Projektering:

Xtrumax

huldæk



* Interaktiv indholdsfortegnelse - klik på emne

GENEREL PROJEKTERING

Elementgeometri 2
- Tykkelser 2
- Længder 2
- Bredder 2
- Armering 3
- Pilhøjde 3
- Vederlag 3

Andre geometriske udformninger 4
- Drænhuller 4
- Udsparinger 4
- Skrå afskæring 5
- Overbeton 5
- Udstøbning af kanaler 5
- Udsparing ved overside i vederlag 5
- Udveksling 6

Indstøbningsdele 6
- Standard indstøbninger 6
- Andre indstøbninger 6

Overflader 6

Normgrundlag 6
- Norm 6
- Kontrolklasse 6
- Miljøpåvirkning 6
- Brandkrav 6
- Tolerancer 7

Sekundære påvirkninger 7
- Forskydning 7
- Hammerhovedudsparinger 7
- Robusthed 8
- Lokaltryk 8
- Tværfordeling 8

BEREGNINGSEKSEMPEL

Sikkerhedsklasse 9

Lokale svækkelser 10

Revnekriteriet 10

Balancekriteriet 10

DEFORMATION

Generelt 11

Vinkeldrejninger 11

Længdeændringer 12
- Eksempel 12

CONSOLIS SPÆNCOM

GENEREL PROJEKTERING

ELEMENTGEOMETRI

Tykkelser

Xtrumax huldæk er et registreret varemærke, der udføres som EX18 (180mm), EX22 (220mm), EX27 (270mm), EX32 (320mm) og EX40 (400mm).

Længder

Xtrumax huldæk skæres på formbordet og kan leveres i vilkårlige længder.
Elementlængder under 1,5 m udføres ikke.

Bredder

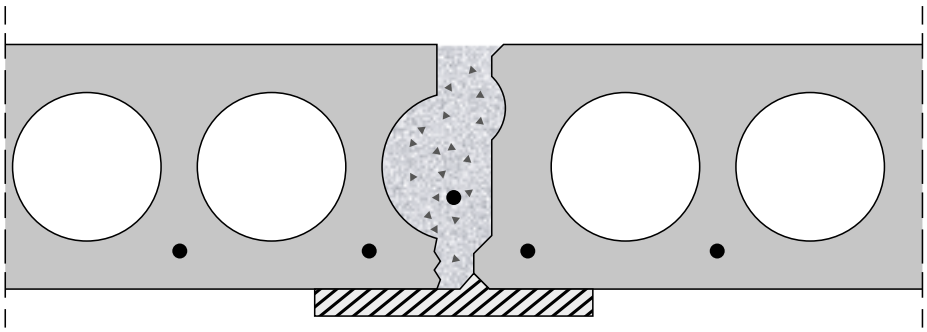
Normalt har Xtrumax en fuld bredde på 1197 mm.

Det er muligt at skære Xtrumax i smallere udgaver end standardbredderne. Dog ikke mindre end: 350 mm for EX18 280 mm for EX22 320 mm for EX 27, EX32 og EX40 (elementmål).
Ved meget smalle elementer bør det overvejes at erstatte disse med udstøbning mellem pladerne, da dette vil være økonomisk fordelagtigt. Der skal under alle omstændigheder forskalles jf. nedenstående skitse.

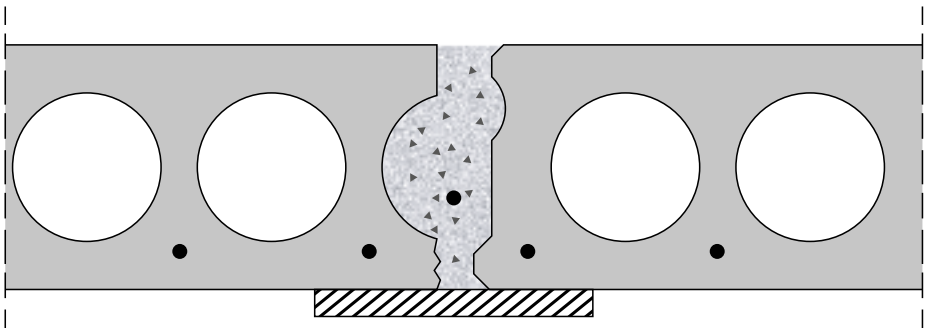
Bemærk at affasningen i undersiden falder væk ved de smallere plader, og at der kan forekomme mindre afskalninger langs kanten.

