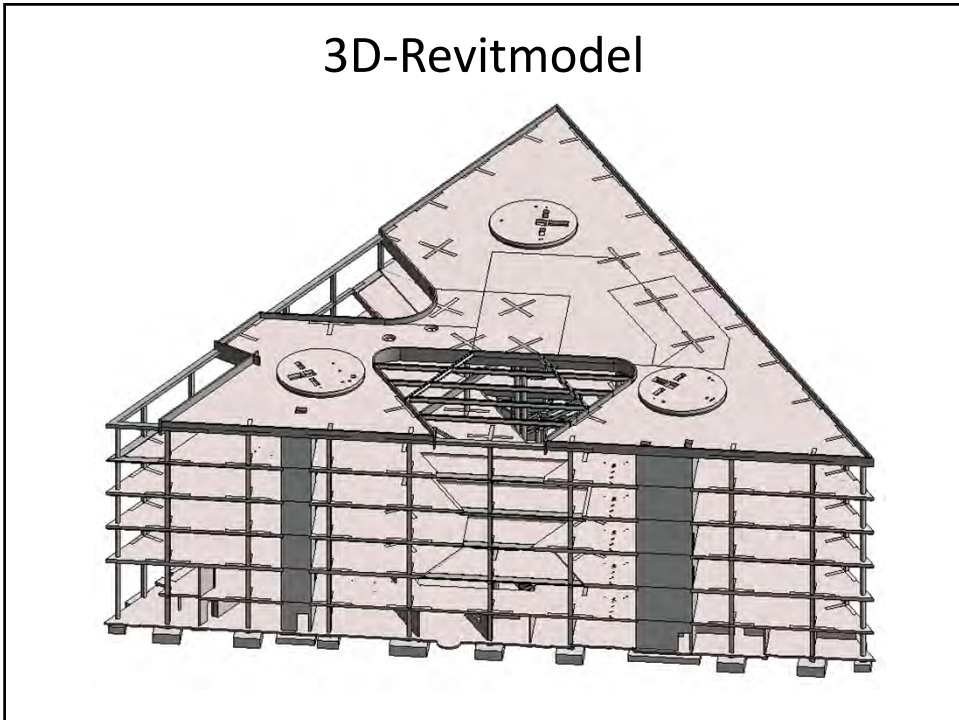


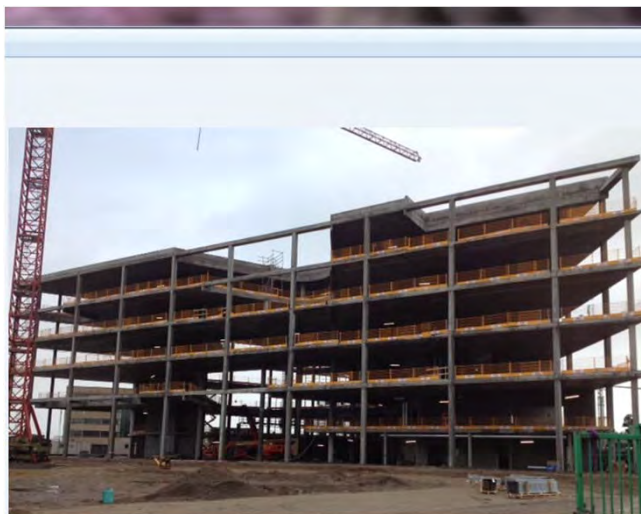
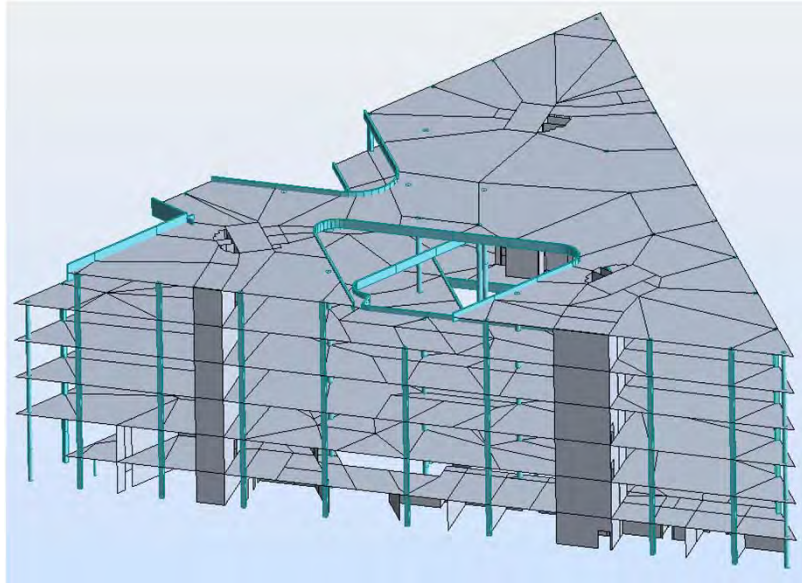
Nyt Universitet for SDU Kolding
Bubbledeckkonstruktioner, mm
V/ Carsten Olsen ORBICON A/S

