

Præsentation 29. oktober 2025



Bygningsteknisk Gruppe, IDA Østjylland

i samarbejde med



Spændarmering og bæredygtighed

Navitas
Inge Lehmanns Gade 10 Aarhus havn
8000 Aarhus C

Fra mødeinvitation:

Lodret Spændt Armering – optimering af stabilitet – og reduktion af CO2

Spændarmerede dæk – optimering af betonavolumen og reduktion af CO2

Bjælker (og broer) – optimering af betonavolumen og reduktion af CO2

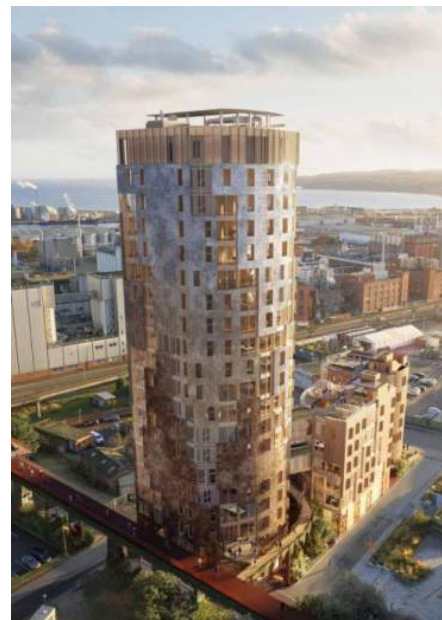
**Forstærkning af eksisterende betonkonstruktioner med spændarmering –
genanvendelse og reduktion af CO2.**

CCL Scandinavia A/S

- Etableret i 1947 – i dag 60 medarbejdere – i Skandinavien
 - Siden 2012 medlem af CCL Group – 600 medarbejdere
 - Specialister indenfor efterspændt beton
 - Design - teknisk assistance – levering og udførelse af spændarmering
 - Deltager i arbejdet med reduction af CO2 i byggeri
 - Fabrikker og kontor i Værløse, Danmark – Ålesund og Oslo Norge – Stockholm, Sverige
 - Design via CCL Engineering – specialister i spændarmerede betonløsninger
 - Mere end 1.000 kunder!
-
- Bjarne Landgrebe
 - Ms.C (civ.eng.) – DTU 1982
 - Ingeniør NCC 1982 – 1996
 - Adm. Direktør CCL Scandinavia 1996-2025
 - Konsulent – Landgrebe Consulting – fra 2025

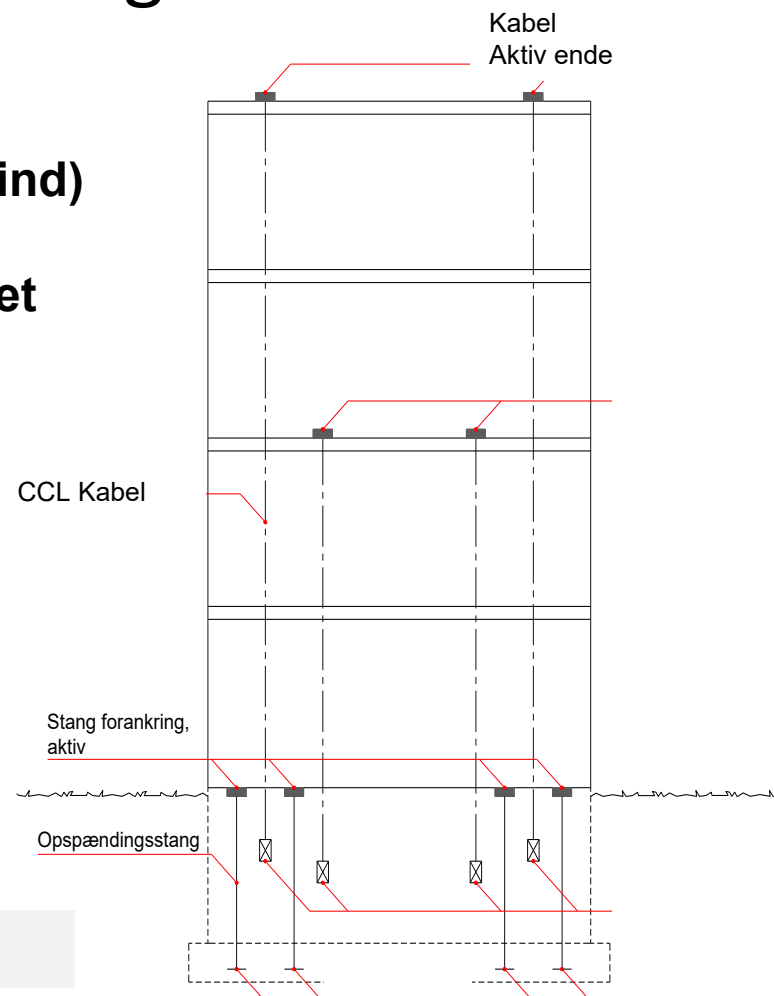


LODRET SPÆNDT ARMERING



Hvad er Lodret Spændt Armering?

- Et system der sikrer vandret stabilitet (vind)
- Bidrager til bygningens samlede stabilitet
- Placeres i vægge og/eller kerner
- Udføres som et spændarmeret system
- Injiceret (bonded) system
- Velegnet til elementbyggeri
- Består af linekabler og stænger



Lodret Spændt Armering - fordele

- Reducerer materialeforbrug - sparer CO2
- Sparer tid – og penge
- Effektivt stabilitets-system
- Flexibel indretning (Open Offices)
- Kreativ bygningsudformning (arkitektur)
- Reduceret udbøjning af konstruktionen
- Et sikkert system – kontrolleret opspænding
- Et sikkert system – injection nedefra!

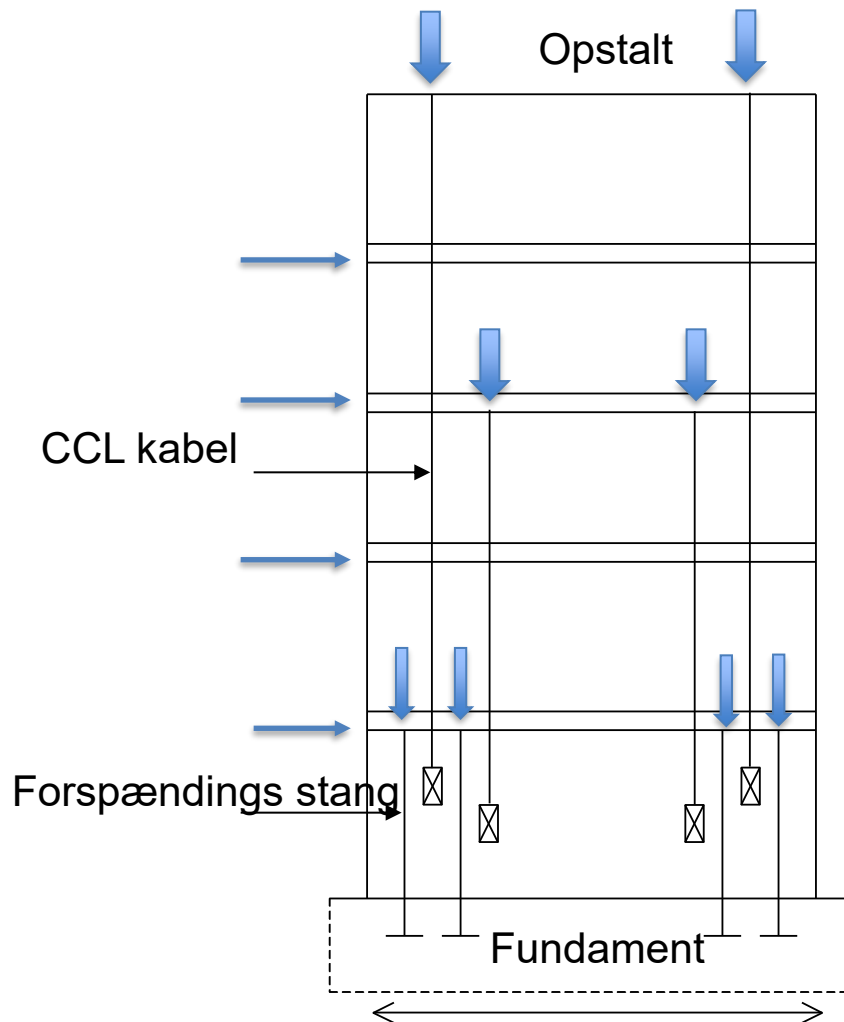
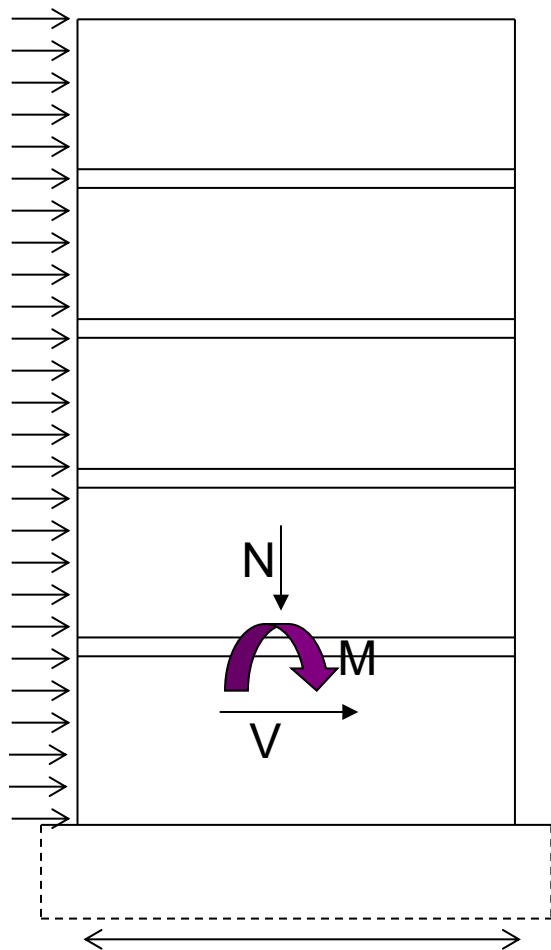
Lodret Spændt Armering – CO2

Generel betragtning

- Ifølge general EPD har slap armering og spændarmering circa samme CO2 aftryk – ca. **600 kg/ton** stål
- Spændarmering er ca. 3 gange stærkere end slap armering – målt på brudstyrke
- Når spændarmering erstatter slap armering, anvendes generelt kun **50 %** målt på vægt
- Ud fra denne betragtning reduceres CO2 belastning med CO2 footprint for den anvendte spændarmering
- Herudover **reduktion som følge af reduceret antal stabiliserende beton-vægge**

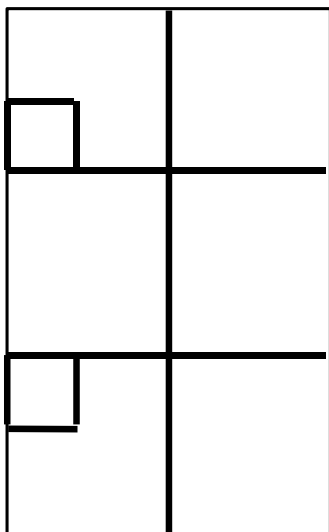
Princip-skitser

Vindbelastning og snitkræfter

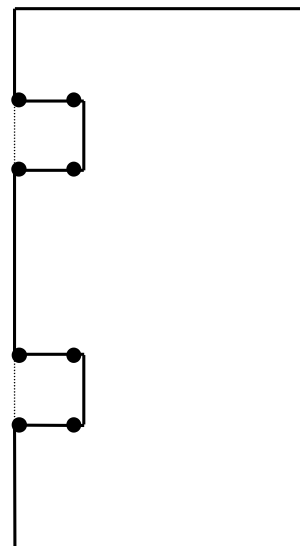


Fleksibilitet !

TRADITIONELT BYGGERI



LODRET EFTERSPÆNDT BYGGERI



Udbøjning



Eksempel: Kontorbygning– 99 x 18 meter – 4 etager (14 meter)

Armering	Udbøjning
2 stk 6L13	4 mm
1 stk 6L13	8 mm
6Y25	13 mm
3Y25	17 mm

EuroCode 2 – refererer til ETA

UK CARES
Pembroke House,
21 Pembroke Road,
Sevenoaks,
Kent, TN13 1XR,
United Kingdom
www.ukcares.com

Cerema
Direction technique
infrastructures de transport et matériaux
Cerema/DTeclTM
110 rue de Paris
77 171 Sourdun
FRANCE
Mail: ete-dtecltm@cerema.fr
Tel: +33 180 523 131
web: www.cerema.fr

Member of
ETA
www.eta.eu

Designated
according to
Article 17 of
Regulation (EU)
No 305/2011

European Tech
Original version in English

Trade name:
Holder of approval:
Generic type and use of
construction product(s):
Validity from :
to :
Manufacturing plant(s):

This European Technical Appr
contains

ETA European

**European Technical
Assessment**

**ETA 07/0035
of 22/09/2015**

Technical Assessment Body
issuing the ETA:

Trade name of the construction product

Product family to which the construction
product belongs

Manufacturer

Manufacturing plant(s)

This European Technical Assessment
contains

This European Technical Assessment is
issued in accordance with regulation (EU)
No 305/2011, on the basis of

This ETA replaces

Cerema
Direction technique infrastructures de transport et
matériaux

CCL 'X' Range Post-Tensioning Systems
CCL 'XM' Multistrand Bonded/Unbonded System
CCL 'XMC' Multistrand Bonded System

16. Reinforcing and prestressing steel for concrete
(and ancillaries). Post tensioning kits.

CCL Stressing International Ltd
Unit 8 Park 2000 Millennium Drive
Leeds England
LS11 5BP

CCL Stressing Systems Ltd
Unit 8 Park 2000 Millennium Drive
Leeds England
LS11 5BP

66 pages including 38 Annexes (38 pages) which
form an integral part of this assessment.

ETAG 013, edition June 2002, used as European
Assessment Document (EAD)

ETA 07/0035, renewed on 08/08/2012

ETA Tendons
CCL ETA – 07/0035

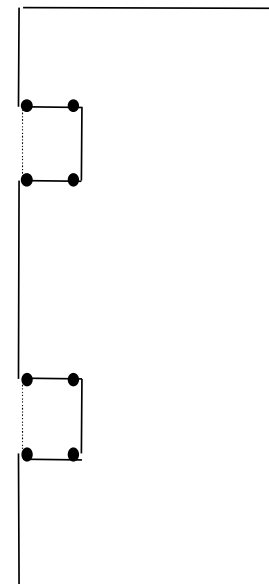
ETA Bars
Macalloy – 07/0046

Lodret Spændt Armering - hvordan?

