

Mekaniske feste- midler for taktekking

INFORMASJONS
BLAD NR. 2-1980

Takprodusentenes
Forskningsgruppe
Sekretariat:
Norges byggforsknings-
institutt
Trondheimsavdelingen
Høgskoleringen 7
7034 Trondheim-NTH
Telefon: (075) 93390

Innhold

Innledning	1
Formålet med TPF	1
Bedrifter tilsluttet TPF	1
Bruk av mekaniske festemidler	2
Festemidler	2
Underlag for isolasjon og tekking	2
Profilerte stålplater	2
Betong	2
Tretak	2
Isolasjon og tekking	2
Feste i løst utlagt tekking	2
Feste gjennom papp klebet til isolasjon	2
Feste bare gjennom isolasjonen	3
Antall festepunkter	3
Dampsperre	3
Vind og vindlast	3
Vind	3
Vindhastighet	3
Beregning av vindlast	5
Utvendig lastvirkning	6
Innvendig lastvirkning	6
Beregning av last og yteevne (kapasitet, motstand)	7
Dimensjonerende last	7
Dimensjonerende kapasitet	7
Feste i underlaget	7
Feste i tekking og isolasjon	7
Dimensjonerende kapasitet for feste i underlag og tekking	8
Feste i stålplater	8
Feste i betong og lettbetong	8
Feste i tre	8
Feste i tekking og isolasjon	9
Eksempler på dimensjonering	11
Tabell for beregning av dimensjonerende last	12

Innledning

Denne anvisningen er laget av Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF). En grunnleggende forutsetning har vært at vindlastene angitt i NS3479, «Beregning av belastninger», skulle være tilfredsstillt.

For øvrig bygger anvisningen på arbeider utført ved NBI gjennom en årrekke og beskrevet i NBI intern arbeidsrapport nr. 125, Mekaniske festemidler for taktekking. Prøving og dimensjonering.

Et arbeidsutkast har vært ute til kommentar hos medlemmene i TPF. Den endelige utgaven har vært behandlet og godkjent av TPF's styre, bestående av siviling. Nils Fjærvik, repr. for NTNF, siviling. Odd Holene, repr. prod. av isolasjonsmaterialer, siviling. Einar Ianssen, repr. takentreprenørene, siviling. Øystein Sjøtveit, repr. prod. av tekkematerialer.

Utredningsarbeidet er utført av siviling. Einar M. Paulsen, NBI, Trondheimsavd.

Formålet med TPF

Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) er en sammenslutning på frivillig basis av bedrifter som arbeider med tekking i form av produksjon og leveranse av materialer eller utførelse av tekkearbeider.

Hensikten med TPF er å dekke et behov medlemmene har for forskning ved utvikling av isolasjons- og tekkesystemer. Det legges spesiell vekt på samvirke mellom ulike materialer. Gruppen skal desuten formidle informasjon fra bransjen til de ulike brukergrupper.

Bedrifter tilsluttet TPF:

Christiansens Livbeltefabrik, Risør, isolasjonsprodusent
Bygholt A/S, Rud, entreprenør m/tekkeavdeling
Elkem-Rockwool, Oslo, isolasjonsprodusent
A/S Fjeldhammer Brug, Oslo, produsent av tekkematerialer m/tekkeavdeling
G. Handberg A/S, Trondheim, entreprenør/byggmester m/tekkeavdeling
Hesselbergtak A/S, Oslo, tekkefirma
Industritak A/S, Åsestranda, tekkefirma
Isola Fabrikker A/S, Eidanger, produsent av tekkematerialer m/tekkeavdeling
Protan & Fagertun A/S, Drammen, produsent av tekkematerialer m/tekkeavdeling
Scandi-tak A/S, Trondheim, tekkefirma
Selsbakk Fabrikker A/S, Trondheim, isolasjonsprodusent
Ole Selvig A/S, Lier, tekkefirma
Brødrene Sunde A/S, Spjelkavik, isolasjonsprodusent
Tak og Fasader A/S, Bergen, tekkefirma
Takservice A/S, Spjelkavik, tekkefirma
Trondhjems Papir- & Papfabrik A/S, Trondheim, tekkefirma

Bruk av mekaniske festemidler

Festemidler

Mekaniske festemidler anvendes primært for å gi taktekkning og isolasjon tilstrekkelig styrke mot vindlast. Vanligvis kan festemåten betraktes som ledd i en kjede hvor det svakeste er avgjørende for styrken. Man kan skille mellom tre hovedtyper av brudd:

- feste til underlaget
- selve festepluggen (stamme-brikke)
- feste i tekkning og isolasjon

Prøvingsmessig kan de to første punktene vurderes ved prøving enkeltvis, mens sistnevnte fortrinnsvis best kan vurderes ved funksjonstest av konstruksjonen som den bygges opp i praksis.

Ved prøving søkes festemidlet montert så nær opp til praktiske forhold som mulig. Forøvrig er ikke festesystemene vurdert med hensyn på «monteringsvennlighet» eller feilmargin. Men ved uriktig bruk (feil type, upassende verktøy) kan det gå galt med selv det beste system.

Følgende bør være obligatorisk:

- kjennskap til systemets begrensning
- monteringsveiledning for de forskjellige varianter
- god opplæring

Underlag for isolasjon og tekking

Profilerte stålplater

Tynnere plater enn 0,7 mm bør ikke brukes.

Vanligvis gir feste i den horisontale platedelen på toppen av et profil det svakeste festet. Ved prøving av feste i stålplater er derfor alle pluggene satt der.

Stålplater har kraftig vibrasjon under vindlast, og eventuelle slakk i fester mellom tak og plugg kan frembringe støy som spesielt på bolighus kan være generende. Men dette er foreløpig ikke undersøkt i praksis.

Ved spesielt fuktig eller på annen måte korrosjonsfremmende romklima bør man vurdere feste i stålplatene spesielt. Man ødelegger jo den beskyttelsen takplatene vanligvis har ved hvert festepunkt.