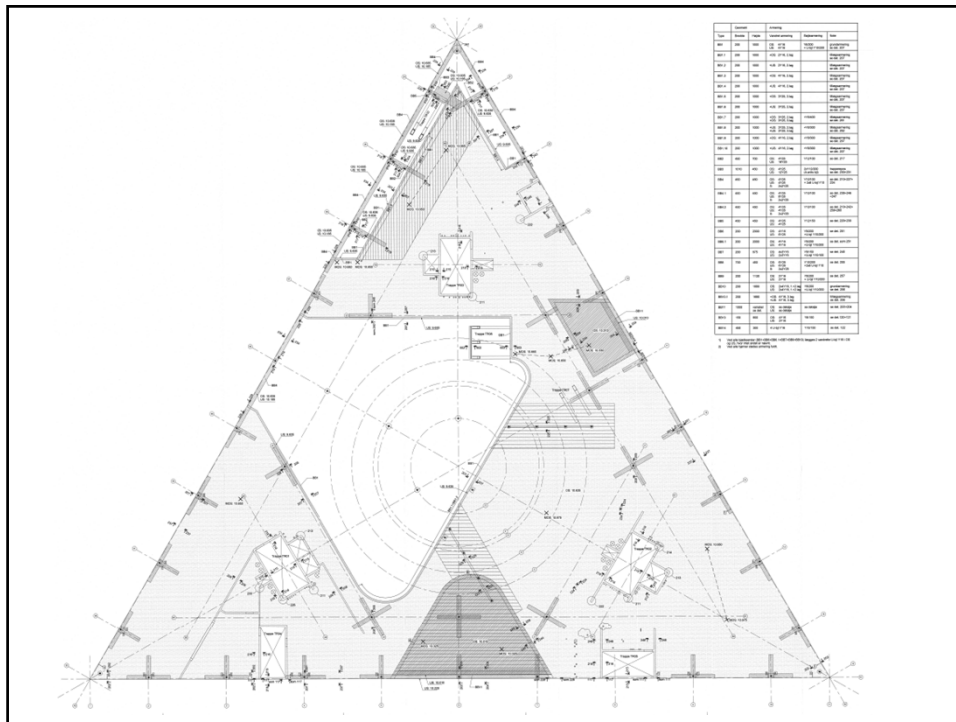
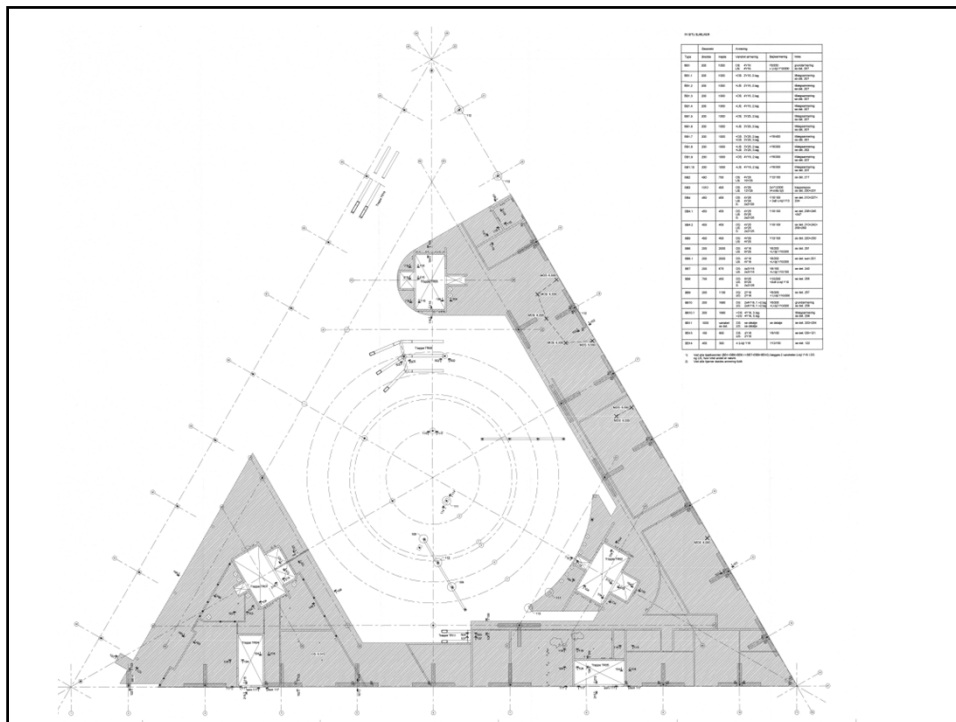


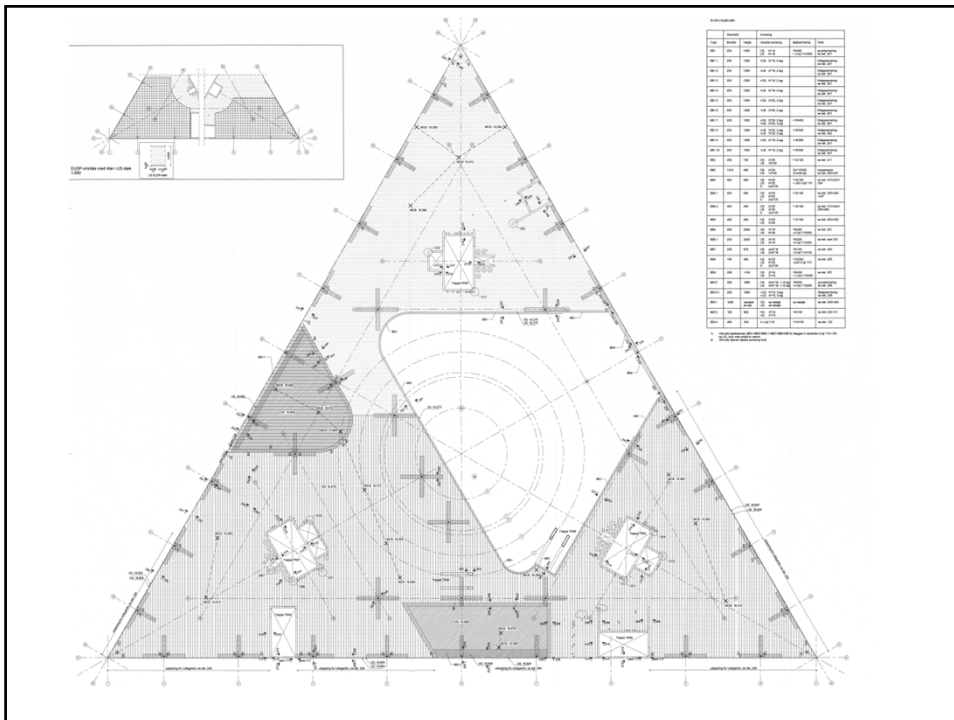
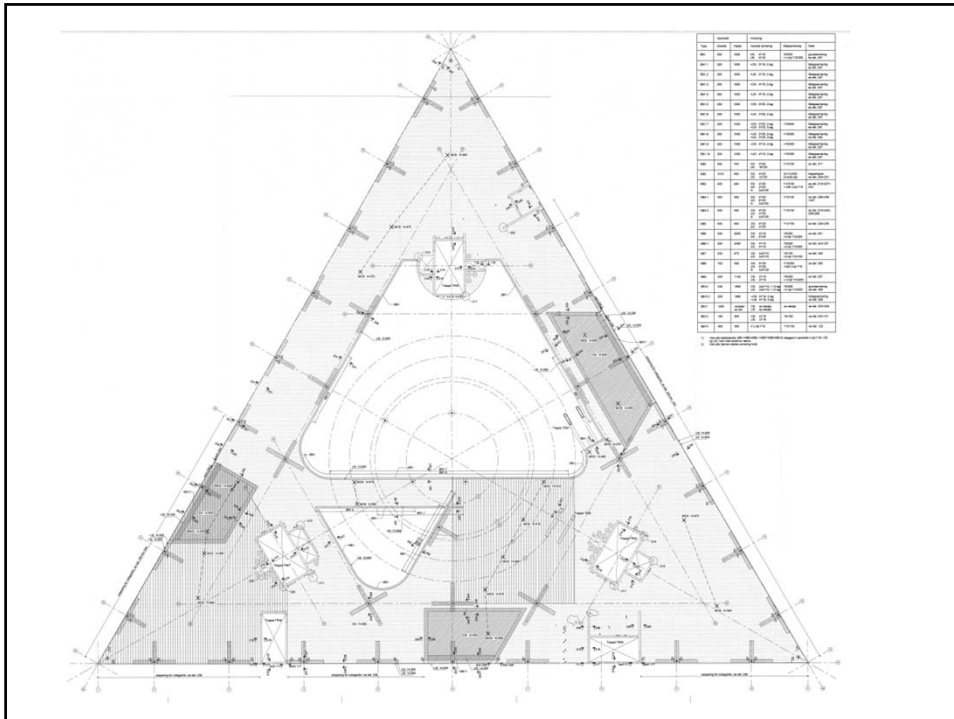
- [http://www.sdu.dk/Om SDU/Byggerier/Nytkoadingbyggeri](http://www.sdu.dk/Om_SDU/Byggerier/Nytkoadingbyggeri)

