruksgruppen settes følgende minimumskrav til korrosjonsmotstand angitt i sykler Kesternich:

Bruksgruppe K: Bestått 2 sykler

Bruksgruppe KL: Bestått 8 sykler

Bruksgruppe KLA: Bestått 15 sykler

Bruksgruppe KLAM: Bestått 15 sykler etter at skruen har vært skrudd gjennom et skiferbestrødd asfaltbelegg.

Plastbrikker eller festemidler av aluminium antas å tilfredsstillende KLA uten testing.

Rustfritt stål eller festemidler av aluminium eller plast behøver ikke å testes for å få betegnelsen KLAM. Det rustfrie stålet må motstå det miljøet det eksponeres for. Martensitt i skruer kan føre til spenningskorrosjon/sprøhet og frarådes ofte derfor. Syrefast stål skal benyttes i klorholdige miljøer.

Tabell 4.1.1 gir en oversikt over aktuelle typer belegg og materialer som gir tilfredsstillende korrosjonsbeskyttelse.



**Tabell 4.1.1**

Taktyper og anbefalt korrosjonsbeskyttelse

Tak-konstruksjon	Bruks-gruppe	Aktuelle typer belegg og materialer for mekaniske festemidler		
		Stamme	Innklebet	Frilagt
Bygninger med lite fukttilskudd	K	10 – 15 $\mu$ EI Zn	20 $\mu$ Zn	
Bygninger med stort fukttilskudd. Stålplatetak med damp-sperre Betongtak Omtrekking	KL	Spesialbelegg. Rustfritt stål. Al Plast	20 $\mu$ Zn	20 $\mu$ Al Zn
Som for KL, men stammen på festemidlet er utsatt for aggressive stoffer	KLA	Spesialbelegg. Rustfritt stål Al Plast	20 $\mu$ Zn	Rustfritt stål Al Plast
Som for KLA og montert gjennom skiferbestrodd asfaltbelegg	KLAM	Rustfritt	-	-

### 4.3 Galvanisk korrosjon

Tabell 4.2 viser en oversikt over risikoen for at galvanisk korrosjon kan oppstå ved kombinasjon av skive og skruer av ulike materialer.

**Tabell 4.3.1**

Risiko for at galvanisert korrosjon kan oppstå ved ulike materialkombinasjoner i skruer og skive

Bruks-gruppe	Bruks-gruppe skiver	K	KL		KLA	
		Varmfor-zinket (Zn)	Varmherdet Zn-polymer	AlZn	Al	Rustfritt
K	EI Zn	+				
KL	Varmherdet Zn-Polymer	+	+	+	0	0
KLA	EI Zn + Polymer	+	0	0	0	+
	Rustfri Syrefast	+	0	0	0	+

+ Materialkombinasjoner uten risiko for galvanisk korrosjon

0 Kombinasjoner som er gode dersom det ikke tilføres korrosjonsfremmende stoffer fra innneklima.

### 4.4 Pappspiker

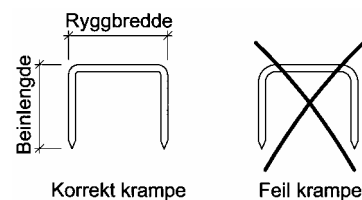
Pappspiker for feste av tekning til taktro bør være varmforsinket tilsvarende klasse KL eller bedre. Pappspiker finnes i flere dimensjoner; for håndspikring  $\varnothing=2,8$  mm i lengder 20 mm, 25 mm, 32 mm og 38 mm, og for maskinspikring  $\varnothing=3,05$  mm i lengder 19 mm, 22 mm, 32 mm og 38 mm.

Velg pappspiker med lengde slik at den akkurat går gjennom og så vidt stikker ut på undersiden. Pappspiker kan benyttes både til innfesting av asfalt takbelegg og takfolie.

### 4.5 Kramper

Man må benytte kramper med rette vinkler mellom rygg og bein, se fig. 4.5.1. Kramper som er buet vil under innsetting skjære seg ned i tekningen, skade den og gi for dårlig feste.

Krampene bør være framstilt av rektangulær tråd med dimensjon  $t \times B = 0,95 \times 2,4$  mm og ha ryggbredde på 20 – 25 mm. Kramper fås bare i bruksgruppe K. Kramper blir benyttet til innfesting av takfolie til huselementer eller takelementer med taktro av trebaserte plater. Kramper skal ikke benyttes i forbindelse med utendørs arbeider eller i forbindelse med asfalt takbelegg.

**Fig. 4.5.1**

Krampene skal ha rette vinkler mellom rygg og bein

### 4.6 Stålskruer og betongstifter

#### Stålskruer

Det er i dag tre hovedtyper av stålskruer på markedet, skruer med vanlig spiss til festing i tynne og middels tykke plater, selvborende skruer med full borspiss for montering eller festing til tykke plater, eller selvborende skruer med redusert borspiss til festing i tynne eller middels tykke plater. Skruene finnes med forskjellig utforming av hodet tilpasset produsentens eller brukerens forskjellige ønsker. De finnes i rustfritt stål eller korrosjonsbeskyttet på forskjellig måte for å tilfredsstille kravene til gitte bruksgruppe.

#### Betongstifter

Stifter for innfesting i betong finnes også i forskjellige utførelser; rund glatt, rund rillet, mer flat glatt eller profilert glatt. Det finnes også betongskruer.

De fleste festemidler for montasje i betong er utført i rustfritt stål, men noen har forskjellig annen type korrosjonsbeskyttelse. Felles for alle festemidler til betong er at de monteres i forborede hull i betongen. Vær nøye med å benytte riktig bordiameter og bordybde slik at produsentens anbefalinger og forutsetninger følges. Upresise borhull eller borhull med gal diameter gir ikke den forutsatte sikkerhet mot uttrekk.

#### 4.7 Festemidler av plast

Det finnes i dag et utall forskjellige plast festebrickler på markedet. De kan ha rund eller firkantet skivedel med eller uten pigger. Hylsen gir teleskopvirkning ved bruk på kompressible underlag som for eksempel mineralull. Plastbrickler benyttes i kombinasjon med forskjellige typer skruer til bruk for innfesting i profilerte stålplater eller til taktro av tre, eller sammen med forskjellige stålstifter eller spesielle betongskruer for innfesting i forborede hull i betong. Det finnes også spesielle festebrickler for montasje i Leca eller i porebetong.

Festemidler av plast antas å tilfredsstille kravene til bruk i bruksgruppe KLA uten spesiell prøving. Festebrickler bør/skal imidlertid prøves for bestandighet ved akselerert varmealdring, både alene og montert sammen med takfolie og asfalt takbelegg. Styrke og sprøhet vurderes både før og etter aldring.

Plastbrickler produseres med flere grunnmaterialer som polypropylen og polyamid. Sistnevnte grunnmateriale kan gi fuktopptak som påvirker styrken, også dette bør vurderes.

## 5 MEKANISK INNFESTING

### 5.1 Festeprinsipp

Kapittel 5 gir generelle retningslinjer for mekanisk innfesting av både asfalt takbelegg og takfolie. Retningslinjene er ment å gjelde der evt. systemgodkjenninger ikke finnes.

