



\* Interaktiv indholdsfortegnelse - klik på emne

<b>GENEREL PROJEKTERING</b>	<b>2</b>	<b>BEREGNINGSEKSEMPEL</b>	<b>6</b>
Elementgeometri	2	Belastninger	6
Geometri	2	Revnekriteriet	7
Længde	2	Balancekriteriet	7
Varianter	2	Sikkerhedsklasse	7
Armering	2		
Pilhøjder	2	<b>BÆREEVNE</b>	<b>8</b>
Vederlag	2	Bærevnetabel	8
		Bæreevne for lodret, nedadrettet last	8
Generelt	3	Bæreevne for lodret, opadrettet fladelast	8
Indstøbningsdele	4	Vandrette kræfter	8
Standard indstøbninger	4		
Andre indstøbninger	4	<b>DEFORMATION</b>	<b>8</b>
		Generelt	8
Overflader	4	Pilhøjder	9
		Eksempel	9
Normgrundlag	5		
Norm	5	Deformation	9
Kontrolklasse	5		
Miljøpåvirkning	5		
Tolerancer	5		
Sekundære påvirkninger	5		
Toppladen	5		
Overragende ender	6		
Skivevirkning	6		
Sidepåvirkning	6		
Ophæng	6		

## ELEMENTGEOMETRI

### Geometri

TTS plader fremstilles i fire standardtyper med højde henholdsvis 600, 720, 900 og 1020 mm i kippen. Hældningen fra kippen mod enderne er 1:40. Modulbredde er 2400 mm.

### Længde

Op til 36 meter, afhængig af belastning. Se bæreevne

### Varianter

Foruden standardtyperne kan TTS plader også fremstilles i afvigende bredder, idet det er muligt at variere bredden af toppladen ved hjælp af indlæg i formene.

Plader med kun én ribbe leveres ikke, derfor er minimumsbredden for smallere plader 1500 mm for TTS plader.

I plader med reduceret bredde er det muligt at øge tykkelsen af toppladen. Ændringen af formkanter er arbejdskrævende og dermed fordyrende. Det vil derfor normalt kun komme på tale ved større leverancer.

Der udføres skrå ender i vilkårlige grader. Vær dog opmærksom på overpladens bæreevne, specielt på flig af overplade ved overførsel af last fra andre bygningsdele.

### Armering

Forspændt armering

Der anvendes normalt liner i dimensionen 12,5 mm, der betegnes L12,5. Armeringen leveres i henhold til pr EN 10138.

Armeringsføring af den forspændte armering er normalt opbøjet. Ved opbøjet armering er armeringen fastholdt i underside i to nedspændingspunkter symmetrisk omkring kippen. Derfra spredes de i vifteform mod pladeenden.

### Pladenet og bøjler

Udføres af glat eller ribbet tråd i henhold til hhv. EN10025 og EN10080.

### Pilhøjder

På grund af armeringens forspænding vil pladerne få en pilhøjde, der varierer afhængig af belastning og andre påvirkninger.

Tolerancen på pilhøjden er + 50% dog minimum + 10mm.

Se information vedr. tolerancer for pilhøjde.

### Vederlag

Lejedybden skal fastsættes således, at det nødvendige vederlag er til stede ved maksimale målafgivelser. Lejedybden mindre end 100 – 120 mm kan normalt ikke sikre at dette opfyldes.

Ribben vil, i kraft af den indstøbte lejeplade og den høje betonstyrke, være i stand til at overføre de lodrette belastninger, der kan forekomme i henhold til bæretabellerne. Lasten må dog ikke stå på de yderste 20 mm af ribben, og den vandrette regningsmæssige påvirkning må ikke overstige 30 kN i ribbens længderegning.

Et typiske vederlag kan opdeles i 3 dele:

#### 1. TTS-ribben

Er som standard forsynet med en indstøbt, forankret lejeplade, som bl.a skal sikre mod skader ved afspændingen.