Hvordan stabiliseres bygningen?

Trin for trin:

1. **Kerner og/eller vægge optager vandret last**
2. **Beregn kraftpåvirkning af kerner/vægge**
3. **Beregn nødvendigt modstands-moment**
4. **Beregn lodret kraft og placering på vægge/kerner**
5. **Angiv vægtykkelse – og/eller angiv kabelstørrelse**
6. **Vis ankerarmering**
7. **Beregn spaltearmering**
8. **Placér eventual revnearmering**
9. **Udfør tegninger**



Benyt brochurer – ETA og www.cclscan.dk



Direction technique
infrastructures de transport et matériaux

Cerema/DTeo/TM
110 rue de Paris
Sourdon
E

Mail: ete-dteoim@cerema.fr
Tel: +33 160 523 131
web: www.cerema.fr



European Technical Assessment

ETA 07/0035
of 22/09/2015

Technical Assessment Body issuing the ETA:

Cerema
Direction technique infrastructures de transport et
matériaux

Trade name of the construction product

CCL 'X' Range Post-Tensioning Systems
CCL 'XM' Multistrand Bonded/Unbonded System
CCL 'XMC' Multistrand Bonded System

Product family to which the construction product belongs

16. Reinforcing and prestressing steel for concrete
(and ancillaries). Post tensioning kits.

Manufacturer

CCL Stressing International Ltd
Unit 8 Park 2000 Millennium Drive
Leeds England
LS11 5BP

Manufacturing plant(s)

CCL Stressing Systems Ltd
Unit 8 Park 2000 Millennium Drive
Leeds England
LS11 5BP

This European Technical Assessment contains

66 pages including 38 Annexes (38 pages) which
form an integral part of this assessment.

This European Technical Assessment is issued in accordance with regulation (EU) No 305/2011, on the basis of

ETAG D13, edition June 2002, used as European
Assessment Document (EAD)

This ETA replaces

ETA 07/0035, renewed on 08/08/2012

POST-TENSIONING SYSTEMS

CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION

SPECIALISED ENGINEERED SOLUTIONS FOR STRUCTURES

www.cclint.com

The screenshot shows the CCL Scandinavia website. The header includes the CCL logo and navigation links. The main content area features a large image of a modern building with a glass facade and the text 'SPECIALIZED ENGINEERED SOLUTIONS FOR STRUCTURES'. Below this, there is a section titled 'OM OS' (About Us) which describes the company's role in providing specialized engineering solutions for structures. The website also mentions 'CCL Scandinavia A/S er kendt for at levere kvalitet, service og alle nødvendige tjenester med det bedste udstyr og personale'.

Brudspænding
1860 MPa



15,7 mm
150 mm²

Kabel specifikationer

Y1860-15.7

Anchorage	n	A_p mm ²	M_p kg/m	F_{pk} kN	F_0 kN
XM/XMC-10	3	450	3.52	837	664
XM/XMC-20	4	600	4.69	1116	886
XM/XMC-30	7	1050	8.20	1953	1550
XM/XMC-35	9	1350	10.55	2511	1993
XM/XMC-40	12	1800	14.06	3348	2657
XM/XMC-45	13	1950	15.24	3627	2878
XM/XMC-50	15	2250	17.58	4185	3321
XM/XMC-55	17	2550	19.92	4743	3764
XM/XMC-60	19	2850	22.27	5301	4207
XM/XMC-70	22	3300	25.78	6138	4871
XM/XMC-75	25	3750	29.30	6975	5535
XM/XMC-80	27	4050	31.64	7533	5978
XM/XMC-90	31	4650	36.33	8649	6863
XM/XMC-95	35	5250	41.02	9765	7749
XM/XMC-100	37	5550	43.36	10323	8192

Krafttab

Faktorer for krafttab:

- Låsetab
- Svind og krybning af beton
- Kompression af beton
- Relaksation af spændstål

Generelt kan summen af disse sættes til: **20 %**

				Y1860-15.7	
Anchorage	<i>n</i>	<i>A_p</i> mm²	<i>M_p</i> kg/m	<i>F_{pk}</i> kN	<i>F₀</i> kN
XM/XMC-10	3	450	3.52	837	664
XM/XMC-20	4	600	4.69	1116	886
XM/XMC-30	7	1050	8.20	1953	1550
XM/XMC-35	9	1350	10.55	2511	1993
XM/XMC-40	12	1800	14.06	3348	2657
XM/XMC-45	13	1950	15.24	3627	2878
XM/XMC-50	15	2250	17.58	4185	3321
XM/XMC-55	17	2550	19.92	4743	3764
XM/XMC-60	19	2850	22.27	5301	4207
XM/XMC-70	22	3300	25.78	6138	4871
XM/XMC-75	25	3750	29.30	6975	5535
XM/XMC-80	27	4050	31.64	7533	5978
XM/XMC-90	31	4650	36.33	8649	6863
XM/XMC-95	35	5250	41.02	9765	7749
XM/XMC-100	37	5550	43.36	10323	8192

Kraft efter krafttab:

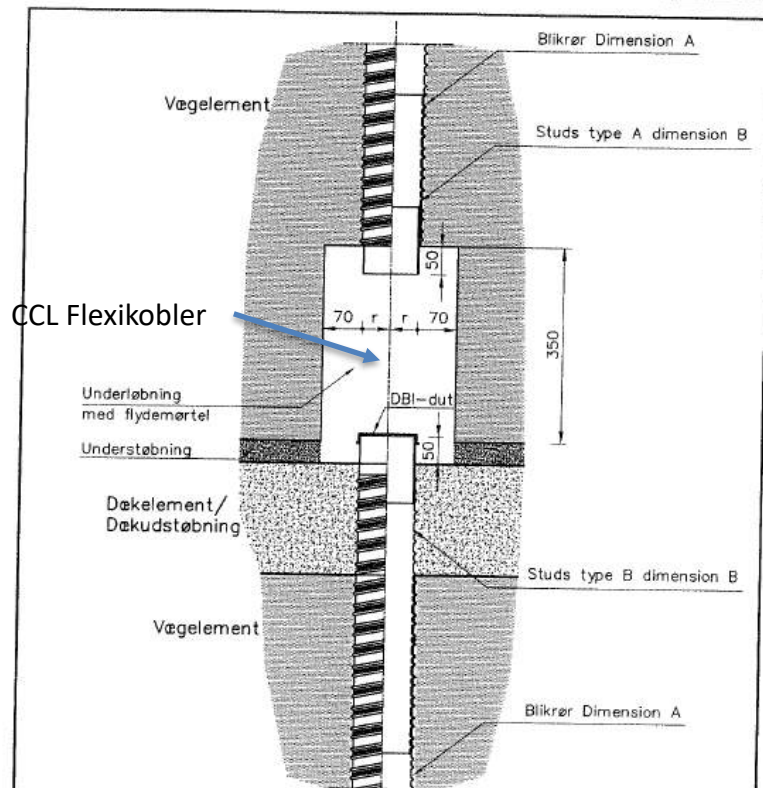
kN

502

670

1170

Ca. 60 % of brudkraft (F_{pk})



Blikrør jf. EN 523

← Blikrør – dimensioner i vægelementer

Dimension	3XM-10	4XM-20	7XM-30	9XM-35	12XM-40	13XM-45	15XM-50	17XM-55	19XM-60
A: 0,5 mm tyk	65	65	85	85	105	105	105	105	105
B: 0,5 mm tyk	60	60	80	80	100	100	100	100	100

Alle samlinger tapes DBI-dut fjernes først ved støbning af udsparringen
 Armering er ikke vist Vedr. studse se tegning 5.90.713 og 5.90.715
 Alle mål er mm og diametrene er indvendige mål

SKANDINAVISK
Spændbeton

Tlf. 44 35 06 11 • Fax 44 35 06 10 • www.spandbeton.dk

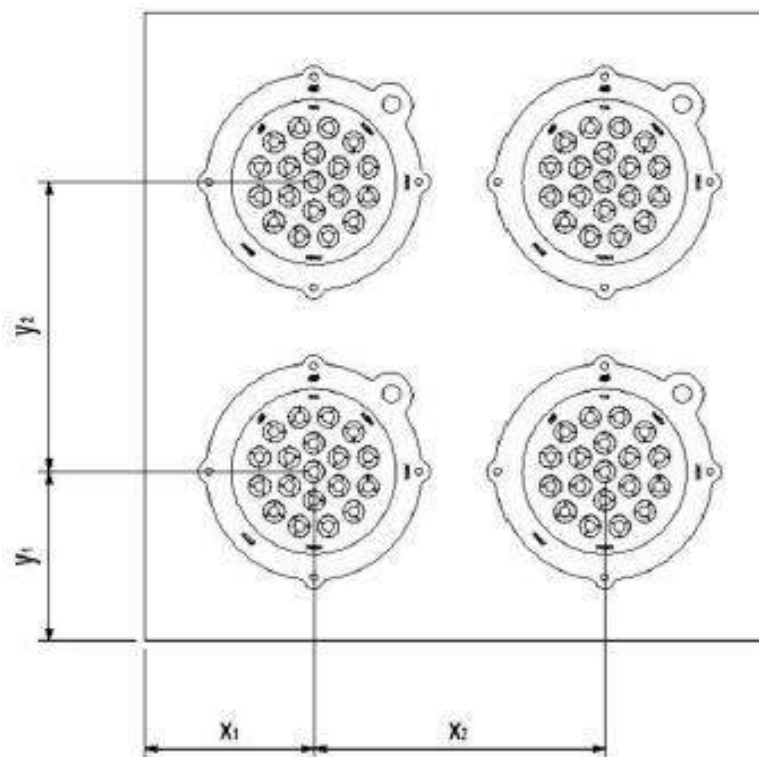
		Design	Tegnet	Lodret efterspænding Samlingsdet., rørgennemføring Vægelement/dæk/vægelement
		Navn	elo	
		Dato	2014.04.04	
		Godkendt	elo	
		Målestok:	Ikke i skala	Tegn. nr.: 5.97.0043
Ændringer	Dato	Erstatter tegn. nr.:		

Kant- og centerafstande

Værdier i henhold til ny CCL ETA

	$f_{cm,0}$ on cube	
	46MPa	
Anchorage	a	b
XM/XMC-10	200	200
XM/XMC-20	220	220
XM/XMC-30	260	260
XM/XMC-35	300	300
XM/XMC-40	320	320
XM/XMC-45	340	340
XM/XMC-50	360	360
XM/XMC-55	380	380
XM/XMC-60	400	400
XM/XMC-70	430	430
XM/XMC-75	460	460
XM/XMC-80	480	480

→ $f_{ck \text{ cylinder}} : 30 \text{ MPa}$



Væg-tykkelse

Minimum vægtykkelser i henhold til forankringsarmering, dæklag, centerafstande og ETA.

Tabel 1

Værdierne i Tabel 1 er dimensionsgivende for vægtykkelser ved spændarmering.

Anker-type	Min. dimension af forankringsarmering mm	Vægtykkelser Inkl. dæklag 2x10 mm	Centerafstande (dæklag 2x10 mm)	Vægtykkelser Inkl. dæklag 2x15 mm	Centerafstande (dæklag 2x15 mm)
4XM20	170	192	250	200	240
7XM30	215	235	285	245	275
9XM35	240	260	345	270	330
12XM40	285/280*	305/300*	335/340*	315/310*	325/330*
13XM45	290	310	370	320	360
15XM50	315	335	385	345	375
17XM55	340	360	400	370	390
19XM60	350	370	430	380	420

