

Filnavn: BaggrundsStof.doc

Udgave: 2005-06-25, 13:06

Lægteprogrammet LægteDIM Forudsætninger, modeller og metoder

Afdelingen for Byggeteknik og
Produktivitet
Mogens Buhelt

Indhold

Geometri	2
Last- og snitkraftretninger	2
Snitkraftsymboler	3
Dimensionering af lægtetværsnit	3
Lastkombinationer og -tilfælde	4
Vindlast	4
Punktlast	4
Snitkræfter	4
Modeller for lægter	4
Gavlsektionen	4
Normalsektionen	6
Øvrige forudsætninger	7
Bæreevneeftervisning af lægtetværsnit	7
Modstandsmomenter for tabel 3's lægtedimensioner	9
Dimensioneringskriteriet for lægtetværsnit	10
Kommentarer vedrørende lægtedimensioner og sikkerhed	10
Bæreevneeftervisning af sømforbindelser	11
Programmæssig implementering af lægtedimensionering	11
Anneks A	12
Baggrund for traditionelle lægtedimensioner	12
Brancheaftalen	12
Traditionel lægtetabel. Historisk redegørelse	12
AT-meddelelse 1.04.1, Januar 1998 (senere erstattet af AT-vejledning A.2.1)	16
Anneks B	17
Analyse af lægte-gavlsektioner	17
Konklusioner	21
Metode	22
Egenlast plus punktlast i punkt C:	22
Ingen punktlast i punkt C:	22
Beregning af RB2, når $RB22 < 0$	22
Snitkræfter	22
Dokumentation	22
Eksempel 3	23
Eksempel 6	23
Eksempel 4	23
Eksempel 5	23
Eksempel 7	23
Eksempel 8	23
Anneks C	25
Lastkombinationer og -tilfælde for tagkonstruktioner	25

25. sep. 2002

Sidst rettet 25. juni 2005

Journal nr. 423-021

Geometri

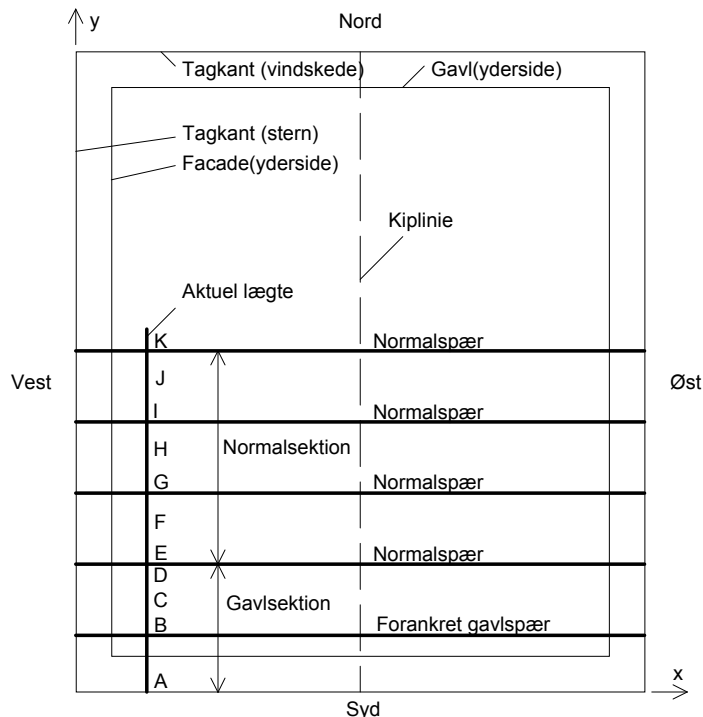
Side 2 af 28

Det aktuelle hus forudsættes at være et rektangulært længehus med symmetrisk sadeltag og placeret på vandret, plant terræn. For at gøre det nemt at referere til retninger og afstande i forhold til huset benævnes retningen parallelt med tagets kiplinie: husets længderetning, hhv. syd-nord-retningen, mens retningen parallelt med spærene benævnes husets tværreretning, hhv. vest-øst-retningen, uafhængigt af de virkelige fire verdenshjørners beliggenhed i forhold til huset. Se figur 1.

Der indlægges endvidere et x-y-z-koordinatsystem med origo i tagets syd-vestlige hjørne. Y-aksen er parallel med lægterne, positiv fra syd mod nord. X-aksen er på tværs af lægterne, positiv fra vest mod øst. Z-aksen er lodret, positiv opad.

Den aktuelle lægtestreng regnes placeret $\frac{1}{2}$ lægteafstand inden for vest-facaden, og der defineres en gavlsektion og en normalsektion. Disse to sektioner forudsættes at være repræsentative for hele lægtestrengen. De karakteristiske punkter af lægtestrengen tildeles navne fra A til K som vist. Se også figur 3.

For en gavlsektion i forbindelse med en muret gavltrekan eller lignende, som giver en ekstra understøtning (men ikke forankring) for lægten i nærheden af det forankrede gavlspær, opdeles punkt B i to punkter, B1 ved det forankrede gavlspær og B2 ved den ekstra understøtning. Se figur 3.



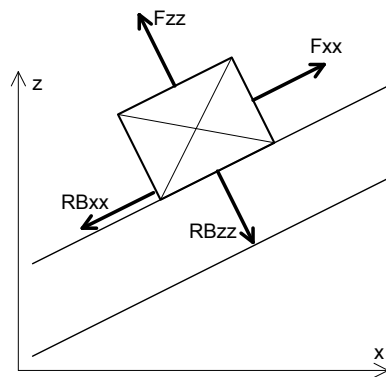
Figur 1. Koordinatsystem, retninger, betegnelser og den aktuelle lægtes placering.

Last- og snitkraftretninger

Al last opdeles i komponenter efter lægtetværsnittets hovedretninger, se figur 2. Lastkomponenter vinkelret på tagfladen markeres med index "zz" og regnes positive skråt opad. Lastkomponenter parallelt med tagfladen markeres med index "xx" og regnes positive fra stern mod tagkip (også skråt op-

ad). Reaktionen og momenter beregnes efter tilsvarende komponenter, idet en zz -lastkomponent giver en zz -reaktionskomponent og en xx -momentkomponent (moment om xx -aksen). Reaktionen regnes positive skråt nedad (modsat lastkomponenterne), og momenter regnes positive ved træk i oversiderne.

Side 3 af 28



Figur 2. Lægtetværsnittets hovedretninger benævnes xx og zz .

Snitkraftsymboler

Snitkræfter identificeres med 4 bogstaver:

1. Snitkrafttypen. R for reaktion, M for moment.
2. Knudepunkt eller fag. Et af bogstaverne A..K.
3. Retningen. zz eller xx .

Når punkt B opdeles i B1 og B2, jfr. afsnittet *Gavlsektionen* i kapitlet *Modeller for lægter* nedenfor, rækker det ikke med de nævnte 4 bogstaver, men snitkraftbetegnelserne udvides med ekstra cifre som senere forklaret.

Dimensionering af lægtetværsnit

Det har gennem mange år været kutyme at dimensionere taglægter ved hjælp af en særlig dimensioneringstabel, som bl.a. er gengivet i TOP's byggeblad BB39. Tabellen - som i det følgende benævnes "den traditionelle lægtetabel" - gælder for spærafstand op til 1,30 m og lægteafstand op til 0,45 m (tunge tage), hhv. 1,10 m (lette tage).

Lægtetabellen blev revideret i 2005 af forskellige af branchens parter, da erfaringerne med den traditionelle lægtetabel ikke var helt gode nok. Standarddimensionen til spærafstanden 1,0 m og lægteafstanden 450 mm blev øget fra 38 x 56 mm til 38 x 73 mm med de ligeværdige alternativer 45 x 61 mm og 50 x 50 mm, og de accepterede dimensioner i de andre tilfælde blev tilsvarende forøget. Denne reviderede lægtetabel benævnes i det følgende "Lægtetabel 2005".

Hvis afstandene eller tagdækningens egenlast går ud over tabellens begrænsninger, skal taglægterne dimensioneres efter normerne.

Når programmet foretager en beregning, undersøger det først om tilfældet er dækket af lægtetabel 2005. Hvis det er, rapporterer programmet at lægte-dimensionen er OK. Men hvad enten tilfældet er dækket eller ej, foretager programmet også en spændingseftervisning efter normernes regler. Resultatet af denne spændingseftervisning er orienterende hvis tilfældet er dækket af lægtetabel 2005, og afgørende hvis tilfældet ikke er dækket af denne.

Lastkombinationer og -tilfælde

Side 4 af 28

I forbindelse med den normmæssige spændingseftervisning er følgende lastkombinationer og -tilfælde relevante. Tallene forrest på linierne er de lastkombinationsnumre som benyttes i projektet.

3 Egenlast + sne ($1,0 \cdot g + 1,5 \cdot s$).	1 lasttilfælde.
5 Egenlast + sne + vind ($1,0 \cdot g + 1,5 \cdot s + 0,5 \cdot w$).	16 lasttilfælde.
6 Egenlast + vind + sne ($1,0 \cdot g + 1,5 \cdot w + 0,5 \cdot s$).	16 lasttilfælde.
8 Egenlast + punktlast ($1,0 \cdot g + 1,3 \cdot Q$).	4 lasttilfælde.
9 Egenlast + vind ($0,8 \cdot g + 1,5 \cdot w$).	16 lasttilfælde.

Vindlast

Vindlastens intensitet varierer over tagfladen, men regnes konstant inden for hvert af de områder, der er vist i anneks C, figur C2. I denne figur er område N angivet som rummet under tagkonstruktionen, men der antages samme tryk i tagrummet, altså lige under lægterne.

De 16 lasttilfælde, der ikke umiddelbart kan forkastes som irrelevante, fremgår af anneks C, tabel C4. Kodebogstavet i første kolonne benyttes som identifikation i rapporten.

I gavlsektionen regnes med springvis varierende vindlast (ved vind fra syd således større sug i område F eller G end i område H, og større tryk i område D end i område N). I normalsektionen antages vindlasten ensformigt fordelt, idet hele oversiden regnes at have vindlast svarende til det område, som punkt G (se figur 1) ligger i, mens hele undersiden antages at ligge i område N. Disse sidstnævnte antagelser anvendes uanset den aktuelle geometri for at forenkle beregningen.

Punktlast

Punktlasten placeres på skift i hvert af punkterne C, F, H og J, heraf de 4 lasttilfælde. Disse punkters placering er vist i figur 3 (som gode tilnærmelser til de punkter i fagene, hvor punktlasten skal placeres for at give de maksimale momenter sammen med den ensformigt fordelte egenlast).

Der ses bort fra punktlast i punkt A (gavludhænget).

Snitkræfter

De interessante snitkræfter er:

- Største positive reaktioner (træk i lægte/spær-samlingen)
- Største absolutte bøjningsmoment (uden hensyn til fortegn).

Forskydningsspændinger i lægterne vurderes ikke at kunne blive dimensionsgivende, og undersøges derfor ikke.