Kuldebroer ved hvert festepunkt ved at pluggen settes i fugen mellom isolasjonsplatene eller at isolasjonen på annen måte er redusert, kan føre til kondens på stamme. Vann kan ledes rett ned til feste mellom plugg og stålplate, som da er stål uten overflatebehandling. Men dette forholdet er ikke undersøkt spesielt og derfor lite kjent.

Betong og lettbetong

Riktig dybde ved montering er kritisk. Det må være plass nok etter at evt. borestøv har falt ned i hullet.

Ved gjennom boring i dekket blir det vanligvis slått ut stykker av betongen på undersiden. Som oftest er dette et estetisk problem, men kan også være avgjørende for feste hvis utslaget blir for stort i forhold til pluggens lengde.

Plugger med plast mot betongen bør prøves med pulserende last i og med at en slik belastning gir redusert holdfasthet.

Tretak

Takro av bord har ofte mange sprekker og kvister. Ved slurvet montering kan styrken fort bli redusert.

Spesielt fuktig trevirke som tørker etter at kramper er slått i, gir redusert feste.

Maskinell stifting (kramping) kan gi tilfredsstillende resultat, men krever kanskje at man passer bedre på angående variasjoner i underlaget.

Isolasjon og tekking

Feste i løst utlagt tekking

Ved bruk av flere lag papptekking bør det laget som er lagt ut før det mekaniske festet monteres, være sterkt nok til å oppta vindlasten.

Asfaltapp har varierende styrke mot gjennomklinging alt etter temperatur. De fleste forsøk er utført med $\pm 0^{\circ}\text{C}$ i tekkingen, og det er vel den temperaturen som er mest representativ for norske forhold. Men vi vet at på Svalbard opptrer maks. vindhastighet ved -15°C , og i enkelte strøk på kysten kan vi ha kraftig vind ved $+10^{\circ}\text{C}$. På Tyholt, Trondheim, ble det høsten 1978 registrert 35 m/sek. i kast ved $+9^{\circ}\text{C}$.

Tekkingen må tåle dimensjonerende vindlast uten varig deformasjon. Deformasjon (overstreking) fører til valker som i sin tur kan føre til sprekker ved snø og is på taket.

Tekking med metallplater kan få varig deformasjon som må regnes som bruddkriterium.

Usymmetrisk belastning på festemidlet kan gi nedsatt styrke. Spesielt kommer dette frem ved bruk av flipper på underside av tekkingen eller i form av følgeskade ved avriving.

God bøyestyrke på brikken er en fordel.

Feste gjennom papp klebet til isolasjon

Ett lag papp bør legges ut først før festebrikken monteres.

Hvis festemidlet monteres i plateskjøt, krever plater med fals mer nøyaktig plassering av brikken for at begge isolasjonsplatene skal holde fast.

Feste bare gjennom isolasjonen

Polystyrenen alene har relativt liten gjennomlokkingsstyrke. Ved etterfølgende klebing av papp i varm asfalt er klebingen til brikken det som gir styrke. Men brikken kan være våt eller fettete slik at det er meget usikkert å regne med denne styrken i det hele tatt.

Ved delvis klebing mellom tekking og isolasjon kan limsiktet eller styrken i selve isolasjonen være dimensjonerende.

Asfaltklebing av tekking mot isolasjon setter store krav til arbeidsutførelse av følgende grunner:

- For varm asfalt smelter polystyrenen og fører dermed til nedsatt styrke mot vindlast og redusert isolasjonsevne.
- For varm asfalt trekker inn i mineralull og nedsetter isolasjonsevnen.

Antall festepunkter

Styrke mot vindlast må primært være oppfylt.

Minste antall festepunkter må for øvrig vurderes i forhold til konstruksjonen.

Kritiske faktorer kan være:

- Bevegelse i isolasjonen
Ved løst utlagt tekking og isolasjon må det være tilstrekkelig antall fester pr. isolasjonsplate slik at ikke platene forskyver seg under tekkingen.
- Bevegelse i tekkingen
Blafring kan føre til utmatting ved festepunktene eller frembringe støy.
Støy kan være kritisk på boliger med lett tekking på hardt underlag.

Under forutsetning av at alle relevante forhold er vurdert, bør minste antall festepunkter ved løst utlagt tekking og isolasjon være

- 2 stk. pr. isolasjonsplate
- 2 stk. pr. m² for papptekkinger
- 1 stk. pr. m² må betraktes som et absolutt minimum som bør dokumenteres spesielt ved f.eks. prøving.

Dampsperre

I konstruksjoner med spesielle krav til damp tetthet bør bruk av mekaniske festemidler gjennom dampsperre vurderes nøye.

Når det gjelder kompakte tak, gir singelbelastet tekking den beste muligheten for en god utførelse av dampsperre.

Asfaltklebet dampsperre kan også brukes, men da må de øvrige lagene klebes med de begrensninger som klima og værforhold under tekkingen medfører.

Vind og vindlast

Vind

I denne forbindelse defineres vind som horisontal forflytning av luftmasse fra ett sted i atmosfæren til et annet. Grovt sett beveger luften seg fra områder med høyt trykk til områder med lavt trykk. Styrken er proporsjonal med den lokale trykkgradienten.

Det er svært mange faktorer som kan innvirke på vindstrømningen. Den kan bli forsterket eller moderert, avhengig av topografi og landskap. I forbindelse med bygninger kan det oppstå kraftig pulsering av vinden og høy intensitet over korte tidsrom. I denne forbindelsen vil det føre for langt å gå i detaljer, og det vises til spesiallitteratur på dette feltet.

En del begreper er det imidlertid greit å forklare noe nærmere.

Vindhastighet

Vindens hastighet og retning måles av Meteorologisk institutt på en rekke stasjoner over hele landet. Opprinnelig var det basert på visuelle observasjoner 3—4 ganger i døgnet, med angivelse av hastighet etter Beauforts skala. Men hastighet og retning registreres etterhvert kontinuerlig på såkalte anemometre hvor vanligvis tre parametre tas med:

- hastighet i kast (2—5 sekunders varighet, avhengig av reaksjonstiden på instrumentet. Vanligvis betegnet som hastighet i 3 sekunders kast)
- 10 minutters middelvind
- retning

Målingene refererer seg til vindhastighet 10 m over horisontalt og åpent terreng.