## 2. Mellemlægget

Skal sikre at der ikke overføres belastning på de yderste 20 mm af ribbe og underlag, samt optage eventuelle bevægelser.

## 3. Underlaget

Skal optage de lodrette og vandrette kræfter, som overføres gennem mellemlægget.

**Mellemlægget** afhænger af kravene til vederlaget:

1. Er der ingen vandrette bevægelser i selve vederlaget kan mellemlægget bestå af en simpel stålplade. Det er tilfældet, hvor underlaget kan følge med uden væsentlig modstand, som for eksempel ved relativt slappe indspændte søjler, bærende facader og lignende.
2. Ved moderate engangsbevægelser som svind og krybning fra et enkelt fag kan det normalt accepteres, at bevægelsen sker stål mod stål eller endda stål mod beton, forudsat at de resulterende friktionskræfter, der kan blive af betragtelig størrelse, kan optages.
3. Er der tale om større bevægelser – for eksempel ophobet fra flere fag – eller bevægelser der må forventes at optræde flere gange, bør der tilføjes en form for "glidelag" til mellemlægget. Der findes flere forskellige produkter på markedet til disse løsninger.
4. Hyppig eller meget store bevægelser kræver egentlige bevægelige lejer af neoprene, teflon eller lignende. I disse tilfælde må der foretages en egentlig dimensionering og indbygning efter leverandørens anvisninger.

**Underlaget** kan bestå af alle tænkelige bygningsmaterialer og afhængigt heraf må dimensioneringen foregå. Består underlaget af armeret beton – eventuelt forstærket med indstøbte beslag – vil løse lejeplader normalt være tilstrækkelige. Ved murværk må ofte anvendes en trykfordelende lejeplade for at begrænse normalspændingerne. Udover de lodrette kræfter skal underlaget naturligvis også optage de vandrette påvirkninger der forekommer. Endelig må de spaltekræfter imødegås, der opstår når normalspændingerne spredes.

## GENERELT

Ved udformningen af vederlagene skal der tages hensyn til alle de påvirkninger, der kan tænkes at forekomme. Den lodrette og vandrette last skal naturligvis kunne optages, men lige så vigtigt er det at tage højde for de knapt så veldefinerede tvangskræfter, der opstår når konstruktionens naturlige deformationer hindres i større eller mindre grad.

Vurdering af ekstraordinære påvirkninger – som for eksempel brand – skal også indgå i overvejelserne.

Vinkeldrejninger som følge af varierende belastning og krybning bevirker, at reaktionerne ikke kan regnes virkende centralt på vederlaget. Begrænsning af denne vinkeldrejning vil altid medføre en grad af indspænding, hvilket i praksis er uheldigt, da TTS pladerne ikke er egnede til optagelse af negative momenter. Der bør derfor altid sørges for, at vinkeldrejningerne kan foregå så frit som muligt – enten som bevægelse ved pladeoverside eller i selve vederlaget.

Længdeændringerne kan fremkalde meget store tvangskræfter. Der er tale om forkortelser på grund af betonens svind og krybning samt temperaturbevægelser.

Svind og krybning er i alt væsentligt en engangsforeteelse, som overstås i løbet af de første år af konstruktionens levetid. Temperaturbevægelser kan derimod være stærkt varierende i både størrelse og hyppighed, alt efter hvilken konstruktion det drejer sig om.

En fuldstændig hindring af længdeændringerne lader sig næppe gøre i praksis. Som regel er understøtningerne imidlertid så eftergivelige, at de resulterende kræfter kan optages, men er dette ikke tilfældet, må bevægelserne kunne udløses i selve vederlaget.

Det er ikke muligt at angive en enkelt, generelt anvendelig vederlagsudformning. Kravene variere fra projekt til projekt, og der må i hvert enkelt tilfælde vælges en læsning, der i rimelig grad opfylder kravene.