Ved dimensjonering av mekanisk innfesting må man vurdere hva som er det svakeste leddet i konstruksjonen. Det kan oppstå brudd i:

- feste til underlaget
- selve festepluggen (stamme/skive)
- feste i tekning og isolasjon

For dimensjonerende kapasiteter, se kapittel 3.

Mekanisk festet fleksible takbelegg legges løst ut, rettes opp og strammes før festepunktene monteres.

Feste med vanlig stålskive i langsgående omleggskjøter kan brukes på fast underlag som for eksempel trebasert taktro eller betong.

På underlag av isolasjon med trykkfasthet min. 80 kPa som EPS eller tilsvarende, benyttes stålskiver med kulp eller plastbrikker.

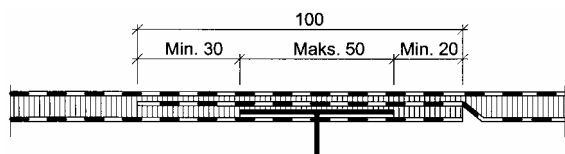
På underlag av steinull skal det benyttes festemidler med god teleskopvirkning.

### 5.2 Feste av tolags asfalt takbelegg

#### 5.2.1 I 100 mm omlegg, Fig. 5.2.1

Ved feste gjennom underste bane i en 100 mm omleggsskjøt kan det benyttes skive eller festebrikke med diameter inntil 50 mm. Skjøten helsveises med minst 30 mm på utsiden og 20 mm på innsiden. Også overlaget bør ha polyesterstamme.

Metodene er følsom for avvik under montasje og stiller store krav til nøyaktighet og krever markeringstripe i belegget 45 mm fra kanten, samt kontroll av tilstramming ved tekking på myk isolasjon for å unngå svanker rundt festeskive som ikke oppnår helklebing.

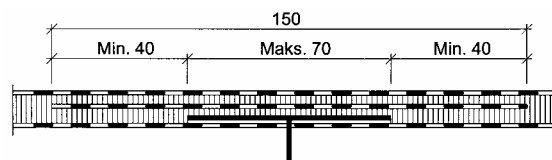


**Fig. 5.2.1**  
Tolags asfalt takbelegg. Feste i 100 mm omlegg

#### 5.2.2 Gjennom bane, Fig. 5.2.2

Festemidlet monteres gjennom bane utenom omlegg i første lag. For å få en fullstendig tolags tekning må festeskive overdekkes med et ekstra lag i form av rims eller lapp av samme kvalitet som første lag. Underlaget skjøtes med sveisede omlegg på minst 100 mm. Overlaget helsveises eller helklebes til underlaget.

Med denne utførelsesmetode oppnås geometrisk frihet i begge retninger for plassering av festepunkt og gjør det lettere å treffe riller i et ståldেকে eller unngå skjøter i et elementdekke. Alle skjøter blir dessuten kun utsatt for strekkpåkjenning.



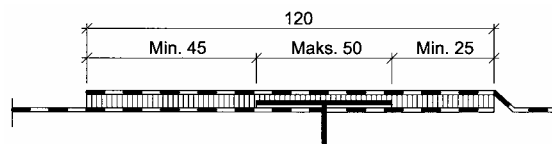
**Fig. 5.2.2**  
Tolags asfalt takbelegg. Feste gjennom bane

### 5.3 Feste av ettlags asfalt takbelegg

#### 5.3.1 I 120 mm omlegg, Fig. 5.3.1

Ved feste gjennom underste bane i en 120 mm omleggsskjøt, kan det benyttes skive eller festebrikke med diameter inntil 50 mm. Skjøten helsveises med minst 45 mm på utside og 25 mm på innside av skive. Plassering av festepunkter er geometrisk bundet i den ene retning.

Metoden krever innretning av bane samt kontroll med tilstramming ved tekking på myk isolasjon for å unngå svanker rundt festeskive som ikke oppnår klebing. Minimumsbredden betinger markeringstripe i belegget 50 mm fra kanten for korrekt plassering av festemidlet.



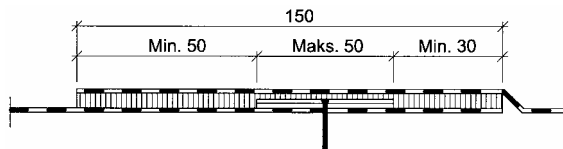
**Fig. 5.3.1**  
Ettlags asfalt takbelegg. Feste i 120 mm omlegg

### 5.3.2 I 150 mm omlegg. Fig. 5.3.2

Festemidlet settes i flate for omleggskjøt med kant av skive minst 30 mm fra banekant. Skjøten helsveises med minst 50 mm på utside og 30 mm på innside av skive. Plassering av festepunkter er geometrisk bundet i den ene retning.

Metoden krever innretting av bane samt kontroll med tilstramming ved tekking på isolasjon for å unngå svanker rundt festeskive som ikke oppnår klebing.

Metoden gir rimelig god sikkerhet for å oppnå vanntette skjøter og nødvendig klebing på begge sider av skive slik at bruddmekanismen blir gjennomlokking og ikke delaminering.

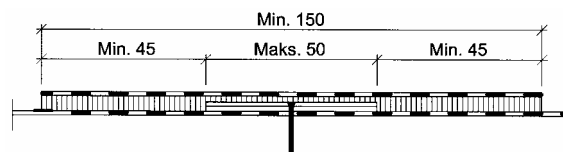


**Fig. 5.3.2**  
Ettlags asfalt takbelegg. Feste i 150 mm omlegg

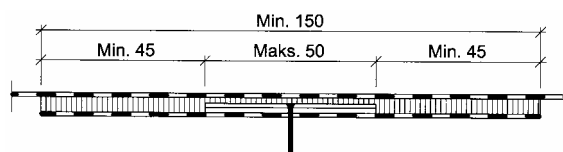
### 5.3.3 Gjennom bane

Der det er ønsket full fleksibilitet vedrørende plassering av festepunktene eller der det er nødvendig med flere fester enn hva som kan plasseres i omleggskjøten, kan alle festene monteres gjennom banen og tildekkes med en lapp eller rims over som vist på Fig. 5.3.3.a.

Alternativt kan rimsen legges først med baksiden opp, festes, og banen over sveisen ned på rimsen, se Fig. 5.3.3.b



**Fig. 5.3.3.a**  
Feste gjennom bane med rims over festepunkt



**Fig. 5.3.3.b**  
Bane sveist til underliggende rims mekanisk festet til underlaget

### 5.3.4 Gjennom delvis sveist omlegg.

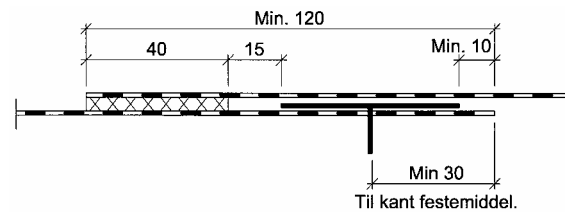
Nye materialer muliggjør at også ettlags asfalt takbelegg kan festes i løs flipp. Før det gjøres må metoden og kapasiteten være dokumentert i fullskala vindlastprøve. Systemet må godkjennes i hvert enkelt tilfelle.

## 5.4 Feste av takfolie

### 5.4.1 I kant av bane. Fig. 5.4.1

Festemidlene monteres med kant av skrue/stamme 30 mm fra banekant. Neste bane legges med minimum 120 mm omlegg avhengig av skivebredde. Skjøtene utføres med 40 mm varmluftsveis.