Beauforts skala for vindhastighet er basert på middelve verdien av vindhastigheten i 10 minutters perioder med angivelse av øvre og nedre grense, som f.eks.

Beaufort 9, liten storm 20.8 — 24.4 m/sek.
Beaufort 12, orkan 32.7 — 36.0 m/sek.

Det brukes derfor to forskjellige betegnelser på vindhastighet:

- middelvind i 10 minutters perioder
- vindhastighet i kast

Forholdet mellom disse vindhastighetene er ikke entydig bestemt, men kan variere innen vide grenser alt etter hastighet og graden av turbulens.

Svært ofte bruker man å si at hastigheten i kast varierer med $\pm 50\%$ fra middelve verdien over 10 minutter.

Dimensjonering av styrke mot vindlast i henhold til NS 3479 tar utgangspunkt i den maksimale vindhastigheten i kast som kan forekomme med en årlig frekvens på

0.02. Man bruker med andre ord en vindhastighet som gjennomsnittlig vil opptre eller overskrides en gang i løpet av en 50-års periode.

For konstruksjoner med kortere levetid, eller der konsekvensene for skader er av økonomisk art, åpnes det mulighet for å regne om til den hastigheten som det er sannsynlighet for vil opptre ved å bruke formelen:

Maksimal vindhastighet v_n med returperiode n år kan beregnes av: $v_n = v (0.76 + 0.14 \log_{10} n)$

hvor v = vindhastighet som angitt i fig. 1.

Ved dimensjonering av feste for takteking anbefales brukt en returperiode $n = 20$ år. Forholdet v_n/v er gitt betegnelsen faktor $f_2 = 0.94[(f_2)^2 = 0.9]$

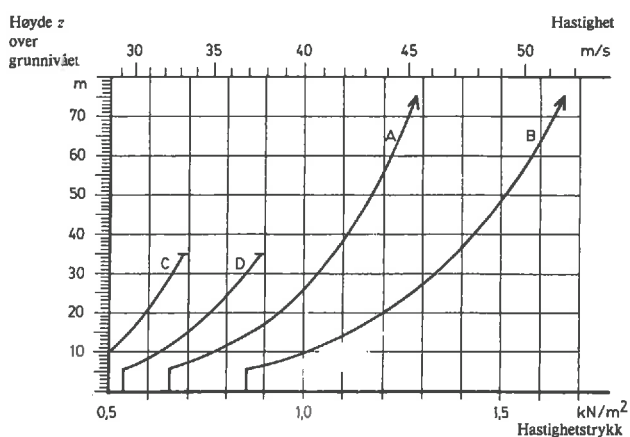


Fig. 1
Hvordan vindhastighet og hastighetstrykk varierer med høyden over grunnivået

Vindhastigheten i fig. 1 er avhengig av høyde over et definert grunnivå på følgende måte:

- Kurve A $v = 11.7 (\log_{10} z + 2)$ for $z \geq 6$ m
Gjelder for ikke værharde strøk, f.eks. indre strøk i lavlandet.
- Kurve B $v = 13.3 (\log_{10} z + 2)$ for $z \geq 6$ m
Gjelder for værharde strøk, f.eks. bebygde kyststrøk. For særlig utsatte steder (f.eks. ytre kyststrøk) skal vindhastigheten vurderes spesielt.
- Kurve C $v = 80\%$ av kurve A
Gjelder for byggverk i tettbebyggelse i ikke værharde strøk og på lavere nivå enn angitt i tabell 1.
- Kurve D $v = 80\%$ av kurve B
Gjelder for byggverk i tettbebyggelse i værharde strøk og på lavere nivå enn angitt i tabell 1.

Tabell 1
Maksimal høyde for kurve C og D

Utstrekning av bebyggelse omkring konstruksjonen i km	Høyde z regnet fra «grunnivået» m
0.5	20
2.0	35

De reduserte beregningsmessige vindhastighetene i tettbebyggelse tar hensyn til at bebyggelse og vegetasjon reduserer hastigheten i luftstrømmen.

Reduksjon i forhold til kurvene i fig. 1 p.g.a. lokal skjerming fra byggverk og terreng forutsettes vurdert i hvert tilfelle for seg.

Grunnivå er ifølge NS 3479 definert slik:

For flatt terreng faller grunnivået sammen med terrengnivået som omgir konstruksjonen.

For kupert terreng legges grunnivået ved foten av forhøyningen eller på et noe høyere nivå dersom terreng, vegetasjon eller bebyggelse gjør dette forsvarlig, fig. 2.

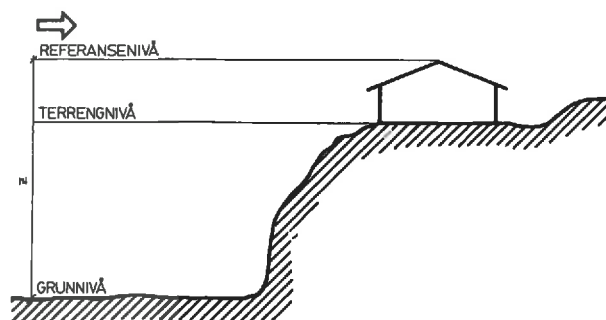


Fig. 2
Grunnivå og terrengnivå

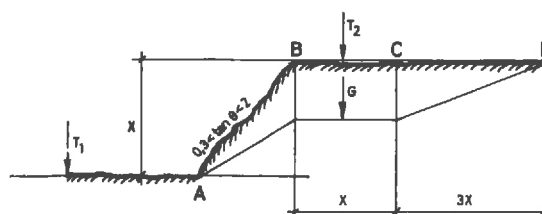


Fig. 3
Detaljert fastleggelse av grunnivå
A er overgang mellom terrengnivå (T_1) foran skråning og selve skråningen.
B er overgang mellom skråning og terrengnivå (T_2) på topp av skråning.
B—C er avstanden fra kant av skråning (B) hvor innflytelse fra skrent er konstant.
D er punktet hvor innflytelse fra skrent opphører.
G er mellomliggende grunnivå som kan bestemmes etter tabell 2.