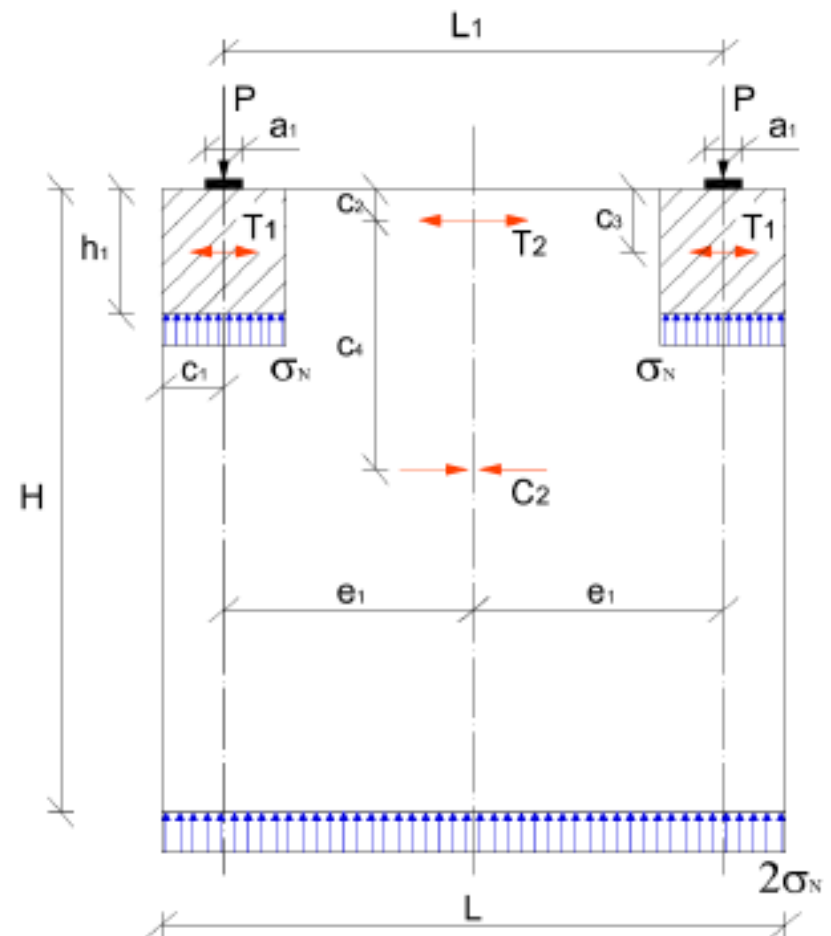
* spiral/links

Spalte-armering

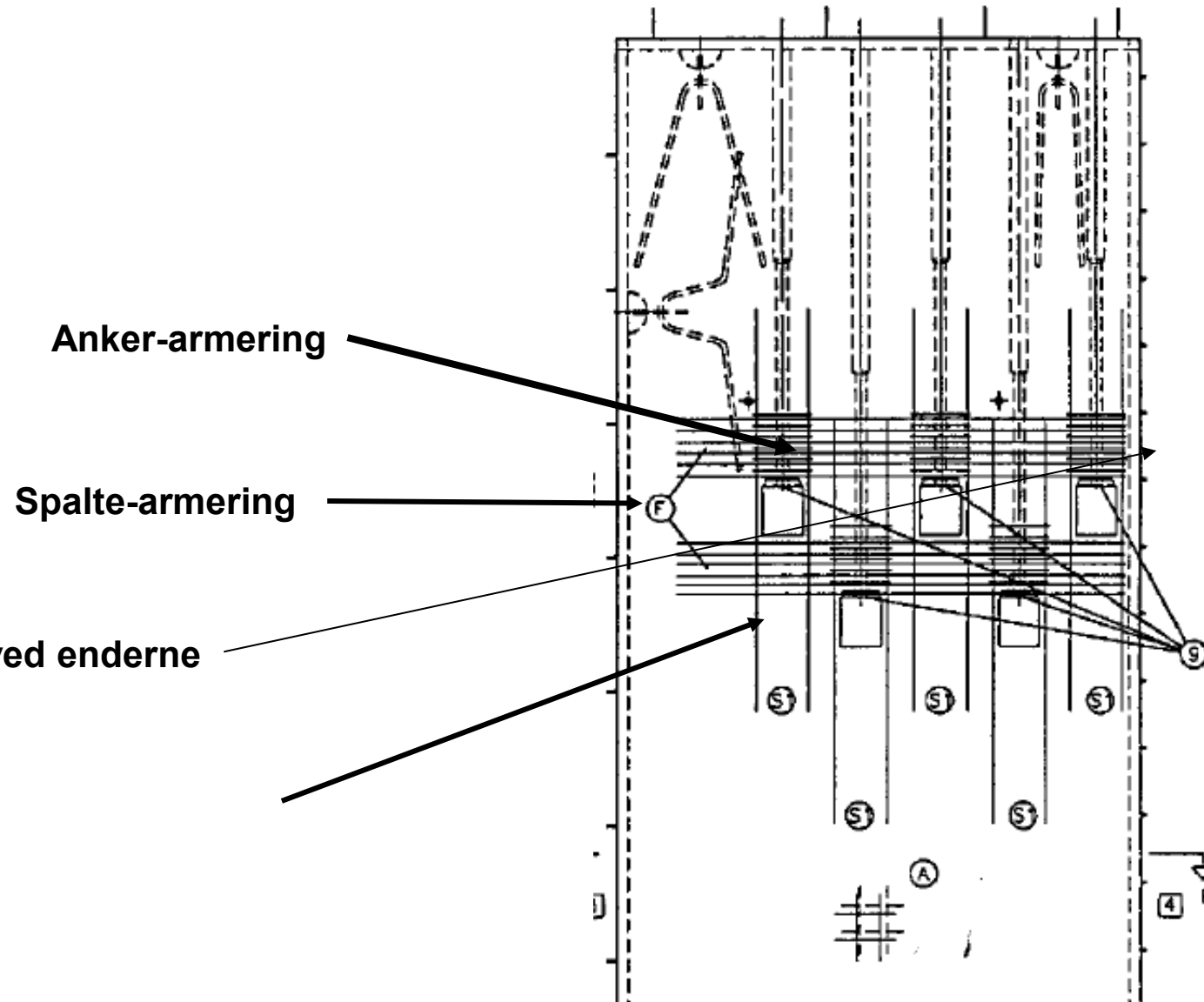
- i henhold til EuroCode

Skandinavisk Spændbeton / Spaltearmering i henhold til Elasticitetsteorien

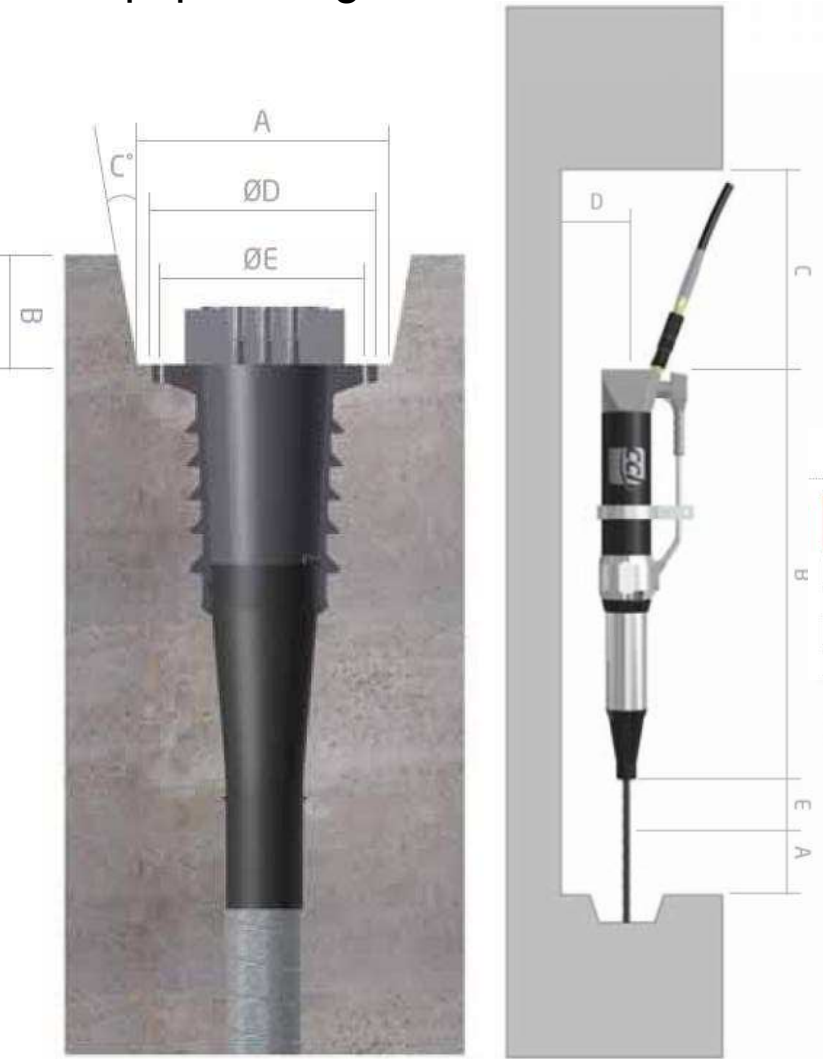
Eksempel – 2 ankre



Eksempel



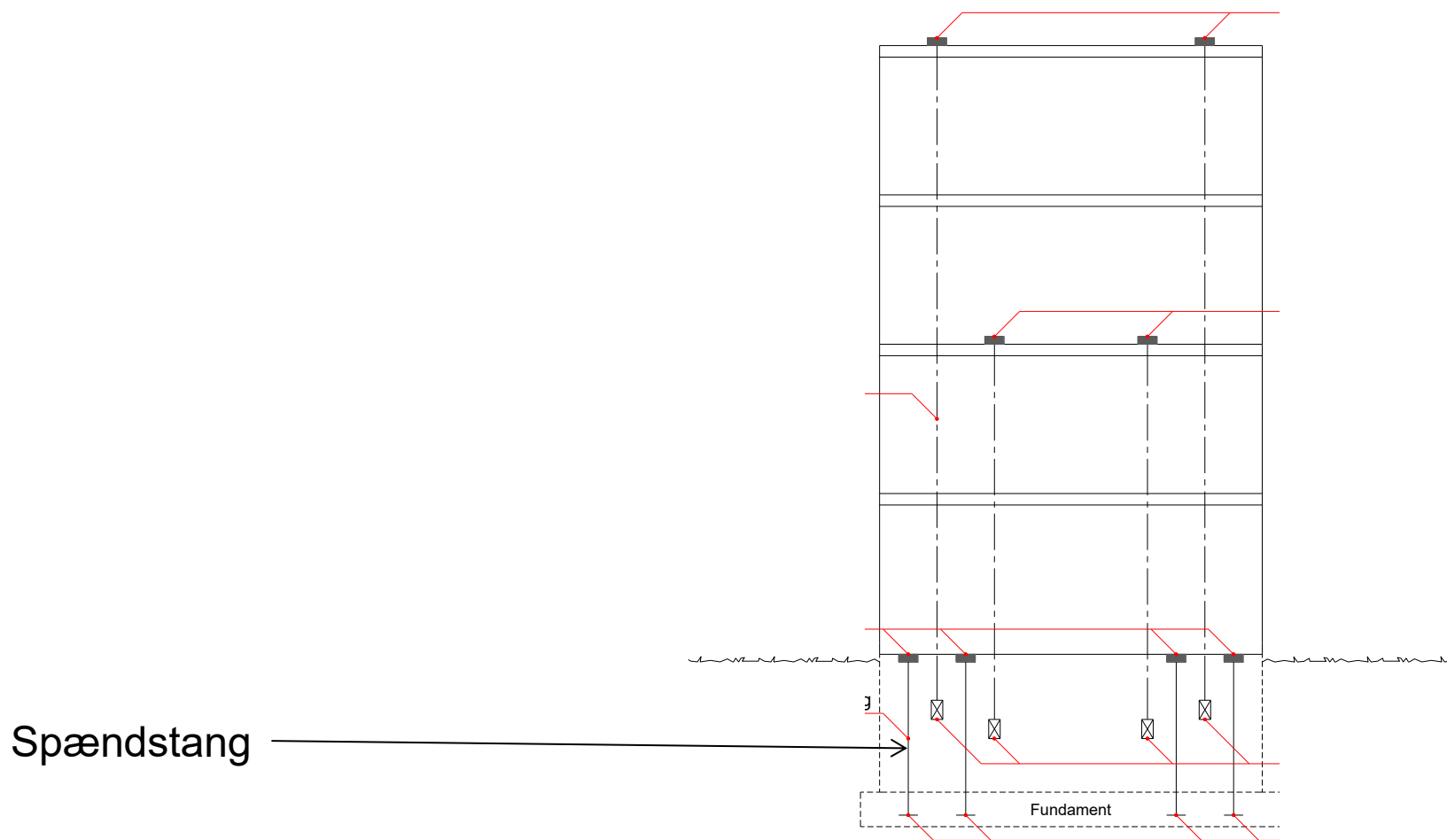
Opspænding



Stressomatic Jack Clearance

Jack	Ø Strand	A	B	C	D	E Stroke	Total Clearance*
160kN Short Stroke	13	225	755	200	60	205	1385
160kN Long Stroke	13	225	1085	200	60	535	2045
300kN Short Stroke	13/15	350	860	200	70	205	1615
300kN Long Stroke	13/15	350	1070	200	70	410	2030

Spændstænger

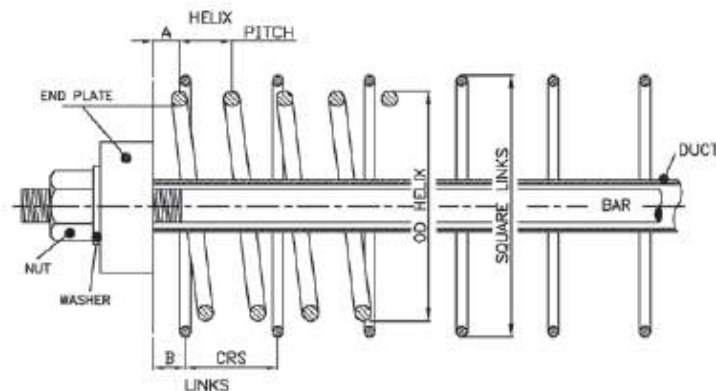


Spændstænger - specifikationer

Diameter mm	26,5	32	36	40	50
Charasteristis value of maximum force kN F_m	568	828	1048	1294	2022
Characteristic value of 0,1% proff force kN $F_{p0,1}$	461	672	850	1049	1640
Maximum prestress force kN P_{max}	415	604	765	944	1476

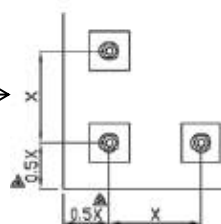
Normalt kan slut-kraften sættes til 60 % af brudkraften

Spændstænger



NOMINAL BAR DIAMETER	CONCRETE PRISM X-SECTION	HELIX					LINKS					RECOMMENDED DUCT INSIDE DIAMETER
		BAR #	A	PITCH	OD	TURNS	BAR #	B	CRS	SQU.	No.	
25	220x220	12	20	40	175	4	8	25	70	199	6	38
26.5	230x230	12	20	40	180	4	8	25	70	205	6	40
32	240x240	12	20	40	190	5	8	30	70	216	7	48
36	260x260	12	20	40	210	6	8	30	70	235	7	54
40	290x290	12	20	40	240	7	10	35	75	265	8	60
50	355x355	12	20	40	300	8	12	40	80	330	9	75

MINIMUM ANCHORAGE SPACING AND EDGE DISTANCE



NOMINAL BAR DIAMETER	X
25	220
26.5	230
32	240
36	260
40	290
50	355

PLUS ANY ADDITIONAL REQUIRED COVER BEYOND 10mm

NOTES:

ALL DIMENSIONS IN mm.

ALL REINFORCEMENT TO EN 10080: 2005
MIN. CHARACTERISTIC PROPERTIES AS FOLLOWS:
YIELD STRENGTH 460 N/mm²
TENSILE/ YIELD RATIO 1.08
ELONGATION AT FRACTURE AS 14%
ELONGATION AT MAX. FORCE Agt 5%.

HELIX - SHAPE CODE 77 TO
EN ISO 3766: 2003

LINKS - SHAPE CODE 51 TO
EN ISO 3766: 2003, WHERE LENGTH A=B.