To skadetyper optræder med mellemrum:

1. Afskalninger af forkanten af underlaget eller yderste hjørne af TTS ribben, når lasten er koncentreret for tæt på kanterne, for eksempel ved at mellemlægget er forkert placeret. Vandrette kræfter kan øge skadesrisikoen.
2. Revnede underlag, som følge af vandrette kræfter, der er større end forudset, eller fordi armeringen, der skulle optage kræfter, er forkert placeret eller forkert udformet.

Skaden kan typisk fremkaldes ved, at en forudsat eftergivenhed af understøtningerne er hindret ved bygningshjørner, tværvægge og lignende. Der kan ligeledes være grund til at minde om, at armeringsjern ikke kan bukkes så skarpt som de kan tegnes, og at de heller ikke altid er placeret så nøjagtigt som de er vist på tegningerne.

Følgende grundregler vil udelukke de fleste af disse fejl:

1. Hold lasten væk fra de yderste 20-30 mm.
2. Brug indstøbte, forankrede lejeplader i bjælker og vægge af beton, hvis der kan opstå tvangskræfter.
3. Undgå fast forbindelse i begge ender til ueftergivelige underlag.

## INDSTØBNINGSDELE

### Standard indstøbninger

TTS pladerne er normalt forsynet med følgende standardindstøbningsdetaljer:

- Fugelåse eller stringere med svejsebeslag i faste moduler langs pladekant. Anvendes til samling af pladerne indbyrdes og som vederlag for eventuelle vaffelplader eller andre udfyldningselementer.
- Lejeplader med påsvejste ankre. Sikrer mod skader ved afspændingen samt i de endelige vederlag.
- Løftebøjler nær pladeende til anhugning ved aflæsning og montage.

### Andre indstøbninger

Indstøbningsmulighederne er begrænset af statiske og økonomiske hensyn samt af mulighederne for placering i formene.

Kabler, mindre rør og lignende, som ønskes ført gennem ribberne umiddelbart under toppladen, lader sig let etablere, gennem indstøbte A1-polystyren klodser. De tilpassede klodser findes i 100 og 250mm længde, og i 50, 100, 150, 200 og 250mm højde, og indstøbes i overgangen mellem ribbe og topplade. Antal og dimension af klodserne begrænses i øvrigt af statiske hensyn og af lineplacering.

Huller i toppladen bør generelt holdes fri af afrundingen mellem ribbe og topplade, for at undgå vanskelige tilpasninger i formene.

Ved huller for ovenlys bør man desuden være opmærksom på at huller udføres med 10 mm smig på sidekanter, så hullet er 20 mm større i begge retninger på pladeoverside.

Statiske hensyn kan begrænse størrelse eller placering af huller i toppladen, idet pladefligenes bæreevne er afhængig af, at netarmeringen og stringere er intakt.

Blandt andet må man sikre sig, at der er tilstrækkelig trykzone overalt.

Placering og udformning af beslag for fastgørelse af gavle afhænger af pladetype og af hvilke kræfter der skal overføres. Spæncom anviser gerne detailløsning, hvis det ønskes.

## OVERFLADER

Elementerne støbes med grå beton og overflader udføres jf. Bips publikation A24

Pladernes underside er glat, svarende til BO 42. Ribber og formender er BO 41. Oversiden er grov afrettet, svarende til BO 43.

TTS pladernes ender, der normalt ikke ses i det færdige byggeri, har en grovere karakter, og de afskårne spændeliner er synlige. Hvor pladeenderne ses i det færdige bygværk kan pladerne på bestilling leveres med skjulte lineender.

## NORMGRUNDLAG

### Norm

Dimensionerings grundlag er det europæiske normsæt – Sikkerhedsbestemmelser EC 0, Laster EC 1, Betonkonstruktioner EC 2 og Produktstandarden EN 13224 – Ribbeelementer til gulve incl. Nationale annekser.

### Kontrolklasse

Elementerne udføres i skærpet udførelseskontrol.