Tabell 2

Grunnivå fra A til D ifølge fig. 2.

Terreng	Bygningens plassering			
	Foran A	AB	BC	CD
Bratt skrent $tg \Theta \geq 2$	T_1	T_1	T_1	T_1 til T_2
Skrent $0.3 < tg \Theta \leq 2$	T_1	T_1	$T_1 + \frac{(2 - tg \Theta) \times}{1.7}$	Interpolere T_1
Slak helling $tg \Theta \leq 0.3$	Ikke tillegg for skrent			

Med referanse til Fransk Standard Regle N.V. 65 og British Standard CP 3 Chap 5, Part 2, kan en mer detaljert fastleggelse av grunnivå foretas på følgende måte, fig. 3.

Beregning av vindlast

Grunnlaget for beregning av vindens hastighetstrykk er gitt ved formelen

$$q = \frac{v^2}{16} \text{ kp/m}^2 = \frac{v^2}{1.6} \text{ N/m}^2 \text{ (Pascal)}$$

Avhengig av høyde over grunnivå og byggets beliggenhet kan vindhastigheten og hastighetstrykket finnes ut av fig. 1.

Ved hjelp av *formfaktorer* kan deretter vindlasten på den enkelte bygningsdelen fastlegges.

Selve systemet med formfaktorer er definert i gjeldende belastningsstandard. Når det gjelder *flate tak*, er inndelingen av takflaten forenklet noe for å redusere antall varianter. Inndelingene vist i fig. 4 og 5 samt tabell 3 gir imidlertid minst like høye formfaktorer som, eller høyere, enn NS 3479. For andre takformer eller mer detaljert inndeling av takflaten vises til NS 3479.

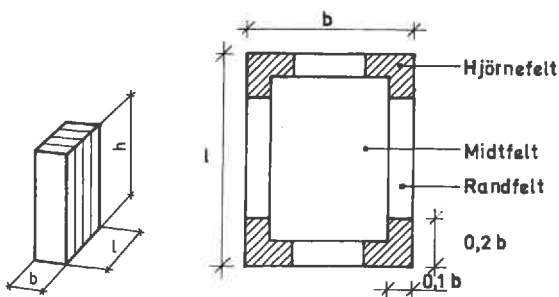


Fig. 4
Høy bygning $h > b/3$

Flatt tak $\beta < 6^\circ (tg\beta < 0.1)$

Utformingen av gesims har betydning for suget langs kanten av taket. Størst påkjenning får man ved meget lav eller ingen gesims og når vinden har innfallsvinkel 45° på hjørne. Nyere undersøkelser i vindtunnel har også vist at formfaktorene kan bli -5 til -6 over små områder (WIRÉN, SIB, Sverige).

Gesims reduserer de høye sug-påkjenninger ytterst på taket. Med en gesimshøyde i størrelsen $1/24$ x byggets lengde kan man oppnå sugpåvirkninger tilnærmet like med midtfeltet over hele taket.

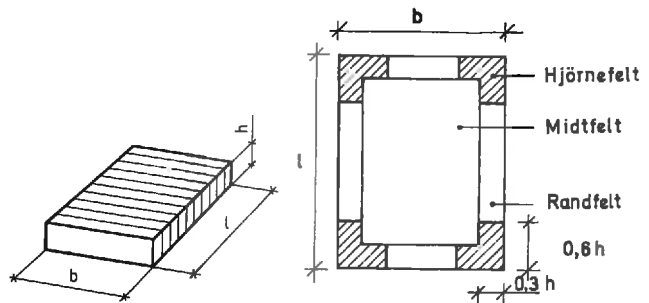


Fig. 5
Lav bygning $h < b/3$
Flatt tak $\beta < 6^\circ (tg\beta < 0.1)$

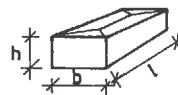


Fig. 6
Tak med innvendig nedløp

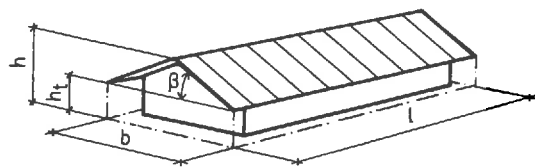


Fig. 7
Saltak

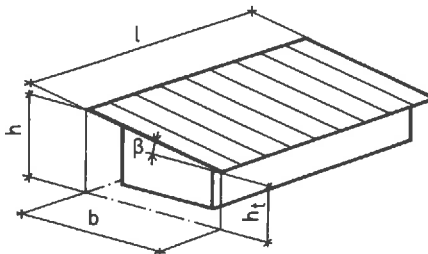


Fig. 8
Pulttak

Tabell 3
Formfaktorer for flate tak $\beta < 6^\circ (tg\beta < 0.1)$

Takform	Formfaktorer		
	Hjørne	Randfelt	Midtfelt
Tak med innvendig nedløp	2.5	2.0	1.0
Saltak	3.0	2.0	1.0
Pulttak	Høyt 4.0 Løvt 3.0	2.0	1.0

Utvendig lastvirkning

De største vindintensiteter har kort varighet og er begrenset i omfang, men ved lette konstruksjoner og konstruksjoner med liten evne til å spre lasten er det denne formen for last som har betydning.

Vindlast over et større areal har gjerne lavere intensitet, men for stive konstruksjoner kan den større totale lasten være dimensjonerende.

Den dynamiske effekten fører til bevegelser i konstruksjonen som kan resultere i utmatting på lang sikt eller et materialbrudd på kort sikt. Et typisk eksempel her er asfaltsjiktet som kleber isolasjonen til stålplater.

Overføringen av lasten til det mekaniske festet er avhengig av at tettesjiktet til en viss grad blir deformert. Men i og med oppbøyningen mellom festepunktene oppstår det en øking av volumet på undersiden. Hvis ikke luften har tid nok til å strømme til, vil det oppstå et undertrykk som må regnes i fradrag fra suget på oversiden.