Plassering av festepunkter er geometrisk bundet til banebredde i den ene retning. Når tekkingen blir løftet opp under vindbelastning, blir sveisekanten utsatt for strekkraft både vertikalt og horisontalt. Det er derfor viktig at innvendig kant av sveisen blir jevn og uten tagger ca. 15 mm fra kant av skive.

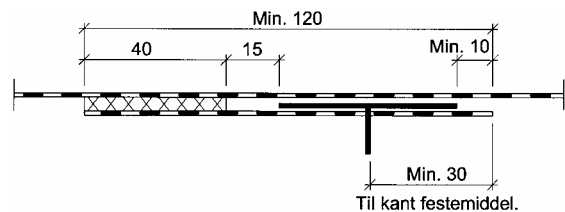


**Fig. 5.4.1**  
Takfolie. Feste i kant av bane

### 5.4.2 I underliggende flipp. Fig. 5.4.2

Festemidlet settes i ekstra materiale som er sveiset til undersiden av tekningen og danner en flipp hvor kant av festeskiven skal monteres henholdsvis 10 mm fra flippkant og 15 mm fra sveisekant. Med 40 mm sveis blir flippbredde minimum 120 mm.

Plassering av festepunkter kan varieres geometrisk i begge retninger avhengig av om flippet sveises på tvers av bane eller til store ferdiglagede flak.

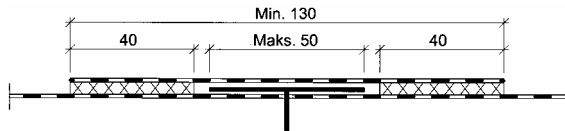


**Fig. 5.4.2**  
Takfolie. Feste i underliggende flipp

### 5.4.3 Gjennom bane med overdekning. Fig. 5.4.3

Festemidlet monteres gjennom bane utenom omlegg. Festepunktet dekkes med takfolie punktvis eller i form av rims med minst 40 mm sveis utenom festeskive.

Metoden gir geometrisk frihet i begge retninger for plassering av festepunkt. Alle skjøteflater blir kun utsatt for strekkpåkjenning.



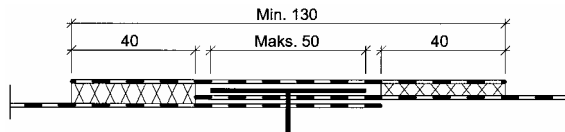
**Fig. 5.4.3**

Takfolie. Feste gjennom bane med overdekning

### 5.4.4 Gjennom omlegg med overdekning. Fig. 5.4.4

Foliebanen legges ut med 50 mm overlapp. Festemidlet monteres gjennom omlegget med kant av skive innenfor kant av bane. Rims av takfoliekvalitet legges over baneskjøt og festepunkt med minimum 40 mm sveis på hver side av skivekant.

Plassering av festepunkter er geometrisk bundet til banebredde i den ene retningen. Alle sveiseflater blir kun utsatt for strekkpåkjenninger.



**Fig. 5.4.4**

Takfolie. Feste gjennom omlegg med overdekning

## 5.5 Feste i underlag

### 5.5.1 Feste i stålplater

Plater tynnere enn 0,7 mm bør ikke benyttes. Stålplater får kraftige vibrasjoner under vindlast og eventuell slakk i fester mellom bærekonstruksjon og plugg kan frembringe sjenerende støy.

Rustbeskyttelsen på stålplatene svekkes ved festepunktene. Hvis romklimaet er spesielt fuktig eller på annen måte korrosjonsfremmende, bør festet i stålplatene vurderes spesielt nøye; det bør eventuelt velges annen takkonstruksjon.

Ved hvert festepunkt kan det oppstå kuldebroer hvis skruen settes i fugen mellom isolasjonsplatene, eller hvis isolasjonen på annen måte er redusert. Dette kan føre til kondens på stammen til festemiddelet og vann kan ledes ned til festet i stålplaten.

### 5.5.2 Sikring mot utskruing

Det er flere muligheter for å sikre at festing med skruer til stålplatetak ikke blir utsatt for selvutskruing. Det viktigste virkemidlet er å benytte festebrikke med lang hylse i kombinasjon med en

kort skruer. Det gjør at de bevegelsene i tekningen som blir overført til festebrikken i liten grad blir overført til stålskruen. Systemer av mothaker eller spesiell utforming av gjengene vil også kunne hindre selvutskruing.

Festesystemet bør være testet og ha dokumentert sikkerhet mot utskruing i henhold til metode NBI 162/90 med lastprogram A, dynamisk last, eller annen tilsvarende metode med dynamisk last beregnet for å undersøke festesystemers selvutskruing.

Sikkerhet mot utskruing klassifiseres på følgende måte:

- DMG Skruen er testet sammen med metallskive uten ekstra låsemekanisme og kan derfor brukes i alle andre skive(brikke)-kombinasjoner.
- DF Festesystemet som er testet må betraktes som en enhet og skruen er ikke klassifisert for bruk i andre sammenhenger.
- D Dynamisk lastprogram metode NBI 162/90
- M Metall festeskive
- G Generelt bruk i alle kombinasjoner av skive/brikke
- F Festesystemavhengig og må brukes i den kombinasjon som er testet.

Erfaringsmessig er risikoen for utskruing liten ved bruk av isolasjonstykkelse  $\geq 100$  mm, festesystem med brikke og hylse samt ekstra sperresjikt.

### 5.5.3 Feste i betong og lettbetong

Det er meget viktig at festet får riktig dybde i underlaget. Hullet må være så dypt at borestøv som blir liggende i hullet ikke hindrer riktig montasje av festemidlet.

Ved gjennom boring av dekket blir det vanligvis slått ut stykker av betongen på undersiden. Som oftest er dette kun et estetisk problem, men man kan få problemer med festet hvis utslaget er stort i forhold til pluggens forankringslengde. Dette er spesielt aktuelt på DT-elementer.

### 5.5.4 Feste i tre

Taktro av bord har mange skjøter, sprekker og kvister. Hvis spiker, kramper og skruer settes i disse kan festet bli redusert. For spiker og kramper blir festet også redusert dersom trevirket er spesielt fuktig og tørker etter innfesting.

Ved mekanisk innfesting på taktro bør tekningen orienteres slik at innfestingen går på tvers av bordretningen. Hvis tekningen allikevel må orienteres parallelt med taktroen, må man sikre at festene kommer utenom fugene.

## 6 ANNEN INNFESTING

### 6.1 Ballast

Som ballast kan man bruke betongheller lagt på klosser, natursingel eller knust stein. Består ballasten av knust stein med skarpe kanter, beskyttes tekkingen med en polyesterfilt e.l. med min. flatevekt 300 g/m<sup>2</sup> (Vegdirektoratets bruksklasse II eller tilsvarende).

Er undertaket tett som beskrevet i pkt 3.2.1, regnes 50 mm singellag som tilstrekkelig til å sikre mot jevnt fordelt sug på taket  $q_d \leq 3,0$  kN/m<sup>2</sup> (i hjørnesonene som vanligvis mest utsatt). Korngradering med diameter 16 – 32 mm kan motstå en vindhastighet i virvlene på 80 m/s for bevegelser oppstår i singelen. Hastighet i virvelen kan regnes ut ved hjelp av formelen:

$$v_1 = v_0 \cdot \sqrt{1 + |c_{pe}|} \dots$$

hvor  $v_1$  = vindhastigheten i virvelen  
 $v_0$  = dimensjonerende vindhastighet for bygningen  
 $c_{pe}$  = formfaktor for takflaten

50 mm betongheller regnes som tilstrekkelig til å sikre mot et jevnt fordelt sug på taket  $q_d \leq 5,0$  kN/m<sup>2</sup>.