CONCRETE TO BE IN ACCORDANCE WITH
EN 206-1: 2000.
MINIMUM MEAN COMPRESSIVE STRENGTH AT FULL
PRESTRESS $F_{cm,cube}$ 35 N/mm²

THE ABOVE REINFORCEMENT AND EDGE DISTANCES MAY BE MODIFIED IN ACCORDANCE WITH NATIONAL
REGULATIONS AND RELEVANT APPROVAL OF THE LOCAL AUTHORITY TO PROVIDE EQUIVALENT PERFORMANCE

Center-afstand →

Kant-afstand →

Ø2

Ø1

Ø2

Ø1

125

50

t

Stop

Min. 50

50

1

2

3

4

PEL-rør for

Føres min. 50

fundament/v

Tapesamling

Spøndeband

Injektionsrør

Injek

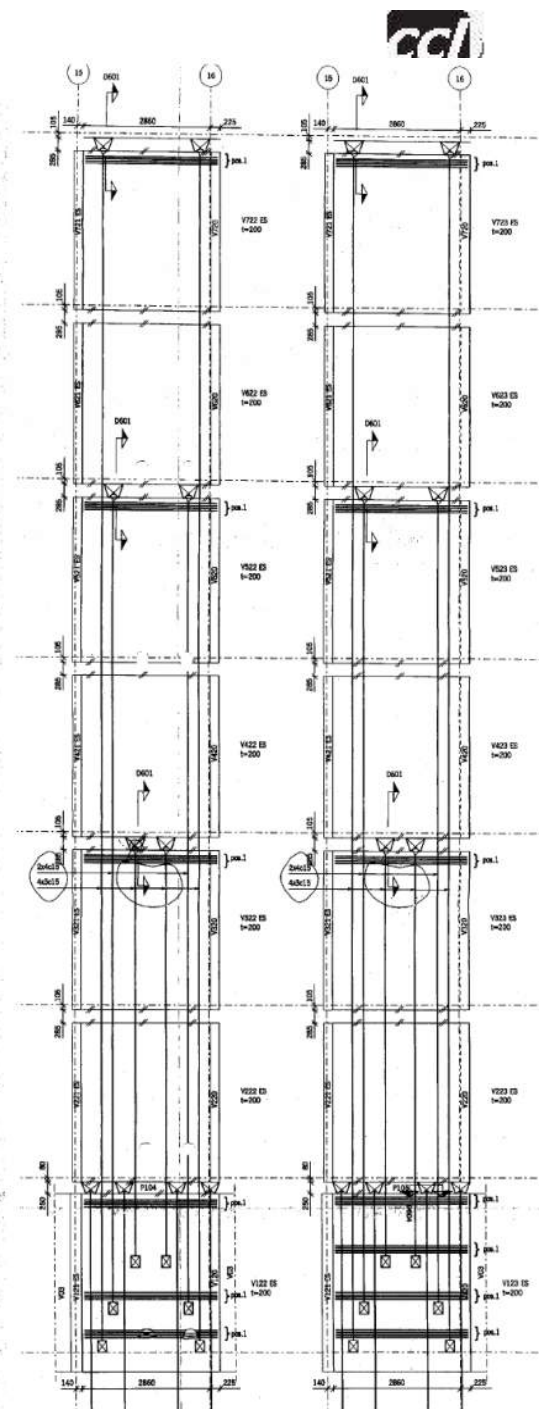
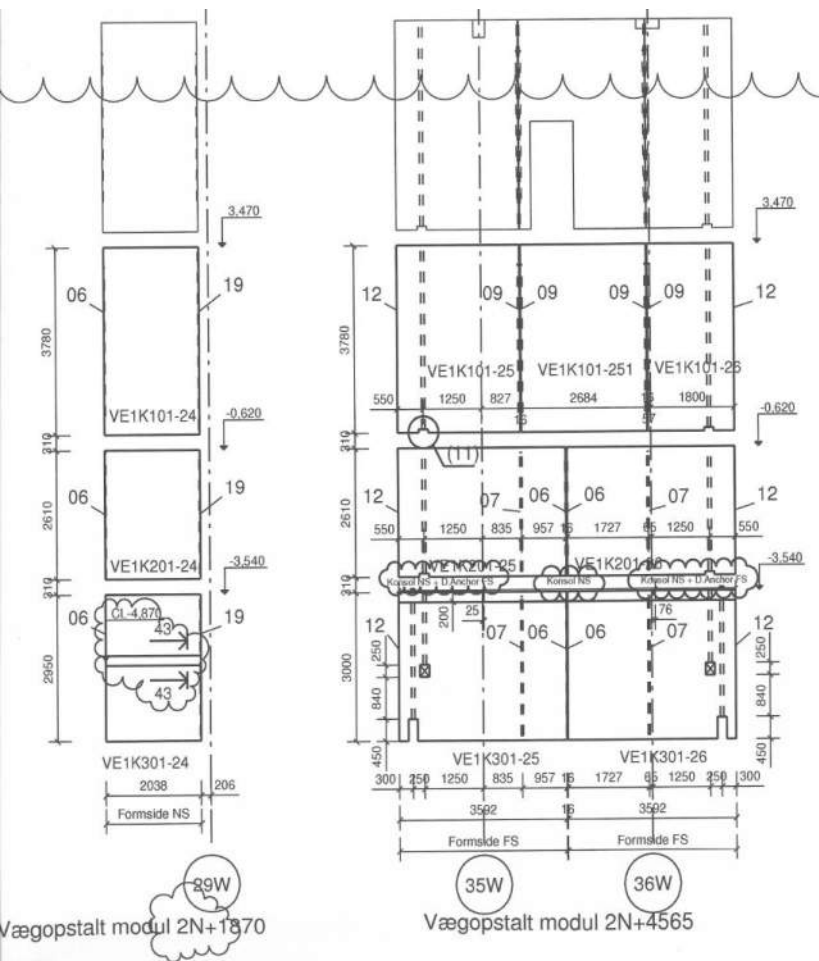
Beskr.

Måle

Beskrivelse	Pos.	Dim.	ø26,5mm	ø32mm	ø36mm	ø40mm	ø50mm
Macalloy stang; dia. stang/gevind	1	ø1	ø26,5/29	ø32/35	ø36/40	ø40/44	ø50/55,5
Metrik, højde (svejst til pos. 2)	2	s	39	43	48	53	74
Forankringsplade	3		110x110	125x125	140x140	160x160	200x200
Forankringsplade, tykkelse		t	40	50	50	60	60
Blikrør, dim.	4	ø2	ø50(0,5)	ø55(0,5)	ø60(0,5)	ø65(0,5)	ø80(0,5)
Min udragende stanglængde ved montage			50	50	50	50	50
Injektionsrør/slange (udv.)			ø16/ø20	ø19/ø25	ø19/ø25	ø19/ø25	ø19/ø25

Minimumbetonstyrke $f_{cm, 0, \text{cube}} = 35 \text{ MPa}$

Design - drawings



Hvem gør hvad? - EKSEMPEL

Rådgivende ingeniør

- Projektering af Lodret Spændt Armering – inkl. anker- og spalte-armering

CCL Scandinavia A/S

- Teknisk vejledning til rådgiver – evt. projektering
- Teknisk vejledning til entreprenør
- Levering af ankere – inkl. udluftnings- og injektions-detaller
- Levering af blikrør – til elementfabrik og byggeplads
- Levering af spændstål – liner og stænger
- Montering linekabler
- Opspænding af linekabler og stænger
- Kontrol af spænddata (KS)
- Injektion – fra bund til top
- Komplet KS dokumentation

Tietgen Kollegiet



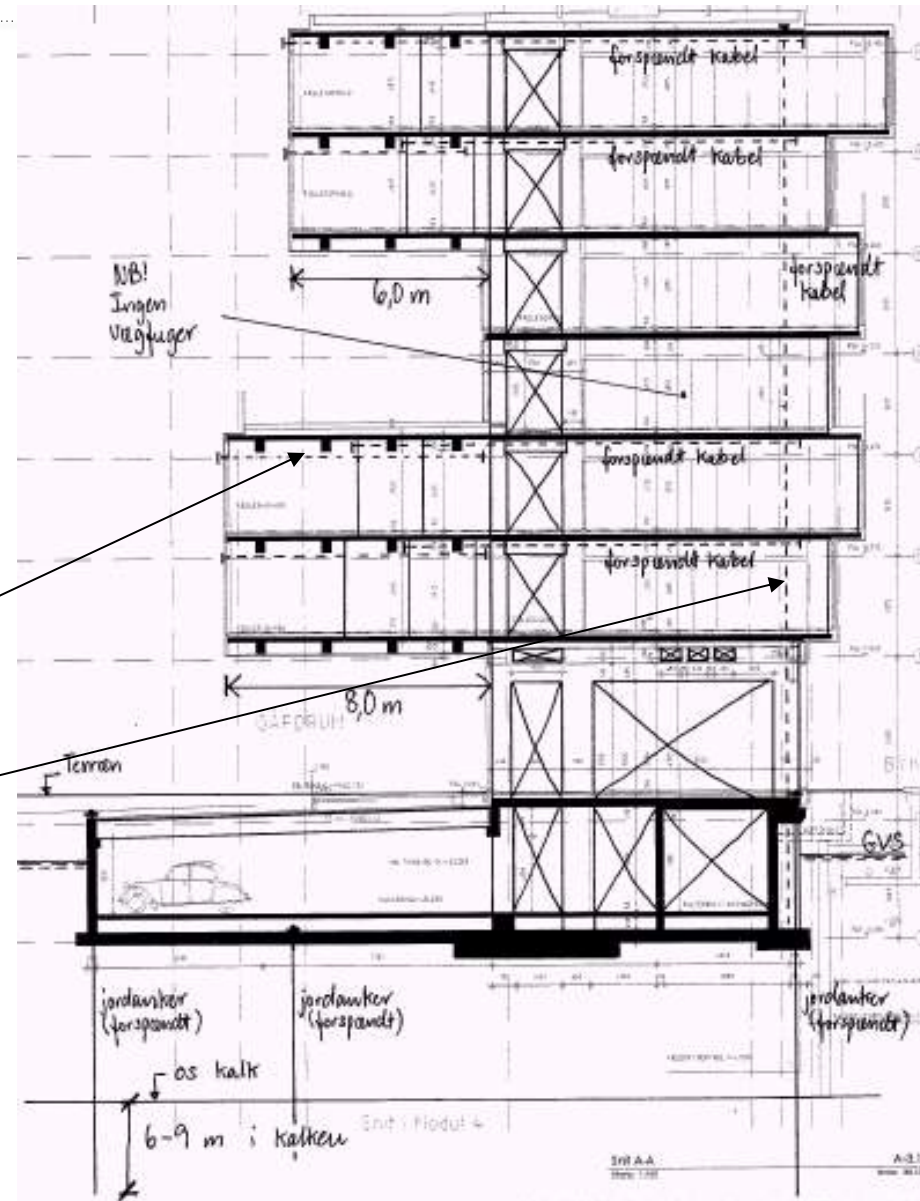
Organisation

- Bygherre:
Tietgenfonden (Nordea)
- Bygherre-rådgiver:
NIRAS
- Arkitekt
Boye Lundgaard & Lene
Tranberg
- Konstruktions-ingeniør:
COWI
- Entreprenør - beton:
Pihl & Søn
- Spænd-leverandør:
Skandinavisk Spændbeton