Udstøbningen kan udføres som enten figur A (med affasning) eller figur B (uden affasning).

Figur A



Figur B



Armering

Forspændt armering
Der anvendes liner i dimensionerne: L9,3 og L12,5, hvor tallene angiver den ydre diameter i mm.
Armeringen leveres i henhold til EN 10138 med følgende garanterede brudstyrker:
L 9,3 - 97 kN
L 12,5 - 173 kN

Slap armering
Armering i overside, der udnyttes som tværarmering, udføres som ribbet armering iht. DS/EN10080.

Pilhøjde

Elementerne støbes i forme uden pilhøjde. Pilhøjderne hidrører alene fra de deformationer, som betonen undergår som følge af forspænding, ydre last og differenssvind. Størrelsen af betonens deformationer afhænger af adskillige forhold, som uundgåeligt varierer en del. De to væsentligste er lagringsforhold og afspændingsstyrke.

Som konsekvens heraf kan pilhøjderne allerede ved levering variere betydeligt, og det vil som regel være umuligt at forudsige pilhøjden for en given plade med større nøjagtighed.

Som "tommelfingerregel" gælder, at pilhøjderne for et antal i øvrigt ens elementer kan variere ± 50 % i forhold til gennemsnittet, dog mindst ± L/700 hvor L er elementlængden.

Gennemsnittet for en leverance ligger erfaringsmæssigt tæt på den beregnede værdi, når lagringstiden ikke afviger væsentligt fra den forudsatte.

De beregnede teoretiske pilhøjder svarer til en lagringstid på ca. en uge.

Vil man undtagelsesvis forsøge at vurdere pilhøjdens tidsmæssige udvikling, henvises til litteraturen.

Opretning af pilhøjder
Under montering er det muligt at udføre en justering af pilhøjde forskelle på elementer. Dette kan gøres dels ved justering af vederlag for dæk og om nødvendigt kan en tvangsdeformation på op til 1,5 gange deformationen ved en belastning på 1 kN/m^2 tillades jf. bæreevnetabeller. Dette kan udføres opad på det ene dæk og nedad på nabodæk, så mest mulig opretning opnås.

Vederlag

Tolerancevurdering
Ved projekteringen må der fastlægges vederlagsdybder, der selv ved uheldige sammenfald af måleafvigelserne sikrer, at minimumsvederlaget på 55 mm er intakt. Elementerne er forsynet med en markering af vederlag svarende til minimalt nom. vederlag på 55 mm.

Ved særlig omhyggelig montage og kontrol af tolerancerne kan der projekteres med 65 mm vederlag på 150 mm vægge eller bjælker. Dette gælder dog kun for elementer med l ≤ 7,2 m.

Ved længder større end 7,2 m, må det anbefales at øge vederlagsdybden, eller på anden måde tage højde for den større tolerance på elementlængden.

Skulle en overskridelse trods alt forekomme må der korrigeres, f. eks. ved at ombytte pladen med en tilsvarende, der overholde det nominelle mål.

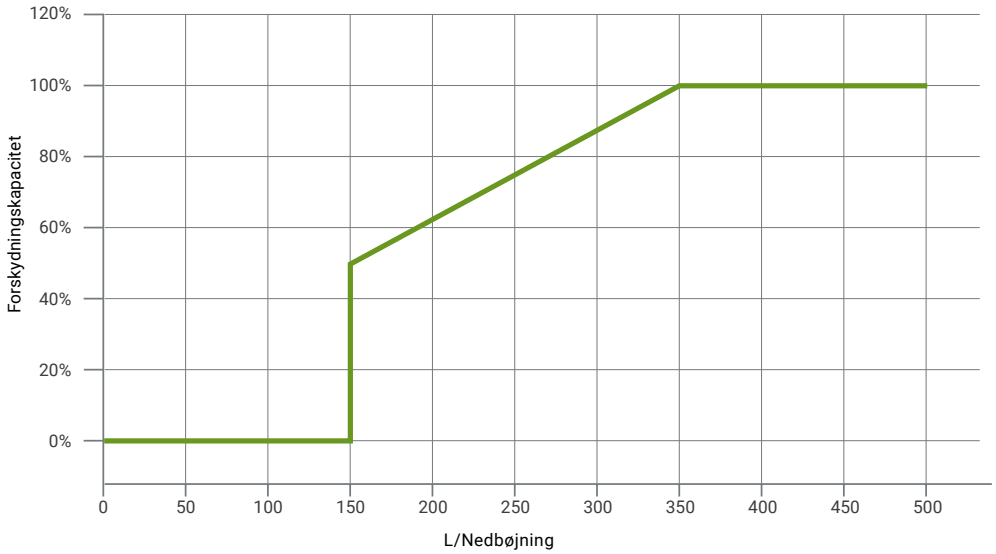
I det følgende eksempel er der regnet med en længdetolerance på ± 12 mm ligeligt fordelt i forhold til modullinierne. Denne tolerance gælder for plader med standardlængder op til 7,2m
Det forudsættes at EX-pladerne placeres med længdetolerancen ligeligt fordelt, hvorved de maksimale avigelser fra teoretiske placering i forhold til modullinie bliver:

Vægkant	**± 7 mm**
Pladeeende	**± 6 mm**
Pladeende i forhold til vægkant	**± 13 mm**

De sandsynlige afvigelser kan anslås at være kvadratroden af kvadratsummen af de respektive maksimale afvigelser – altså ca. ± 10 mm for lysvidden og ± 9 mm for det resulterende vederlag.

På en 150 mm væg er der en nominel vederlagsdybde på 65 mm, idet der regnes 20 mm fuge mellem pladeenderne. Efter ovenstående vurdering vil alle vederlag sandsynligvis være større end 65 – 9 = 56 mm og derved acceptabel. Ved et direkte sammenfald af de maksimale afvigelser kan der forekomme vederlag helt ned til 52 mm, men risikoen herfor er beskeden.

Ved vederlag på glat og eftergiveligt underlag, såsom slanke stålbjælker, kan huldækkets forskydningskapacitet blive reduceret som følge af bjælkens nedbøjning. Forskydningskapaciteten reduceres anslået til 50 % ved en nedbøjning på L/150. Reduktionen af den anslåede forskydningskapacitet i forhold til bjælkens nedbøjningen er som følger:



Forskydningskapaciteten kan i begrænset omfang øges ved at udstøbe huldækkets kanaler over vederlaget. Derfor anbefales det, at der designes med en udstøbning på 300 mm ind i dækkets kanaler. Det er den detailprojekterendes ansvar, at dette fremgår af projektet.
Under montagen skal de berørte kanalpropper skubbes ind i kanalen til den rette placering.

ANDRE GEOMETRISKE UDFORMNINGER

Drænhuller

Xtrumax er som standard ikke udført med drænhuller. Medmindre andet aftales er det kunden, der udfører drænhuller. Vær opmærksom på, at massivstøbninger kan fordre ekstra drænhuller.

Udsparinger

Xtrumax produceres så industrielt som muligt, hvorfor udførelse af udsparinger under selve fremstillingen ikke er fordelagtig. Udsparinger op til 200 mm i dimension udføres på byggeplads (af kunde medmindre andet er aftalt). Udsparinger over denne dimension kan udføres ab fabrik, men dog kun rektangulære. Under "beregningseksempel" er der anvist en simpel metode til vurdering af bæreevnen ved udsparinger. Udsparinger udføres enten ved udgravning under støbning eller ved efterfølgende skæring i dæk.

Omfanget af udsparinger bør begrænses, således produktionen kan gennemføres i den normale døgncyklus. Det er ofte en bedre og billigere løsning at bore mindre huller på stedet frem for at indføre ekstra varianter. Huller der bores mellem linerne vil normalt være uden betydning for bæreevnen, men det er vigtigt, at man sikrer, at der ikke utilsigtet skæres i armeringen. Målene på udsparingerne bør afpasses efter kanalerne, som findes af tværsnitstegningerne. Oversigt over hensigtsmæssige dimensioner og placering ses af nedenstående.

Udsparinger skal placeres under hensyn til placering af løft og håndtering med løfteåg.

Der gælder bl.a. følgende:
Afstand fra udsparinger til løfteankre > 300 mm.

Der må ikke være side udsparinger i områder inden for løftetangen. Indvendige udsparinger i disse områder kan medføre en reduktion af den maksimal tilladelige vægt, der må løftes ved brug af løfteåg.

Hovedregel for udsparinger er, at såfremt:
b < 200 mm føres udsparingen ud til enden,
a < 2 ribber udføres udsparingen som kantudsparing.

Udsparingens længde må maksimalt være 2 meter, dog ikke over 1/3 af dækkets længde.

Nedenstående er en oversigt over de maksimale udsparingsbredder, der kan laves, såfremt statiske hensyn tillader det.