Følgende tommelfingerregler kan brukes for minimumssikring:

- lave bygg, ikke vindutsatte steder<sup>2</sup>: singel
- høye bygg, ikke vindutsatte steder<sup>2</sup>: singel pluss betongheller i hjørner
- lave bygg, vindutsatte steder: singel pluss betongheller i hjørner og randsoner
- høye bygg, vindutsatte steder: singel pluss armert påstøp i hjørner og randsoner.

### 6.2 Klebing

Klebing som metode for å sikre mot vindavblåsing har de senere år vært lite brukt. Klebing som festemetode kan likevel være aktuelt.

Som ekstra sikkerhet ved klebing må man benytte lineær innfesting langs alle takets ytre render. Andre betingelser er at underlaget egner seg for klebing, det vil si er rent og tørt, og at det er gode værforhold og plussgrader under leggingen. Leverandørens anvisning for bruk av kleber må følges.

Klebing benyttes i en viss grad også til feste på oppkanter som mot høyere vegger, overlys og lignende. Ved klebing mot vertikale flater brukes oftest kontaktlim.

## 7 DIMENSJONERING AV FESTE-MIDLER

### 7.1 Antall festemidler

Antall festemidler beregnes ved å dividere dimensjonerende vindlast (eventuelt med fradrag av egenlast) med dimensjonerende kapasitet for feste i underlag eller tekning.

Tabell 7.1.1 angir krav til minimumsinnfesting av løst utlagt tekning og isolasjon.

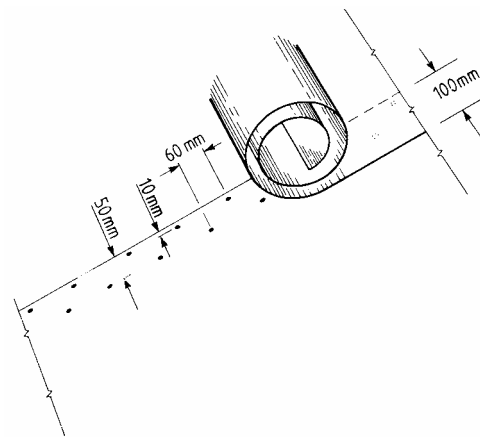
Minste antall fester må også vurderes i forhold til konstruksjonen. Kritiske faktorer kan være:

- Bevegelse i isolasjonen. Ved løst utlagt tekning og isolasjon må det være tilstrekkelig antall fester pr. isolasjonsplate slik at platene ikke forskyver seg under tekningen.
- Bevegelse i tekningen. Blaftring kan føre til utmatting ved festemidlet eller frambringe støy.

Krav til innfesting langs avslutninger er gitt i kapittel 8.

Hvis antall festepunkter ønskes redusert utover anbefalingene fra TPF må dette dokumenteres spesielt.

Anbefalt spikeravstand ved sikksakkspikring av asfalt takbelegg er vist i Fig. 7.1. I soner på taket med stort vindsug ( $q_d > 3,0$  kN/m<sup>2</sup>), er det nødvendig også å spikre midt på banen.



**Fig. 7.1.0**  
"Sikksakkspikring" av asfalt takbelegg eller takfolie

<sup>2</sup> Se kap. 8, annet avsnitt som gir en forklaring av uttrykket "vindutsatt sted".

**Tabell 7.1.1**

Krav til minimumsinnfesting av løst utlagt tekning og isolasjon

	Dimensjonerende vindlast (sug)	
	$q_d \leq 3,0$ kN/m <sup>2</sup>	$q_d > 3,0$ kN/m <sup>2</sup>
Minste antall fester: - pr. isolasjonsplate - pr. m <sup>2</sup>	1 stk. 1 stk.	1 stk. 2 stk.
Største avstand mellom festerader - hjørne- og randfelt - midtfelt	1,0 m ingen krav	0,6 m 1,0 m
Største avstand mellom fester i en rad - hjørne- og randfelt - midtfelt	1,0 m ingen krav	0,6 m 1,0 m
Minste avstand mellom fester	0,2 m	0,2 m

## 7.2 Dimensjonerende kapasitet

Dimensjonerende kapasitet mot vindavblåsning av et mekanisk festet takbelegg må omfatte både feste i underlaget og feste i tekningen (eventuelt isolasjonen hvis tekningen klebes til mekanisk festet isolasjon).

Leverandør oppgir dimensjonerende kapasitet for sine produkter. Disse må være i henhold til dokumentert typeprøving med riktig type underlag, feste-middel og takbelegg. Dimensjonerende kapasitet er for eksempel gitt i NBI Teknisk Godkjenning.

### 7.2.1 Dimensjonerende kapasitet basert på prøving

Ved prøving i felt eller laboratorium kan dimensjonerende kapasitet beregnes på følgende måte:

Ved omtekkinger bør det utføres uttreksprøver med det valgte festemiddel på det aktuelle taket som grunnlag for å beregne dimensjonerende kapasitet for uttrekk av underlaget.

Feste i underlaget:

- a. På basis av prøving med statisk belastning:

I laboratorium:

- plugger og skruer  $X_d = 0,7 \cdot 0,9 (X_m - k \cdot s)$
- spiker og kramper  $X_d = 0,5 \cdot X_m$

Ved uttreksprøving på det enkelte bygget:

- plugger og skruer  $X_d = 0,8 \cdot 0,9 (X_m - k \cdot s)$
- spiker og kramer  $X_d = 0,7 \cdot X_m$

hvor:

- $X_d$  = dimensjonerende kapasitet
- $X_m$  = middelværdi av kapasitet ved prøving
- $k$  = faktor for antall prøver som vist i tab. 7.2.1
- $s$  = standardavvik

- b. På basis av prøving med vekslende last i henhold til metode NT-Build 306:

- plugger og skruer  $X_d = 0,9 (X_m - k \cdot s)$
- spiker og kramper  $X_d = 0,7 \cdot X_m$

Feste i tekning og isolasjon:

- a. Statisk belastning  $X_d = 0,5 \cdot X_m$  i henhold til metode NBI 163/98 for pappspiker og kramper.  
 b. Vekslende last i henhold til metode NT Build 307 "Taktekninger styrke mot vindlast".  
 $X_d = 0,7 \cdot X_m$

**Tabell 7.2.1**

Faktor (k) for antall prøvingsverdier (n)

n	5	6	7	8	9	10
k	1,96	1,85	1,79	1,74	1,70	1,67

### 7.2.2 Dimensjonerende kapasitet i taktro av tre

For feste i tekningen vil leverandør av tekkematerialer oppgi kapasitet, se pkt. 7.2, annet avsnitt og pkt. 7.2.1.

Tabell 7.2.2 viser dimensjonerende kapasiteter for feste av spiker og kramper i taktro av tre.