Statisk system

Vandret spændarmering

Lodret Spændt Armering



Anker detaljer



Opspænding





Tietgenkollegiet



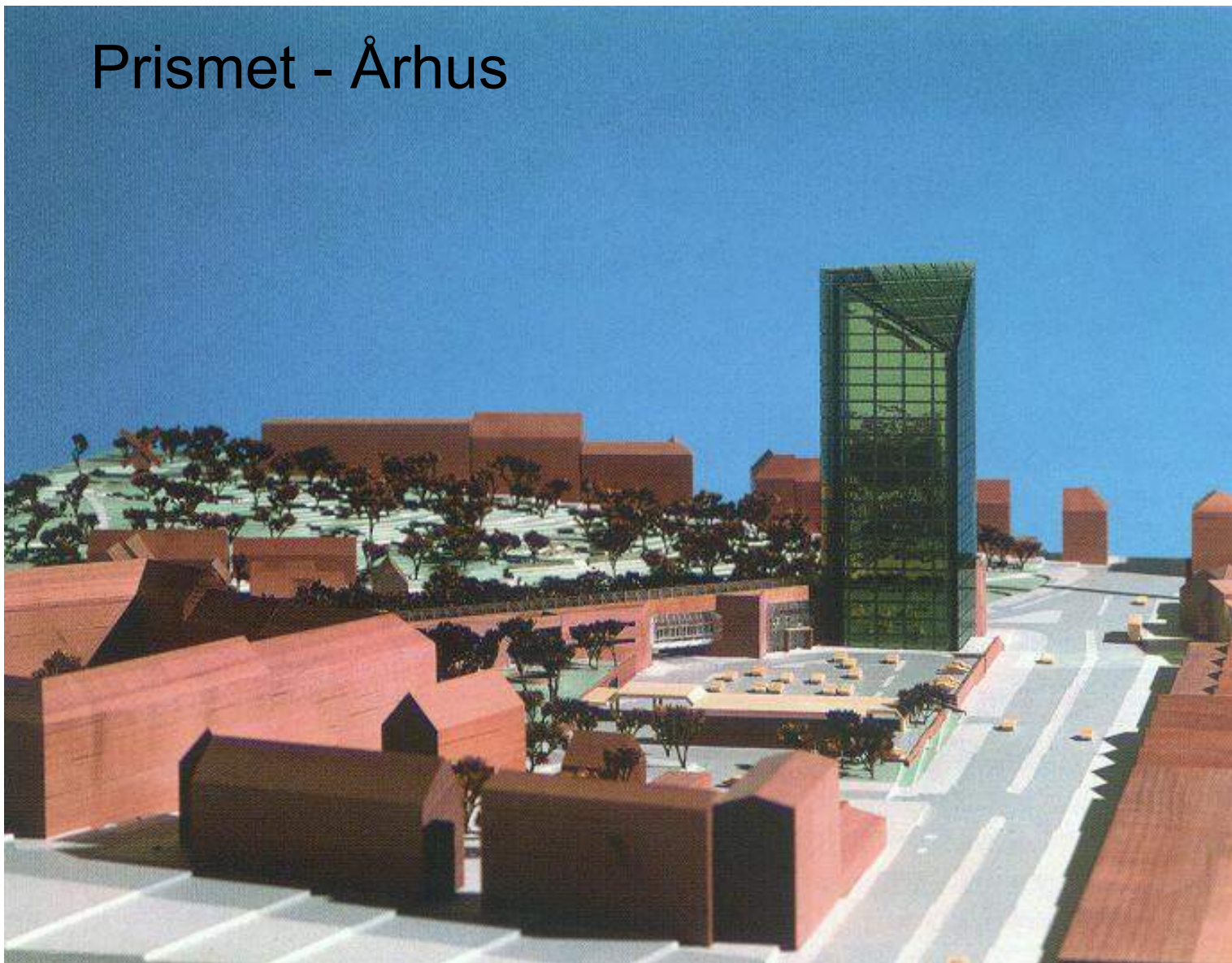
Midt i byggefasen

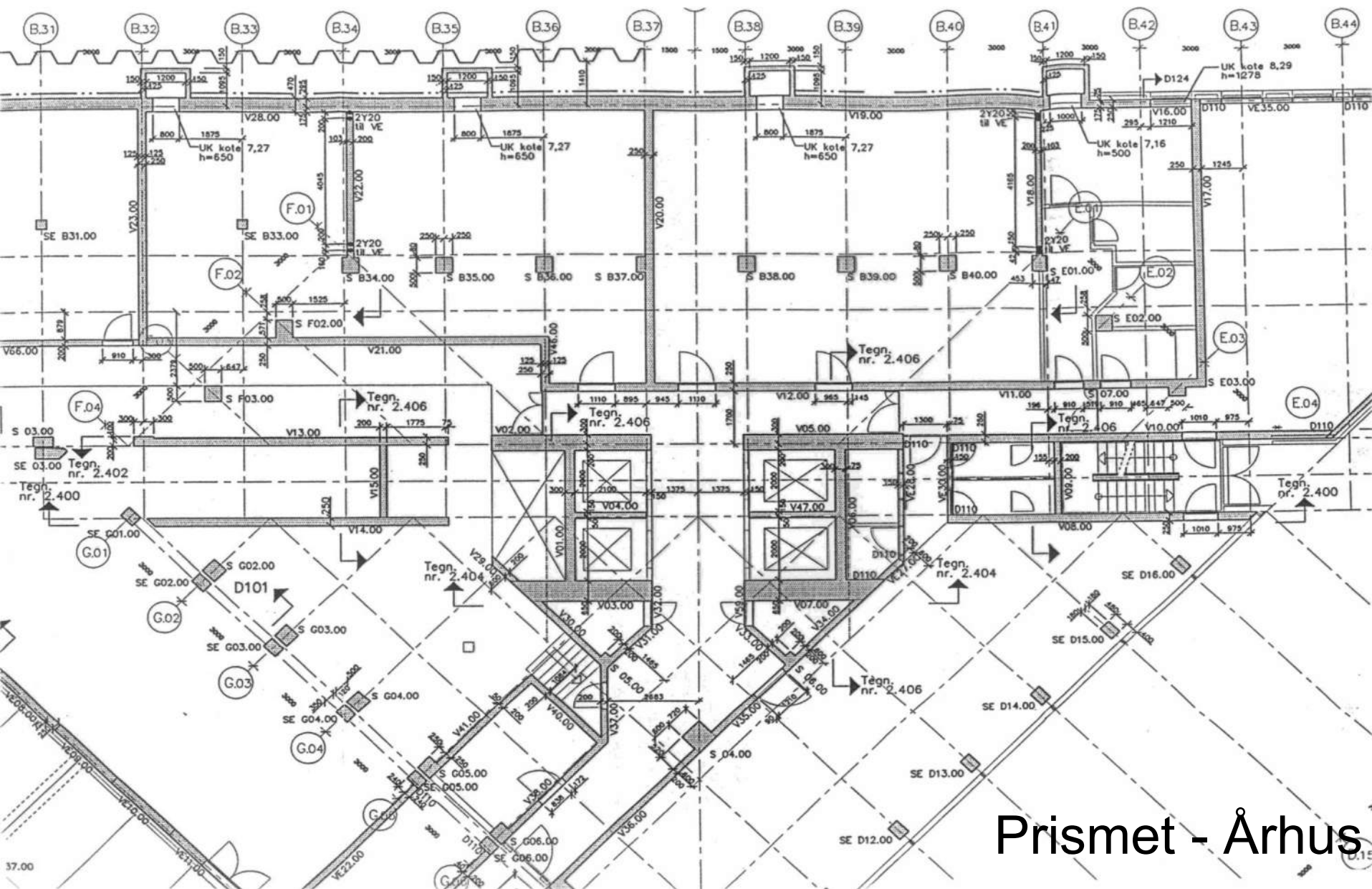
Tietgenkollegiet



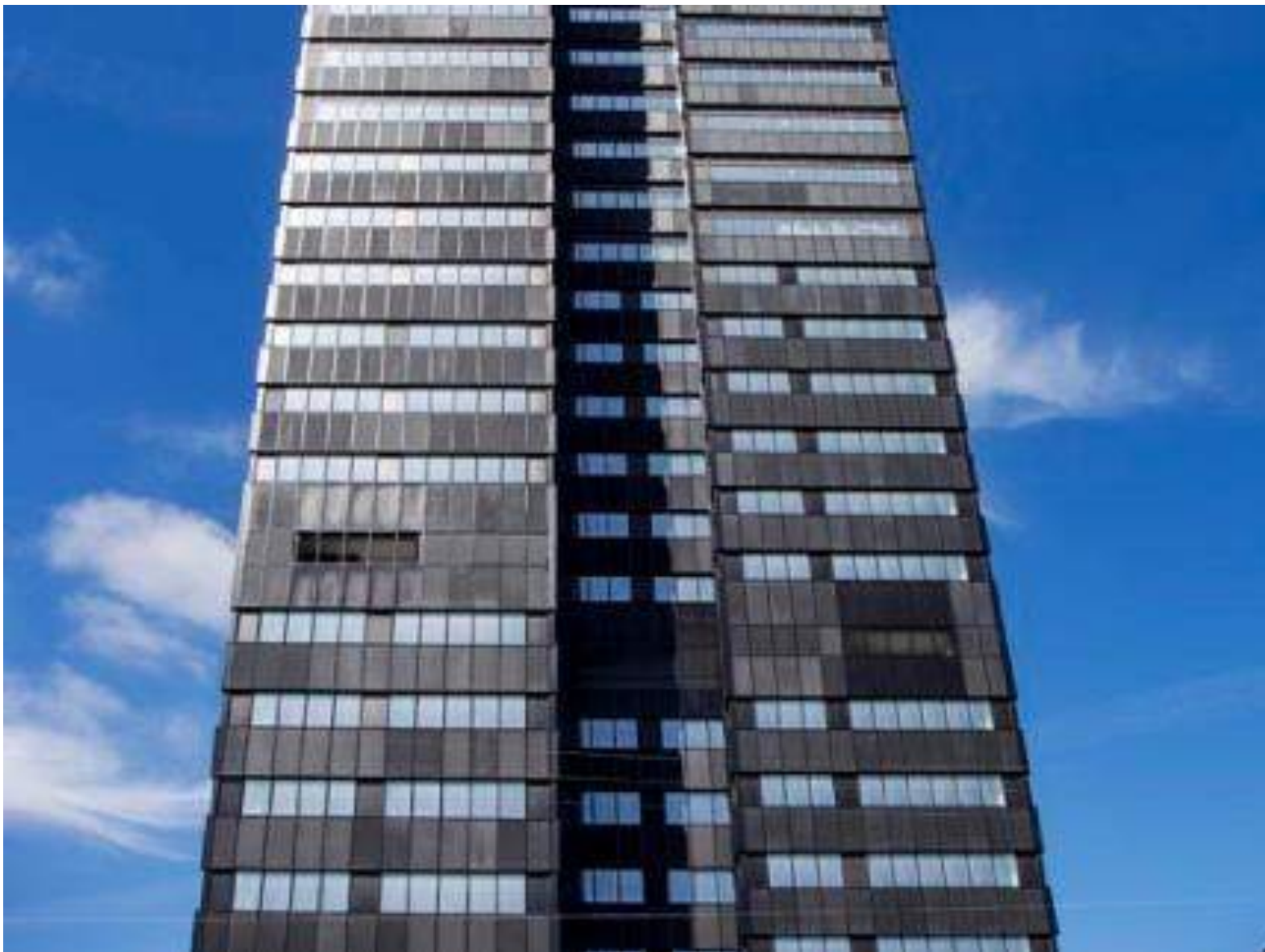
6 måneder senere

Prismet - Århus

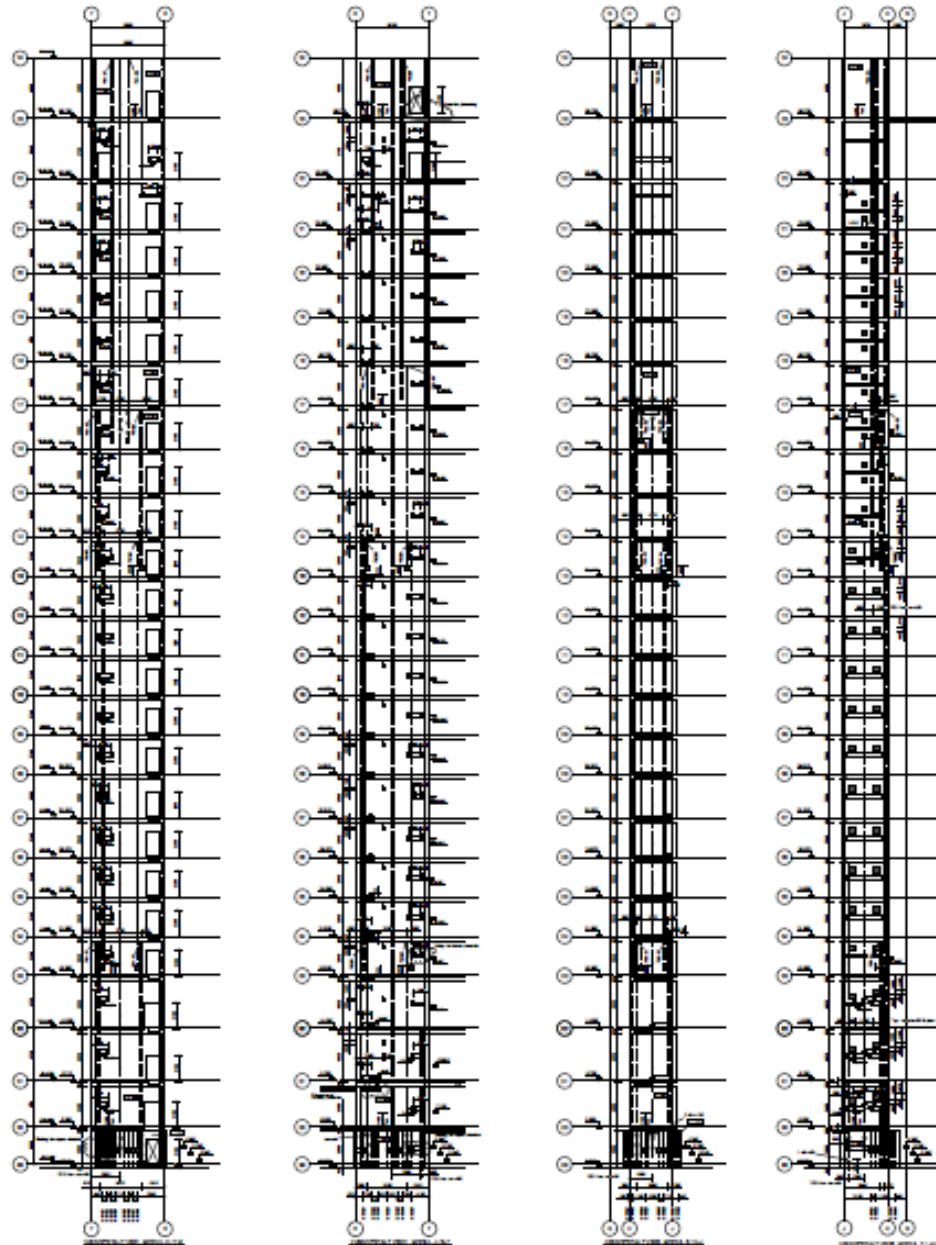




Prismet - Århus



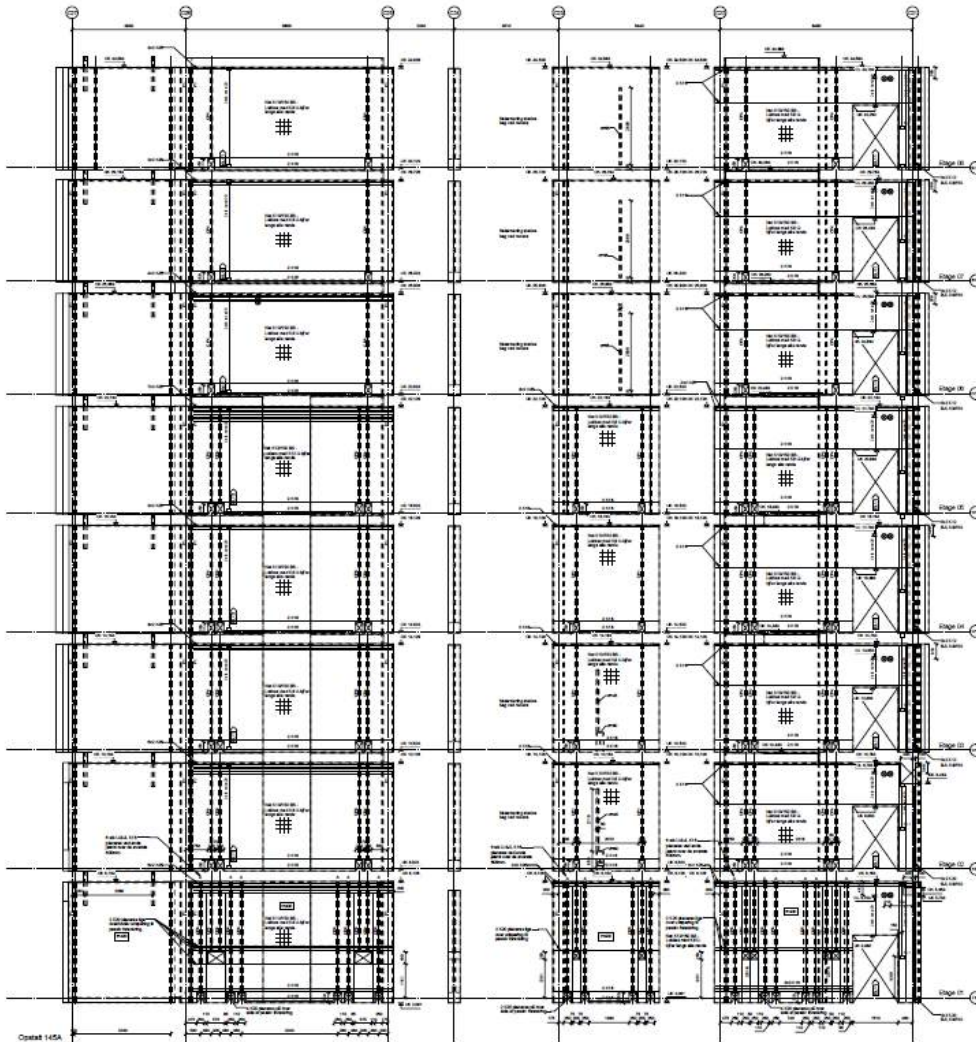




Campus Horsens



Campus Horsens



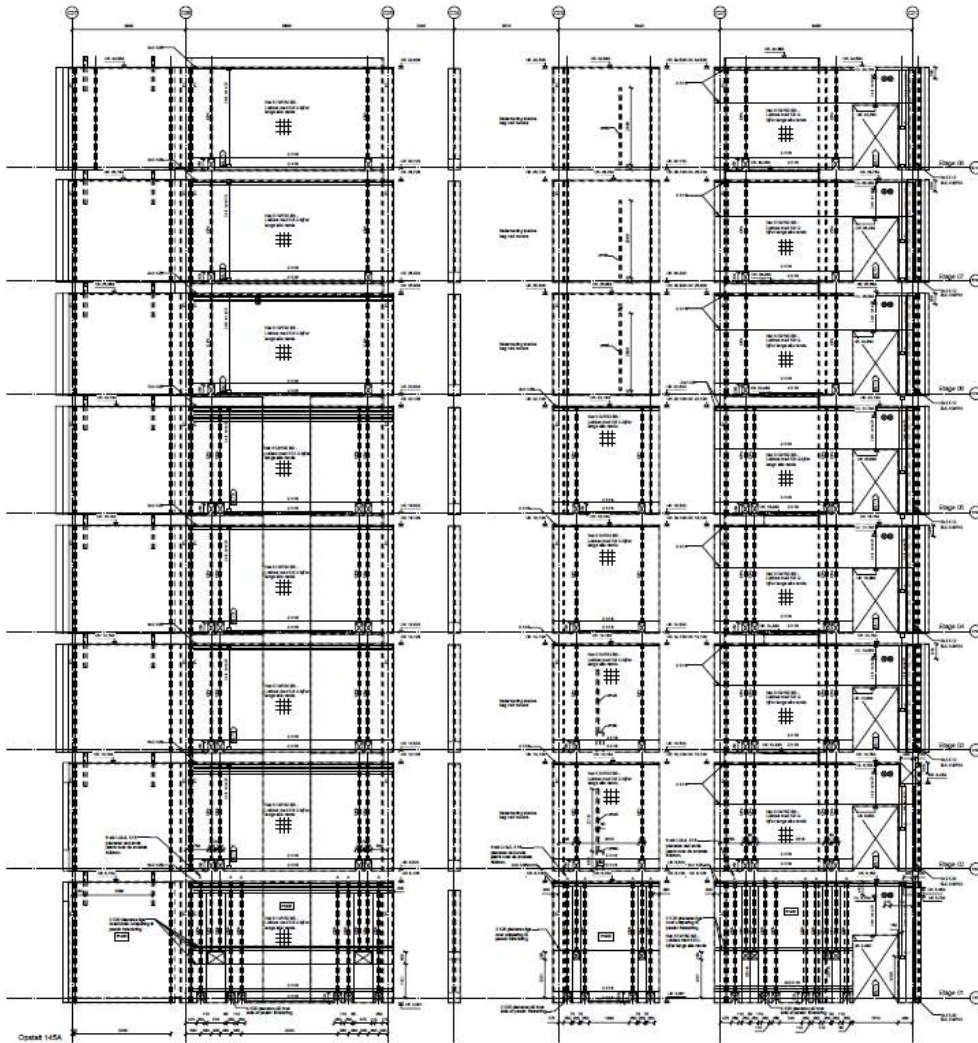
Tendons:

- 4L15
- 7L15
- 9L15
- 12L15

Stressing Bars

- 32 mm
- 40 mm
- 50 mm

Campus Horsens



Lodret Spændt Armering - Denmark

- Prismet i Århus
- Fisketorvet
- B&O i Struer
- Fields
- Parken Stadium
- Karen Blixen Parken
- Siemens Aalborg
- Værkmestergade, Aarhus
- Den Sorte Diamant
- Parken
- Tietgen Kollegiet
- Bella Sky Hotel



Lodret Spændt Armering

- Bella Sky Hotel
- TRÆ Aarhus
- Værkergrunden – Frederikshavn
- Kulgrunden – Middelfart
- Stubkaj – København
- - og mange flere!

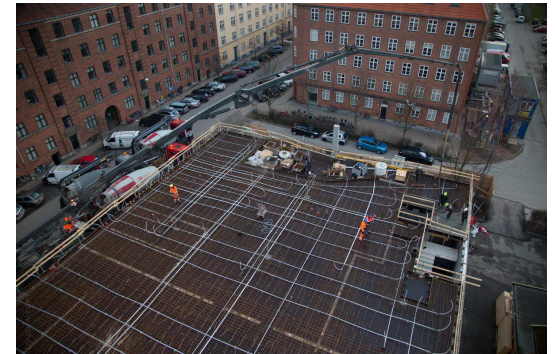


Lodret Spændt Armering – CO2

- Generel betragtning
 - Ifølge general EPD har slap armering og spændarmering circa samme CO2 aftryk – ca. *600 kg/ton* stål
 - Spændarmering er ca. 3 gange stærkere end slap armering – målt på brudstyrke
 - Når spændarmering erstatter slap armering, anvendes generelt kun *50 %* målt på vægt
 - Ud fra denne betragtning reduceres CO2 belastning med CO2 footprint for den anvendte spændarmering
 - **Systemet reducerer behovet for stabiliserende betonvægge**
 - **hvilket reducerer det samlede CO2 aftryk**

Spændarmerede in-situ støbte dæk

(Flat Slabs)



Projektering – levering - udførelse

CCL Scandinavia/CCL Engineering:

- Projektering – af dækkonstruktionerne
 - i samarbejde med rådgiver
- Levering og udførelse af spændarmering
 - i samarbejde med entreprenør
- Kontrol og as-built



Opgaver for betonentreprenøren (samarbejdspartneren):

- Forskalling – op og ned
- Levering og placering af slap armering (og evt. Spændarmering)
- Levering og udstøbning af beton