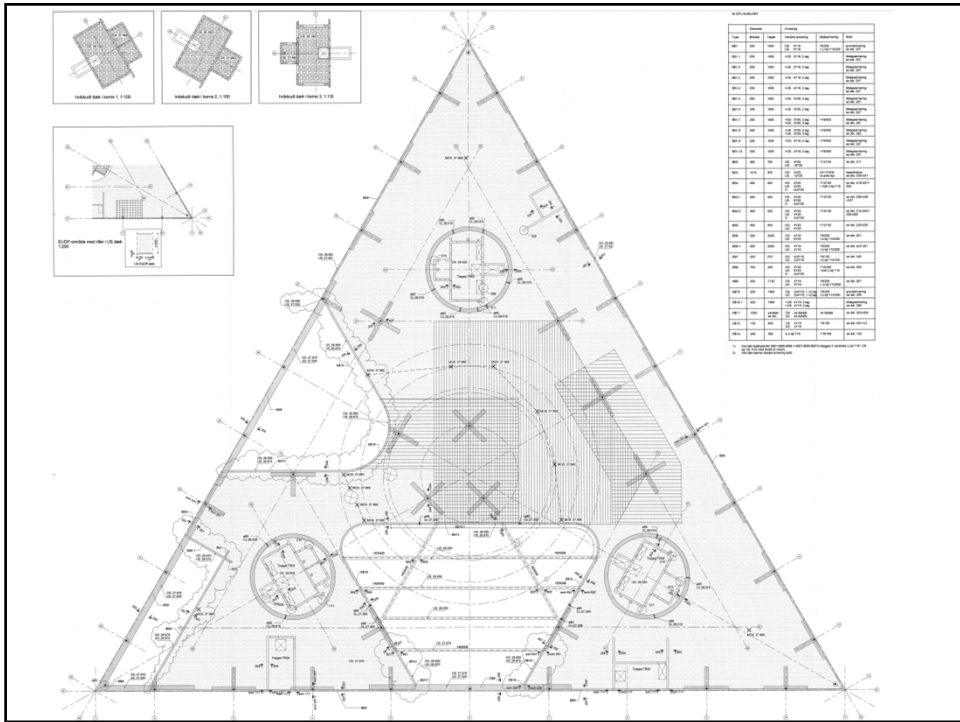
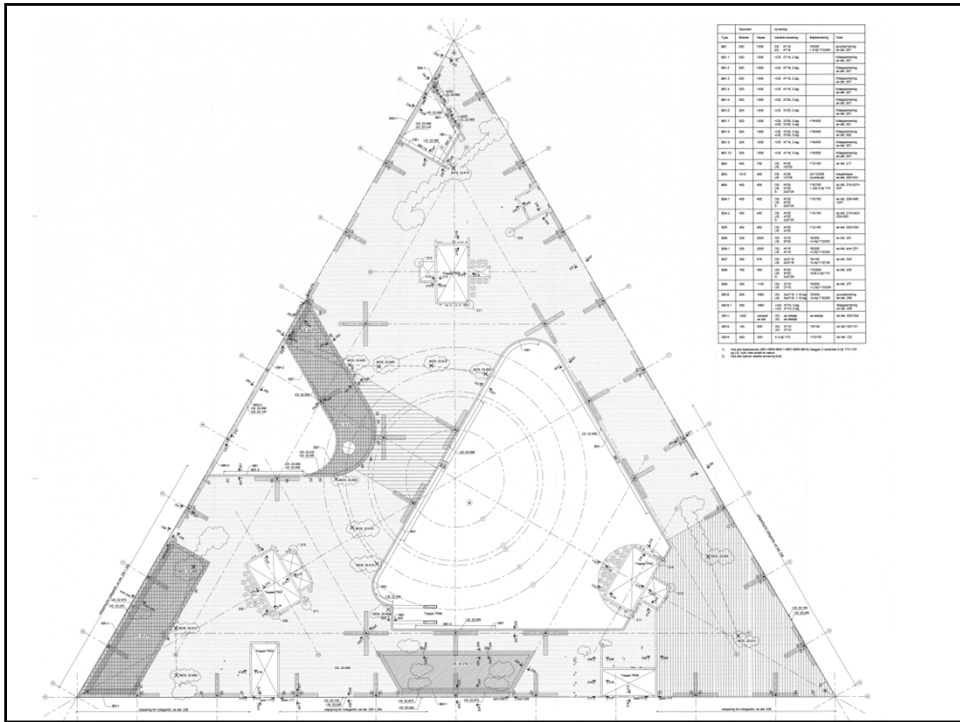


3D-Robot beregningsmodel

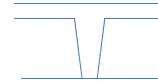
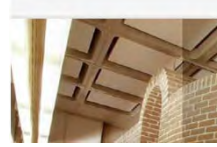