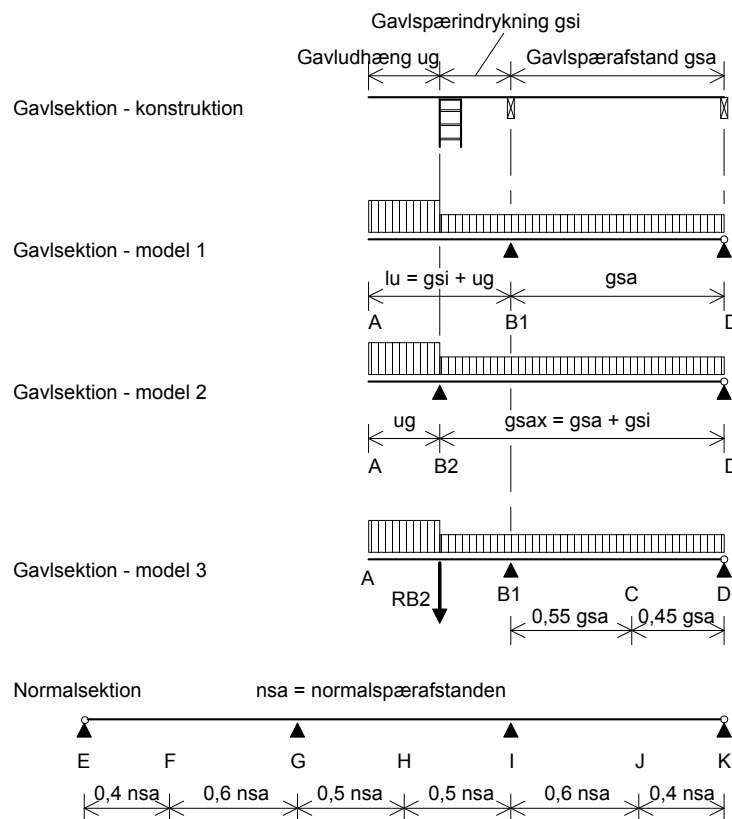
Modeller for lægter

Gavlsektionen

Gavlsektionen kunne regnes som en kontinuert bjælke over 2 fag med fagvidderne g_{sa} og g_{si} , udkraget i den ene ende med udkragningslængden u_g , se figur 3, øverste delfigur (Gavlsektion - konstruktion). Her svarer B1 til det forankrede gavlspar, mens B2 svarer til en uforankret understøtning, fx i form af en muret gavltrekan. Understøtningen B2 kan ikke optage træk, og det er ikke sikkert at gavltrekanens overside flugter helt med spærenes oversider. De statiske og geometriske betingelser for en sådan bjælke er således noget problematiske.

Det er derfor valgt at simplificere beregningen ved at opstille en statisk bestemt model for gavlsektionen.

Der tages udgangspunkt i to forskellige statisk bestemte modeller, se figur 3, model 1 og 2. I anneks B er i detaljer beskrevet, hvordan man på enkel vis kan bestemme en tilnærmet værdi for reaktionen i B2 og således nå frem til en simpel, statisk bestemt beregningsmodel, model 3. I anneks B tages der imidlertid ikke hensyn til taghældningen. Beregningsmodellen fra anneks B er derfor udbygget til følgende metode:



Figur 3. Statisk modeller for lægtestrengens gavl- og normalsektion.

I hver lastkombination/-tilfælde bestemmes først reaktionen RB_{2zz} i punkt B2 efter model 2 (idet naturligvis kun zz-lastkomponenter medregnes). Hvis denne er positiv (træk), sættes de resulterende reaktioner i B2, RB_{2zz} og RB_{2xx} , til 0, hvorefter snitkræfterne bestemmes efter model 1. Dette er tilfældet ved opadrettet last.

Hvis der er tale om punktlast i punkt C, er der også træk i punkt B2. Reaktionerne i B2 sættes da til 0, og snitkræfterne bestemmes efter model 1.

Hvis RB_{2zz} er negativ (tryk), bestemmes først en reduktionsfaktor f_2 :

$$f_2 = 2 \cdot ug / (gsi + gsa), \text{ dog } f_2 \leq 1 \text{ (jfr. anneks B).}$$

Herefter bestemmes de korrigerede reaktioner i punkt B2 ved multiplikation af de oprindelige reaktioner med reduktionsfaktoren f_2 :

$$RB_{2zz} = f_2 \cdot RB_{2zz}$$

$$RB_{2xx} = f_2 \cdot RB_{2xx}$$

Endelig bestemmes snitkræfterne efter model 3, som er identisk med model 1, blot med tilføjelse af RB_{2zz} og RB_{2xx} som kendte laster. Det bemærkes at $RB_{2zz} \leq 0$, dvs. denne lastkomponent virker skråt opad eller mangler helt. RB_{2xx} stammer fra skrå komponenter af lodret nedadrettet last (da

vindlast virker vinkelret på taget og derfor ikke bidrager). RB2xx (som overføres fra gavlmuren ved friktion) er derfor også negativ.

Side 6 af 28

Hvis gavltrekanen består af en træbeklædning på det forankrede gavlspær, er B1 og B2 sammenfaldende, $g_{si} = 0$, model 1 = model 2, og konstruktionen statisk bestemt. Hvis der også er en uforankret, fx muret, gavltrekan, hvis g_{si} er lille ($f_x \leq 0,15$ m) og hvis RB22xx er negativ, er reaktionsfordelingen mellem RB2 og RB1 meget usikker. Kun samlingen ved B1 skal dimensioneres, og kun reaktionerne ved B1 rapporteres af programmet. På den sikre side indrettes programmet derfor således, at hvis $g_{si} \leq 0,15$ m, sættes RB2zz = 0 og RB2xx = 0 uafhængigt af fortegnet for RB22zz. Herved samles hele reaktionen i punkt B1.

Programmet bestemmer for hvert lasttilfælde zz- og xx-komposanterne af: RB1, RD, MB2, MB1 og MC, og disse værdier gemmes for senere sammenligning med andre lasttilfælde. xx-komposanterne af reaktionerne RB1 og RD benyttes dog ikke i programmet, da det vurderes at disse tværlaster er ubetydelige eller kan optages ved friktion, således at de ikke påvirker sømforbindelserne nævneværdigt.

Normalsektionen

Normalsektionen er en kontinuert bjælke og således statisk ubestemt. Bjælkens understøtninger er ensartede og kan formodes at flugte ret godt. Normalsektionen beregnes derfor efter elasticitetsteorien som en bjælke over tre lige store fag. For ensformigt fordelt last og for punktlast i punkt H bestemmes reaktioner og momenter efter ståbiens formler (pkt. 3.2.3.2, tilfælde 39 og 46, i 18. udgave), se tabel 1.

Tabel 1. Koefficienter for reaktioner og momenter for en ensformigt fordelt last q over hele normalsektionen, og for en punktlast Q i punkt H. Reaktionerne bestemmes ved multiplikation af den relevante koefficient med ($q \cdot nsa$) eller med Q . Momenterne bestemmes ved multiplikation af den relevante koefficient med ($q \cdot nsa^2$) eller med ($Q \cdot nsa$).

Snitkraft	RE	RG	RI	RK	MF	MG	MH
q	0,400	1,100	1,100	0,400	0,080	-0,100	0,025
Q (i H)	-0,075	0,575	0,575	-0,075	-0,038	-0,075	0,175

For punktlast i punkt F kan pkt. 3.2.3.2, tilfælde 48, ikke anvendes, da lasten ikke er placeret midt i faget. I stedet er koefficienterne til reaktionerne bestemt ved en beregning med et elementprogram, se tabel 2:

Tabel 2. Koefficienter for reaktioner og momenter for en punktlast Q i punkt F. Reaktionerne bestemmes ved multiplikation af den relevante koefficient med Q . Momenterne bestemmes ved multiplikation af den relevante koefficient med ($Q \cdot nsa$).

Snitkraft	RE	RG	RI	RK	MF	MG	MH
Q (i F)	0,510	0,602	-0,134	0,022	0,204	-0,090	-0,034

For punktlast i punkt J fås reaktioner og momenter ved punktombytning.

Fortegnsreglerne er her - som i ståbien - de traditionelle: positiv last er nedadrettet, positiv reaktion er tryk og positivt moment giver træk i undersiden. Da der i dette projekt regnes med omvendt fortegn overalt (positiv last er opadrettet, positiv reaktion er træk og positivt moment giver træk i oversiden) gælder de anførte koefficienter med uændret fortegn.

For egenlast, snelast og vindlast er det på grund af symmetrien tilstrækkeligt at bestemme RE, RG, MF, MG og MH. Da alle tre punktlasttilfælde

(punktlast i hhv. punkt F, H og J) medtages, er bestemmelse af disse fem snitkræfter også tilstrækkeligt i lastkombination 8, egenlast + punktlast.

Normalsektionens RE skal kombineres med gavlsektionens RD, og RD + RE er den specifikke reaktion på 1. normalspær, mens RG dækker alle lægte/spær-samlinger inde på taget. Egentlig skulle normalsektionens RK kombineres med næste normalsektionens RE, men RK + RE er altid numerisk mindre end RG.

Side 7 af 28

Øvrige forudsætninger

Normalt forudsættes styrkesorteringsklasse T1 og lav sikkerhedsklasse, men brugeren kan ændre disse forudsætninger. Endvidere forudsættes anvendelsesklasse 2 (tidligere fugtklasse IU).

Beregningerne foretages som bæreevneeftervisning for en given udformning. Programmet bestemmer udnyttelsesgraderne i de hårdest påvirkede lægtetværsnit (regningsmæssig bøjningsspænding / regningsmæssig bøjningsstyrke). Endvidere bestemmes det nødvendige sømantal i sømforbindelserne mellem lægter og spær.

Internt foretages beregningerne på det pseudo-regningsmæssige niveau, dvs. laster divideres med k_{mod} og styrketal multipliceres IKKE med k_{mod} . Herved kan de dimensionsgivende lastkombinationer nemt bestemmes som dem, der giver de største pseudo-regningsmæssige snitkræfter.

I logfilen, som særligt interesserede brugere kan vælge at se, er derfor angivet pseudo-regningsmæssige værdier. I den "normale" rapport er dels angivet lægternes udnyttelsesgrader som er uafhængige af hvilket niveau beregningerne udføres på, dels sømforbindelsernes bæreevne og påvirkninger som er omregnet til norm-regningsmæssige værdier.

Bæreevneeftervisning af lægtetværsnit

For små spær- og lægteafstande kan det måske antages, at lægterne er en del af en beklædning, og at de derfor ikke nødvendigvis skal spændingseftervises i henhold til last- og trænormen.

Det er forudsat, at den hidtil anvendte "traditionelle lægtetabel" med udvidelserne fra 1997 og revisionerne fra 2005 (tabel 3) giver tilstrækkelig sikkerhed i praksis, når man holder sig inden for tabellens dækningsområde og overholder nedennævnte supplerende krav. I anneks A er redegjort for historien bag denne tabel, herunder nogle af de diskussioner om tabellens forsvarelighed, der har været undervejs.