**Tabell 7.2.2**

Dimensjonerende kapasitet  $X_d$  (N) for feste med spiker og kramper som går gjennom taktroa

Underlag for tekningen	Tørre materialer		Fuktige materialer	
	Spiker 2,8-25	Kramper m/rektangulær tråd	Spiker 2,8-25	Kramper m/rektangulær tråd
12 mm kryssfinér	160	80	145	55
15 mm rupanel	110	95	100	65

Hvis taktroa ikke beskyttes mot nedbør før tekking skal dimensjonerende kapasitet regnes som for fuktige materialer. (I fuktige materialer er kapasitetene redusert med 10 % for pappspiker og 30 % for kramper.)

Hvis dimensjonerende kapasitet for skruer i taktro av bord og kryssfinér ikke er oppgitt av leverandør, kan denne beregnes etter følgende formel:

$$X_d = k (5 + 4 \cdot D_g + 3 \cdot d_k) t$$

Hvor:

- $X_d$  = dimensjonerende kapasitet
- $t$  = troykkelsen
- $D_g$  = gjengediameter, se fig. 7.2.1
- $d_k$  = kjernediameter, se fig. 7.2.1
- $k$  = korreksjonsfaktor, se tabell 7.2.3

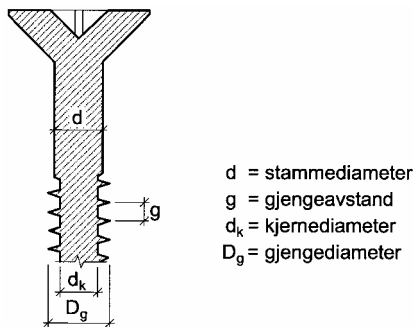
**Tabell 7.2.3**

Korreksjonsfaktor, k

Materiale	k
Bord	1,0
Kryssfinér t < 15,5 mm	1,0
Kryssfinér t ≥ 15,5 mm	1,4

Formelen gjelder for skruer med kjernediameter ( $d_k$ ) mellom 3,0 og 4,0 mm, gjengediameter ( $D_g$ ) mellom 4,5 og 6 mm, og gjengeavstand ( $g$ ) mellom 1,5 og 3,0 mm. Det forutsettes at skruene skrues gjennom taktrao og at gjengepartiet dekker hele troykkelsen. Hvis skruene er selvborende må boring ikke være større enn kjernediameter ( $d_k$ ).

Det forutsettes taktrokvaliteter i henhold til Byggforskerserisens Byggdetaljer 525.861.



**Fig. 7.2.1**  
Skruer. Definisjoner

## 8 SIKRING LANGS AVSLUTNINGER

Tekningen må spennes fast ved alle overganger fra horisontale til vertikale flater ved parapet, gesims, overlys, viftehus etc. Tekningen må i tillegg ha mekanisk innfesting i alle lavpunkt.

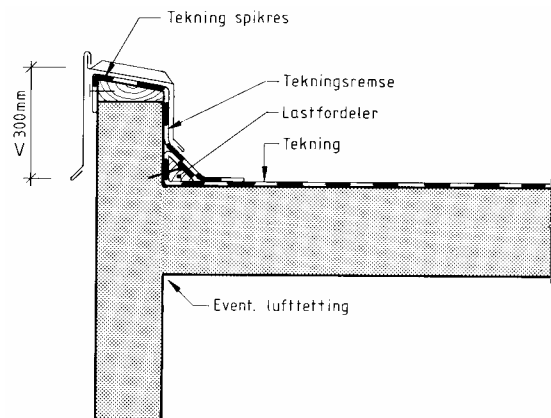
Betegnelsen vindutsatt sted har lenge vært benyttet med forståelse vindhastighet som 3 sekunders middelverdi  $v_{3sek} \geq 40$  m/s. Med ny vindlaststandard (NS 3491-4) med nye uttrykk og nye beregningsmåter, så tilsvarer dette omtrent  $q_{kast} > 3,0$  kN/m<sup>2</sup>.

### 8.1 Ved lav parapet (< 300 mm)

Takfolie og asfalt takbelegg bør festes med langsgående lastfordeler ved parapet eller annen avslutning. Se fig. 8.1.1. Lastfordeleren reduserer punktbelastningene fra festemidlet på tekningen og kan være av trekantlekt, kryssfinérremse, metall- eller plastprofil. Lastfordeleren må ha tilstrekkelig stivhet slik at horisontale og vertikale krefter i tekningen overføres til lastfordeleren som en jevnt fordelt last. Lastfordeleren festes til underlaget eller parapet med skruer eller pluggar. Lastfordeler av tre må være impregnert, og lastfordeler av stål må være korrosjonsbeskyttet.

Innfesting av lastfordeleren dimensjoneres med hensyn til vindlast som vist i kapittel 3, men med formfaktor 3,0 ( $f_3 \cdot c_{pu} + f_4 \cdot c_{pi} = 3,0$ ) i formelen for dimensjonerende last. Last regnes fra 0,5 m inn på takflaten og halve parapethøyden (eventuelt halve avstanden til første festerad hvis tekningen er mekanisk festet til parapetet).

Tekningen kan være løs på vertikal parapetflate, men må festes under gesimsbeslaget på en slik måte at tekningen er sikret selv om beslaget blåser av.



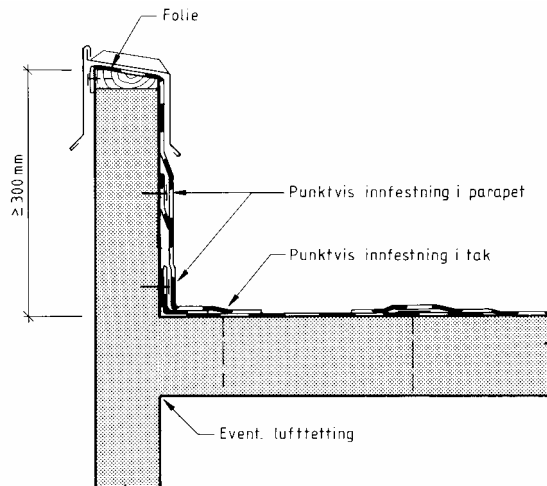
**Fig. 8.1.1**  
Parapethøyde < 300 mm. Tekningen festes med langsgående lastfordeler i hulkil. Gjelder både takfolie og asfalt takbelegg.



## 8.2 Ved høy parapet ( $\geq 300$ mm)

### 8.2.1 Takfolie

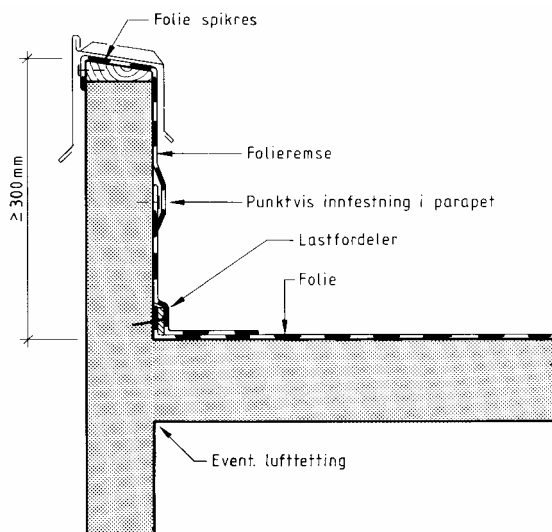
For  $q_{\text{kast}} \leq 3,0$  kN/m<sup>2</sup>, kan feste med langsgående lastfordeler erstattes av punktvis mekanisk feste i parapet. Innfestingen dimensjoneres tilsvarende som for lav parapet. Se fig. 8.2.1.