Fordele ved spændarmerede dæk (Flat Slabs)

- **Reduceret materialeforbrug – CO2 besparelse**
- **Økonomisk fordelagtig**
- Slanke dækkonstruktioner
- Reduktion af total etagehøjde
- Vandrette dæk (ej behov for overbeton)
- Flad/vandret underside
- Reduktion af nedbøjning
- God skivevirkning
- Fleksibel rørføring
- Fleksibel indretning
- Projektering/design tilpasset udførelse
- Udførelsestid 1 – 2 uger pr. etage
- God lydreduktion (luftlyd)

Spændarmerede dæk (Flat Slabs) – CO2

CO2 betragtning for Lighthouse

Indledende antagelse for armering

- Her er der anvendt EPD fra Calsa for slap armering

Potential environmental impact – mandatory indicators according to EN 15804

(Declared unit per tonne of reinforcement products)

Indicator	Unit	A1	A2	A3	Tot.A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
GWP-fossil	kg CO ₂ eq.	360	48,5	16,2	425	7,26	0,345	6,9	0	0	123

- Her er der anvendt EPD fra Tysca (Celsa) for spændarmering
 - samme type som anvendt på Lighthouse

Environmental impact parameters:

[1] 3-wire strand PC4; [2] 7-wire strand P61; [3] 7-wire strand P62

3-w Strand PC4 / 7-w Strand P61 / P62. Functional Unit: 1.000 kg								
Parameter	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4[1]	A4[2]	A4[3]
GWP-fossil	kg CO ₂ eq	5,71E+02	1,33E+00	2,67E+01	5,99E+02	3,56E+00	9,93E+00	8,57E+00
GWP-biogenic	kg CO ₂ eq	6,19E+00	7,80E-05	1,26E-01	6,32E+00	2,03E-04	5,69E-04	4,88E-04
GWP-luluc	kg CO ₂ eq	2,13E+00	1,08E-05	1,85E+00	3,99E+00	3,62E-05	8,75E-05	8,45E-05
GWP-total	kg CO ₂ eq	5,79E+02	1,34E+00	2,87E+01	6,09E+02	3,56E+00	9,94E+00	8,57E+00

Spændarmerede dæk (Flat Slabs) – CO2

CO2 betragtning for Lighthouse

Indledende antagelse for beton

- Her er der anvendt EPD fra Unicon for beton type:
 - 40 MPA aggressiv

Parameter	Enhed	Miljøpåvirkninger								
		A1-A3	A4	B1	B2-B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP	[kg CO ₂ -eq.]	4.32E02	3.39E00	-1.26E01	0.00E00	1.24E01	6.71E00	6.88E00	5.09E00	-4.71E00

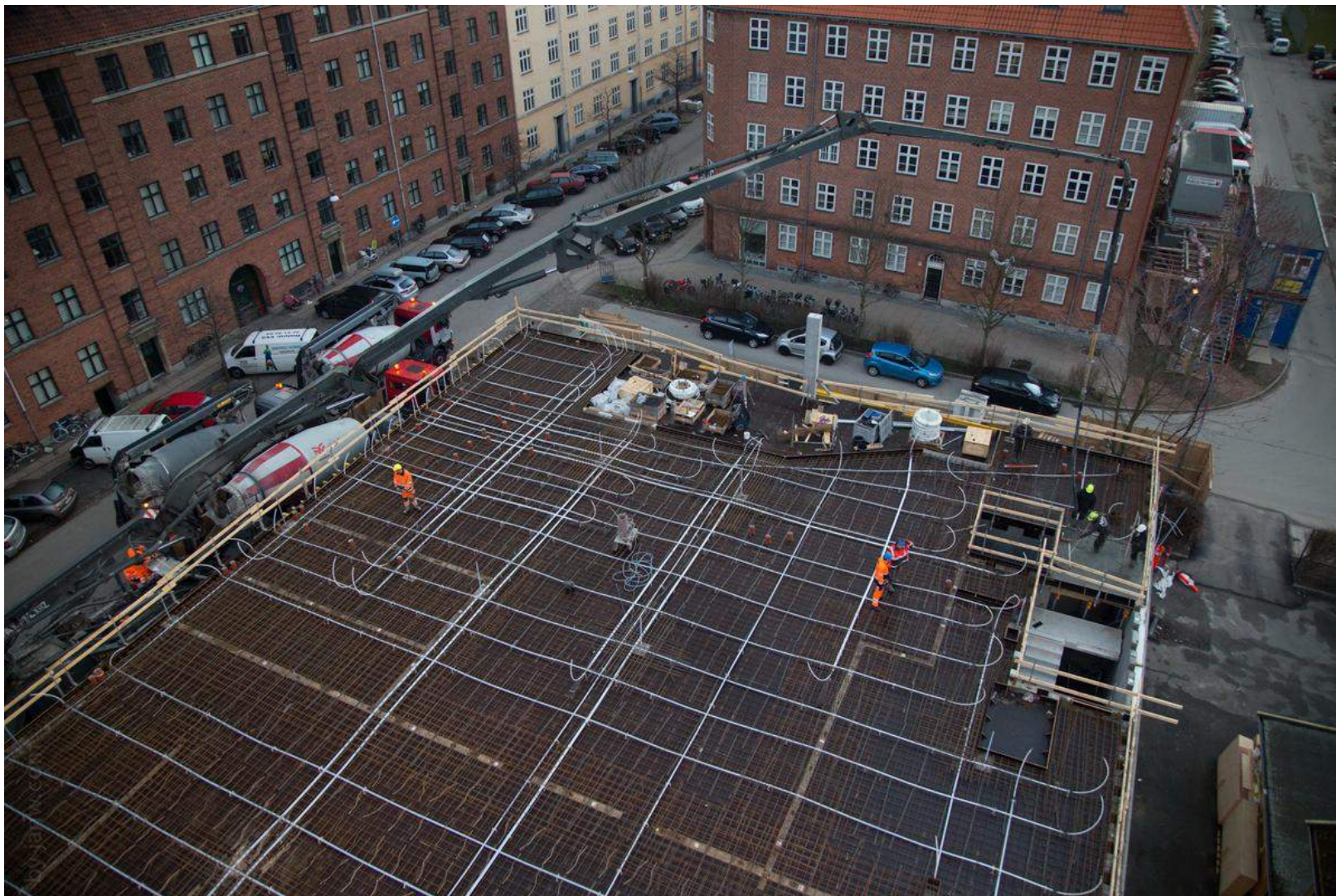
- Den faktiske beton til etagedæk på Lighthouse:
 - 55 MPa