Tabellen gælder naturligvis ikke for den udkragede lægtedel AB1, jfr. figur 3. Denne del må derfor eftervises efter normernes regler, men det anses for forsvarligt at se bort fra punktlast på denne del.

Tabel 3. Lægtetabel 2005

Side 8 af 28

Tilfælde nr.	Spær-afstand mm	Lægte-afstand mm	Beklædningens egenlast kN/m ²	Lægte-højde mm	Lægte-bredde mm
	750	450	0,70	38	56
	750	450	0,70	45	45
	1000	450	0,70	38	73
	1000	450	0,70	50	50
	1000	450	0,70	45	61
	1300	450	0,70	45	73
	750	550	0,30	38	56
	750	550	0,30	45	45
	1000	550	0,30	38	73
	1000	550	0,30	50	50
	1000	550	0,30	45	61
	1300	550	0,30	45	73
	750	1100	0,30	38	73
	750	1100	0,30	50	50
	750	1100	0,30	45	61
	1000	1100	0,30	45	73
	1300	1100	0,30	45	95

Tabellen kan forenkles til fire forskellige "tilfældeklasser", se tabel 3a.

Tabel 3a. Lægtetabel 2005, systemiseret opstilling

Tilfælde-klasse	Spær-afstand mm (højest)	Lægteafstand x tagdækningens egenlast mm x kN/m ² (højest)	Lægte-højde x lægtebredde mm x mm (mindst)
1	750	450 x 0,70 eller 550 x 0,30	38 x 56 eller 45 x 45
2	750	1100 x 0,30	38 x 73, 50 x 50
	1000	450 x 0,70 eller 550 x 0,30	eller 45 x 61
3	1000	1100 x 0,30	45 x 73
	1300	450 x 0,70 eller 550 x 0,30	
4	1300	1100 x 0,30	45 x 95

Ved sne- og vindlast indgår lægterne i tagets afstivende system og dermed i bygningens hovedkonstruktion. Derfor bør lægternes bæreevne over for sne- og vindlast eftervises i henhold til last- og trænormen. Imidlertid viser kontroleksempler at lægtetværsnit der er dækket af lægtetabel 2005 stort set også lever op til normernes krav vedrørende vind- og snelast (lastkombinationerne 5, 6 og 9).

Hvis spær-afstanden er større end 1300 mm, hvis lægteafstanden er større end 1100 mm, eller hvis egenlasten er for stor, så *skal* lægternes bæreevne eftervises i henhold til last- og trænormen. Her bliver punktlast normalt dimensionsgivende.

Der knytter sig den betingelse til dimensionering efter lægtetabel 2005, at lægterne skal overholde reglerne i Brancheaftalen af 23. juni 1999, hvis primære indhold er at alle taglægter skal styrkesorteres til klasse T1.

I forbindelse med udviklingen af programmet LægteDIM er endvidere fastsat følgende:

- For mellemværdier af parametrene spærafstand, lægteafstand og egenvægt regnes der med nærmeste større tabelværdi. Se nærmere herom i punktet "Programmæssig implementering af lægtedimensionering".
- Tabeleftervisningen dækker kun normalektionen og den "indvendige" del af gavlsektionen. Spærafstanden er nsa for normalektionens vedkommende og gsa for gavlsektionens vedkommende.
- For den udkragede del forudsættes at der ikke optræder punktlast i punkt A. Momentet i punkt B1 og/eller B2 for farligste kombination af egenlast, snelast og vindlast er derfor dimensionsgivende.

Modstandsmomenter for tabel 3's lægtedimensioner

Modstandsmomentet om en vandret akse Z_x afhænger både af tværsnitsdimensionerne og af tagvinklen. Hvis man anvender princippet fra DS 413:1982 og ser bort fra faktoren 0,7 på det mindste spændingsbidrag, som blev indført med DS 413:1998, kan Z_x beregnes som

$$1/Z_x = \cos v / Z_{xx} + \sin v / Z_{zz}$$

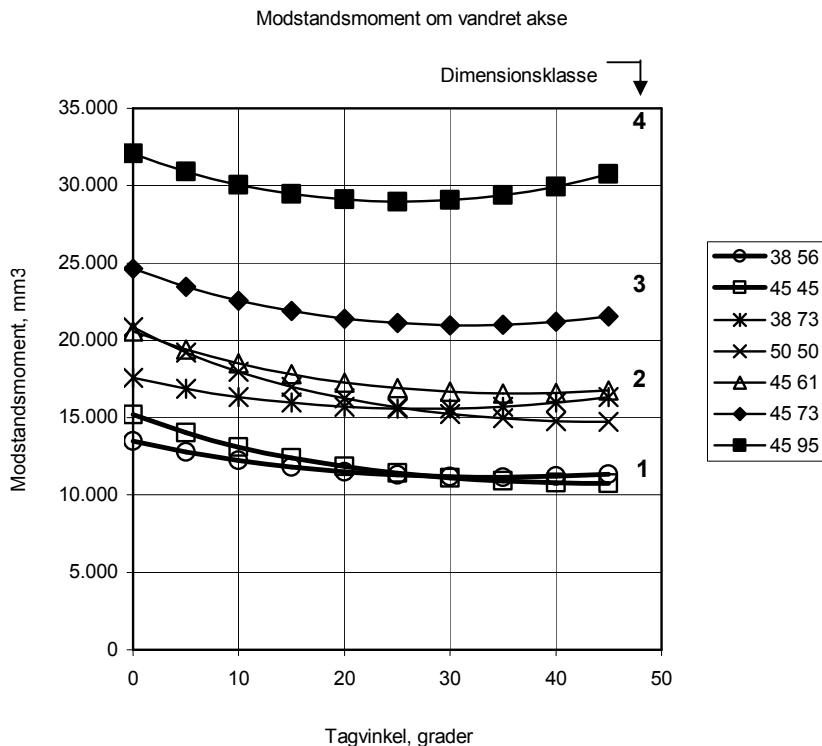
hvor v er tagvinklen (tagfladens vinkel med vandret), Z_{xx} er lægtetværsnittets modstandsmoment om en akse parallelt med spærhovedet og Z_{zz} er lægtetværsnittets modstandsmoment om en akse vinkelret på spærhovedet.

Figur 4 viser modstandsmomentet Z_x som funktion af tagvinklen for de syv lægtedimensioner der indgår i tabel 3 og 3a. I praksis ligger tagvinkler mellem 20° og 45° . En passende referenceværdi kunne derfor være 35° , der i øvrigt for de fleste dimensioner er nær den vinkel, hvor Z_x er mindst.

De dimensioner der er i samme tilfældeklasse i tabel 3a, har nogenlunde samme Z_x ved 20° tagvinkel og erstatter hinanden. De regnes derfor som ligeværdige.

Modstandsmomenterne ved 35° tagvinkel er følgende:

Tilfældeklasse	1		2			3	4
Dimension [mm x mm]	38 x 56	45 x 45	38 x 73	50 x 50	45 x 61	45 x 73	45 x 95
$Z_{x,35}$ [mm ³]	11.153	10.905	15.718	14.959	16.572	21.009	29.392



Figur 4. Modstandsmoment om vandret akse som funktion af lægtedimensioner og tagvinkel

Dimensioneringskriteriet for lægtetværsnit

Der defineres fire dimensionsklasser, se tabel 4.

Tabel 4. dimensionsklasser

Dimensionsklasse	1	2	3	4
$Z_{x,35} \geq [\text{mm}^3]$	10.900	14.900	21.000	29.300

- En 38 x 56 eller 45 x 45 mm lægte tilfredsstiller således klasse 1
- En 38 x 73, 50 x 50 eller 45 x 61 mm lægte tilfredsstiller klasse 2
- En 45 x 73 mm lægte tilfredsstiller klasse 3, og
- En 45 x 95 mm lægte tilfredsstiller klasse 4.

Hvis nogen skulle ønske at bruge andre dimensioner end de nævnte (eller angive andre dimensioner som inddata), kan lægterne klassificeres éntydigt gennem bestemmelse af $Z_{x,35}$ og indplacering i tabel 4.

I en given tilfældeklasse (se tabel 3a) skal anvendes lægter i mindst den tilsvarende dimensionsklasse.

Kommentarer vedrørende lægtedimensioner og sikkerhed

Overholdelse af ovennævnte dimensioneringskriterium sikrer i de fleste tilfælde overholdelse af normernes krav med hensyn til de relevante kombinationer af egenlast, snelast og vindlast, men sikrer langt fra overholdelse af normernes krav med hensyn til punktlast (personlast).

Hvis lægteafstanden er større end 0,46 m skal der sikres mod gennemstyrtningsfaren både under oplægning af taget og - hvis tagbeklædningen ikke er bæredygtig - under senere færdsel på taget. Dette kan fx gennemføres

ved hjælp af gangbroer kombineret med sikkerhedsnet, se AT-vejledning A.2.1 (December 2002), side 9-10.

Side 11 af 28

Gangbroers (og træ-tagstigers) modstandsmoment er sammenlignelige med lægters, så en gangbro eller tagstige kan næppe spænde 2 m, når der står en person på den. Det vil sige, at hvis lægteafstanden er ca. 1 m, bør alle lægter kunne optage en sædvanlig punktlast. Tilsvarende gælder ved færdsel på det færdige tag uden gangbro eller tagstige, hvis tagbeklædningen er bæredygtig, men spænder fra lægte til lægte.

Hvis lægteafstanden er højst 0,46 m skal der ikke bruges gangbro under oplægning af lægter og tagbeklædning. Under oplægning af lægter færdes tømreren kun i nærheden af spærerne, idet det er her, lægterne skal sømmes fast. Denne situation er ikke farlig (for korrekt sorterede lægter). Under oplægning af tagbeklædning står tømreren ikke og balancerer på den enkelte lægte, men fordeler typisk sin vægt på mindst to lægter. Under gang på lægterne står man på en lægte ad gangen, men har gode muligheder for at gribe fat i eller på anden måde overføre sin vægt til nabolægterne, hvis en lægte svigter. Denne mulighed har man ikke, hvis man går på en gangbro oplagt på lægter med 1 m lægteafstand.

Disse betragtninger taler for at lægtedimensionerne skal øges med lægteafstanden, selv om momentet for en punktlast midt på et lægtespænd er uafhængigt af lægteafstanden. Denne sammenhæng er også implicit indbygget i tabel 3.

Bæreevneeftervisning af sømforbindelser

Som tidligere nævnt bør bæreevnen over for vindlast eftervises efter normerne, da lægterne under vindlast skal afstive spærerne og således bliver en del af konstruktionen. Endvidere findes der ikke nogen "traditionel sømforbindelsestabel". Bæreevnen af lægtens forbindelser til spær eftervises derfor normmæssigt i alle tilfælde.