Type	Kant	Indvendige mål
EX18	425	500
EX22	355	480
EX27	430	340
EX32	430	330
EX40	430	330

Afpasses udsparingernes placering ikke efter kanalerne, får man en ekstra svækkelse af pladen.

Skrå afskæring

Xtrumax kan udføres med skrå afskæring af enderne.
Opmærksomheden henledes på, at dæk der skæres med vinkler under 45o giver anledning til større tolerancer, hvilket kræver større vederlag hhv. tolerance til nabo dæk. Oftest vil en alternativ løsning med en blanding af huldæk og udstøbning mellem dækkene være en bedre total økonomisk løsning, da skrå ender under 45o er dyre at producere.

Der er risiko for en vis brækage af de spidse hjørner, idet hele vægten overføres her, når elementet får pilhøjde ved afspændingen i formen. De blivende vederlag bør også indrettes med varierende højde afpasset efter den forventede pilhøjde. Skrå ender kræver større tolerancer, og dermed større vederlag for denne type af varianter.

Den statiske betydning af det skrå vederlag bør overvejes – især for lange eller hårdt belastede plader.

Overbeton

Brug af overbeton kan give en øget skivevirkning, udover dækkets kapacitet på 20 kN/m og kan minimerer effekter fra pilhøjdeforskelle.

Udstøbning af kanaler

Xtrumax kan leveres med udsparinger i overside, så lokale udstøbninger af èn eller flere kanaler kan udføres på byggeplads samtidig med fugeudstøbning. Løsningen kan anvendes, hvor der er brug for øget egenvægt eller der skal udføres sekundære befæstigelser.

Åben kanal
Vi kan udføre elementerne med åbnede kanaler i vilkårlige længder, afhængig af bæreevne og håndteringskrav.

Udsparing ved overside i vederlag

Vi kan lave udsparinger i oversiden for bedre plads til stringer armering eller i forbindelse med oplægning ind i stålprofiler.

Udveksling

Hvis der ikke umiddelbart er vederlag for dækkanten, kan der indlægges et udvekslingsbeslag.

Som standard er Xtrumax ikke forsynet med kantudsparing i siden for tilpasning til udveksling. Denne udføres på stedet.

INDSTØBNINGSDELE

Standard indstøbninger

Som standard er Xtrumax-plader ikke forsynet med indstøbninger udover spænd armering.

Andre indstøbninger

Løft er, med mindre andet er aftalt, normalt indstøbt i 1200 mm brede plader og altid i pasplader.
Der kan indstøbes tværarmering i overbetonen. Tværarmeringen lægges i af maskinen under støbeproces, hvorved relativt store placeringstolerancer opstår. I 1200 mm brede plader kan der laves hammerhoved udsparinger for indstøbning af armering i forbindelse med eks. stringere. Samlingen placeres normalt pr. 1500 mm og har en forskydningsbæreevne på 30 kN. Selve pladen kan overfører en skivelast på 20 kN pr. løbende meter i regningsmæssige forskydning, heri forudsat, at træk på tværs af dækket er optaget andet sted.

OVERFLADER

Udføres jf. bips publikation A24.

Elementets underside er glat, svarende til BO28. Formsider og formende er glat svarende til BO41. Oversiden er grov afrettet, svarende til BO43, dog med lokale planhedsafvigelser på ± 8 mm på EX18-EX27 og ± 12 mm på EX32-EX40.

NORMGRUNDLAG

Norm

Dimensioneringsgrundlag er det europæiske normsæt – Sikkerhedsbestemmelser EC 0, Laster EC 1, Betonkonstruktioner EC 2 og Produktstandarden EN 1168 – Huldækelementer incl. Nationale annekser.

Kontrolklasse

Elementerne udføres i skærpet udførelseskontrol.

Miljøpåvirkning

Xtrumax henføres til passiv miljøpåvirkning i henhold til ovenstående normer. De forspændte liner er afskåret binding med endefladen.
Efter aftale kan miljøpåvirkningen ændres til moderat.

Brandkrav

Alle dæktyper kan branddimensioneres efter nærmere aftale iht. normens anvisninger.

Tolerancer

Tolerancekrav er fastlagt, så de overholder kravene i produktstandarden, EN 1168 og tolerancerne anført i www.tolerancer.dk.