Spændarmerede dæk (Flat Slabs) – CO₂

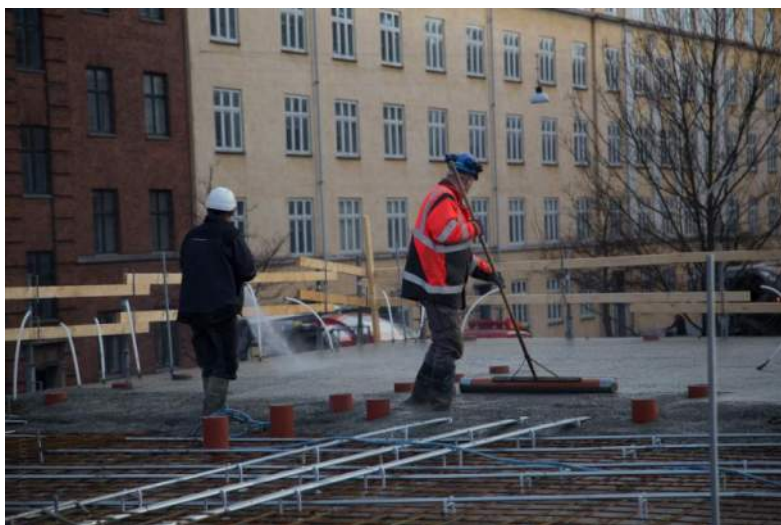
- Eksempel fra **Lighthouse**, Aarhus
 - Indledende overvejelser:
 - In-situ slapt armerede dæk
 - Beton: $T = 30 \text{ cm}$; $\text{CO}_2: 0,3\text{m} \times 432 \text{ kg/m}^3 = 130 \text{ kg/m}^2$
 - Armering: 38 kg/m^2 ; $\text{CO}_2: 38 \times 0,425 = 16 \text{ kg/m}^2$
 - CO_2 I alt: 146 kg/m^2
 - Løsning:
 - Spændarmerede in-situ dæk
 - Beton: $T = 20 \text{ cm}$; $\text{CO}_2: 0,2\text{m} \times 432 \text{ kg/m}^3 = 86 \text{ kg/m}^2$
 - Armering: 14 kg/m^2 ; $\text{CO}_2: 14 \times 0,425 = 6 \text{ kg/m}^2$
 - Spændarmering CO_2 : 3 kg/m^2
 - CO_2 I alt: 95 kg/m^2
 - CO_2 besparelse: $146 - 95 = 51 \text{ kg/m}^2 \times 20.000 \text{ m}^2 = \mathbf{1.020 \text{ tons!}}$

Spændarmerede dæk

Sundbyøster Hal 2

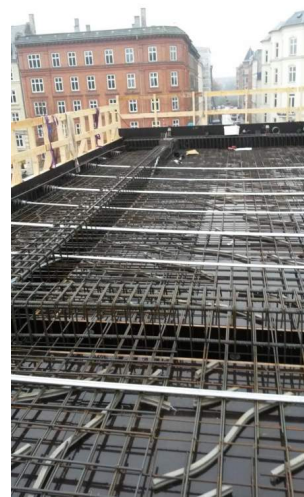
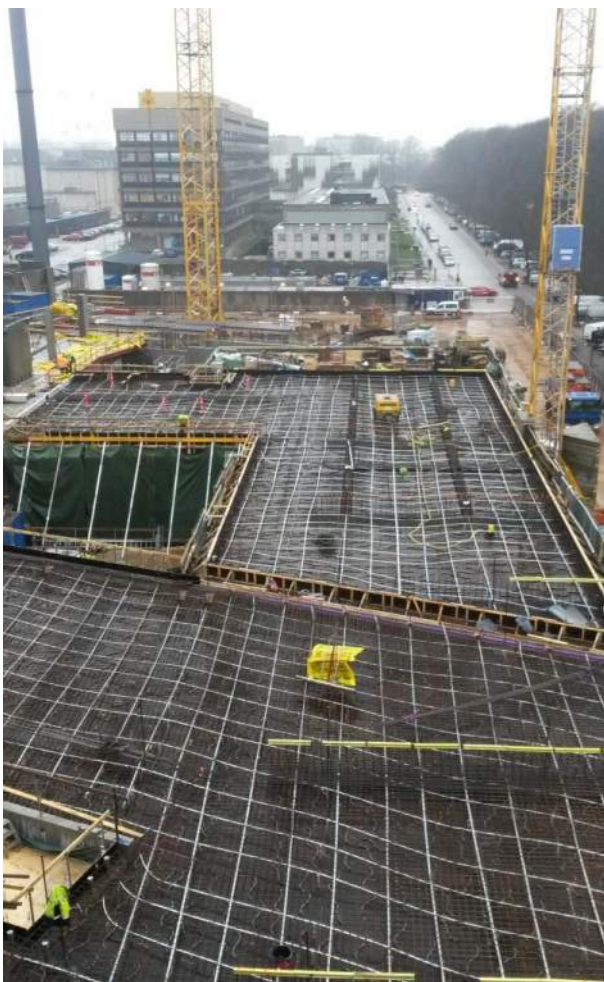


Spændarmerede dæk



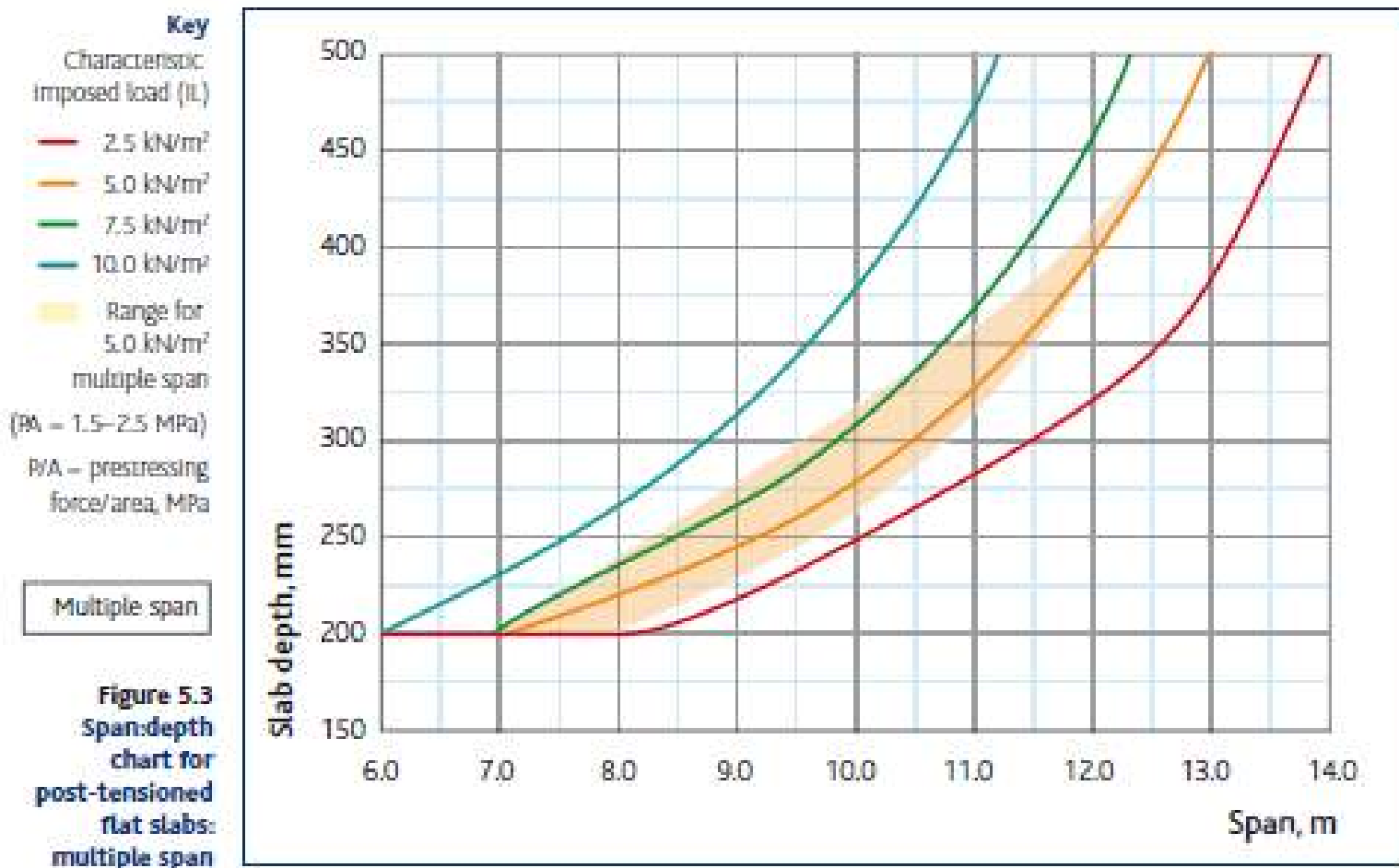
Spændarmerede dæk

Rigshospitalet



Projekterings-overvejelser

Dæktykkelser/nedbøjning



Spændsystemer

Bygninger: injiceret system (XF)



Kabelkanal –
blikrør - fladt

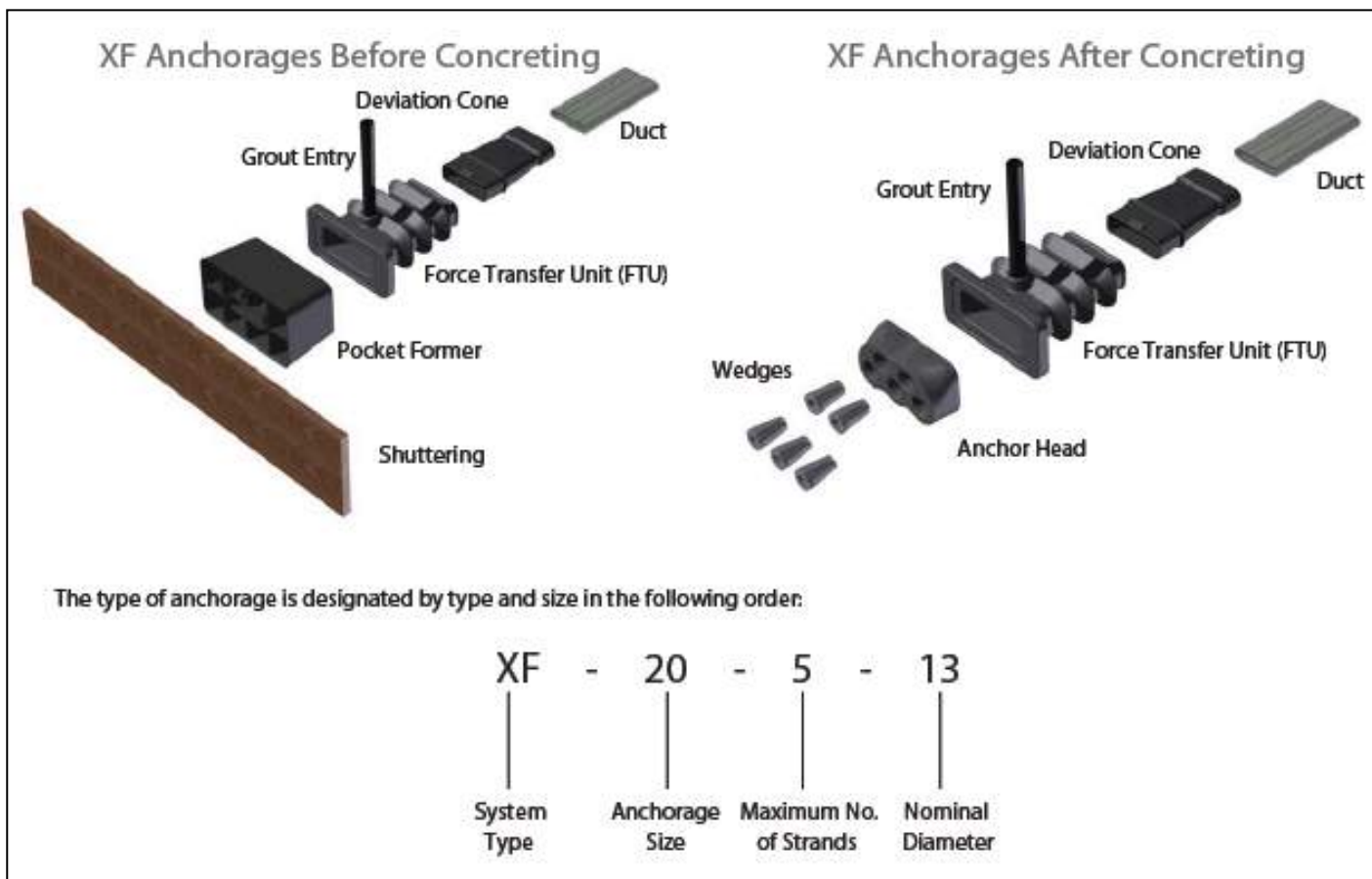
CCL fladt anker
(XF aktiv ende)



Passiv indstøbe ende

Spændsystemer

Bygninger: injiceret system



Spændsystemer

Bygninger: injiceret system





Spændsystemer

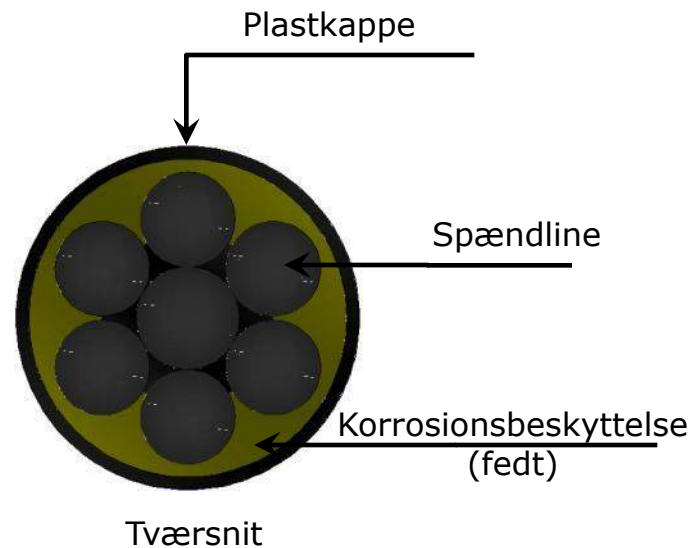
Bygninger: "unbonded" (ikke injiceret) (XU)



Passiv ende



Aktiv ende



Produktion af spændkabler – fabrik Ålesund, Norge



Spændsystemer

Bygninger: “unbonded” (ikke injiceret)



Spændsystem

CCL ETA – XF & XU System

**Service d'études sur
les transports, les
routes et leurs
aménagement**

46 avenue Aristide Briand
BP 100
92 225 BAGNEUX CEDEX
Tel : + 33 (0)1 46 11 31 31
Fax : + 33 (0)1 46 11 31 69



Sétra

Service d'études
sur les transports,
les routes et leurs
aménagement

MEMBRE DE L'EOTA

MEMBER OF EOTA

European Technical Approval No. ETA - 10/0107

English translation, the original version is in French (version originale en Français)