Programmæssig implementering af lægtedimensionering

I tabel 3 er fastlagt følgende grænseværdier: Spærafstande 1000 mm og 1300 mm; lægteafstande 450, 550 og 1100 mm; egenlaster 0,30 og 0,70 kN/m². For mellemliggende værdier rundes op til nærmeste højere grænseværdi. Hvis fx spærafstanden er 1200 mm skal lægtedimensionen være den samme, som hvis spærafstanden havde været 1300 mm.

Hvis tilfældet herefter er dækket af tabel 3a, bestemmes tilfældeklassen ifølge denne tabel. Det undersøges herefter om lægtetværsnittets dimensionsklasse mindst er den samme. Hvis dette er opfyldt, er lægtetværsnittet OK.

Hvis tilfældet ikke er dækket af tabel 3a, eller hvis dimensionsklassen er mindre end tilfældeklassen, er den normmæssige eftervisning (der i alle tilfælde foretages) afgørende for om lægtetværsnittet er OK.

Anneks A Baggrund for traditionelle lægtedimensioner

Side 12 af 28

Brancheaftalen

Brancheaftale om taglægter af 23. juni 1999 specificerer primært at lægterne skal være T1-sorterede og tilsvarende mærkede, at de ikke må være angrebet af mug og skimmel, og at taglægter med åbenlyse fejl og mangler skal frasorteres. Endvidere er der anført måltolerancer. Der er altså tale om kvalitetssikring. Med hensyn til dimensioner står der blot: "Dimensioner: 38 x 56 mm, andre dimensioner efter aftale, se TOP-byggeblad BB38: *Lægter og brædder*." Der er formentlig tale om TOP-byggeblad BB39: *Taglægter og tagbrædder*.

TOP-byggeblad BB42: *T1-taglægter* er en grundig og kommenteret gennemgang af brancheaftalen.

Traditionel lægtetabel. Historisk redegørelse

TOP-byggeblad BB39: *Taglægter og tagbrædder* indeholder for taglægters vedkommende stort set kun den traditionelle lægtetabel (se også tabel A1 senere i nærværende anneks, eller tabel 1 i BB26). Historien bag denne tabel er i grove træk:

- 1961:
Bygningsreglement for Købstæderne og Landet, 5.7.2 stk 6 & 7: Lægter til teglsten min. 38 x 56 mm. For lægter til Eternit-bølgeplader er der ikke angivet dimension, kun max afstand = 550 mm; dog 1100 mm hvis taghældning > 1:2 (27°) og lodret afstand til etageadskillelse < 2 m.
- 1966:
Bygningsreglement for Købstæderne og Landet, 5.7.2 stk 6 & 7: Lægter til teglsten uændret 38 x 56 mm. Lægteafstande for bølgeeternit er stadig 550 eller 1100 mm, men betingelserne er justeret en smule.
- 1972:
Bygningsreglement, 5.3, stk 4 & 3: Lægter for tegl og lign. tunge materialer 38 x 56 mm ved **max spærafstand 900 mm**; lægteafstande for bølgeeternit vist nok uændrede; stadig ingen dimensioner angivet.
- 1974-06-14:
Tillæg 4 til BR72: Max spærafstand 900 mm var en fejl. Ændres til 1000 mm.
- 1976-11-02:
Brev fra SBI (Th. Feldborg) til Dir. for Arbejdstilsynet (Steffen Bang). Foreslår at flg. lægtedimensioner foreløbig kan anvendes uden nærmere eftervisning af styrken. I det oprindelige brev var der enkelte steder lidt andre afstande eller dimensioner; de er rettet af TF ved håndskrevne tilføjelser til brevkopien. De rettede afstande og dimensioner er:

Tilfælde nr.	Spændvidde mm	Lægteafstand mm	Lægtedim, mm	
			Tungt tag	Let tag
1	1000	450	38 x 56	
2	1300	450	50 x 50	
3	1000	550		38 x 56
4	1000	1100		50 x 61

Disse dimensioner findes i SBI-anvisning 110, 1. udg. (1977), side 32, i SBI-anvisning 110, 2. udg. (1981), side 51-52, i SBI-anvisning 147

(1985), side 52-53, i SBI-anvisning 147, 2. udg. (1999), side 61-62, og de er videreført til TOP's byggeblade nr. 39: *Taglægter og tagbrædder* og 26: *Lægter på tage*).

- 1977-01-15:
Bygningsreglement 1977 har næsten ingen dimensioneringsangivelser, men henviser til godkendte anvisninger m.v. (fx anvisning 110). Dog stadig regler for sikring af tage mod gennemtrængning (pkt. 5.3 - kun ved taghældning 35° og derunder): Asbestcementbølgeplader understøttet pr. 550 mm er OK. Hvis faldhøjden < 2 m, er også lægteafstand 1100 mm OK.
- 1977-07-05:
Dansk Eternit-Fabrik klager til Boligministeriet over de skærpede dimensioner i anvisning 110.
- 1977-07-07:
Palle Hauch udfører derfor en beregning for lægter med personlast. Beregningen sendes via H.H. Knutsson til Boligministeriet. PH slår fast, at
 - DS 410.1, 1. udg. angiver $P = 1,5$ kN. Den kommende 2. udg. (1977) indfører partialkoefficientmetoden og angiver $P_k = 1,0$ kN, svarende til $P_d = 1,5$ kN (idet partialkoefficienten på personlast var 1,5 i 1977).
 - DS 410 gælder ikke for sekundære konstruktioner som lægter båret af tætliggende spær. (*MB kommentar: Det betyder vel at man kan se bort fra kravet om, at personlasten skal koncentreres over et areal på $0,1 \times 0,1$ m, jf. næste pind.*)
 - I forbindelse med SBI-anvisning 110 er det forudsat, at personlasten kan regnes fordelt på 2 lægter, hvis lægteafstanden er højst 450 mm. PH's beregning omfatter
 - lægter for bølgeeternit med lægteafstand 1100 mm og regningsmæssig personlast 1,5 kN på én 50 x 61 mm lægte, hvilket giver $\sigma_{md} = 15,3$ MPa, hvor $f_{md} = 14$ MPa, altså en mindre overskridelse.
 - lægter for bølgeeternit med lægteafstand 1100 mm og regningsmæssig personlast 1,5 kN på én 38 x 63 mm lægte (Eternitfabrikkens "ønske"), hvilket giver $\sigma_{md} = 23,2$ MPa, hvor $f_{md} = 14$ MPa, altså en uacceptabel overskridelse.
 - lægter for Eternitskifer med lægteafstand 250 mm og regningsmæssig personlast $\frac{1}{2} \cdot 1,5$ kN = 0,75 kN på hhv. en 32 x 56 mm og en 38 x 50 mm lægte (Eternitfabrikkens "ønsker"), hvilket giver hhv. $\sigma_{md} = 18,4$ MPa og $\sigma_{md} = 15,6$ MPa, dvs. overskridelser af den regningsmæssige styrke på hhv. 31 % og 12 %. PH finder disse overskridelser betænkelige, bl.a. på grund af de små dimensioner.
- 1978-06-15:
Møde i Boligministeriet med BM, Eternitfabrikken, Palle Hauch og SBI. Ingen afgørende nye udsagn
- 1978-06-26:
Møde i Arbejdstilsynet med AT, Snedker-Tømrerforbundet, Palle Hauch og SBI. Enighed om at fastholde lægtedimensionen 38 x 56 mm for lægteafstand ≤ 550 mm, spærafstand ≤ 1000 mm og alle taghældninger, men tilfredsstillende lægtekvalitet skal sikres ved styrkesortering. For større lægteafstand bør lægter dimensioneres efter normerne.
Th. Feldborg har udarbejdet en grundig oversigt, dateret 1978-07-04, over Arbejdstilsynets krav (sikringsforanstaltninger som funktion af taghældning, faldhøjde og lægteafstand) og Boligministeriets krav (lægtedimensioner), som bilag til referatet. Heller ikke heri er der noget nyt vedr. dimensioner.

- 1978-10-30:
Følgebrev fra Palle Hauch til SBI med udateret (men ny) fortolkning fra Lastnormudvalget:
Lægter, for hvilke produktet af spændvidden og lægteafstanden, målt som lysvidder, er 0,5 m² eller derover, kan ikke betragtes som rent sekundære konstruktioner.
Spærfag og tilsvarende kan i øvrigt betragtes som tætliggende, såfremt deres afstande ikke overstiger 1,3 m.
- 1978-12-14:
Brev fra SBI til Boligministeriet med 2 interessante punkter:
 - Normudvalgets fortolkning af ca. 1978-10-30 vedr. lastnormens gyldighedsområde, se ovenfor.
 - SBI har lovet arbejdstilsynet at undersøge mulighederne for indførelse af *sorteringsregler* for lægter, og har drøftet dette med Preben Hoffmeyer.
- 1979-12-05:
Th. Feldborg har udarbejdet en oversigt over resultaterne af bæreevneforsøg med 98 lægter spændende over 2 x 1,0 m med en knast i eller nær midten af det belastede felt. Lægterne blev udsat for dynamisk last (30 kg sandsæk, 0,45 m faldhøjde). 41 af de 98 lægter (42 %) holdt ikke til den dynamiske last; de øvrige blev efterfølgende belastet statisk til brud (ca. 1,0 ... 4,5 kN). Forsøgene er udført af to studerende på Byggeteknisk Højskole (BTH).
Oversigten er baggrundsmateriale for en undersøgelse som Preben Hoffmeyer og Lyng Madsen (Skovbrugsinstituttet, KVL) søger at starte. Oversigten findes i renskrevet form som bilag til brev af 1984-10-10 fra SBI (Jørgen Nielsen) til Hilmer Riberholt.
- 1994-08-10:
Arbejds miljøfaglig temadag i Arbejdstilsynet. Et af indlæggen handler om taglægter, og der angives følgende maksimale spærafstande (lægtespændvidder) for K18-lægter af hensyn til sikker færdsel på taget:

Lægtedimension, mm	38 x 56	50 x 50	50 x 61	50 x 75
Spærafstand, mm	460	705	865	1065

Der er tilsyneladende tale om en beregning efter last- og trænorm 1982 med en regningsmæssig punktlast på 1,55 kN (= 1,2 x 1,3 kN) midt i et simpelt understøttet lægtefag. Den regningsmæssige bøjningsstyrke for K18-træ er her sat til 13,2 MPa, svarende til lav sikkerhedsklasse, fugt-klasser IU og lastgruppe K. Faktoren 1,2 på den normale regningsmæssige last 1,3 kN er måske en stødfaktor??? Hvis dette forslag bliver Arbejdstilsynets officielle krav, er der tale om en alvorlig skærpelse, og TOP mobiliserer SBI. Jørgen Nielsen og Mogens Buhelt deltager i et møde hos TOP, og på baggrund heraf skriver Jesper Ditlev en foreløbig handlingsplan (Notat om Taglægters modstand overfor personlast, 1994-11-09). Arbejdstilsynet har givet et år til dette arbejde; i denne periode kan dimensionerne i SBI-anvisning 147 anvendes.