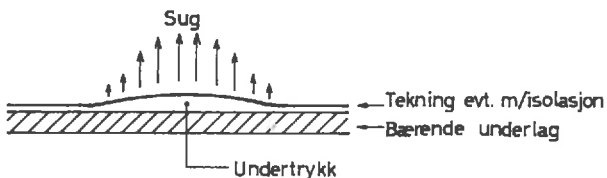


Fig. 9
Utvendig last

Kritisk vindlast kan med grunnlag i forskjellig midlingstid praktisk graderes på følgende måte:

a) **Tett konstruksjon.** Hvis underlaget er tett og stivt og tekkingen er kompakt, oppnås størst reduksjon i lasten på festemidlet. Her foreslås en faktor $f_3 = 0.6$.

Eksempler på tett bærekonstruksjon:

- plastøst betong
- betong og lettbetongelementer m/tette fuger
- taktro av plater m/fals

b) **Delvis tett bærekonstruksjon.** Mellomliggende kategori med faktor $f_3 = 0.8$

- betong- og lettbetongelementer med åpne fuger
- taktro av plater uten fals

c) **Åpen bærekonstruksjon.** Her er det ingen reduksjon av utvendig last (faktor $f_3 = 1.0$)

- profilerte stålplater fordi det er luft i ribbene og i enda større grad plater med akustisk perforering av ribbene
- taktro av rupanel

Innvendig lastvirkning

Ved dimensjonering av feste for tekkingen er det vanligvis overtrykket i bygningen som er av interesse i og med at det kan komme som tilleggslast, *fig. 10*. NS 3479 angir følgende formfaktorer for innvendig last (μ_i):

- $\mu_i = 0.2$ for normalt tette bygninger
- $\mu_i = 0.7$ for bygninger med åpninger

Hvis undertaket har tilstrekkelig tetthet og styrke, vil det hindre overføring av last til festemiddel.

a) **Tett bærekonstruksjon.** Ingen lastoverføring ($f_4 = 0$)

- plasstøpt betong og elementer m/tette fuger
- tak med lufttett sjikt

b) **Delvis tett bærekonstruksjon.** Halve lasten overføres ($f_4 = 0.5$)

- elementer med åpne fuger
- profilerte stålplater

c) **Åpen bærekonstruksjon.** Hele lasten overføres ($f_4 = 1.0$)

- profilerte stålplater m/akustisk himling

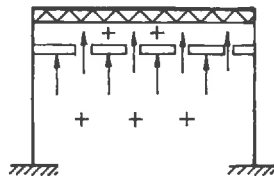


Fig. 10
Innvendig last

Beregning av last og yteevne (kapasitet, motstand)

Beregningen baseres på bruddgrensetilstand ved bruk av partialkoeffisienter på følgende måte:

Dimensjonerende last (P_D) < Dimensjonerende kapasitet (motstand) (X_D)

Vindlast · lastkoeffisient < $\frac{\text{Karakteristisk kapasitet } (X_k)}{\text{Materialkoeffisient}}$

Dimensjonerende last (P_D)

$$P_D = f_1 \cdot (f_2)^2 \cdot q \cdot (f_3 \cdot \mu_U + f_4 \cdot \mu_i)$$

hvor f_1 = lastkoeffisient for bruddgrensetilstand (1.6)

f_2 = faktor for sannsynlighet for at angitt vind skal forekomme i tekkingens normale brukstid/ garantitid ($(f_2)^2 = 0.9$)

f_3 = faktor for virkningsgraden av utvendig last
0.6 for kompakt tak og tett bærekonstruksjon
0.8 for delvis tett bærekonstruksjon
1.0 for åpen bærekonstruksjon

f_4 = faktor for virkningsgraden av innvendig last
0 for tett bærekonstruksjon
0.5 for delvis tett bærekonstruksjon
1.0 for åpen bærekonstruksjon

q = hastighetstrykket (N/m^2 , finnes av fig. 1 med kjennskap til byggets beliggenhet (kurve A—D) og høyde Z inkludert tillegg for evt. skrent (Fig. 2 og 3, Tabell 2)

μ_U = formfaktor for utvendig last. Tabell 3

μ_i = formfaktor for innvendig last
0.2 for tett bygning
0.7 for åpen bygning

Ved fordeling av lasten på det enkelte festepunkt med avstand «a» kan vekten av de lag som henger sammen med tekkingen (inkludert ballast), tas med på følgende måte:

$$P_D = (P_D - E)a^2$$

hvor E = Vekten pr. arealenhet av tekking eller tekking og isolasjon der hvor disse er limt sammen (samt evt. ballast).

Dimensjonerende kapasitet (X_D)

Feste i underlaget

Ved typeprøving av en konstruksjon eller konstruksjonsdel skal den regnes å tilfredsstillende funksjonskravene i bruddgrensetilstanden hvis den karakteristiske kapasitet (X_k) er minst 1.10 ganger den dimensjonerende lastvirkning i bruddgrensetilstanden.

Prøvingen skal i alminnelighet omfatte minst 2 prøvelegemer, vanligvis 10 stk.

Bedømmelsen skal baseres på at det ikke skal være større risiko enn 25% for å akseptere mer enn 10% undermålere.

Tabell 4
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

Med utgangspunkt i ovennevnte beregnes dimensjonerende kapasitet ved statisk eller pulserende belastning

hvor: $X_D = \frac{X_k}{1.1} = 0.9 X_k$

1.1

X_m = middelvei av kapasitet ved prøving

$$s = \text{standardavvik} \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

k = faktor for antall prøver, se tabell 4

X_k = karakteristisk kapasitet

a) På basis av prøving med statisk belastning (regnes som lite representativ prøving):

— plugger $X_D = 0.9 (X_m - k \cdot s) 0.5$

— stift og kramper $X_D = 0.5 \cdot X_m$

b) På basis av prøving med pulserende belastning (kfr. NBI prøvingsprogram):

— plugger $X_D = 0.9 (X_m - k \cdot s)$

— stift og kramper $X_D = 0.72 X_m$

Feste i tekking og isolasjon

a) Statisk belastning $X_D = 0.5 X_m$

b) Pulserende belastning i henhold til NBI metode 92/76 «Taktekningers styrke mot vindlast»: $X_D = 0.72 X_m$

Dimensjonerende kapasitet for feste i underlag og tekking

Feste i stålplater

Basert på prøving med pulserende last i profilerte takplater

NB! Verdiene for platetykkelser på 0.7, 0.8 og 0.9 mm er utregnet med lineær interpolasjon mellom verdiene for 0.65 og 1.0 mm plater.