Hule betondæk i Danmark



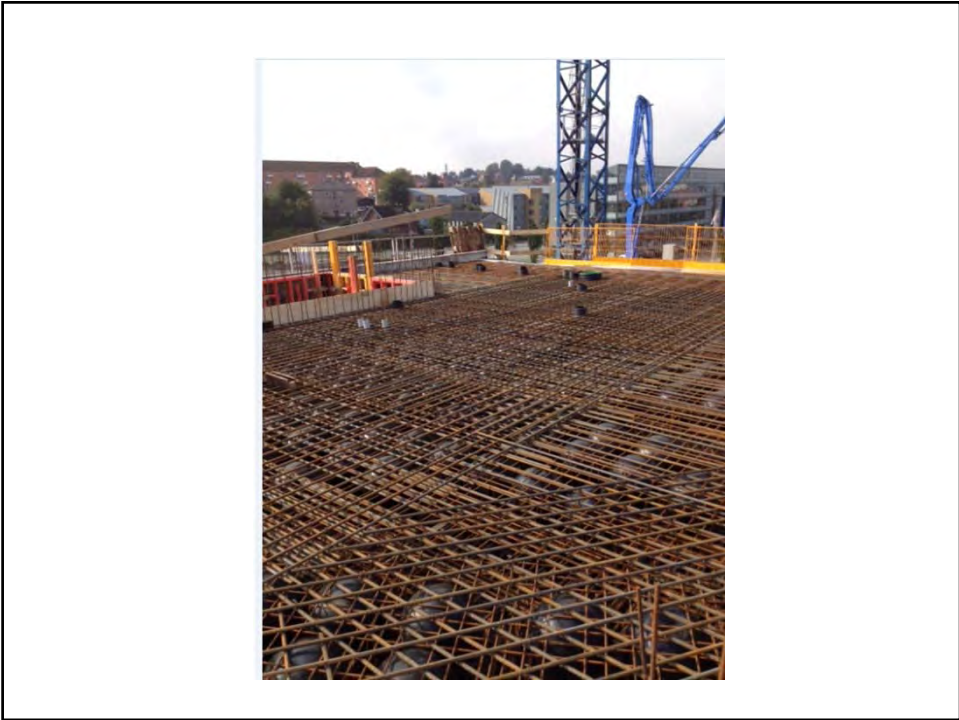
Bubbledeck,
 $V = 11/21 \times D^3$
 Vægt = 7,6 kN/m²
 30% besparelse

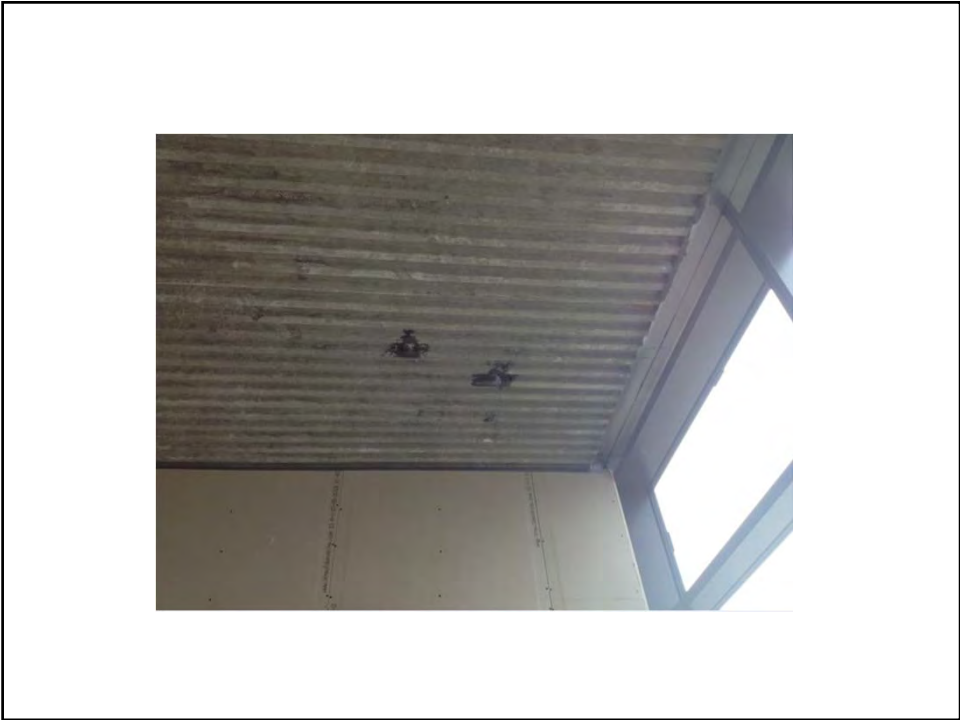
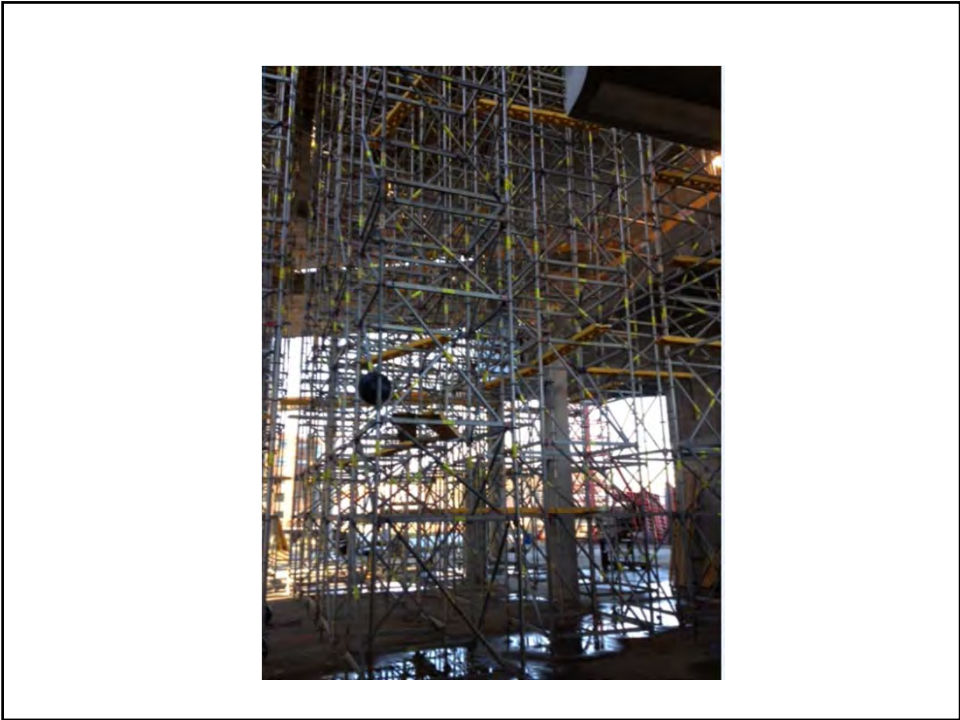
Airdeck,
 $V = D^3$
 Vægt = 6,6 kN/m²
 40 % besparelse