- 1995-11-24:
Stormøde hos BYG med deltagelse af BYG, TOP, "træbranchen" og "institutterne". Mødet handlede om trækvalitet og T-virke-sortering, ikke om konkrete dimensioner. Det var vel starten på udvikling af "Brancheaftalen".

- 1996-02-23:
Mødeindkaldelse fra TOP (Bjarne Lund Johansen) til møde hos TUN 1996-03-05. I bilag 1 til mødeindkaldelsen står der bl.a.:
TOP har drøftet DK18-lægter med S-413 (trænormudvalget) hos DS. Udvalget tilkendegav klart, at taglægter ikke henhører under normen, og at beregning af taglægter ikke kan foretages iht. DS 413.
Bilag 2 er referat af et arbejdsgruppemøde 1996-01-08 om etablering af brancheaftalen. Under pkt. 4 ønsker gruppen en *skriftlig tilkendegivelse fra SBI, at lægter opfattes som en bærende konstruktion, og derfor bør sorteres efter DK-18-reglerne.*
- 1996-03-06:
Jørgen Munch-Andersen udkast til Anbefaling vedr. taglægter: Dimensionerne fra SBI-anvisning 147 kan fortsat anbefales, *forudsat* at der benyttes K18-lægter. Da taglægter ikke er omfattet af DS 413 skal det eksplicit anføres (bl.a. i anvisning 189) at taglægter skal være K18 i henhold til DS 413. Det søges gennemført via DS 413, at K18-lægter skal sorteres efter T-virkeordningen.
- 1996-07-02:
Møde hos Arbejdstilsynet (Roskilde). Gensidig orientering om de overvejelser der ligger til grund for vurdering af taglægters styrke, herunder i relation til *Brancheaftalen*. Referat er ikke fundet.
- 1997-05-12:
Møde hos TOP om faldsikring ved lægtning af tage, med deltagelse af bl.a. Arbejdstilsynet og ETA-Danmark. Referatet opsummerer de gældende regler om sikkerhed mod gennemstyrtning, dvs. trædesikkerhed under arbejdets udførelse og på det færdige tag. Intet om lægtedimensioner ud over 38 x 56 mm. Maksimal lægteafstand for automatisk trædesikkert tag uden andre foranstaltninger er nu 0,4 m, formentlig forstået som c/c. Bølgeeternit på lægter med c/c = 0,46 m var altså ikke automatisk godkendt som trædesikkert. Grænsen på 0,4 m fandtes både i MK 5.00/004 (apr 1996) og i AT-meddelelse 1.01.10 (maj 1993), men den er ændret til 0,46 m i AT-meddelelse 1.04.1 (jan 1998).
- 1997-11-11:
SBI (Mogens Buhelt) har udarbejdet en udvidelse til den traditionelle lægtetabel. Kriterierne for de nye dimensioner/spær- og lægteafstande var at spændingerne efter en normmæssig beregning i de tre lastkombinationer "egenlast + sne", "egenlast + personlast" (færdigt tag) og "personlast alene" (taglægtning) ikke måtte blive større for de nye end for de gamle dimensioner, uagtet at personlast i mange tilfælde giver en overskridelse af den regningsmæssige styrke på ca. 100 %.
Den udvidede lægtetabel er gengivet som tabel A1 nedenfor samt i træmappens afsnit 16 i BB39 (juni 1999) og i BB26 (april 2001). Den benævnes i det følgende "*Den traditionelle lægtetabel*".
- 2005:
Efter aftale mellem TOP og relevante brancheorganisationer er den traditionelle lægtetabel blevet strammet. I det ofte forekommende tilfælde hvor spærafstanden er højst 1000 mm, lægteafstanden højst 450 mm og tagdækningens egenlast højst 0,70 kN/m² er mindste dimension således øget fra 38 x 56 mm til 38 x 73 mm med alternativerne 50 x 50 og 45 x 61 mm. Denne reviderede lægtetabel benævnes "*Lægtetabel 2005*", og den er gengivet i tabel 3 og tabel 3a ovenfor i notatets hoveddel.

AT-meddelelse 1.04.1, Januar 1998 (senere erstattet af AT-vejledning A.2.1)

Side 16 af 28

I forbindelse med arbejde på tage stilles en række forskelligartede krav:

1. Sikring mod at falde ud over kanten på taget: skærme, rækværker etc.
2. Sikring mod at glide ned ad taget (altså mod at få brug for skærme/rækværker)
3. Sikring mod gennemstyrtning, altså mod at falde igennem taget.

Ad 1): Ingen relationer til lægtedimensioner.

Ad 2): Afhænger af taghældningen og tagbeklædningens glathed. Ingen relationer til lægtedimensioner.

Ad 3): Ved lægteafstand op til 460 mm er der ikke gennemstyrtningsfare, hvis lægterne holder.

Ved lægteafstand over 460 mm er der gennemstyrtningsfare under montering af tagbeklædningen, samt under arbejde på det færdige tag, hvis tagbeklædningen ikke er bæredygtig. De fleste tagbeklædninger til større lægteafstand er ikke bæredygtige, så beskrivelsen kan forenkles til: Ved lægteafstand over 460 mm er der gennemstyrtningsfare. Her skal der benyttes gangbroer/tagstiger, eller trædesikkert underlag, både under montering af tagpladerne og under arbejde på det færdige tag. Gangbroer og tagstiger kan fordele en personlast over flere tætliggende lægter. Men gangbroers og tagstigers modstandsmoment er sammenligneligt med taglægters, så de kan næppe spænde meget over en meter. Når lægteafstanden er ca. en meter, bør hver taglægte derfor alene kunne bære en person.

Et stålpladetag er bæredygtigt, og kan ofte fordele en personlast over flere lægter, selv ved en forholdsvis stor lægteafstand.

Tabel A1. Den traditionelle lægtetabel, version 1997

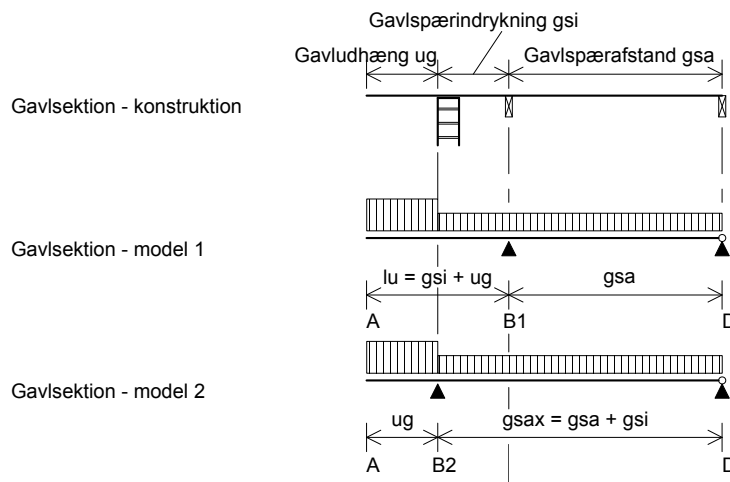
Tilfælde nr.	Spær- afstand mm	Lægte- afstand mm	Beklædningens egenlast kN/m ²	Lægte- højde mm	Lægte- bredde mm
1	1000	450	0,70	38	56
6	1300	450	0,70	38	75
2	1300	450	0,70	50	50
3	1000	550	0,30	38	56
7	1300	550	0,30	38	75
8	1300	550	0,30	50	50
4	1000	1100	0,30	50	61
5	1300	1100	0,30	50	75

Anneks B Analyse af lægte-gavlsektioner

Side 17 af 28

Lægternes gavlsektioner regnes understøttet af et forankret normalspær i punkt D, et forankret gavlspær i punkt B1 og en uforankret gavltrekant (fx en gavlmur) i punkt B2, se figur B1.

Ved opadrettet last "slipper" lægterne understøtningen i B2, således at der kan ses bort fra denne understøtning. Ved nedadrettet last vil normalt både B1- og B2-understøtningerne komme i funktion, altså en statisk ubestemt understøtningsmodel.



Figur B1. Gavlsektion af lægte ved muret gavltrekant

Der ønskes så vidt muligt simple beregninger for gavlsektionen. Det undersøges derfor, om reaktioner og snitkræfter kan beregnes efter en af følgende to statisk bestemte understøtningsmodeller, eller evt. gennem en kombination af disse to modeller:

- Model 1, hvor lægtesektionen kun er understøttet i B1 og D
- Model 2, hvor lægtesektionen kun er understøttet i B2 og D

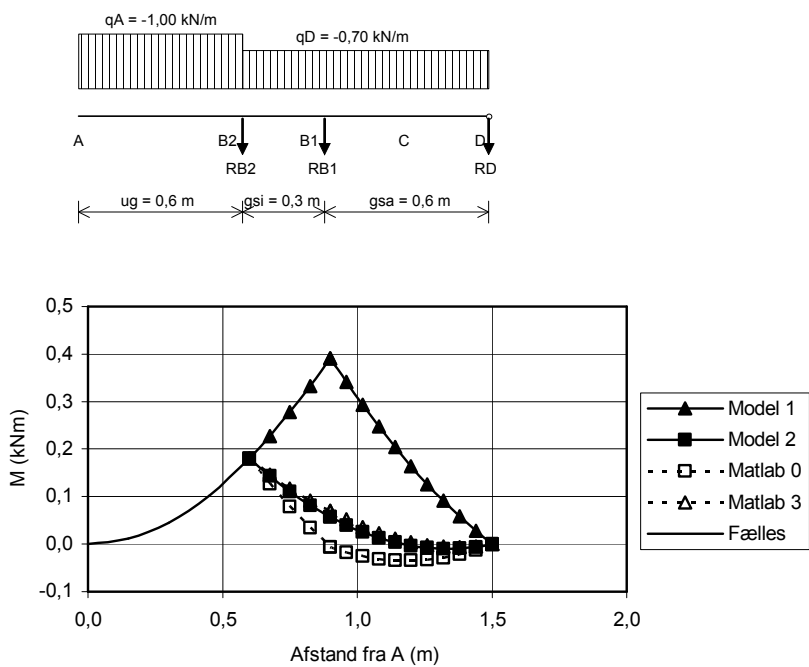
Sådanne beregninger er foretaget på seks forskellige eksempler som vist på skitserne neden for. Eksempel 3 og 6 har specielt store gavlundhæng og lille gavlsparindrykning, mens eksempel 4 og 5 nok har mere typiske mål for disse værdier. Eksempel 7 og 8 har intet gavlundhæng. Lasterne i eksempel 3, 6, 4, 7 og 8 svarer til tungt tag, lastkombination 6 og vindlasttilfælde a. Lasterne i eksempel 5 svarer til tungt tag og lastkombination 8.