### Miljøpåvirkning

Passiv miljøpåvirkning-, dog er de forspændte liner afskåret bindig med endeflader og betonen er uden luftindblanding.

### Tolerancer

Tolerance krav er fastlagt, så de overholder kravene i produktstandarden, EN 13224, og tolerancer i [www.tolerancer.dk](http://www.tolerancer.dk).

De formelle tolerancekrav for længde-, højde- og breddemål er følgende:

<b>Længde</b>		<b>L/1000</b>
		min.: +/- 10 mm
		max.: +/- 30 mm
<b>Bredde</b>		<b>+/- 8 mm</b>
<b>Højde (H)</b>	<b>H ≤ 0,4 m.</b>	<b>+ 10 mm / - 5 mm</b>
	<b>H &gt; 0,4 m.</b>	<b>+/- 10 mm</b>
<b>Udsparinger og huller</b>	<b>Størrelse</b>	<b>+/- 10 mm</b>
	<b>Placering</b>	<b>+/- 20 mm</b>

Længdetolerancen er sammensat af bidrag fra afsætning, forkortelse på grund af forspænding og eventuel skæv placering af endeforskalling.

Bredde- og højdetolerancerne er normalt uden praktisk betydning. Længdetolerancerne er derimod bestemmede for valg af fugestørrelser ved sammenbygning. I praksis anvendes normalt lidt større fuger end overnævnte længdetolerance direkte skulle foreskrive.

Hvor flere TTS plader ligger i forlængelse af hinanden vil en fuger på 40 mm normalt være tilstrækkelig. Ligger en TTS plade mellem to faste vægge bør der ikke regnes med mindre end 30 mm luft i begge ender, når væggene placeres indenfor ± 10 mm fra korrekt position.

### Toppladen

TTS pladernes topplade er armeret med svejst net og dimensioneret for en jævnt fordelt regningsmæssige nytelast på  $1,6 \text{ kN/m}^2$ , udover egenvægt af isolering og tagpap. Hvor bæretabellerne angiver større bæreevne, kan denne altså kun udnyttes, hvis lasten koncentrerer sig over ribberne. Der må normalt ikke oplagres bygningsmaterialer af betydning. Påvirkningen fra disse oplagrede materialer må ikke overstige  $1 \text{ kN/m}^2$  eller  $1 \text{ kN}$  enkeltkraft pr.  $\text{m}^2$ . Dette gælder også oplagring af materialer og lignende i byggeperioden. Det må påses, at der ikke placeres paller med isolering eller pap, glasflakser eller lignende på isoleringen over pladeudsparinger. Såfremt isoleringen over pladeudsparinger påføres skader, skal der straks udskiftes. Tal med Spæncom i tvivlstilfælde.

### Overrørende ender

Ved kraftigt armerede plader er spændingerne i undersiden af ribberne, hidrørende fra forspændingen så store, at der ikke er overskud til optagelse af negative momenter. Som hovedregel gælder derfor, at TTS pladerne ikke må understøttes længere fra enden end løftebøjlerne, dvs. ca. 0,5 meter.

### Skivevirkning

TTS-pladerne kan overføre forskydningskræfter, der kan udnyttes til skivevirkning og dermed stabilitet. De resulterende stringerkræfter - tryk - og trækresultaterne må normalt optages i pladsstøbte stringer. Svejsesamlingerne optager principielt kun forskydningspåvirkningerne.

Ved bygninger med totaltænde over ca. 70 meter eller bredde over ca. 50 meter må der eventuelt efter nærmere undersøgelse etableres dilatationsfuger i tagskiven.

### Sidepåvirkning

TTS pladerne kan i overpladen med indstøbte, normal TTS fugelåse overføre vandrette belastninger på op til regningsmæssige  $25 \text{ kN/m}$ , dog skal det sikres, at disse kræfter kan optages ved vederlagene.