Kupoldæk
 UDGÅET

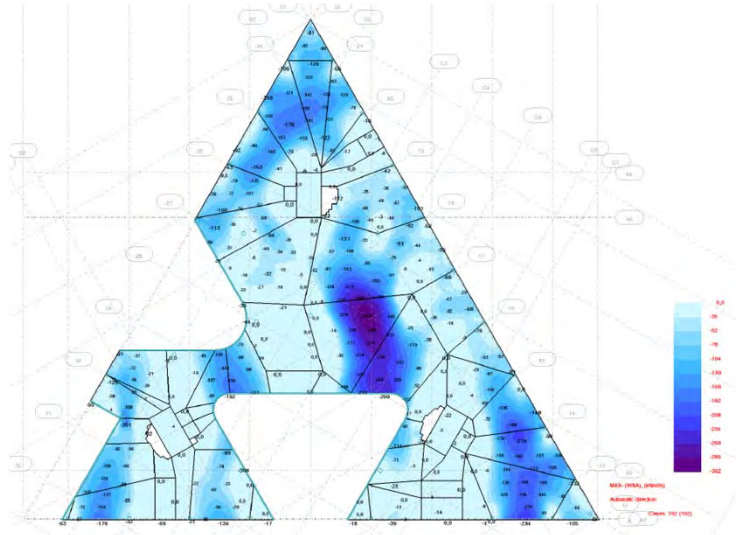
Massivt 450 mm dæk = 10,8 kN/m³

Version	Slab Thickness	Bubbles	Span (Multiple bays)	Cantilever Maximum Length	Span (Single bays)	Completed Slab Mass	Site Concrete Quantity
	mm	mm	metres	metres	metres	Kg/m ²	m ² /m ²
BD230	230	Ø 180	5 – 8.1	≈ 2.2	5 – 6.3	370	0.11
BD280	280	Ø 225	7 – 10.1	≈ 2.7	6 – 7.8	460	0.14
BD340	340	Ø 270	9 – 12.5	≈ 3.3	7 – 9.6	550	0.18
BD390	390	Ø 315	10 – 14.4	≈ 3.8	9 – 11.1	640	0.21
BD450	450	Ø 360	11 – 16.7	≈ 4.5	10 – 12.5	730	0.25

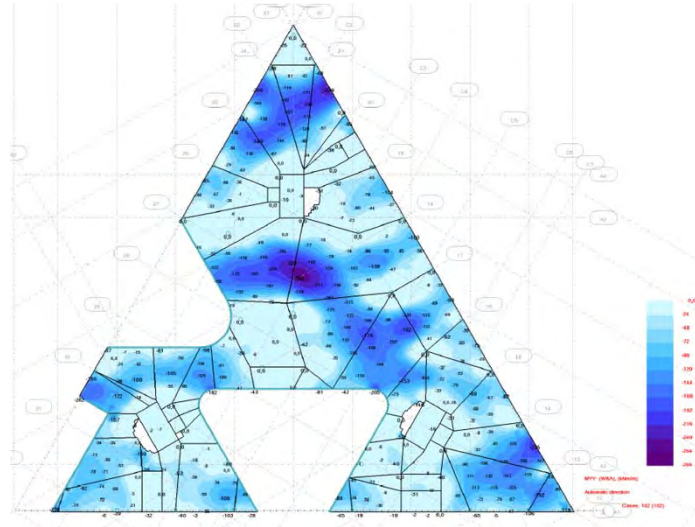




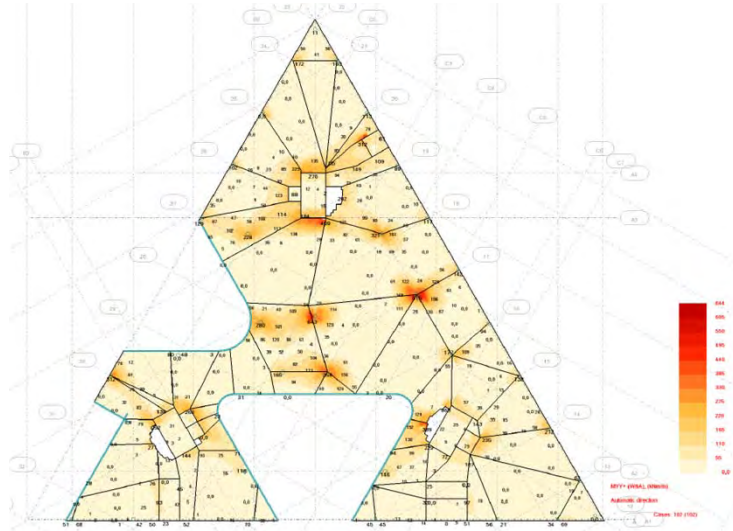
D.o.pl.06 – positivt moment om y-akse
(underside) – max $M=302\text{kNm/m}$



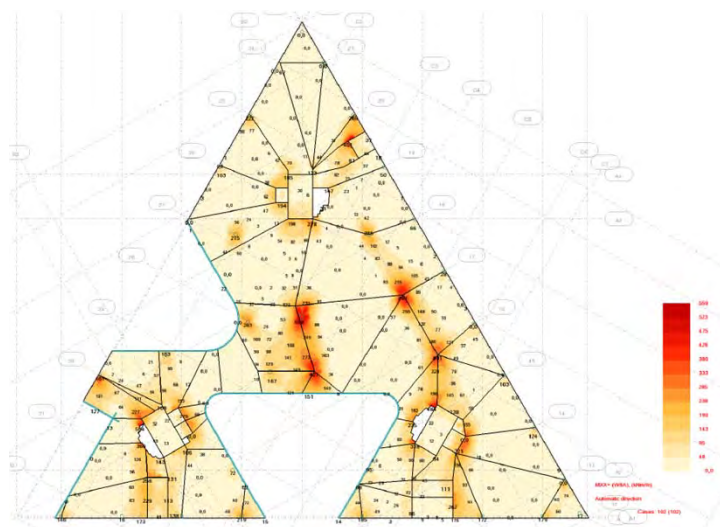
D.o.pl.06 – positivt moment om x-akse
(underside) – max $M=264\text{kNm/m}$