Tabell 5
Dimensjonerende kapasitet for feste i stålplater

Type av mekanisk feste	Dimensjonerende kapasitet pr. festepunkt for platetykkelse fra 0.65 til 1.0 mm, $X_d(N)$				
	0.65	0.7	0.8	0.9	1.0
KNIPPING DBS 224/70	760	790	840	900	950
ISO-FAST	970	1000	1060	1120	1190
INSUSCREW	960	1050	1240	1430	1620
HARDO-aluminium	690	730	820	910	1000
HARDO plast WD100	710	710	710	720	720
HARDO blitz	520	570	680	790	890

Feste i betong og lettbetong

Basert på prøving med pulserende last i DT elementer og Leca takelementer.

Tabell 6
Dimensjonerende kapasitet for feste i betong og Leca

Underlag	Type av mekanisk feste	Dimensjonerende kapasitet $X_d(N)$
Betong	SUNDOLIT Pin.plugg	970
	HARDO WD, 101-120	470
	BIFIT festeplugg	850
Leca	HARDO WDM	1040

Feste i tre

Basert på prøving med statisk last og normalt tørre materialer (ca. 18 % fuktighet). Det er forutsatt at festemidlet går gjennom underlaget.

Tabell 7
Dimensjonerende kapasitet for feste i tre

Type av mekanisk feste	Dimensjonerende kapasitet $X_d(N)$		
	12 mm sponplater	12 mm finer	15 mm rupanel
Kramper			
Runde bøn (ø 1.3 mm)	90	80	80
Rektangulær (bredde 2.0 mm)	100	85	95
Pappstift 28/25	120	160	110

Feste i tekking og isolasjon

Kapasitetene i tabell 8 er utarbeidet på basis av følgende forutsetninger:

- Festebrick med minimum $\varnothing 70$ mm diameter og tilstrekkelig stivhet og styrke ved overgang til stamme for symmetrisk belastning. Usymmetrisk belastning må vurderes spesielt.
- Kramper med ryggglengde 20—25 mm, tykkelse minimum 1.3 mm for tilnærmet runde og 2.0 mm bredde for rektangulære
- Ekspandert polystyren (EPS) 20 kg/m³
- Mineralull 130 og 170 kg/m³
- Temperatur i tekking ved prøving er ± 0 °C

Følgende produkter har vært vurdert i denne forbindelsen:

Festebrick

- Hardo aluminium
- Hardo plast
- Hardo blitz
- Isoia beslag 78
- Insuscrew
- Sundolit pin-plugg for betong og stål

Kramper

- BeA
- Haubold
- Senco
- Duo-Fast
- Paslode

Mineralull

- Glava takplate, 130 kg/m³
- Rockwool Tung Plate 200, (170 kg/m³)

Tabell 8

Dimensjonerende kapasitet (X_d) for holdfasthet av tekking og isolasjon basert på funksjonstest ved ± 0 °C

Festemiddel	Tekking/isolasjon	Kapasitet pr. feste	Største kapasitet for den beskrevne konstruksjonen
		N	N/m ²
Brikker med plugg eller skruer	Feste bare gjennom isolasjon 50 mm EPS + 60 — 70% punktklebet polyesterpapp med polystyrenperler. 50 mm ROCKWOOL Tung Plate 200 + helklebet tekking 50 mm GLAVA takplate + helklebet tekking	600 2100 2100	2020 4500 3500
	Feste gjennom isolasjon og 60 g klebet glassfiberpapp (Pappen regnes ikke med i tekkingen) 50—100 mm EPS, plugg i plateskjøt m/fals 50—100 mm EPS, plugg i plate eller rett kant 50 mm mineralull	900 x 1200 x 2100	Kapasitet pr. m ² beregnes ut fra laveste verdi for styrke pr. feste
	Feste i løstliggende tekking 170 g polyesterpapp med klebede skjøter 250 g polyesterpapp (Isoia beslag 78 i baneskjøt a = 1000) 1.2 mm SARNAFIL SE flippssystem 1.2 mm SARNAFIL SE Scandisystem	1690 2500 670 2300	
Kramper	1.2 mm SARNAFIL S, flippssystem a = 700 b = 50 1.2 mm VÄRNAMO BUTYL, flippssystem a = 650 b = 50 ICOPAL S60—sk + overlagspapp a = 500 b = 50 ISOGLASS m/glidesjikt + overlagspapp a = 500 b = 50 Shingel Type S + underlagspapp 22.5 festepunkt pr. m ²	139 129 45(1) 45(1) 266	
Sift 28/25	ISOGLASS m/glidesjikt + overlagspapp a = 500 b = 50 ICOPAL S60—sk + overlagspapp a = 500 b = 50 1.2 mm SARNAFIL S, flippssystem a = 700 b = 50 Shingel Type S + underlagspapp 22.5 festepunkt pr. m ²	75(1) 65(1) 105 170(1)	3020(1) 2600(1) 3020 3830(1)
Klemmer	0.4 mm stålplater a = 600 b = 120		3960(2)

(1) Basert på forenklet statisk prøving i $\varnothing 60$ mm åpning

(2) Bruddkriterium i form av varig deformasjon i stålplater

a = Avstand mellom rader av fester (mm)

b = Avstand mellom fester (mm)