Længde under 7,2 meter	**+/- 12 mm**	
Længde mellem 7,2 og 14,4 meter	**+/- 20 mm**	
Længde over 14,4 meter	**+/- 30 mm**	
Tykkelse	**+/- 8 mm**	**for EX18 til EX27**
	+/- 12 mm	**for EX32 og EX40**
Bredde	**+/- 5 mm**	

Disse tolerancer gælder for normale elementer. For varianter med reduceret bredde er breddetolerancen ± 20 mm og for varianter med skrå afskæring af ender, er tolerancen på længden ± 30 mm.

Længdetolerancen er sammensat af bidrag fra afsætning, forkortelse på grund af forspænding og savningens vinkelafvigelse. Længdetolerancerne er bestemmende for valg af vederlagsdybder og fugestørrelser ved sammenbygning.
For yderligere information - se under vederlag. Breddetolerancerne er normalt uden praktisk betydning, hvorimod tykkelsestolerancen må medtages i vurdering af, hvor store variationer der må påregnes i koten til det færdige rådæks overside.

Udsparinger kan normalt regnes placeret med en tolerance på ± 20 mm og har en dimensionstolerance på ± 30 mm.

SEKUNDÆRE PÅVIRKNINGER

Forskydning

EX-pladerne kan overføre forskydningskræfterne, der kan udnyttes til skivevirkning og til fordeling af lodrette laster. I snit parallelt med pladernes længderetning må den vandrette regningsmæssige forskydning ikke overstige 25 kN pr. løbende meter. Ved vandret forskydning over 5 kN/m skal stringerarmeringen i dækskiverne være tilstrækkelig til at sikre, at fugerne ikke åbner sig. Der kan regnes med følgende minimumskrav til stringerarmering (styrkeklasse 550 MPa):

Forskydning pr. meter fuge	mm^2 armering på tværs pr. meter langsgående elementfuge
25 kN/m	**75 mm^2**
20 kN/m	**62 mm^2**
15 kN/m	**49 mm^2**
10 kN/m	**37 mm^2**

Hammerhovedudsparinger

Hammerhovedudsparinger udføres kun i 1,2 m bredde elementer og anvendes alene, hvor der er behov for optagelse af udadrettet last på dækskiven.
Randarmeringen fastholdes således af armeringen i hammerhovedudsparingerne, og ved samtidig anvendelse af tilstrækkelig tværarmering i oversiden af dækket kan der overføres træk til dækskiven.

Ved anvendelse af hammerhovedudsparinger pr. 1,5 m armeret med 2 Y8 bøjler kan der eksempelvis overføres træk på 6 kN/m regningsmæssig last i kombination med en regningsmæssig skivelast på 25 kN/m.

For overførelse af større vandret udadrettet last eller ved lange dækspænd kan der sammenkobles det nødvendige antal dæk ved anvendelse af fladjern på oversiden af dækkene fastgjort i dækfuge og/eller massive kanaler.

Den maksimal tilladelige regningsmæssige forskydningslast på 25 kN/m i skiven kan overføres uden anvendelse af hammerhovedudsparinger til eksempelvis indvendige stabiliserende vægge via den uarmerede forskydningsfuge og den omsluttende stringerarmering.

Restbeton fra fremstillingen af hammerhovedudsparinger komprimeres som standard i dækkets yderste kanal. Projektspecifikt er det dog muligt at tilvælge oprensede kanaler omkring udsparingerne.

Robusthed

Hammerhovedudsparinger placeres og armeres generelt i henhold til den aktuelle last, men robusthedskravet på 30 kN/m, svarende til høj konsekvensklasse CC3, vil være opfyldt med hammerhovedudsparinger pr. 1,5 m armeret med 2 Y8 bøjler.

Lokaltryk

Enkeltkræfter på pladerne er begrænset af pladernes "globale" bæreevne, men også den lokale bæreevne må tilgodeses. Ved placering nær vederlagene kan enkeltkræfter belaste en enkelt ribbe til forskydning, og ved en egentlig punktlast kan den lokale bæreevne af "loftet" over en kanal blive afgørende.

Egentlige punktlaster må derfor begrænses til 10 kN regningsmæssigt og enkeltkræfter fordelt på mindst 150 x 150 mm må ikke overstige 20 kN.

Større punktlaster vil i visse tilfælde være muligt afhængigt af placering og armering i dækket. Der henvises til EN1168 afsnit 4.3.3.2.4.

Tværfordeling

Forudsat at der findes en passende tværarmering ved pladeenderne, som holder længdefugerne sammen, kan der overføres betydelige lodrette forskydningskræfter over disse. Da EX-pladerne er meget vridningsstive i urevnet tilstand, opnås der på denne måde en betydelig tværfordeling i brugstilstanden. Ved deformationsbetragtninger er det således realistisk at antage enkeltkræfter placeret midtspænds fordeles ligeligt over et kvadratisk pladefelt.