**Fig. 8.2.1**  
Parapethøyde  $\geq 300$  mm og  $q_{\text{kast}} \leq 3,0$  kN/m<sup>2</sup>.  
Punktvis feste i parapet.

For  $q_{\text{kast}} > 3,0$  kN/m<sup>2</sup>, må folietekningen festes med langsgående lastfordeler tilsvarende som for lav parapet. Se Fig. 8.2.2

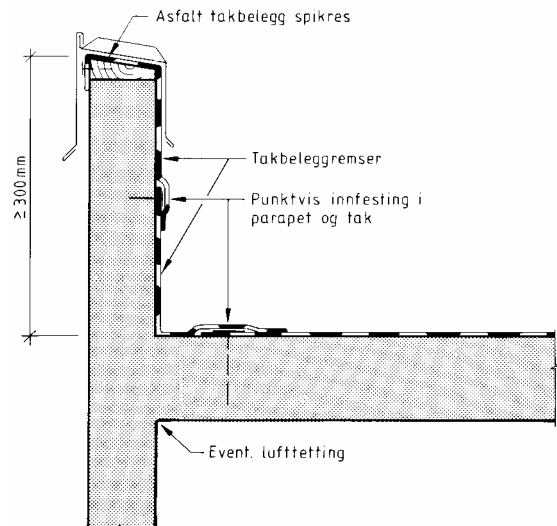
Tekningen festes med mekaniske festemidler til vertikal parapetflate med maksimalt 0,4 m mellom festene (både vertikalt og horisontalt). Tekningen festes under gesimsbeslaget på en slik måte at tekningen er sikret selv om beslaget blåser av.



**Fig. 8.2.2**  
Parapethøyde  $\geq 300$  mm og  $q_{\text{kast}} > 3,0$  kN/m<sup>2</sup>.  
Langsgående lastfordeler i hulkil.

### 8.2.2 Asfalt takbelegg

Tekningen avsluttes ved parapet og festes punktvis som vist i Fig. 8.2.3. Innfestningen dimensjoneres tilsvarende som for lav parapet. Asfalt takbelegg festes mekanisk eller klebes til vertikal parapetflate. Innfesting under gesimsbeslaget tilsvarende som for takfolie.



**Fig. 8.2.3**  
Parapethøyde  $\geq 300$  mm. Asfalt takbelegg festes punktvis i takflate.

## 8.3 Gjennomføringer

Langs overlys og oppbygg i takflaten festes tekningen punktvis med mekaniske festemidler tilsvarende som vist i Fig. 8.2.2 og 8.2.3

Innfestningen dimensjoneres tilsvarende som for mekaniske festemidler på takflaten. Maksimal avstand mellom festene er 0,5 m.

## 9 SPESIFIKASJON AV MEKANISKE FESTEMIDLER

Beskrivelsestekster for taktekn timer med tilhørende tekniske bestemmelser og måleregler, utføres vanligvis av arkitekt eller byggeteknisk konsulent i hht NS3420, kapittel S.

Takentreprenøren må ha alle opplysninger om bygget som er relevante for hans pristilbud og eventuelle utførelse.

Mekaniske festemidler kan beskrives med ulike spesifiseringsgrader. En ytterlighet er en detaljert beskrivelse av både type, antall og plassering av mekaniske festemidler.

Takbransjen ønsker beskrivelser som gir mer rom for det enkelte firma å tilby det system som de mener er best egnet. Takentreprenøren er ansvarlig for å dokumentere at innfestingen tåler de påkjenningene som bygget dimensjoneres for.

### 9.1 Sjekkliste for beskrivelse av mekanisk innfesting av taktekn timer

#### 9.1.1 Tegninger

- Takplan som viser, takoppbygg, gjennomføringer, slukplassering, falloppbygging etc.
- Detaljtegning som viser takkonstruksjonens oppbygging og oppbygging av parapet.
- Eventuelt snittegninger, fasadetegninger og situasjonsplan.

#### 9.1.2 Laster

Det er ønskelig at  $q_{kast}$  for byggestedet blir oppgitt. Dimensjonerende vindlaster for alle deler av taket lar seg da lett beregne av rådgiver eller takentreprenør på grunnlag av retningslinjene i dette bladet, og opplysninger om takets oppbygging, form og helning.

Følgende data anbefales oppgitt, eller oppgitt nødvendig underlag for korrekt valg av formfaktorer eller virkningsgrader:

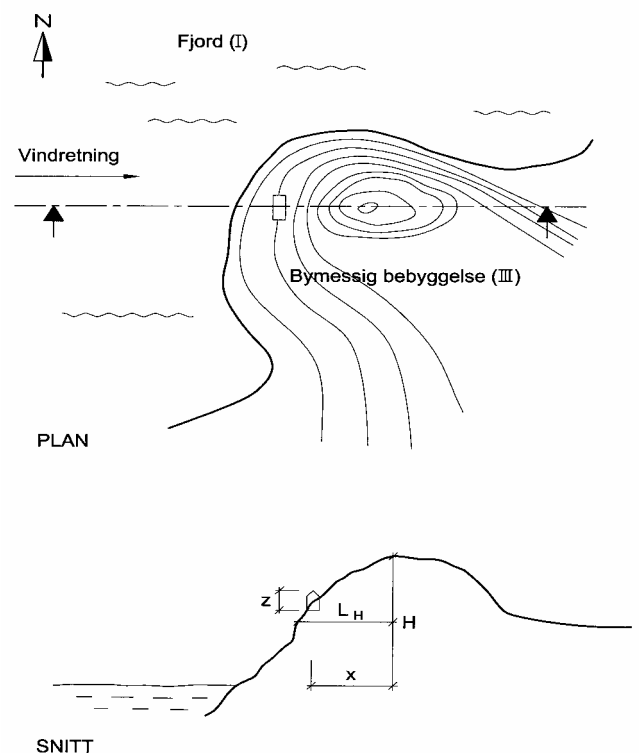
- Beregnet  $q_{kast}$  for byggestedet
- Formfaktor for utvendig last.
- Formfaktor for innvendig last.
- Underkonstruksjonens tetthet for beregning av vindlastens virkningsgrad, tabell 3.2.1 og 3.3.1.
- Eventuelle ekstraordinære laster.

#### 9.1.3 Andre opplysninger

- Type underlag, festemuligheter.
- Avslutningsdetaljer, parapethøyder. Festemuligheter for lastfordeler og tekning på parapet.
- Krav til korrosjonsbeskyttelse av festemidler.
- Krav om dampsperre. Se TPF Informerer nr. 7.
- Brannteknisk riktig utførelse; se TPF Informerer nr. 6
- Miljøriktige takmaterialer; se TPF Informerer nr. 8.