Ved gavle kan indstøbte gavlbeklag til overførelse af vandrette laster fra gavle. Overpladen i TTS pladerne kan betragtes som vandret liggende enkeltstående bjælker, der hver især kan overføre vandret last via bøjning. Hvert element kan således optage et moment af størrelsen  $120 \text{ kNm}$ .

TTS med fugelåse for Vaffel Lyd er specificeret til at optage en karakteristisk forskydningspåvirkning på  $6 \text{ kN}$  ( $9 \text{ kN}$  regningsmæssigt) i tagskivens plan. For plader, der er udsat for samtidig, vandret trækpåvirkning gælder, at forskydning og træk tilsammen skal begrænses til at de anførte  $6$  hhv.  $9 \text{ kN/m}$ .

De nævnte forskydnings-/trækkræfter og normalt forekommende trykpåvirkninger kan optages uden reduktion af de angivne, lodrette bæreevner.

### Ophæng

Lettere installationer og lignende kan normalt ophænges i undersiden af ribberne. Større ophæng kræver særlige foranstaltninger i form af særlige beslag eller en indstøbt ophængsarmering, der fører belastningerne til oversiden af ribbe. TTS pladens samlede bæreevne sætter en øvre grænse for, hvor store belastninger der kan hænges op, men fugelåsens evne til at fordele en uens belastning sætter som oftest en lavere grænse.

# BEREGNINGSEKSEMPEL

## BELASTNINGER

TTS tag med 27,6 meter spændvidde, med 4,8 m ståltrapezplader. Da ståltrapezpladerne dækker 4,8 meter tag, tredobles belastningerne fra ydre last på TTS pladen, eksempelvis fra snelast.

Isolering og pap (3 x 0,35)	1,05 kN/m <sup>2</sup>
Div. ophæng (3 x 0,1)	0,3 kN/m <sup>2</sup>
Egenvægt af ståltrapez plader (2 x 0,2)	0,4 kN/m <sup>2</sup>
I alt hvilende	1,75 kN/m <sup>2</sup>

Snelast (3 x 0,80)	2,40 kN/m <sup>2</sup>
Samlet forekommende last, udover egenlast TTS	3,91 kN/m <sup>2</sup>

Regningsmæssig last:  $1,75 + 1,5 \times 2,40 = 5,35 \text{ kN/m}^2$

Ud fra de beregnede belastninger vælges pladetyper efter følgende kriterier:

1. Den regningsmæssige bæreevne skal være større end den regningsmæssige last
2. Revnebæreevnen bør være større end den samlede forekommende last, for at sikre en revnefri konstruktion for fuld forekommende last.
3. Balancebæreevnen bør være af samme størrelsesorden som den samlede hvilende last, og være tilstrækkelig til at hindre uønskede nedbøjninger.

Af bæretabellerne for TTS'erne ses umiddelbart, at der kun kan være tale om at anvende pladetype TTS 90. Valg: TTS 90 med armering: 20 liner

20 L12,5	Lgd m	19,2	20,4	21,6	22,8	24,0	25,2	26,4	27,6	28,8	30,0	31,2
	qRd kN/m <sup>2</sup>	16,9	14,6	12,6	11,0	9,6	8,3	7,3	6,3	5,6	4,9	4,2
	Alst kritisk snit til kip m	1,6	1,7	1,8	2,3	2,4	2,5	2,6	5,5	3,4	3,5	4,2
	qrev kN/m <sup>2</sup>	12,5	10,7	9,1	7,8	6,7	5,8	4,9	4,2	3,6	3,1	2,6
	qbal kN/m <sup>2</sup>	6,9	5,7	4,6	3,8	3,0	2,4	1,9	1,4	1,2	0,8	0,5
	fløv mm	95,0	101,2	106,0	109,2	110,2	108,7	104,1	95,9	95,2	79,1	57,3
	fe1 mm	6,0	7,8	10,0	12,7	15,8	19,6	24,1	29,4	35,3	42,4	50,7
	Egenv ton	14,2	15,0	15,8	16,5	17,3	18,0	18,7	19,4	20,1	20,8	21,5