Ved overbelastning falder vridningsstivheden imidlertid som følge af revnedannelse, og over for regningsmæssig last må der derfor regnes med en væsentligt mindre tværfordeling.

For en nøjagtigere vurdering af lastfordelingen henvises til: EN1168/anneks C.

BEREGNINGSEKSEMPEL

Boligdæk med 8,4 m. spændvidde iht. 2006 normsæt.

Gulvbelægning	**0,5 kN/m²**
Lette vægge	**1,5 kN/m²**
I alt hvilende	**2,0 kN/m²**
Nyttelast	**2,0 kN/m²**
Samlet karakteristisk last	**4,0 kN/m²**
Regningsmæssig last: 2,0 x 1,5 + 2,0 =	**5,0 kN/m²**

Ud fra de beregnede belastninger vælges pladetypen efter følgende kriterier:

1. Den regningsmæssige bæreevne skal overholde normernes krav.
2. Revnebæreevnen bør være tilstrækkelig til at sikre en revnefri konstruktion.
3. Balancebæreevnen bør være tilstrækkelig til at hindre uønskede nedbøjninger.

Af bæreevnetabellen ses, at pladetypen EX 22 har tilstrækkelig bæreevne. Opgaven er blot at vælge et passende armeringstrin:

Bæreevner udover egenvægt i kN/m² ifl. EC2, 2. udg. 2005

egv i kN excl. fugebeton		Pr. plade		17,9	20,1	22,3	24,6	26,8	29,0	31,2
Armering		Spændvidde		4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4
7 L9,3 - **EX22**	M_{Rd}	105,21 kNm	q,Rd	27,2	20,8	16,2	12,9	10,3	8,3	6,7
	V_{Rd}	80,51 kN	q,vRd	24,7	21,6	19,1	17,1	15,4	14,0	12,7
	MmREI60	87,77 kNm	qmREI60	22,2	16,8	13,0	10,2	8,0	6,4	5,1
	MmÅbnFak0,02	62,01 kNm	qmÅbnFAk0,02	14,7	10,9	8,2	6,3	4,7	3,6	2,6
	MmÅbnFak0,04	74,94 kNm	qmÅbnFAk0,04	18,4	13,9	10,6	8,2	6,4	5,0	3,8
	MmÅbnFak0,06	85,27 kNm	qmÅbnFAk0,06	21,4	16,3	12,6	9,8	7,7	6,1	4,8
	VvBrand	54,08 kN	qvBrand	15,5	13,5	11,8	10,4	9,3	8,3	7,5
	MmREI120	34,27 kNm	qmREI120	6,7	4,6	3,1	2,0	1,2	-	-
	MmREI120	79,80 kNm	qmREI120	19,9	15,0	11,5	9,0	7,0	5,5	4,3
	Mrev	96,21 kNm	q,rev	24,6	18,8	14,6	11,5	9,1	7,3	5,9
	Mbal	34,42 kNm	q,bal	6,7	4,6	3,1	2,0	1,2	0,5	0,0
	f_{lev} i mm		f_{lev}	5,0	5,5	5,8	5,6	4,8	3,4	1,0
	f_{e1} i mm		f_{e1}	0,3	0,5	0,8	1,1	1,6	2,2	3,0
	Egensvingning	Hz	$f_{,1}$	19	16	14	12	11	10	9

Minimal armering: 7 L9,3

1. Den regningsmæssige bæreevne 6,7 kN/m² er for så vidt tilstrækkelig, idet kravet er 5,0 kN/m².

2. Revnebæreevnen andrager 5,9 kN/m². Da denne er større end den samlede karakteristiske last er pladen revnefri ved fuld belastning.

3. Balancebæreevnen er kun 0,0 kN/m². Da den hvilende nyttelast på 2,00 kN/m² er væsentligt større, vil pladen have en tydelig tendens til at sætte sig. Pilhøjden formindskes altså i tidens løb.

For at undgå problemer som følge af disse langtidsdeformationer kan vælges:

Anbefalet armering: 2 L12,5 + 6 L9,3

1. Den regningsmæssige bæreevne øges til 10,0 kN/m². Ved at vælge denne armering opnås altså en regningsmæssig bæreevnereserve på 5,0 kN/m². Den overskydende bæreevne muliggør lokale svækkelser af dækket i form af udsparinger.