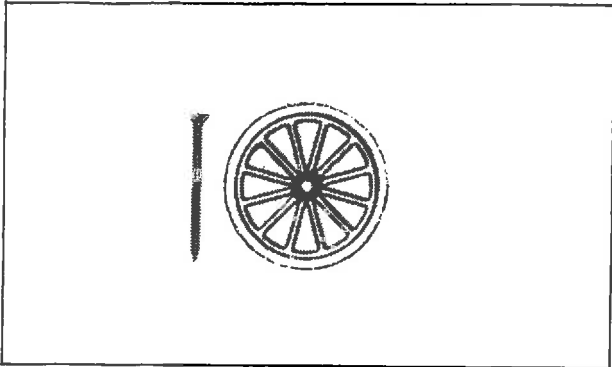


Fig. 11 a
INSUSCREW. Selvborende skrue

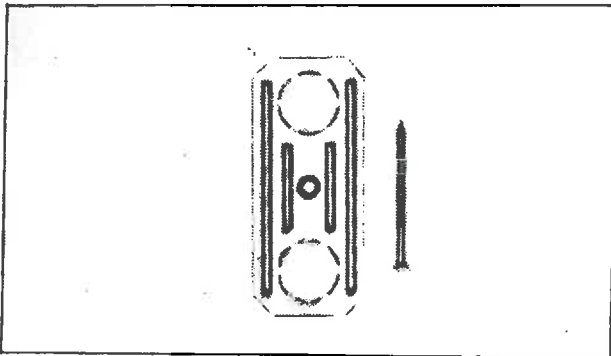


Fig. 11 b
ISOLA beslag 78. Selvborende skrue

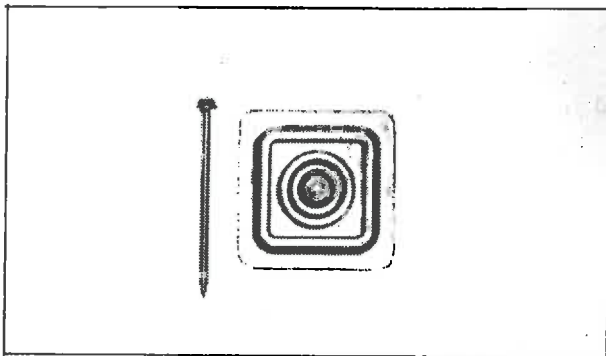


Fig. 11 c
ISO-FAST. Selvborende skrue

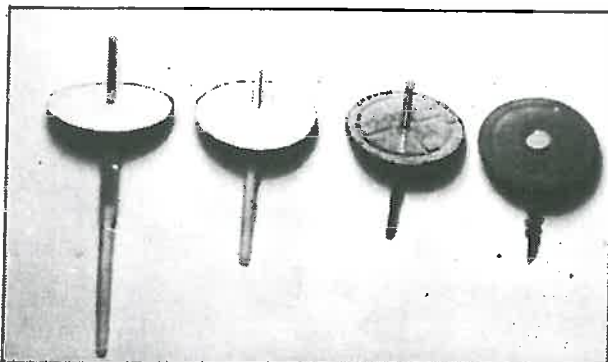


Fig. 11 d
HARDO plugger
f.v. HARDO plast WD 101—120, HARDO plast WD 100,
HARDO aluminium, HARDO blitz, HARDO WDM

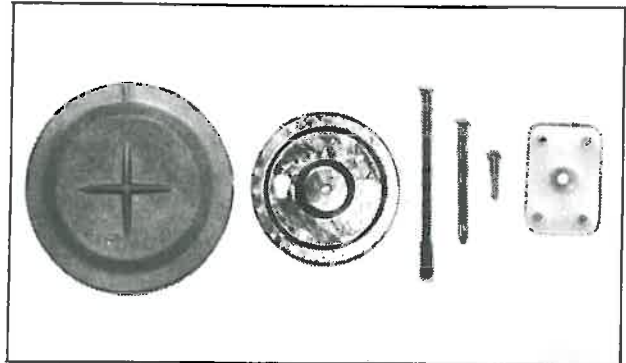


Fig. 11 e
t.v. SCANDISYSTEM. Stålbrikke med plastdeksel
t.h. PF 501. Stålbrikke for feste i flipp under tekking
Tilhørende festeplugger og skruer for betong, stål og tre

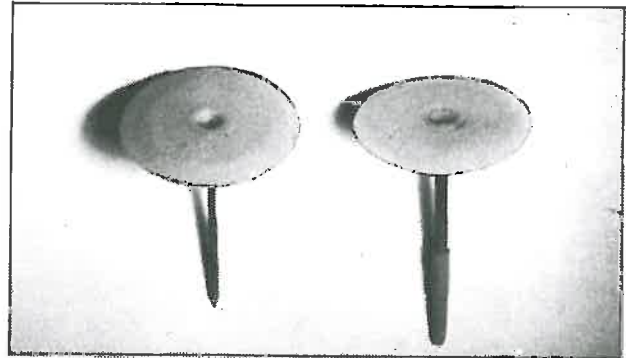


Fig. 11 f
SUNDOLIT PIN-PLUG
t.v.: For stål med selvborende skrue
t.h.: For betong med plugg

Eksempler på dimensjonering

Beregning av dimensjonerende last utføres i henhold til tabell 9.

Inndeling av takflaten og beregning av dimensjonerende last anbefales utført av rådgivende ingeniør og brukt ved innhenting av anbud.

Eksempel 1

Informasjon om bygninger:

- høyde 6 m
- bredde 20 m
- lengde 40 m
- normalt tett bygning
- lav gesims
- betongelementer med utstøpte fuger
- flatt terreng
- ikke værhardt strøk

Eksempel på isolasjon og tekking:

- 50 mm EPS plater (1.0 x 2.0 m) med fals, løst utlagt
- kasjert med 60 g glassfiberpapp som beskyttelse
- SUNDOLIT Pin-plugg i plateskjøt
- punktklebet underlagspapp
- helklebet overlagspapp

Dimensjonerende kapasiteter:

- Pin-plug i betong, tabell 6, 970 N pr. stk.
- Pin-plug i 50–100 mm EPS + 60 g papp, tabell 8, 900 N pr. stk.