qRd = Regningsmæssig bæreevne. I = Transformatet Inertimoment  
qrev = Revnebæreevne. fløv = Leveringspilhøjde  
qbal = Balancebæreevne. fob = Nedbøjning for overbeton urevnet.  $\sigma=10$   
fe1 = Nedbøjning for 1 kN/m<sup>2</sup> urevnet.  $\sigma=7$   
Angivne egenfrekvens gælder for simpelt understøttet element belastet med egenvægt + 1/3 af revnebæreevnen.

<b>Forudsætninger</b>	Konsekvensklasse: CC2
Elementbeton fck: 45 MPa, fcd: 33,8 MPa	Kontrolklasse: Spærpet y: 1,330
Armering: Liner iht Spancom pro 0021	Kontrolklasse: Spærpet y: 1,140
DS/EN 1992 - 1-1, Beton, 2. udg + AC:2010 + NA:2013	Beregningsprogram: Bjælke v.3.00
Bæreevner gælder udover over egenvægt af element	Side 5 af 7

1. Den regningsmæssige bæreevne er 6,3 kN/m<sup>2</sup>. Der er altså en reserve på 0,95 kN/m<sup>2</sup>.
2. Revnebæreevnen er 4,2 kN/m<sup>2</sup>. Svarende til revnelast.
3. Balancebæreevnen er 1,4 kN/m<sup>2</sup>, hvilket er større end den hvilende last. Under deformation, er der anført en pilhøjdevurdering.

## REVNEKRITERIET

Selvom dette ikke er et normalkrav, dimensioneres Spæncoms elementer normalt således, at der ikke opstår revner for den maksimale belastning, der kan tænkes at forekomme. Revnebæreevnen angiver den belastning, der svarer til den første revnedannelse, idet den er beregnet således, at spændingen i undersiden netop svarer til betonens bøjningstrækstyrke. Hvis maksimalbelastningen på elementerne overstiger revnebæreevnen, må der eftervises, at revnevden ikke overskrider normens grænser, og desuden vil det som regel være tilrådeligt at sørge for, at revnerne er lukkede for den hvilende last. Disse eftervisninger kan ikke foretages på grundlag af bæretabellerne, men Spæncom foretager gerne de nødvendige beregninger.

## BALANCEKRITERIET

Vigtigheden af at kontrollere deformationerne afhænger helt af det enkelte projekt, men ønskes krybningsbevægelserne begrænset mest muligt, vil det ofte være balancebæreevnen, der er dimensionsgivende.

## SIKKERHEDSKLASSE

Bæretabellernes regningsmæssige bæreevner gælder for konstruktioner i normalt sikkerhedsklasse. Den samlede regningsmæssige bæreevne – inkl. pladens egenvægt – skal reguleres ned eller op i de særlige tilfælde, hvor konstruktionen skal henføres til henholdsvis høj eller lav sikkerhedsklasse. I høj sikkerhedsklasse skal den samlede bæreevne divideres med 1,1 og lav sikkerhedsklasse tilsvarende divideres med 0,9. Pladens egenvægt er angivet i bæretabellerne og kan tilstrækkeligt nøjagtigt regnes konstant i denne sammenhæng. Bæretabellens værdier er derimod beregnet med korrekt hensyntagen til, at pladen er lidt tungere på midten end ved enderne.

## BÆREEVNE

### BÆREVNATABEL

Pladehøjde vælges ved hjælp af viste tabeller. Bærevnetabellen angiver grænser for pladernes bæreevne ved maksimal armering.