2. Revnebæreevnen er fortsat rigelig.

3. Balancebæreevnen er 1,4 kN/m², hvilket er tæt på en faktor 1,6 mindre end den hvilende nyttelast, og pladen vil derfor kun have mindre langtidssætning. Såfremt nyttelasten i det lange løb er mindre end balancelasten vil pilhøjden øges med tiden.

SIKKERHEDSKLASSE

Bæreevnetabellernes regningsmæssige bæreevner gælder for konstruktioner i normal sikkerhedsklasse.

Den samlede regningsmæssige bæreevne skal reguleres ned eller op i de særlige tilfælde, hvor konstruktionen skal henføres til henholdsvis høj eller lav sikkerhedsklasse.
Pladens egenvægt er angivet i bæreevnetabellerne i dette tilfælde 3,24 kN/m².
For den anførte minimalarmering er den samlede regningsmæssige bæreevne således 9,94 kN/m². I høj sikkerhedsklasse skal denne værdi divideres med 1,1, hvorved den disponible bæreevne falder til 5,79 kN/m². I denne situation er bæreevnen altså stadig tilstrækkelig.

LOKALE SVÆKKELSER

Som antydet må der ved valget af armering tages hensyn til svækkelser på grund af udsparinger og lignende. Omfanget og placeringen af udsparinger er som regel ikke fastlagt på det tidspunkt, hvor konstruktionerne fastlægges, hvorfor man som oftest er henvist til en skønsmæssig vurdering af behovet for bæreevnereserver. Skønnet kan bestå i at gætte, hvor mange spændliner eller bæreknaster det kan blive nødvendigt at kappe eller udlade på grund af udsparinger, og dernæst bedømme, om bæreevnen for en plade med den reducerede armering eller vederlagsbredde er tilstrækkelig. Det skal bemærkes, at der findes flere armeringstrin end dem, som er medtaget i bæreevnetabellerne.

Bøjning – for den anbefalede armering andrager den samlede regningsmæssige bæreevne 13,24 kN/m^2, når egenvægten medregnes. Da behovet kun er 8,24 kN/m^2 kan der altså tolereres en svækkelse på 38 %. L9,3 og L12,5 har en brudkraft på henholdsvis 97 kN og 173 kN. Den samlede brudkraft for 6 L9,3 + 2 L12,5 udgør således 880 kN. Kappes 2 L12,5 udgør svækkelsen 37%, hvilket er den maksimale svækkelse pladen kan optage. Som hovedregel dimensioneres således, at de enkelte Xtrumax-plader bærer den last, der virker på dem. Dog kan det tolereres, at en enkelt plade har reduceret bæreevne, når naboladerne har et tilsvarende overskud, og belastning først påføres efter sammenstøbning.

For en mere nøjagtig vurdering af lastfordelingen henvises til: EN 1168: 2004:E. Bemærk at den tværfordelende evne er forskellig i anvendelses- og regningsmæssig situation.

Forskydning – I bæreevnetabellen findes forskydningsbæreevnen for beregningseksemplet plade til 80,77 kN for en pladeende uden udsparinger. Den samlede regningsmæssige last – 7,2 kN/m^2 – giver en reaktion på 36,3 kN pr. 1,2 meter plade. Bæreevneoverskuddet tillader, at der f.eks. fjernes 3 af de 7 ribber, hvorved kapaciteten kan regnes til 4 / 7 af 80,77 dvs. 46,15 pr. plade. Denne simple proportionering af forskydningsbæreevnen forudsætter, at de virksomme ribber er nogenlunde symmetrisk fordelt.

Lastfordeling på vederlagene kan vurderes på samme måde som for bøjningspåvirkning, når lasten virker på den midterste halvdel af spændvidden. For enkeltkræfter, der virker på den yderste fjerdedel af spændvidden, må der regnes med en ringere fordeling. Når der – ved at tage tværfordeling i regning – tolereres plader, der først må belastes fuldt efter at sammenstøbning med naboplader har fundet sted, bør den projekterende informere byggepladsen herom.

REVNEKRITERIET

Revnebæreevnen er den belastning, der fremkalder trækspænding i underside af plade svarende til betonens trækstyrke. For Xtrumax er dette kriterium kun aktuelt ved høje armeringstrin. I tilfælde af at revnebæreevnen overskrides – hvad normerne tillader – vil revnerne siden lukke sig ved en lavere belastning. Det må eftervises, at revnevidden ikke overskrider de tilladte grænser, og det må desuden tiltrådes at sikre sig, at forspændingen er tilstrækkelig til at holde eventuelle revner lukkede ved den normalt forekommende belastning.