Feste i tekking og isolasjon blir avgjørende med 900 N/stk.

$$\begin{aligned} \text{Antall fester: Midtfelt} & \frac{560}{900} = 0.6 \text{ stk/m}^2 & 1.5 \text{ stk/m}^2 & \text{(minimum)} \\ \text{Randfelt} & \frac{1120}{900} = 1.2 \text{ stk/m}^2 & 1.5 \text{ stk/m}^2 & \text{(minimum)} \\ \text{Hjørnefelt} & \frac{1400}{900} = 1.6 \text{ stk/m}^2 & 2.0 \text{ stk/m}^2 & \end{aligned}$$

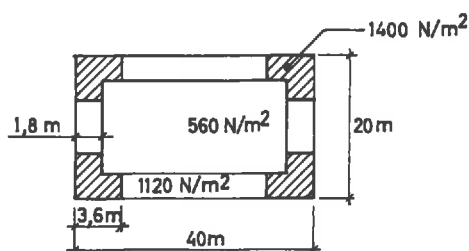


Fig. 12
Dimensjonerende last fra tabell 9. Takflate T1

Eksempel 2

Informasjon om bygningen:

- høyde 20 m
- bredde 30 m
- lengde 50 m
- åpninger mot vind
- lav gesims
- profilerte stålplater med akustisk perforering
- 10 m høy bratt skrent
- værhardt strøk

Eksempel på isolasjon og tekking:

- 0.8 mm stålplater
- 100 mm isolasjon løst utlagt
- 170 g polyesterpapp løst utlagt med klebde skjøter
- Hardo aluminium plugg gjennom pappen
- stripses over festebricke
- helklebet overlagspapp

Dimensjonerende kapasiteter:

- Hardo al. i 0.8 mm stålplate, tabell 5, 820 N/stk.
- 170 g polyesterpapp, tabell 8, 1690 N/stk.

Feste i stålplater blir avgjørende med 820 N/stk.

$$\begin{aligned} \text{Antall fester: Midtfelt} & \frac{3280}{820} = 4 \text{ stk/m}^2 \\ \text{Randfelt} & \frac{5210}{820} = 6 \text{ stk/m}^2 \\ \text{Hjørnefelt} & \frac{6170}{820} = 8 \text{ stk/m}^2 \end{aligned}$$

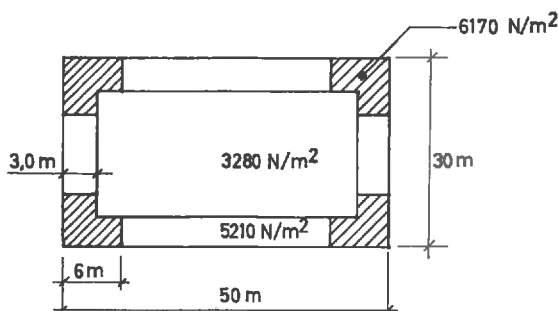
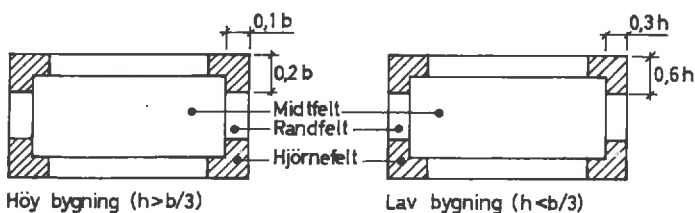


Fig. 13
Dimensjonerende last fra tabell 9. Takflate T2

Tabell 9
Beregning av dimensjonerende last

Dimensjoneringsdata		Eksempel 1 Takflate 1	Eksempel 2 Takflate 2
Dimensjoner: høyde (h) x bredde (b) Høy bygning: $h > b/3$ (Høy) Lav bygning: $h < b/3$ (Lav)		6 x 20 m $6 < \frac{20}{3}$ Lav	20 x 30 m $20 > \frac{30}{3}$ Høy
Høyde over grunnivå (Z): byggets høyde (h) + skrent (Fig. 2 og 3)		6 m	20 + 10 = 30 m
Lastkoeffisient: Bruddgrense $f_1 = 1.6$	A	1.6	1.6
Bruktidsfaktor: Anbefalt verdi $(f_2)^2 = 0.9$	B	0.9	0.9
Hastighetstrykk (q): (Fig. 1) Kurve A ikke værhardt Kurve B værhardt Kurve C bebygget, ikke værhardt Kurve D bebygget, værhardt	C	650 N/m ²	1340 N/m ²
Utvendig lastvirkning: (f_3) 0.6 kompakt og tett (plasstøpt betong, elem. m/tette fuger) 0.8 delvis tett (elem. m/ åpne fuger) 1.0 åpen m/luftrom (profilerte plater)	D	0.6	1.0
Formfaktor for utvendig last (μ_u) Tabell 3 Hjørnefelt Randfelt Midtfelt	E	2.5 2.0 1.0	2.5 2.0 1.0
Innvendig lastvirkning: (f_4) 0 tett (betong m/ tette fuger) 0.5 delvis tett (åpne fuger, tette plater) 1.0 åpen (perforerte plater)	F	0	1.0
Formfaktor innvendig last: (μ_i) 0.2 tett bygning 0.7 bygninger med åpninger	G	0.2	0.7
Dimensjonerende last: $P_d = f_1 \cdot (f_2)^2 \cdot q \cdot (f_3 \cdot \mu_u + f_4 \cdot \mu_i)$			
		Hjørnefelt (N/m ²)	1400
T 1	$1.6 \cdot 0.9 \cdot 650 (0.6 \cdot 2.5/2.0/1.0 + 0 \cdot 0.2)$	Randfelt (N/m ²)	1120
T 2	$1.6 \cdot 0.9 \cdot 1340 (1.0 \cdot 2.5/2.0/1.0 + 1.0 \cdot 0.7)$	Midtfelt (N/m ²)	560
			3280



Inndeling av takflaten og beregning av dimensjonerende last anbefales utført av rådgivende ingeniør og brukt ved innhenting av anbud.