D.o.pl.06 – negativt moment om x-akse
(overside) – max $M=644\text{kNm/m}$

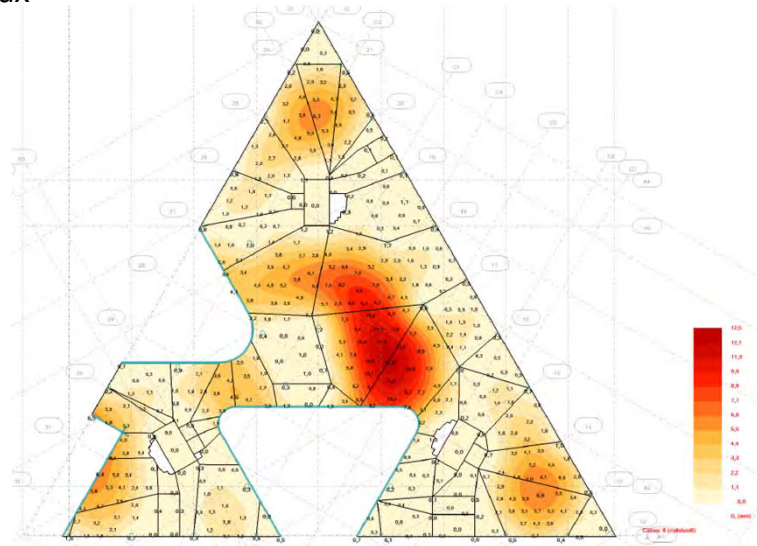


D.o.pl.06 – negativt moment om y-akse
(overside) – max $M=559\text{kNm/m}$



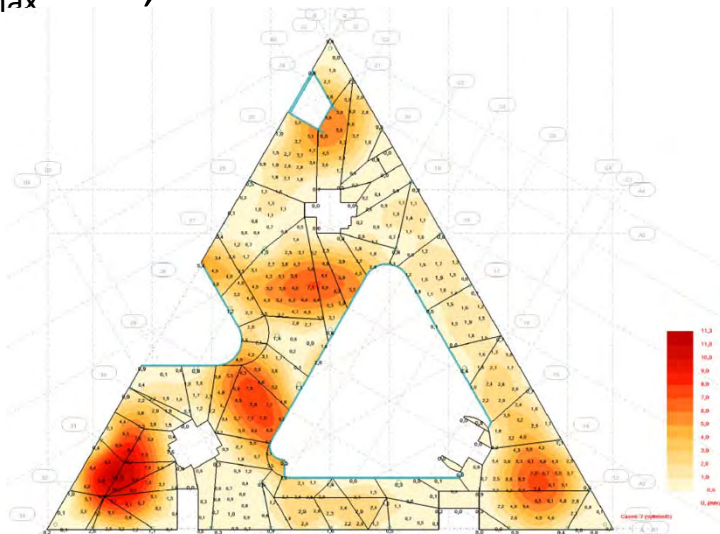
D.o.pl.06 – nedbøjning [5kN/m^2]

$U_{\max} = 12,5 \text{ mm}$



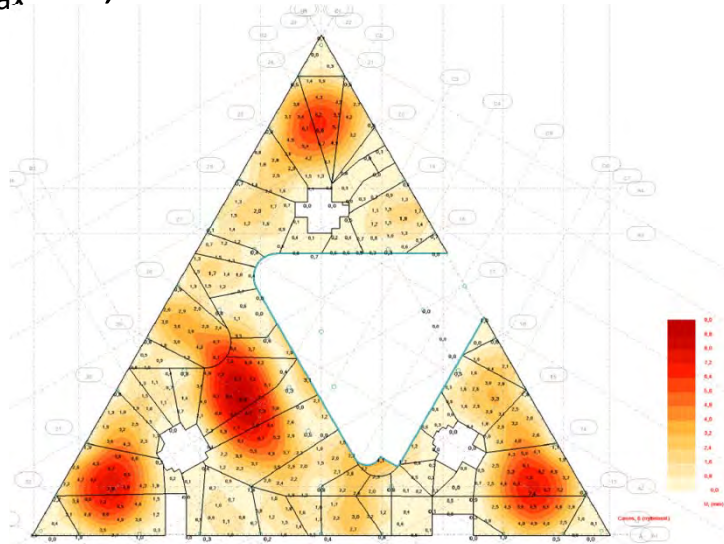
D.o.pl.05 – nedbøjning [5kN/m^2]

$U_{\max} = 11,5 \text{ mm}$



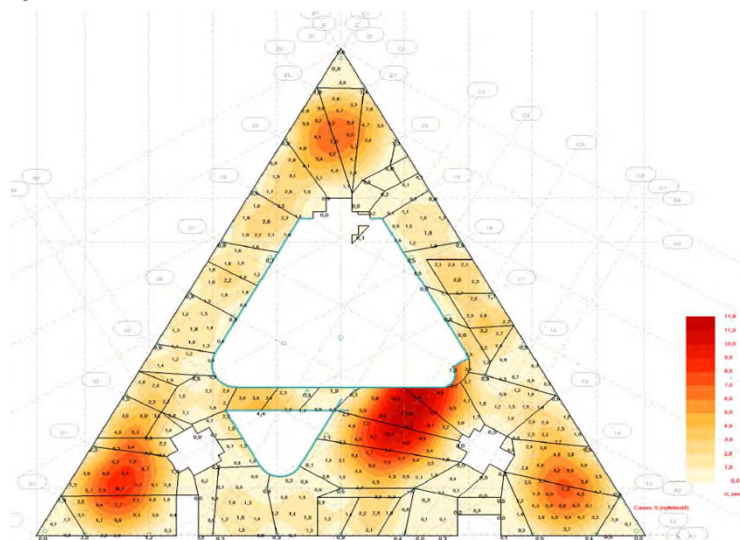
D.o.pl.04 – nedbøjning [5kN/m²]

$U_{\max} = 9,4 \text{ mm}$



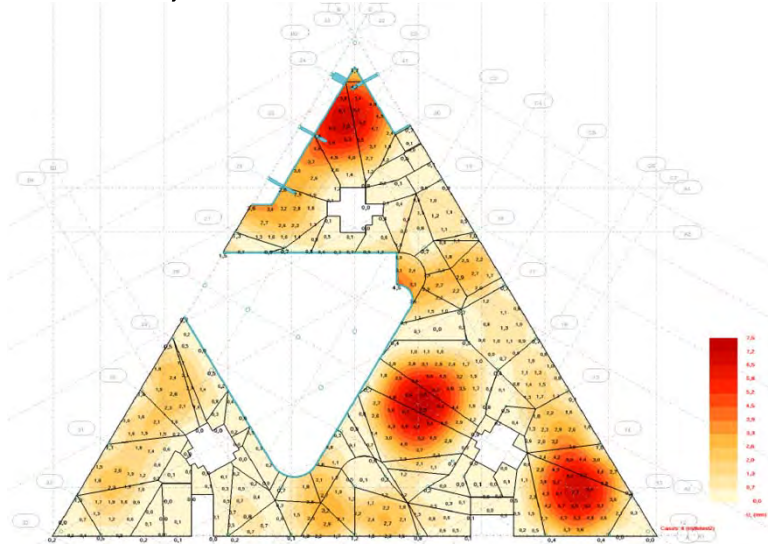
D.o.pl.03 – nedbøjning [5kN/m²]