Der er desuden (ved hjælp af et elementprogram skrevet i Matlab) beregnet reaktioner og snitkræfter i de samme eksempler med to statisk ubestemte understøtningsmodeller:

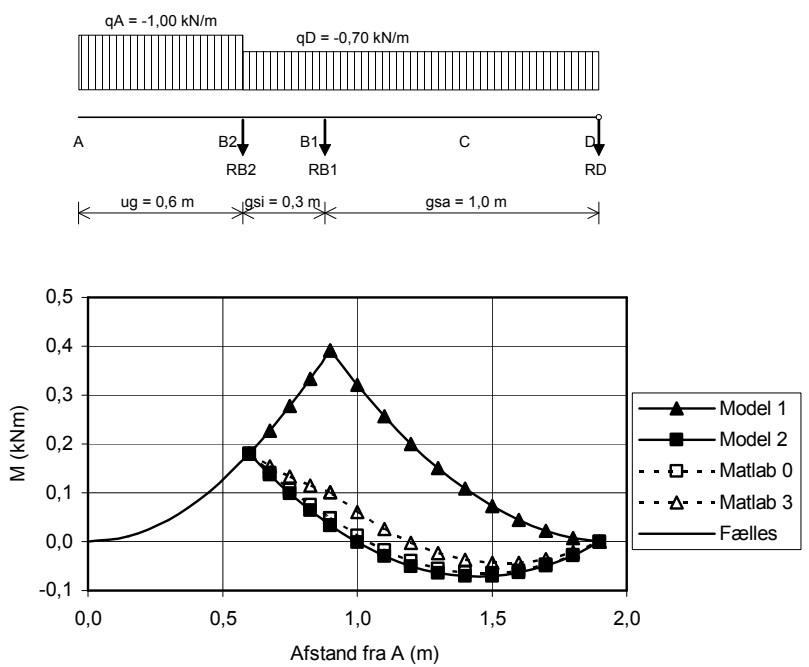
- Matlab 0, hvor B2 ligger på linie med D og B1
- Matlab 3, hvor B2 ligger 3 mm under forlængelsen af linien D - B1

Det antages, at Matlab-beregningernes resultat repræsenterer de korrekte reaktioner og snitkræfter. Der er forudsat et lægtetværsnit på 38 x 56 mm og et E-modul på 9000 MPa, og der er set bort fra skæv bøjning.

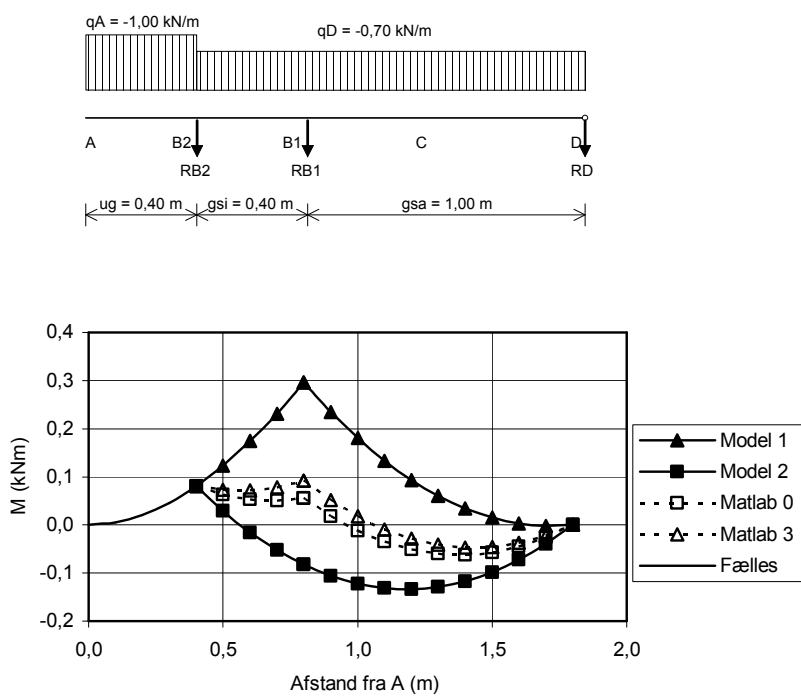
Resultaterne i form af momentkurver og reaktioner er vist i figur B2 - B7. Momenter regnes positive ved træk i oversiden, og reaktioner regnes positive som træk, som i hoveddelen af dette notat.



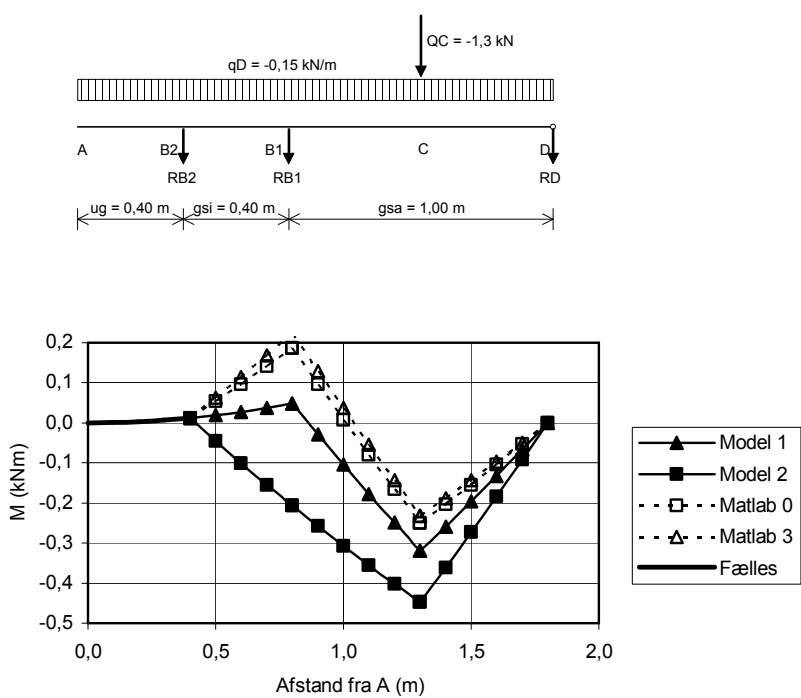
Figur B2. Eksempel 3



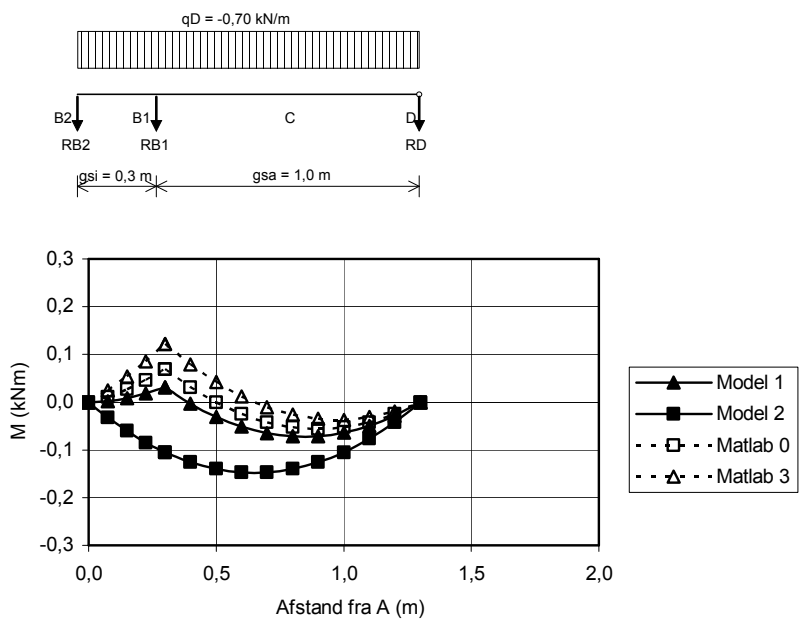
Figur B3. Eksempel 6



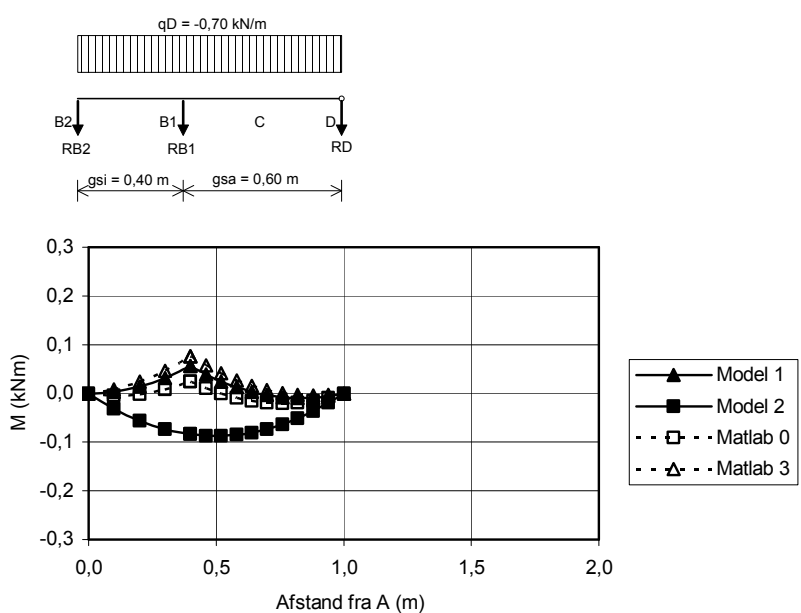
Figur B4. Eksempel 4



Figur B5. Eksempel 5



Figur B6. Eksempel 7



Figur B7. Eksempel 8

Tabel B1. Reaktionen, regnet positive som træk. I eksempel 5, 7 og 8 gav begge Matlab-beregninger en positiv RB2 (bortset fra eksempel 8, hvor Matlab 0 gav en lille negativ værdi). Da samlingen mellem murværk og lægte ikke kan optage træk, bliver i disse tilfælde $RB2 = 0$, dvs. model 1 giver det korrekte resultat for disse tre eksempler.

Eksempel og model	RB2 (kN)	RB1 (kN)	RD (kN)
Eksempel 3			
Model 1	0,00	-1,67	0,44
Model 2	-1,12	0,00	-0,12
Matlab 0	-1,33	0,32	-0,22
Matlab 3	-1,07	-0,07	-0,09
Eksempel 6			
Model 1	0,00	-1,55	0,04
Model 2	-1,19	0,00	-0,32
Matlab 0	-1,14	-0,06	-0,30
Matlab 3	-0,97	-0,30	-0,25
Eksempel 4			
Model 1	0,00	-1,33	-0,05
Model 2	-0,95	0,00	-0,43
Matlab 0	-0,60	-0,48	-0,30
Matlab 3	-0,51	-0,61	-0,26
Eksempel 5			
Model 1	0,00	-0,89	-0,68
(Model 2)	(-0,64	0,00	-0,93)
(Matlab 0)	(0,35	-1,38	-0,54)
(Matlab 3)	(0,44	-1,51	-0,50)
Eksempel 7			
Model 1	0,00	-0,59	-0,32
(Model 2)	(-0,46	0,00	-0,46)
(Matlab 0)	(0,13	-0,75	-0,28)
(Matlab 3)	(0,30	-0,99	-0,23)
Eksempel 8			
Model 1	0,00	-0,58	-0,12
(Model 2)	(-0,35	0,00	-0,35)
Matlab 0	-0,08	-0,45	-0,17
(Matlab 3)	(0,05	-0,67	-0,08)

Konklusioner

For eksempel 3 og 6 med de store gavludhæng viser momentkurverne, at model 2 er en udmærket tilnærmelse til Matlab 0 og Matlab 3. For eksempel 4 er model 2 noget på den sikre side, og for eksempel 5, 7 og 8 er det helt klart model 1, der er bedst, jfr. bemærkningerne i tabelhoved B1.