### BÆREEVNE FOR LODRET, NEDADRETTET LAST

Disse fremgår af bæretabellerne, og der henvises til beregningseksemplet for nærmere fortolkning af disse tabeller. For last fra enkeltkræfter kan TTS optage en karakteristisk, lodret last på 1,0 kN fordelt på 100 x 100 mm, svarende til en regningsmæssig bæreevne på 1,3 kN. Der gøres opmærksom på, at det bør sikres at der ikke i byggeperioden kan optræde større belastninger, end det færdige tag er dimensioneret for. Endvidere gøres der opmærksom på, at der ved fastlæggelsen af belastning fra sne skal tages hensyn til evt. snesække, som kan øge snelasten væsentligt.

### BÆREEVNE FOR LODRET, OPADRETTET FLADELAST

Som standard kan TTS optage samme belastninger fra vindsug som Vaffel Lyd, regningsmæssigt på 1,6 kN/m<sup>2</sup>, idet egenvægten af elementet og isoleringen er indregnet med 80 % af egenvægten. Skulle disse vindsug

overstiges, må der træffes særlige foranstaltninger til optagelse af disse påvirkninger.

## VANDRETTE KRÆFTER

TTS pladerne kan i overpladen med indstøbte, normale TTS fugelåse overføre vandrette belastninger på op til regningsmæssigt 25 kN/m, dog skal det sikres at disse kræfter kan optages ved vederlagene.

Ved gavle kan indstøbes gavlbeslag til overførelse af vandrette laster fra gavle. Bæreevner af gavlbeslag for kombineret forskydning og træk fremgår af bæreevnediagrammet.

TTS med fugelåse for Vaffel Lyd er specificeret til at optage en karakteristisk forskydningspåvirkning på 6 kN/m (9 kN/m regningsmæssigt) i tagskivens plan. For plader, der er udsat for samtidig, vandret trækpåvirkning gælder, at forskydning og træk tilsammen skal begrænses til de anførte 6 hhv. 9 kN/m.

De nævnte forskydnings-/trækkræfter og normalt forekommende trykpåvirkninger kan optages uden reduktion af de angivne, lodrette bæreevner.

## DEFORMATION

### GENERELT

Betonens deformationer er sammensat af et elastisk og et plastisk bidrag. Det elastiske bidrag kommer momentant, medens det plastiske tilføres gradvist i tidens løb. Svind og krybning, som udgør den plastiske deformation, er i praksis engangsfænomener, som overstås i løbet af den første del af konstruktionens levetid.

Betonnormen angiver vejledende værdier på 7 og 25 for forholdet mellem betonens og stålets elasticitetsmoduler ved henholdsvis korttids- og langtidspåvirkninger. Disse værdier danner grundlag for deformationsvurderingerne, idet der på leveringstidspunktet normalt regnes med middelværdien 16.

Tallene kan fortolkes således:

En elastisk deformation på 7 mm vil med tiden øges med en plastisk deformation på 18 mm til i alt 25 mm, når påvirkningen holdes uændret. Halvdelen af den plastiske deformation antages at ske inden levering, på hvilket tidspunkt den samlede deformation altså vil være  $7 + 9 = 16$  mm og restdeformationen derefter 9 mm.

### PILHØJDER

Frem til leveringstidspunktet svarer påvirkningen til balancebæreevnen opadrettet, og pilhøjden er derfor beregnet som:

$$\text{Leveringspilhøjde} = q_{\text{bal}} * f_{e1} * 16/7$$

$f_{e1}$  er den elastiske nedbøjning for en enhedslast på 1 kN/m<sup>2</sup>, og fremgår af bæretabellerne. Efter indbygningen, når den stadig virkende last er påført, svarer påvirkningen til balancebæreevnen minus den stadig virkende last, og man kan derfor regne: Restdeformation =  $(q_{\text{bal}} - q_{\text{stadig}}) * f_{e1} * 9/7$

En deformationsvurdering efter disse regler er naturligvis forenklet. Såfremt man har nøjere kendskab til tidsforløb, fugtighed m.m. kan man ved hjælp af speciallitteraturen opnå en noget nøjagtigere vurdering, men som oftest er denne uden betydning, da væsentlige variationer ikke kan undgås. Læs mere under tolerancer