## 10 DIMENSJONERINGSSKJEMA MED BEREGNINGSEKSEMPEL

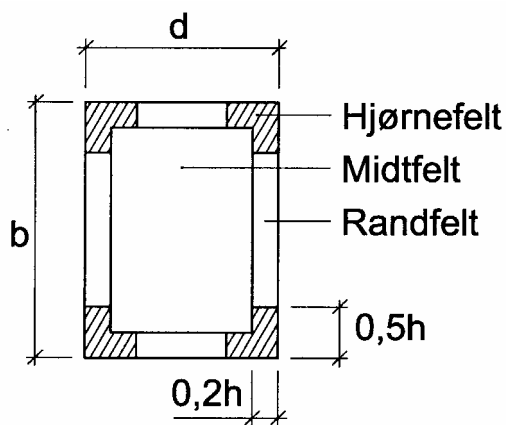
TPF har laget et skjema til bruk for manuelle beregninger av vindlast på tak og behov for innfesting. Skjemaene er vist i det etterfølgende, både i bruk med et beregningseksempel som vist i kap. 10.1, og et blank skjema i kap. 10.2.



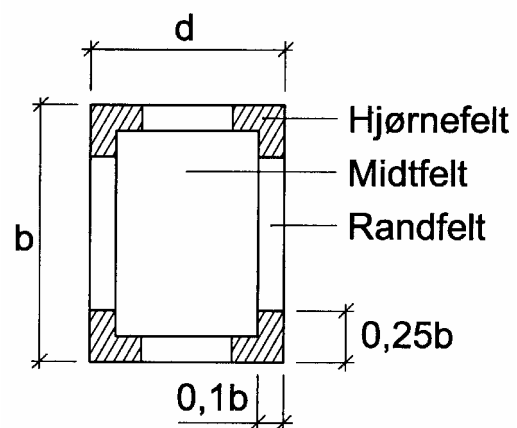
**Figur 10.1**  
Eksempel som er beregnet

10.1 Beregningseksempel

Prosjekt	Eksempel på manuell beregning TPF Informerer nr. 5		
Bygg			
Gateadresse			
Postnr.			
Poststed	Trondheim		
	DATA OM BYGNINGEN		
	Referanse vindhastighet:	$v_{REF}$ (m/s):	26
	Byggestedets høyde over havet:	$h_{OH}$ (m):	40
	Største høyde på bygning der taktekking skal legges: $z=(h)$ (m):		15
	Velg største bredde mot vind:	$b$ (m):	30
	Dybde:	$d$ (m):	15
	Takets areal:	$A$ (m <sup>2</sup> ):	450
	Bygningstype:	Lav/høy:	Høy
	Høy bygning ( $h \geq \frac{b}{2}$ ):		
	Lav bygning ( $h < \frac{b}{2}$ ):		
	Randsonebredde:	(m):	3,0
	Hjørnesone lengde:	(m):	7,5
	Areal hjørnesone	(m <sup>2</sup> ):	144
	Areal randsone	(m <sup>2</sup> ):	90
	Areal midtfelt	(m <sup>2</sup> ):	216



Lav bygning ( $h < \frac{b}{2}$ ):



Høy bygning ( $h \geq \frac{b}{2}$ ):

	BEREGNING AV $q_{kast}$	
(Formel E.1)	Vindkasthastighetstrykk med topografi og overgangssone etter tillegg E $q_{kast} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{RET}^2 \cdot c_{HOH}^2 \cdot c_{ARS}^2 \cdot c_{SAN}^2 \cdot q_{k0}(z)$	
Tab. A.1	Forutsetninger Fra side 1	$v_{REF}$ (m/s) : 26
Tab. A.4	Plassering er vist som på figur. Nivåfaktor: Område: Sør-Trøndelag, $H_0 = 900$ Permanent konstruksjon Bygningens høyde fra side 1 *Terrengkategori på byggested $k_3$ settes lik 1,0	$c_{HOH}$ : 1,0 $c_{ARS}$ : 1,0 $c_{SAN}$ : 1,0 $c_{RET}$ : 1,0 $z = h$ (m) : 15 skriv kategori : I
Fig. E.1	Tillegg E $q_{k0}(z)$	(N/m <sup>2</sup> ) : 1280
Formel E.2	Vindlastfaktor over åser og skråninger $k_1$ $c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot \frac{H}{L_H}$ Fra figur $H = 70$ m $x = 100$ m $L_H = 100$ m $H/L_H = 70/100 = 0,7$ , men regnes aldri større enn 0,5 $\Rightarrow H/L_H = 0,5$  $k_t = 2,0$ for åser $k_t = 1,8$ for skråninger	
Fig. E.7-E.10	eller	
Fig. E.3	$k_t$ : 2,0 $k_x$ : 0,35 $k_z$ : 0,63 $k_{3D}$ : 1,0 $c_t = 1 + 2,0 \cdot 0,35 \cdot 0,63 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 1,22$  $k_1 = 1,32$ for $c_t = 1,2$	$\Rightarrow k_1$ : 1,32
TPF inf. 5 pkt. 2.6.4	Vindlastfaktor for bratt terreng Ikke aktuelt for dette eksemplet	$\Rightarrow k_2$ : 1,0
TPF	Overgangssone	$\Rightarrow k_3$ : 1,0
	$q_{k0}(15) = 1280$ N/m <sup>2</sup> $q_{kast} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot q_{k0}(15) = 1,32 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1280$	$q_{kast}$ (N/m <sup>2</sup> ): 1690

BEREGNING AV ANTALL FESTEMIDLER		
TPF inf. 5 pkt. 3.2.1	Utvendig last 0,8 for tett underkonstruksjon 1,0 for utett underkonstruksjon	$f_3 :$ 1,0
TPF inf. 5 pkt. 3.2.2	Innvendig last 0,0 for tett underkonstruksjon 1,0 for utett underkonstruksjon	$f_4 :$ 1,0
TPF inf. 5 tab. 3.1	Formfaktor for utvendig last Hjørnesone: Randfelt: Midtfelt:	$c_{pe,1h} :$ 2,5 $c_{pe,1r} :$ 2,0 $c_{pe,1m} :$ 1,0
TPF inf. 5 pkt. 3.2.1	Formfaktor for innvendig last 0,2 tett bygning 0,75 for bygning med åpninger	$c_{pi} :$ 0,75
TPF inf. 5 pkt. 3.4	Dimensjonerende vindkast $q_d$ : $q_d = 1,5 \cdot 0,9 \cdot q_{kast} \cdot (f_3 \cdot c_{pe,1} + f_4 \cdot c_{pi})$ (N/m <sup>2</sup> )  Valgt takbelegg, navn: "Tekkemaks" Festemiddel, navn N/feste: "Turbofest" Kapasitet pr. feste: 800 N/feste Bane med rims over	$a = 0,30$ m

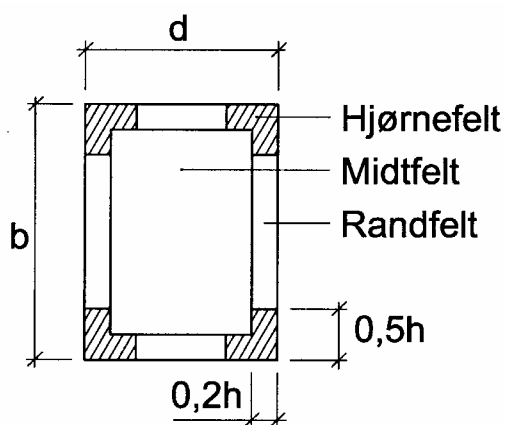
Sone	$q_d$ (Pa)	Fester dim.kap feste (N/feste)	Fester pr. m <sup>2</sup>	Antall fester pr. sone	Radavstand a (m)	Festeavstand b (m)
Hjørne	7415	800	9,3	1340	0,30	0,30
Rand	6274	800	7,8	702	0,30	0,40
Midtfelt	3993	800	5,0	1080	0,30	0,60