På basis af skrivebordsforsøg er det valgt at anvende følgende metode til bestemmelse af reaktioner og momenter. Metodens resultater i forbindelse med de 6 eksempler er efterfølgende dokumenteret.

Metode

Side 22 af 28

Egenlast plus punktlast i punkt C:

Hvis lastkombinationen er 8, og lasttilfældet er 'c', anvendes model 1 uden videre, dvs. $RB2$ sættes = 0. Hvis lastkombinationen er 8, og lasttilfældet er et andet end 'c', er der ikke punktlast i gavlsektionen, og det neden for anførte anvendes.

Ingen punktlast i punkt C:

$RB2$, som er reaktionen i punkt B2 efter model 2, beregnes.

Hvis $RB22 \geq 0$ (træk), er der tale om opadrettet last (lastkombination 9 eller muligvis andre mindre betydende lastkombinationer/-tilfælde), og model 1 anvendes uden videre, dvs. $RB2$ sættes = 0.

Hvis $RB22 < 0$ (tryk), kan både $RB2$ og $RB1$ komme i spil. Så beregnes $RB2$ efter nedenstående regler.

Beregning af $RB2$, når $RB22 < 0$

For model 2 beregnes spændvidden $gsax = gsa + gsi$ og forholdet mellem udkrugning og spændvidde $f1 = ug/gsax$. Herefter bestemmes reduktionsfaktoren $f2$ som 2 gange $f1$, dog mindst 0 og højst 1. Da $f1$ altid er ≥ 0 , fås:

$$f2 = \min(2 \cdot f1, 1)$$

Endelig bestemmes $RB2 = f2 \cdot RB22$. Da $RB2$ er negativ (eller 0), repræsenterer den en opadrettet enkeltlast på lægten i punkt B2.

Snitkræfter

Når $RB2$ er bestemt som beskrevet ovenfor, kan lægten beregnes efter model 1 med $RB2$ påført som en last i punkt B2. Det betyder at momenter og øvrige reaktioner kan bestemmes ved ligevægtsbetingelser alene.

Dokumentation

Anvendelse af den beskrevne metode på de seks eksempler giver følgende resultater.

Eksempel 3

$RB_{22} = -1,12$ (se tabel B1)

$f_2 = 2 \cdot f_1 = 2 \cdot u_g / g_{sax} = 1,20 / 0,90 = 1,333 > 1 \rightarrow f_2 = 1$

$RB_2 = RB_{22} = -1,12$

En beregning efter model 1 med denne last påført i punkt B2 vil give reaktionen $RB_1 = 0$ og dermed samme snitkræfter som en beregning efter model 2. Det ses på figur B2, at momenterne fra denne beregning stemmer godt overens med momenterne fra Matlab-beregningerne, og det ses i tabel B2, at også reaktionerne stemmer godt overens.

Eksempel 6

$RB_{22} = -1,19$ (se tabel B1)

$f_2 = 2 \cdot f_1 = 2 \cdot u_g / g_{sax} = 1,20 / 1,30 = 0,923 < 1 \rightarrow \text{OK}$

$RB_2 = 0,923 \cdot RB_{22} = -1,10$

En beregning efter model 1 med denne last påført i punkt B2 vil give reaktionen $RB_1 = -0,12$ kN og den momentkurve, der er vist på figur B8, mærket "Metode". Det ses på figur B8, at der er god overensstemmelse med momenterne fra Matlab-beregningerne, og det ses i tabel B2, at også reaktionerne stemmer godt overens.

Eksempel 4

$RB_{22} = -0,95$ kN (se tabel B1)

$f_2 = 2 \cdot f_1 = 2 \cdot u_g / g_{sax} = 0,80 / 1,40 = 0,571 < 1 \rightarrow \text{OK}$

$RB_2 = f_2 \cdot RB_{22} = -0,54$ kN

En beregning efter model 1 med denne last påført i punkt B2 vil give reaktionen $RB_1 = -0,57$ kN og den momentkurve, der er vist på figur B9, mærket "Metode". Det ses på figur B9, at der er god overensstemmelse med momenterne fra Matlab-beregningerne, og det ses i tabel B2, at også reaktionerne stemmer godt overens.

Eksempel 5

Dette eksempel vedrører Egenlast plus punktlast i C. Her medfører metodens afsnit 1 at model 1 anvendes med $RB_2 = 0$.

Det ses i tabel B1 at der kun er trækreaktioner i punkt B2 ifølge Matlab-beregningerne. Da der ikke kan optages træk i B2, bliver reaktionen i virkeligheden $= 0$, og metoden giver den korrekte model.

Eksempel 7

$RB_{22} = -0,46$ kN (se tabel B1)

$f_2 = 2 \cdot f_1 = 2 \cdot u_g / g_{sax} = 0 \rightarrow RB_2 = 0$ kN

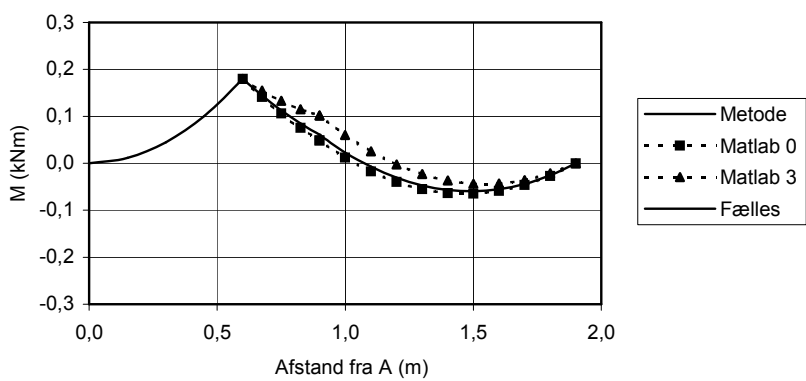
Eksempel 8

$RB_{22} = -0,35$ kN (se tabel B1)

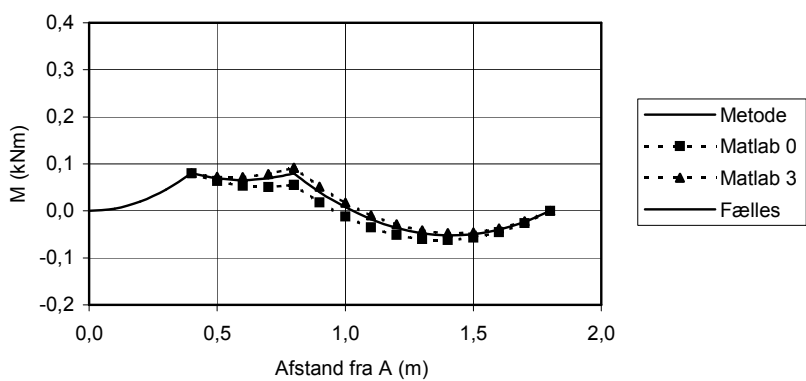
$f_2 = 2 \cdot f_1 = 2 \cdot u_g / g_{sax} = 0 \rightarrow RB_2 = 0$ kN

I eksempel 7 og 8 skal gavlsektionen altså ifølge metoden beregnes efter model 1 med $RB_2 = 0$.

Det ses i tabel B1, at der ikke er væsentlige trykreaktioner i punkt B2 ifølge Matlab-beregningerne, altså bliver $RB_2 \approx 0$, og metoden giver den korrekte model.



Figur B8. Momentkurver for eksempel 6.



Figur B9. Momentkurver for eksempel 4.

Tabel B2. Reaktionen, regnet positive som træk. Sammenligning mellem Forslag til algoritme og Matlab-beregninger. I eksempel 5, 7 og 8 er RB2 = 0, dvs. model 1 giver det korrekte resultat for disse tre eksempler.

Eksempel og model	RB2 (kN)	RB1 (kN)	RD (kN)
Eksempel 3			
Metode	-1,12	0,00	-0,12
Matlab 0	-1,33	0,32	-0,22
Matlab 3	-1,07	-0,07	-0,09
Eksempel 6			
Metode	-1,10	-0,12	-0,29
Matlab 0	-1,14	-0,06	-0,30
Matlab 3	-0,97	-0,30	-0,25
Eksempel 4			
Metode	-0,54	-0,57	-0,27
Matlab 0	-0,60	-0,48	-0,30
Matlab 3	-0,51	-0,61	-0,26

Anneks C

Lastkombinationer og -tilfælde for tagkonstruktioner

(Uddrag af dokumentation for SBI's lastberegningsmodul)

Side 25 af 28

Tabel C1. Lastbidrag ifølge DS 409/410/413:1998 og DS 409/410/413:1982 (tal i parentes henviser til noter under tabellen):

Betegnelse	Sym- bol	Partialkoefficient γ_f		Lastkombina- tionsfaktor ψ	Lastgruppe	
		1998	1982		1998	1982
Egenlast (kN/m ²)	<i>g</i>	1,0 (1)	1,0 (2)	-	<i>P</i>	<i>P</i>
Snelast (kN/m ²)	<i>s</i>	1,5 (3)	1,3	0,5	<i>K</i>	<i>M</i>
Vindlast (kN/m ²)	<i>w</i>	1,5 (3)	1,3	0,5	Ø	<i>K</i>
Punktlast på tagflade (kN)	<i>Q</i>	1,3 (3)	1,3	0	Ø	<i>K</i>

Noter: (1) 0,8 i lastkombination 2.2. (2) 0,85 i lastkombination 2.2.
(3) minus 10 % i lastkombination 2.2 (på grund af lav sikkerhedsklasse).

Tabel C2. Lastkombinationer og lastgrupper. Der er huller i rækkefølgen, fordi lastkombinationer med nyttelast er udeladt. De anførte k_{mod} -værdier gælder bl.a. for bøjningsstyrken af konstruktionstræ K18 i anvendelsesklasse 1 og 2/fugtklasse I og IU.

Lastkombination nr.			Lastgruppe		k_{mod}	
her	i DS 409	Beskrivelse	1998	1982	1998	1982
1	2.1	1,0 <i>g</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	0,60	0,75
3	2.1	1,0 <i>g</i> + γs	<i>K</i>	<i>M</i>	0,90	0,85
5	2.1	1,0 <i>g</i> + γs + ψw	Ø	<i>K</i>	1,10	1,00
6	2.1	1,0 <i>g</i> + γw + ψs	Ø	<i>K</i>	1,10	1,00
8	2.1	1,0 <i>g</i> + γQ	Ø	<i>K</i>	1,10	1,00
9	2.2	0,8 (0,85) <i>g</i> + γw	Ø	<i>K</i>	1,10	1,00

Tabel C3. Vindlasttilfælde for tagkonstruktioner. DS 410:1982. Områderne er vist på figur C1.