$U_{\max} = 11,8 \text{ mm}$



D.o.pl.02 – nedbøjning [5kN/m²]

U max = 7,5 mm



Måleprogram, nedbøjning af bubbledeck, dæk over PLAN 5

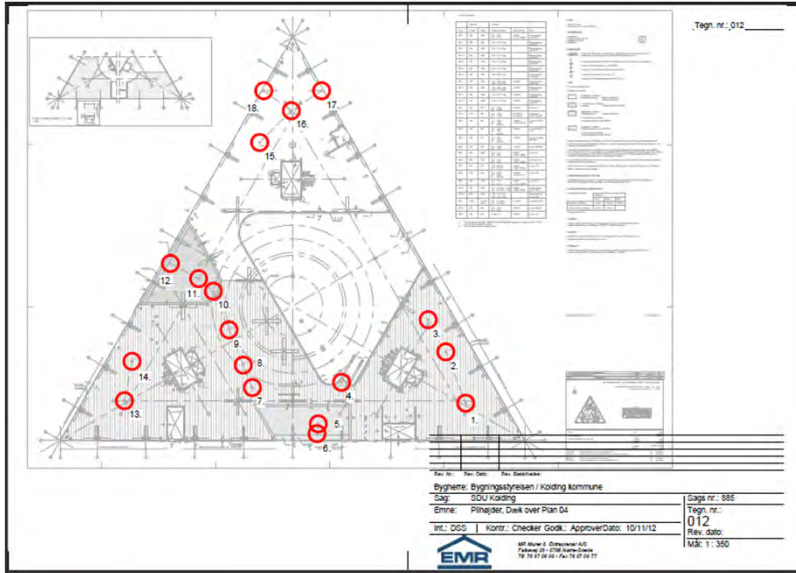
Tegn. nr.: 011



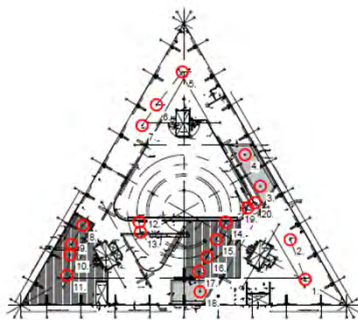
Rev. nr.	Rev. dato	Rev. beskrivelse
Bygherre	Bygherreselskabet / Høding kommune	
Sag	0201 Kvalitet	
Emne	Plindepak, Dæk over Plan 05	
Int.: DSG	Kont.: Checker Goolk	Approver/Dato: 11/05/12
EMR		Sag nr.: 688 Tegn. nr.: 011 Rev. dato: NØR: 1:350

EMR
 487 Mølle 2, Copenhagen Ø
 Pilestræde 22 - 1156 Copenhagen Ø
 Tlf. 33 33 33 33 - Fax 33 33 33 33

Måleprogram, nedbøjning af bubbledeck, dæk over PLAN 4

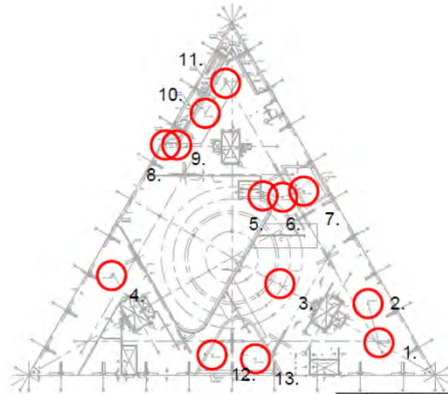



Måleprogram, nedbøjning af bubbledeck, dæk over PLAN 3



Måleprogram, nedbøjning af bubbledeck, dæk over PLAN 2

Tegn. nr.: 012



Rev. nr.:	Rev. dato:	Rev. beskrivelse:
Bygherre: Bygningstilsynet / Kolding Kommune		
Sag: 550/Kolding		
Emne: Oversigt over pithæjler		
Int. DSS:	Korr:	Checker Code: Approver/Dato: 09/20/12
		Sag nr.: 550 Tegn. nr.: 012 Rev. dato: MÅL: 1:400

Vægtbesparelse i forhold til regningsmæssig last

Massiv: $10,8 + 3,7 + 1,5 \times 5 = 22,0 \text{ kN/m}^2$
 Bubbledeck: $7,6 + 3,7 + 1,5 \times 5 = 18,8 \text{ kN/m}^2$

Besparelse 15%

Vægtbesparelse ved nedbøjningsberegning

Massiv: $10,8 + 2,7 + 0,5 = 14,0 \text{ kN/m}^2$
 Bubbledeck: $7,6 + 2,7 + 0,5 = 10,8 \text{ kN/m}^2$

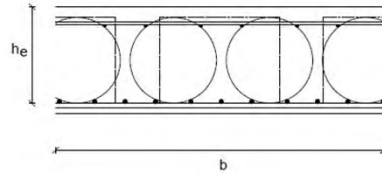
Besparelse 23%

DEFINITION AF OMREGNINGSFAKTOR IFM. ENHEDS-ELASTICITETSMODUL

I det følgende afsnit beregnes den aktuelle faktor til brug i deformationsundersøgelser udført i Robot.

E) 450mm dæk med Y12/200 IOS + 7 Y16 IUS, standardarmeringInddata

Bredde	$b := 1364\text{mm}$
Effektiv højde, nederst	$d := 405\text{mm}$
Effektiv højde, øverst	$d_o := 75\text{mm}$
Længde (fiktiv)	$l := 16000\text{mm}$
Inertimoment (iht. vedlagt tværsnitsberegning)	$I := 6.469 \cdot 10^9 \text{mm}^4$
Moment (fiktiv)	$M_k := 300\text{kNm}$
Betonstyrke	$f_{ck} := 45\text{MPa}$
α -værdi, kort	$\alpha_{\text{kort}} := 7.2$
α -værdi, lang	$\alpha_{\text{lang}} := 29$
Armering, nederst, ca. 10 Y16 pr. b.	$A_{sn} := 1.3 \cdot 10^{-2} 201\text{mm}^2$
Armeringsforhold, nederst	$\rho := \frac{A_{sn}}{b \cdot d}$



$A_{sn} := 1.3 \cdot 10^{-2} 201\text{mm}^2$ **30% ekstra undersidearmering!** $A_{sn} = 2613\text{mm}^2$

$\rho = 0.00473$



PROJ. NR.: 3750800002
VEDR.: SDU KOLDING

DATO: 2011-12-08
REV. DATO:

INIT.: MLED
REV. INIT.:

SIDE:
REV.:

DEFINITION AF ENDELIGE OMREGNINGSFAKTOR IFM. ENHEDS-ELASTICITETSMODULER OG ENHEDS-LASTER

I det følgende afsnit beregnes de endelige omregningsfaktorer til brug i deformationsundersøgelser af dækkonstruktionerne. De faktorer som bestemmes i de efterfølgende beregninger skal multipliceres med de enhedsdeformationer som er fundet i Robot. Der henvises til de nærliggende deformationsudskrifter samt til dækplanerne hvor forhåndsdeformationerne (MOS koter) er angivet.