Totalt antall fester **3122**

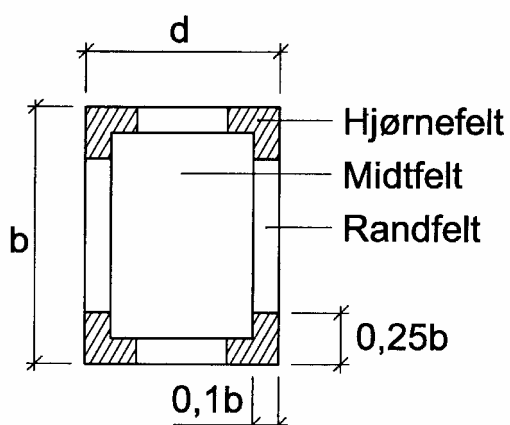
Dimensjonerende last pr. festepunkt =  $q_d \cdot a \cdot b$

## 10.2 Beregningskjema

Prosjekt		
Bygg		
Gateadresse		
Postnr.		
Poststed		
	<p>DATA OM BYGNINGEN</p> <p>Referanse vindhastighet: <math>v_{REF}</math> (m/s):</p> <p>Byggestedets høyde over havet: <math>HOH</math> (m):</p> <p>Største høyde på bygning der takteking skal legges: <math>z=(h)</math>(m):</p> <p>Velg største bredde mot vind: <math>b</math>(m):</p> <p>Dybde: <math>d</math> (m):</p> <p>Takets areal: <math>A</math> (m<sup>2</sup>):</p> <p>Bygningstype: Lav/høy:</p> <p>Høy bygning (<math>h \geq \frac{b}{2}</math>):</p> <p>Lav bygning (<math>h &lt; \frac{b}{2}</math>):</p> <p>Randsonebredde: (m):</p> <p>Hjørnesone lengde: (m):</p> <p>Areal hjørnesone (m<sup>2</sup>):</p> <p>Areal randsone (m<sup>2</sup>):</p> <p>Areal midtfelt (m<sup>2</sup>):</p>	



Lav bygning ( $h < \frac{b}{2}$ ):



Høy bygning ( $h \geq \frac{b}{2}$ ):

	BEREGNING AV $q_{kast}$	
(Formel E.1)	Kastvind med topografi og overgangssone etter tillegg E $q_{kast} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{RET}^2 \cdot c_{HOH}^2 \cdot c_{ARS}^2 \cdot c_{SAN}^2 \cdot q_{k0}(z)$	
Tab. A.1	Forutsetninger Fra side 1	$v_{REF}$ (m/s) :
Tab. A.4	Plassering er vist som på figur. Nivåfaktor: Område: $H_0 =$	$c_{HOH}$ : $c_{ARS}$ : $c_{SAN}$ : $c_{RET}$ : $z = h$ (m) skriv kategori
Fig. E.1	Permanent konstruksjon Bygningens høyde fra side 1 *Terrengkategori på byggested $k_3$ settes lik 1,0	
Fig. E.1	Tillegg E $q_{k0}(z)$	(N/m <sup>2</sup> )
Formel E.2	Vindlastfaktor over åser og skråninger $k_1$ $c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot \frac{H}{L_H}$	
Fig. E.7-E.10	Fra figur $H =$ m $x =$ m $L_H =$ m $H/L_H =$ = , men regnes aldri større enn 0,5 $\Rightarrow H/L_H =$	
Fig. E.3	$k_t = 2,0$ for åser $k_t = 1,8$ for skråninger  $k_t$ : $k_x$ : $k_z$ : $k_{3D}$ :  $c_t = 1 +$ =  $k_1 =$ for $c_t =$  $\Rightarrow k_1 :$	
TPF inf. 5 pk6. 2.6.4	Vindlastfaktor for bratt terreng	$\Rightarrow k_2 :$
TPF	Overgangssone	$\Rightarrow k_3 :$
	$q_{k0} ( ) =$ N/m <sup>2</sup> $q_{kast} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot q_{k0}(z) = \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots$ $q_{kast}$ (N/m <sup>2</sup> ):	

BEREGNING AV ANTALL FESTEMIDLER	
TPF inf. 5 pkt. 3.2.1	Utvendig last $f_3$ : 0,8 for tett underkonstruksjon 1,0 for utett underkonstruksjon
TPF inf. 5 pkt. 3.2.2	Innvendig last $f_4$ : 0,0 for tett underkonstruksjon 1,0 for utett underkonstruksjon
TPF inf. 5 fig. 3.1	Formfaktor for utvendig last Hjørnesone: $c_{pe,1h}$ : Randfelt: $c_{pe,1r}$ : Midtfelt: $c_{pe,1m}$ :
TPF inf. 5 pkt. 3.2.1	Formfaktor for innvendig last $c_{pi}$ : 0,2 tett bygning 0,75 for bygning med åpninger
TPF inf. 5 pkt. 3.4	Dimensjonerende vindkast $q_d$ : $q_d = 1,5 \cdot 0,9 \cdot q_{kast} \cdot (f_3 \cdot c_{pe,1} + f_4 \cdot c_{pi})$ (N/m <sup>2</sup> )  Valgt takbelegg, navn: Festemiddel, navn N/feste: , Kapasitet og feste: N/feste

Sone	$q_d$ (Pa)	Fester dim.kap feste (N/feste)	Fester pr. m <sup>2</sup>	Antall fester pr. sone	Radavstand a (m)	Festeavstand b (m)
Hjørne						
Rand						
Midtfelt						

Totalt antall fester

$$\text{Dimensjonerende last pr. festepunkt} = q_d \cdot a \cdot b$$



## LITTERATUR

### Standarder:

NS 3491-4: 2002 Prosjektering av konstruksjoner. Dimensjonerende laster. Del 4: Vindlaster

NS 3490: 1999 Prosjektering av konstruksjoner. Krav til pålitelighet

NT Build 307: 1986 Roof Coverings: Wind Load Resistance

NT Build 306: 1986 Roof Coverings: Strength of Mechanical Fasteners

### Byggforsk prøvemetode:

NBI 162/90 Roof Coverings: Dynamic wind-load resistance, NBI test metode, Norges byggforskningsinstitutt 1990.

NBI 163/98 Roof Coverings: Fastener strength in membrane, NBI test metode, Norges byggforskningsinstitutt, 1998



Norges byggforskningsinstitutt's forskningsprogram Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner retter søkelyset mot klimatilpasning av bygninger og bygningskonstruksjoner under strengere ytre klimabelastninger. Programmet vil pågå frem til utgangen av 2006 og består av 14 ulike prosjekter. Programmets hovedmål er gjennom forskning og utvikling å oppdatere prinsippløsninger for konstruksjoner som både gir økt bestandighet mot og økt pålitelighet ved ytre klimapåkjenninger, samt kartlegge mulige virkninger av klimaendringer på det bygde miljø – og hvordan samfunnet best kan tilpasse seg endringene. Hensikten er å definere klarere kriterier og anvisninger for prosjektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer, hovedsakelig knyttet til bygningers ytre klimaskjerm.