Kode	Vind fra	Område <i>F</i> , <i>G</i> , <i>K</i> , <i>H</i> , <i>J</i>	Område <i>N</i>	Område <i>B</i>	Område <i>L</i>
<i>a</i> , <i>f</i> , <i>i</i>	<i>V</i>	tryk	sug	sug	sug
<i>b</i> , <i>g</i>	<i>V</i>	sug	tryk	tryk	sug
<i>c</i> , <i>h</i>	<i>V</i>	sug	tryk	sug	tryk
<i>d</i>	<i>V</i>	tryk	tryk	tryk	sug
<i>e</i>	<i>V</i>	tryk	tryk	sug	tryk
<i>k</i> , <i>j</i>	<i>N</i>	sug	tryk	tryk	sug
<i>l</i>	<i>N</i>	sug	tryk	sug	tryk
<i>m</i> , <i>r</i> , <i>u</i>	Ø	tryk	sug	sug	sug
<i>n</i> , <i>s</i>	Ø	sug	tryk	tryk	sug
<i>o</i> , <i>t</i>	Ø	sug	tryk	sug	tryk
<i>p</i>	Ø	tryk	tryk	tryk	sug
<i>q</i>	Ø	tryk	tryk	sug	tryk
<i>w</i> , <i>v</i>	<i>S</i>	sug	tryk	tryk	sug
<i>x</i>	<i>S</i>	sug	tryk	sug	tryk

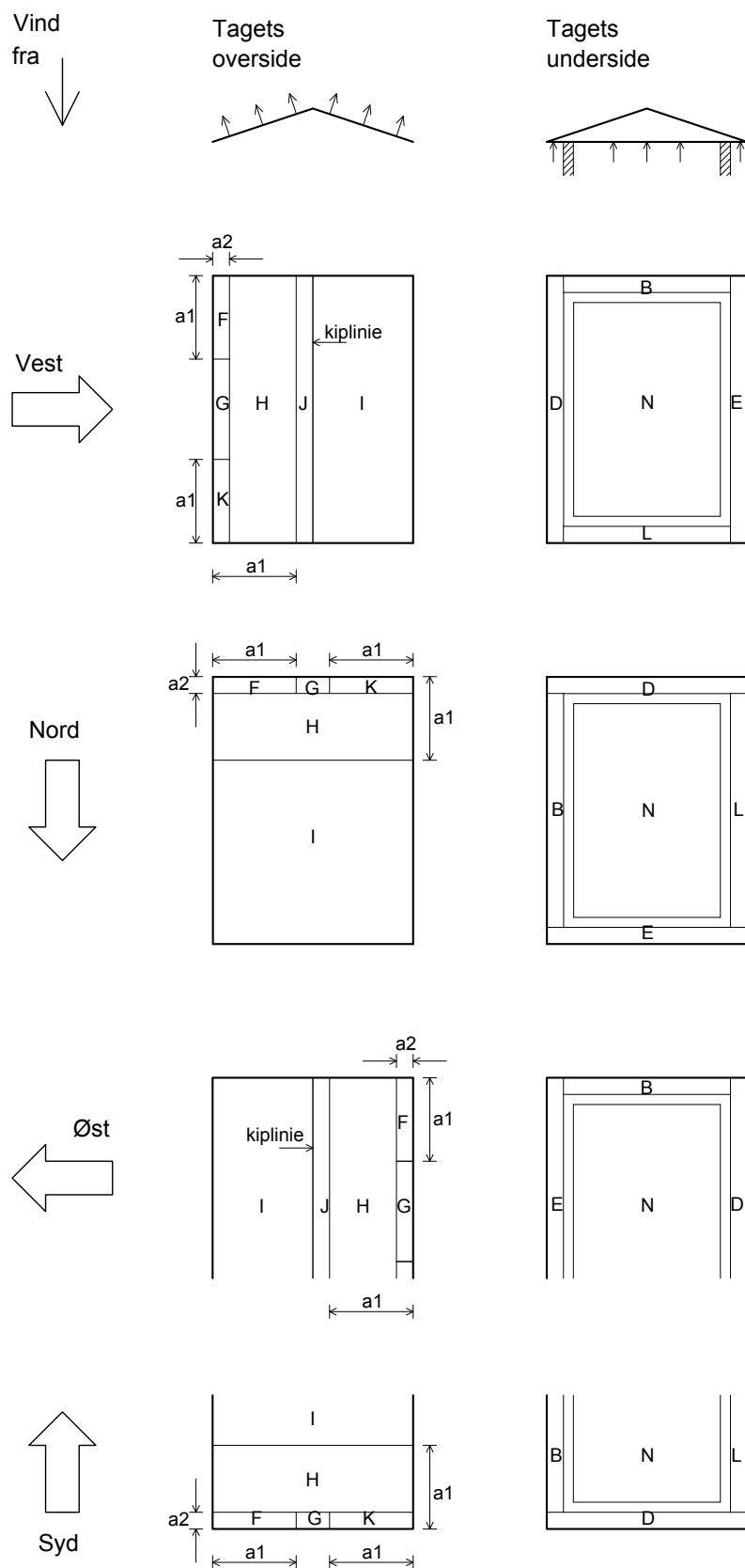
I alle vindlasttilfælde er der tryk i område *D* og sug i område *E* og *I*.

Tabel C4. Vindlasttilfælde for tagkonstruktioner. DS 410:1998. Områderne er vist på figur C2.

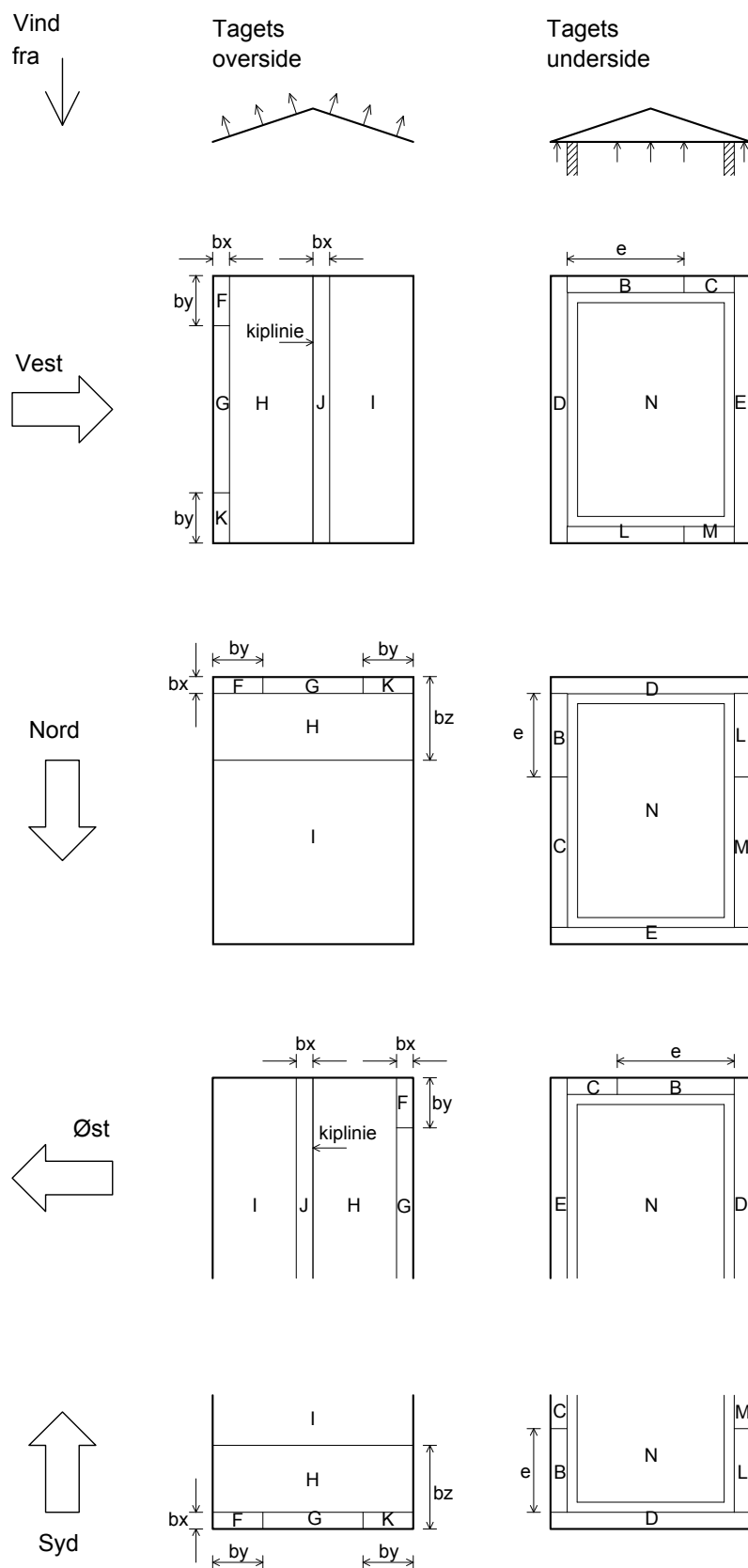
Side 26 af 28

Kode	Vind fra	Område <i>F, G, K, H</i>	Område <i>I og J</i>	Område <i>N</i>	Område <i>B, C</i>	Område <i>L, M</i>	Relevant <i>i LægteDim</i>
<i>a</i>	<i>V</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	✓
<i>b</i>	<i>V</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	✓
<i>c</i>	<i>V</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	✓
<i>d</i>	<i>V</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	✓
<i>e</i>	<i>V</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	✓
<i>f</i>	<i>V</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	
<i>g</i>	<i>V</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	
<i>h</i>	<i>V</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	
<i>i</i>	<i>V</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	✓
<i>j</i>	<i>N</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	✓
<i>k</i>	<i>N</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	✓
<i>l</i>	<i>N</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	
<i>m</i>	Ø	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	✓
<i>n</i>	Ø	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	✓
<i>o</i>	Ø	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	✓
<i>p</i>	Ø	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	
<i>q</i>	Ø	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	
<i>r</i>	Ø	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	✓
<i>s</i>	Ø	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	✓
<i>t</i>	Ø	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	✓
<i>u</i>	Ø	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	
<i>v</i>	<i>S</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	✓
<i>w</i>	<i>S</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>tryk (0)</i>	<i>sug</i>	✓
<i>x</i>	<i>S</i>	<i>sug</i>	<i>sug</i>	<i>tryk</i>	<i>sug</i>	<i>tryk (0)</i>	

I alle vindlasttilfælde er der tryk i område *D* og sug i område *E*.



Figur C1. Navngivning og mål-sætning af vindlastområder, svarende til DS 410:1982



Figur C2. Navngivning og målsætning af vindlastområder, svarende til DS 410:1998