Omregningsfaktorer	300mm massivt dæk	450mm Bubbledeck
Standardarmering	$f_{300.st} := 5.65$	$f_{450.st} := 4.32$
Supp. armering i overside	$f_{300.sup.o} := 5.47$	$f_{450.sup.o} := 4.16$
Supp. armering i underside	$f_{300.sup.u} := 4.24$	$f_{450.sup.u} := 3.57$
Supp. armering i over- og underside	$f_{300.sup.ou} := 4.06$	$f_{450.sup.ou} := 3.41$

Erfaringsfaktor for betonkonstruktioner

Faktor $\psi_{\text{beton}} := 60\%$

Denne erfaringsfaktor indføres som forholdet mellem den teoretiske deformation og den rent faktiske deformation.

	19305	19315	18985	1897
	30	40	35	25
	X	40 (14/11)	33 (8/11)	17 (8/:
	X			
	X	30 (05/12)	27 (05/12)	12 (05/
)	17 (29/1)	34 (16/01)	30 (29/1)	17 (16/
3)	3 (29/8-13)	18 (29/8-13)	X	X

KONKLUSION

I gennemsnit er de målte deformationer kun 55% af de beregnede

I punkter med stor beregnet nedbøjning, er målt nedbøjningen væsentlig mindre end den beregnede. I punkter med relativ lille beregnet nedbøjning, svarer beregnet nedbøjning rimelig god til målt nedbøjning

Forsøg på forklaring af afvigelse:

1. E-modulet for beton er øget med 33 % siden beregningen i 2011, giver 6% mindre nedbøjning
2. Entreprenøren har lagt mere armering i dæk end forudsat i beregning af nedbøjning, giver 17 % mindre nedbøjning
3. Den fulde langtidsnedbøjning er endnu ikke udviklet, restnedbøjningen udgør 10%
4. Full langtidslast ikke påført, 5% større nedbøjning

Korrigeres for disse forhold fås følgende afvigelse:

$$A = 1.06 \times 1.17 \times 1.10 \times 1.05 \times 55\% = 78\%$$

Korrektionsfaktoren, som indledningsvis var skønnet til $\gamma = 0,6$, bør nærmere være

$$\gamma = 0,5$$

Hvilket bekræfter den gamle regel:

Nedbøjningen af beton er det halve.

Fordele og ulemper ved bubbledeck contra massivt dæk,
Udbudsforhold, konkurrence, pris, mm

Fordele

1. 80.000 kugler besparer 1900m³ beton og noget armering
2. Sparer lidt armering i søjler
3. Sparer ca. 50 pæle under bygning
4. Mindre egenvægtsnedbøjninger

Ulemper

1. Transport af kugler fra Norge
2. Transport af armeringsnet
3. Kompliceret armering
4. Skal støbes af 2 gange
5. Dårlig til optagelse af gennemlokningskræfter
6. Kugler kan indeholde vand
7. Komplicerede udbudsforhold
8. Meget lille konkurrence

Vand i bobler forårsager frostspringninger

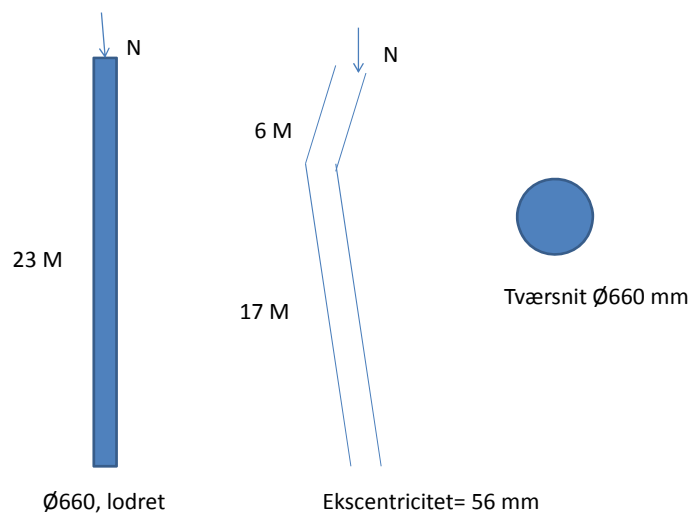


Pris pr m² bubbledeck,

1. Arbejdskraft på pladsen 0,7 time/m ² :	400 kr
2. Beton 0,33m ³ /m ²	350 kr
3. Armering 50 kg/m ²	650 kr
4. Forskalling, shoring	650 kr
5. Kugler, zig-zag bjælker, transport, projektering, mm	400 kr

I alt 2.450 kr

Tidsforbrug: 10 mand har brugt 26 uger (50 arbejdstimer) på støbning af 13.600 m² dæk, bjælker og søjler svarende til ca 0,7 mandtime pr kvadratmeter

Skæv 23 meter $\varnothing 660$ mm søjle $\varnothing 660$ mm søjle, $l = 23$ meter

Problem

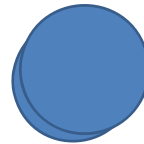
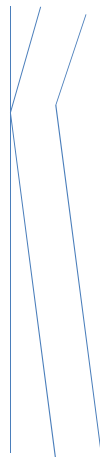
1. Søjle kan ikke bære med den udførte ekscentricitet
2. Ifølge entreprenør er nedrivning umulig, da søjle bærer store arealer af bubbledeck

HVORDAN LØSES PROBLEMET??

Løsning på problem



Aramidfiberklæde forefindes i bredder på 200 mm, 300 mm og 600 mm både med ensorienterede og multi-orienterede aramidfibre.



Ø660 omstøbt til Ø750, omviklet med aramidklæde, og svummet til betonudseende