Forskel i lagringstid er den dominerende årsag til disse variationer. Lagringstidens indflydelse ses af udtrykket for leveringspilhøjden, idet forholdet 16/7 varierer fra 7/7 til 25/7, når lagringstiden øges fra nul til uendelig. Samtidig vil forholdet i udtrykket for restdeformationen gå fra 18/7 til nul, idet summen af de to forhold er konstant: 25/7

Betydningen af den stadige last fremgår af udtrykket for restdeformationen; afhængig af om den stadige last er

større eller mindre end balancebæreevnen vil pilhøjden øges, mindskes eller holde sig uændret. For en plade, der påvirkes af en stadig last på ca. 1,6 gange balancebæreevnen, vil pilhøjden i tidens løb aftage til nær nul.

## Eksempel

TTS 90/240, fra beregningseksempel. Leveringspilhøjden i bæretabellen er beregnet til 82 mm for en armering på 16 liner. Af tabellen aflæses desuden, at nedbøjningen for en last på 1 kN/m<sup>2</sup> vil være 16 mm.

Ud fra disse tal kan opstilles følgende vurdering af pladens pilhøjder:

Leveringspilhøjde	82 mm
Nedbøjning for hvilende last	-30 mm
Efter færdiggørelse	52 mm
Krybning (2,5 - 1,9) x 10 x 9/7	2 mm
Efter oversået krybning	54 mm
Nedbøjning for snelast: 2,16 x 16	-35 mm
Med fuld belastning	19 mm

## DEFORMATION

Normalt må der regnes med, at leveringspilhøjderne kan variere ca. 50 % for ens plader. Efter denne tommelfingerregel må man altså forvente følgende grænseværdier af pilhøjderne:

For hvilende last, max. 52 + 41	=	93 mm
For hvilende last, min. 52 - 41	=	-11 mm
Med sne, min. 19 - 41	=	-12 mm

Disse ekstremværdier må sammenholdes med, hvad der kan tolereres i det enkelte projekt, men det må erindres, at det drejer sig om enkelte elementer – særlig unge eller særlig gamle elementer. Flertallet af elementerne vil have pilhøjder omkring det normale. Deformationsvurderingen bør altid baseres på et realistisk skøn over den belastning, der må regnes at virke til stadighed.

vinkeldrejninger

Sammen med pilhøjdeændringerne optræder der tilhørende vinkeldrejninger ved vederlagene.

I beregningseksemplet fandt vi en nedbøjning for sne på 35 mm og en krybning på 2 mm – i alt en bevægelse på 33 mm efter oplægningen. Men en spændvidde på 24 meter svarer dette til en vinkeldrejning på ca.  $4 \cdot \frac{33}{21600}$  eller ca. 6 ‰.

Denne vinkeldrejning vil give anledning til at oversiden af TTS enden vil bevæge sig ca. 4 mm vandret i forhold til vederlaget, idet eksemplets plade er 570 mm høj ved vederlaget. Vinkeldrejningen vil desuden bevirke en flytning af reaktionen på vederlaget.

Vinkeldrejningen, der hører til leveringspilhøjden, kan ikke angives med større nøjagtighed, da udbøjningsfiguren er kompliceret. 10 ‰ kan være en typisk værdi.

længdeændringer

Pladerne forkortes sig elastisk ved afspændingen. Denne forkortelse kompenseres derfor ved afsætning af pladelængden i formene.

Som følge af svind og krybning for forspændingskraften vil TTS pladerne yderligere forkortes i tidens løb, altså også efter indbygningen. Når pladerne har nået en alder på ca. 2 måneder, kan størrelsesordenen af restsvind og – krybning anslås til ca. 0,3 ‰.

Temperaturbevægelser følger de kendte love: ca. 1 ‰ pr. 1000 C.