BALANCEKRITERIET

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

DEFORMATION

GENERELT

Betonens deformationer er sammensat af et elastisk og et plastisk bidrag. Det elastiske bidrag kommer momentant, mens det plastiske tilkommer gradvis 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.
På grund af de beskedne godstykkelser i EX-plader forløber svind og krybning hurtigere end for andre elementtyper, hvorfor de beregnede leveringspilhøjder stort set kan påregnes at være opnået allerede efter ca. en uges lagringstid.
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 regnes med middelværdien 16.

Tallene kan fortolkes således:
En elastisk deformation på 7 mm. vil med tiden øges med 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.

Den elastiske nedbøjning (fe1) for en jævnt fordelt enhedslast på 1 kN/m^2 fremgår af bæreevnetabellerne. Efter indbygningen, når den stadigt virkende last er påført, svarer påvirkningen til balancebæreevnen minus den stadigt virkende last, og man kan derfor regne:

Restdeformation = (q bal – q stadig) x f e1 x 9 / 7

En deformationsvurdering efter disse regler er naturligvis forenklet. Såfremt man har nøjere kendskab til tidsforløb, fugtighed m.m. kan man opnå en noget nøjagtigere vurdering, men som oftest er dette uden betydning, da variationer ikke kan undgås.

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 0, 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. 1,8 gange balancebæreevnen, vil pilhøjden i tidens løb aftage til nær nul.

VINKELDREJNINGER

Sammen med pilhøjdeændringerne optræder der tilhørende vinkeldrejninger ved vederlagene. I nedenstående beregningseksempel finder vi en nedbøjning for nyttelast på 5 mm og en krybning på 2 mm – i alt en bevægelse på 7 mm efter oplægningen. Med en spændvidde på 8,4 meter medfører denne nedbøjning en vinkeldrejning på ca. 4 x 7 / 8400 eller 3 ‰. Den vinkeldrejning, der svarer til leveringspilhøjden, kan tilsvarende anslås til 4 gange leveringspilhøjden divideret med spændvidden.

Som følge af svind og krybning for forspændingskraften vil pladerne forkortes i tidens løb – altså også efter levering og indbygning. Når pladerne har nået en alder på ca. en måned kan størrelsesordenen af restsvind og – krybning anslåes til ca. 0,2 ‰. Temperaturbevægelser følger de kendte love: ca. 1 ‰ pr. 100 gr. C.

Eksempel

For pladen i beregningseksemplet er leveringspilhøjden ifg. bæreevnetabellen 1, 6 eller 10 mm for hendholdsvis minimal og anbefalet armering. Af bæreevnetabellen fremgår desuden, at den elastiske nedbøjning – fe1 for en last på 1kN/m^2 vil være 2,9 mm.

Ud fra de forannævnte tal kan opstilles følgende vurdering af pladens pilhøjder:

Leveringspilhøjden	**10 mm**	**(2)**
Nedbøjning for hvilende last 2,0 x 2,9 =	**- 6 mm**	**(-6)**
Efter færdiggørelse	**4 mm**	**(-4)**
Krybning (1,6 - 2,0) x 2,9 x 1,3 =	**- 3 mm**	**(-7)**
Efter overstået krybning	**1 mm**	**(-11)**
Nedbøjning for nyttelast 1,5 x 2,9 =	**- 5 mm**	**(-5)**
Med fuld belastning	**- 4 mm**	**(-16)**

Tallene i parentes gælder for den minimale armering i eksemplet. Der er altså i dette tilfælde tale om en forskel på 14 mm i den resulterende teoretiske pilhøjde for de to armeringstrin.

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

Med hvilende last, max. 1 + 5 = 6 mm (-5)
Med hvilende last, min. 1 – 5 = -4 mm (-7)
Med fuld last, min. -4 – 5 = - 9 mm (-17)

Disse ekstremværdier må sammenholdes med, hvad der kan tolereres i det enkelte projekt, men det må erindres, at det drejer sig om enkeltelementer – f.eks særlig unge eller særlig gamle elementer.

Den foreskrevne hvilende last er ofte fastsat på den sikre side, men deformationsvurderingen bør altid baseres et realistisk skøn over den belastning, der må regnes at virke permanent.

Hvis leveringspilhøjden er større end ønsket, kan forspændingen i linerne eventuelt reduceres.