Nom commercial:	Systèmes de précontrainte par post-tension CCL; gamme 'X' Système adhérent/non adhérent multi-torons CCL 'XF' & 'XU'
Trade name:	CCL 'X' Range Post-Tensioning Systems CCL 'XF' & 'XU' Multistrand and Monostrand Bonded/Unbonded Systems
Détenteur de l'ATE: Holder of approval:	CCL Stressing International Ltd Unit 4 Park 2000 Millennium Way Leeds England LS11 5AL
Type générique et utilisation prévus du produit de construction:	Systèmes de précontrainte par post-tension de 1 à 6 torons adhérent/non adhérent
Generic type and use of construction product:	Post-Tensioning Kit for prestressing of structures with bonded/unbonded tendons of 1-6 strands
Valid from: to:	06/08/2010 06/08/2015
Producteur du procédé: Kit manufacturer:	CCL Stressing Systems Ltd Unit 4 Park 2000 Millennium Way Leeds England LS11 5AL

Le présent agrément technique européen contient:	43 Pages
This European Technical Approval contains:	43 Pages



Organisation pour l'Agrément Technique Européen
European Organisation for Technical Approvals

Projektering - dokumentation

																							
CCL (GB) Ltd. Unit 4, Millennium Way, Leeds LS11 5AL, England T: +44 (0) 113 395 6401 F: +44 (0) 113 277 8977 E: enquiries@cclint.com W: www.cclint.com		CCL (GB) Ltd. Unit 4, Millennium Way, Leeds LS11 5AL, England T: +44 (0) 113 395 6401 F: +44 (0) 113 277 8977 E: jmachin@cclint.com W: www.cclint.com																					
Contents 1. PROJECT BRIEF 1.1. Project Description .. 1.2. General Arrangemen 1.3. Builderswork and Se 1.4. Cladding and Fixings 1.5. Loading Information 1.6. Fire Resistance 1.7. Design Responsibility 2. DESIGN BRIEF 2.1. Design Guides and S 2.2. Modelling Assumptio 2.3. Lateral Restraint and 2.4. Deflection Criteria ... 2.5. Temporary Works ... 3. MATERIAL SPECIFICATIO 3.1. Concrete 3.2. Anchors 3.3. Post Tensioning Stra 3.4. Reinforcement 3.5. Post Tensioning Syst 3.6. Allowable Stress Lim Transfer Service 3.7. Cover		Contents 1. LEVEL 01 POUR 01 1.1. General Description 2. SLAB ANALYSIS 2.1. Finite Element Model 2.2. Imposed Loading 2.3. Creep Factor 2.4. Moment Transfer 3. POUR LAYOUT 3.1. General 3.2. Restraint & Release 4. REINFORCEMENT 4.1. Edge Reinforcement 4.2. Antiburst Reinforcement 4.3. A252 Mesh 5. PUNCHING SHEAR 5.1. Methodology APPENDICES																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P01</td> <td>13/12/10</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> Check Type A - Carrying out alte B - Numerical Check C - Comparison with	Rev	Date	P01	13/12/10							CCL (GB) Limited is Registered in England and Wales Registered Office: Unit 4 Park 2000, Westland Road, Millennium Registered No: 6371071	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P01</td> <td>13/12/10</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> Check Type A - Carrying out altern B - Numerical Check o C - Comparison with s	Rev	Date	P01	13/12/10							CCL (GB) Limited is Registered in England and Wales Registered Office: Unit 4 Park 2000, Westland Road, Millennium Way, Leeds, England, LS11 5AL Registered No: 5371971 
Rev	Date																						
P01	13/12/10																						
Rev	Date																						
P01	13/12/10																						

Projektering - dokumentation

Project: MINDET 6

Ref: B-11500-T05-CALC01-02



Slab Calculation Report

A detailed calculation report for T05 level

Rev	Date	Description
01	23-06-01	Draft2
02	23-06-05	Draft2
04	23-06-29	Draft4

Projektering - dokumentation

Project Description

Mindet 6 is a forty-story tower located in the industrial harbor area in Aarhus, Denmark. The tower rises 145m above ground, and it is mainly intended for office use. The tower will be built next to a pre-existing structure as shown in Figure 1 which will simultaneously undergo renovation. Both structures are structurally independent due to the presence of a movement joint.



Figure 1: 3D view of the tower with the pre-existing structure (retrieved from [3])

The tower consists of four main parts, a base part, a lower part, a middle part, and an upper part. The slabs in the last three parts of the tower include side cantilevers each in a different direction. The slabs in the base part are designed as reinforced concrete slabs, and the slabs in all other parts are designed as post-tensioned (PT) slabs. In addition to the PT slabs, CCL was assigned the design of the raft, resulting in a total area assigned for PT design to be approximately 40,000m².

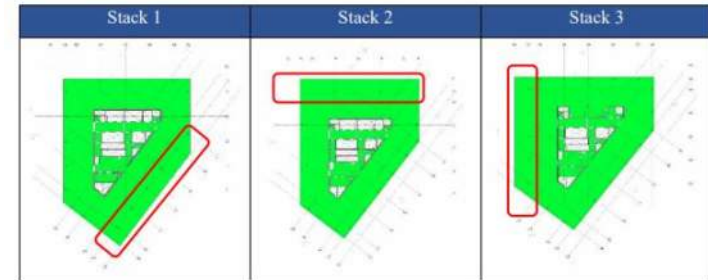
Design Philosophy

The slabs are designed to carry all loads superimposed, in addition to its self-weight. The post-tensioned slabs on the apartment stories are 230mm thick, except for the mechanical floor slab on T.14, which is 300mm thick. The typical floor framing system is a flat slab system, with two-way spanning floor slabs that support the applied floor loadings and façade loading.

Slabs Overview

The slabs act as two-way slab system, with each slab having an area of approximately 1,200m² (without considering the inner core area). The structure consists of a total of forty slabs, where 36 slabs will be designed as post-tensioned systems. The mentioned 36 slabs span from level T.04 to level T.T2. The PT slabs are divided into three main stacks, the first and lower stack which is made up of T.04 to T.14, the second middle stack which includes T.15 to T.26, and the third top stack consists of T.27 to T.T2. The stacks correspond to which side the cantilever slab is located, as shown in Table 1.

Table 1: Location of cantilever in stacks 1, 2, and 3



3. Post-tensioning system

CCL's XF10 and XF20 system will be used in design, which can include between two and four 15.7mm strands. Figure 10 shows a cross section of the live end where the dimensions of each part are provided in Table 4.

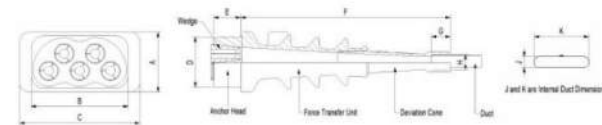


Figure 10: XF system live end

Table 4: XF live end anchor dimensions (in mm)

Anchorage	Strands	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
XF-10	2	80	91	108	66	44	242	30	25	18	42
XF-20	4	95	126	155	80	44	300	30	25	18	69

The dead end of the tendons the onion detail will be adopted which is shown in further details in Figure 11 and Figure 12. Table 5 corresponds to the dimensions of the dead end detail.

Projektering – tegninger

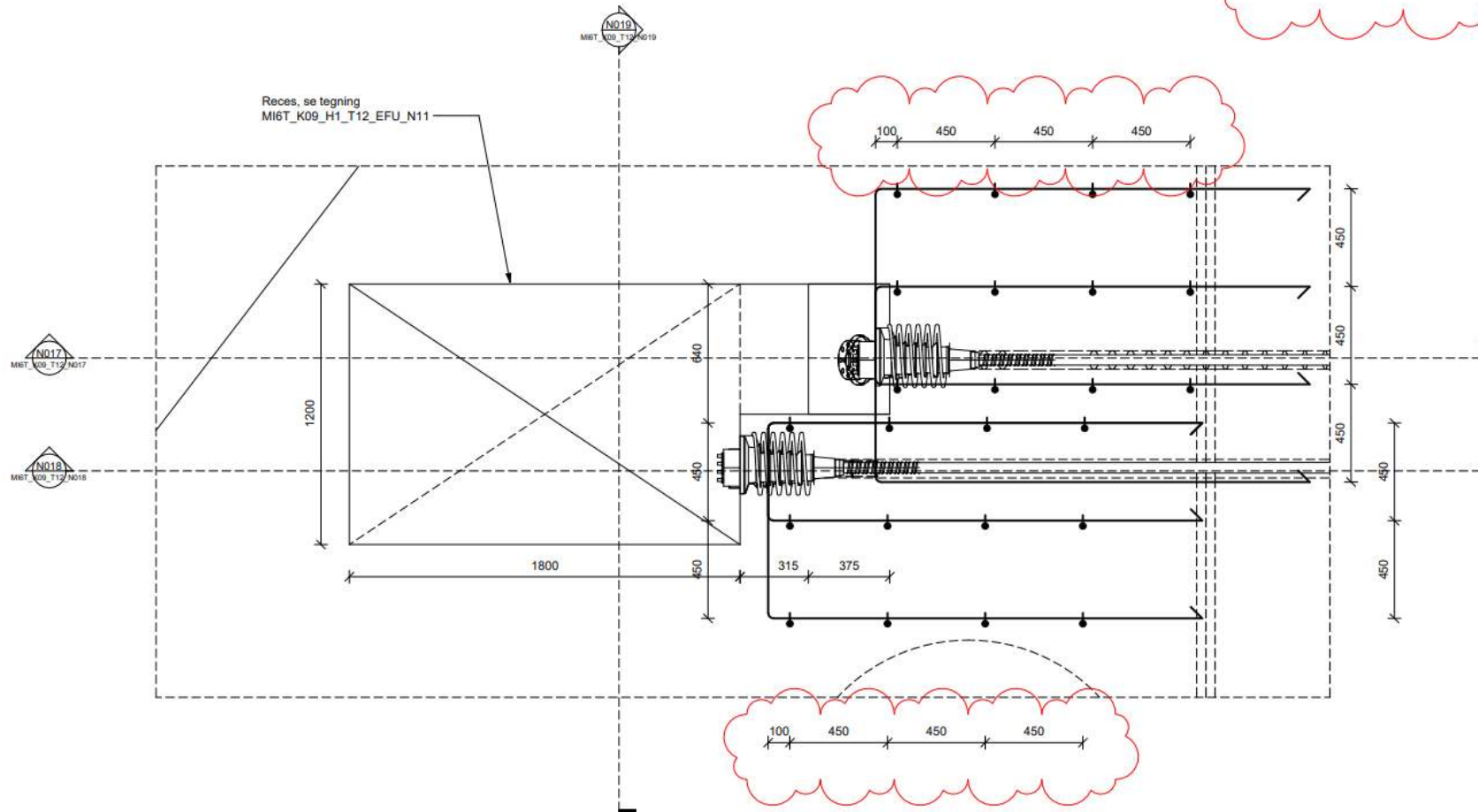
–Lighthouse Bundplade

MI6T_K09_T12_N020 1

HENVISNINGER:

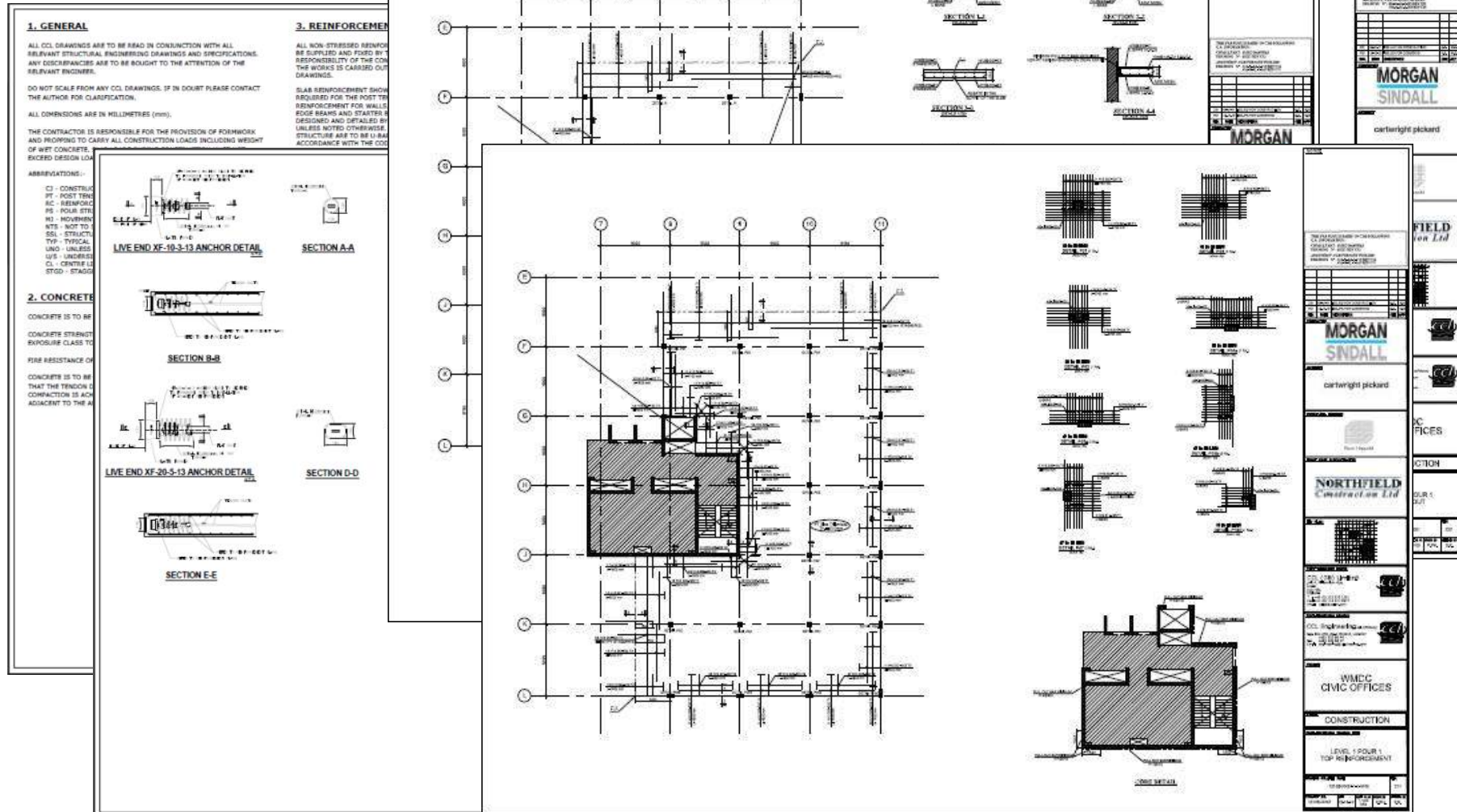
Generel note - Pæle og fundamenter
Fundamentsplan
Væg opstalter armering

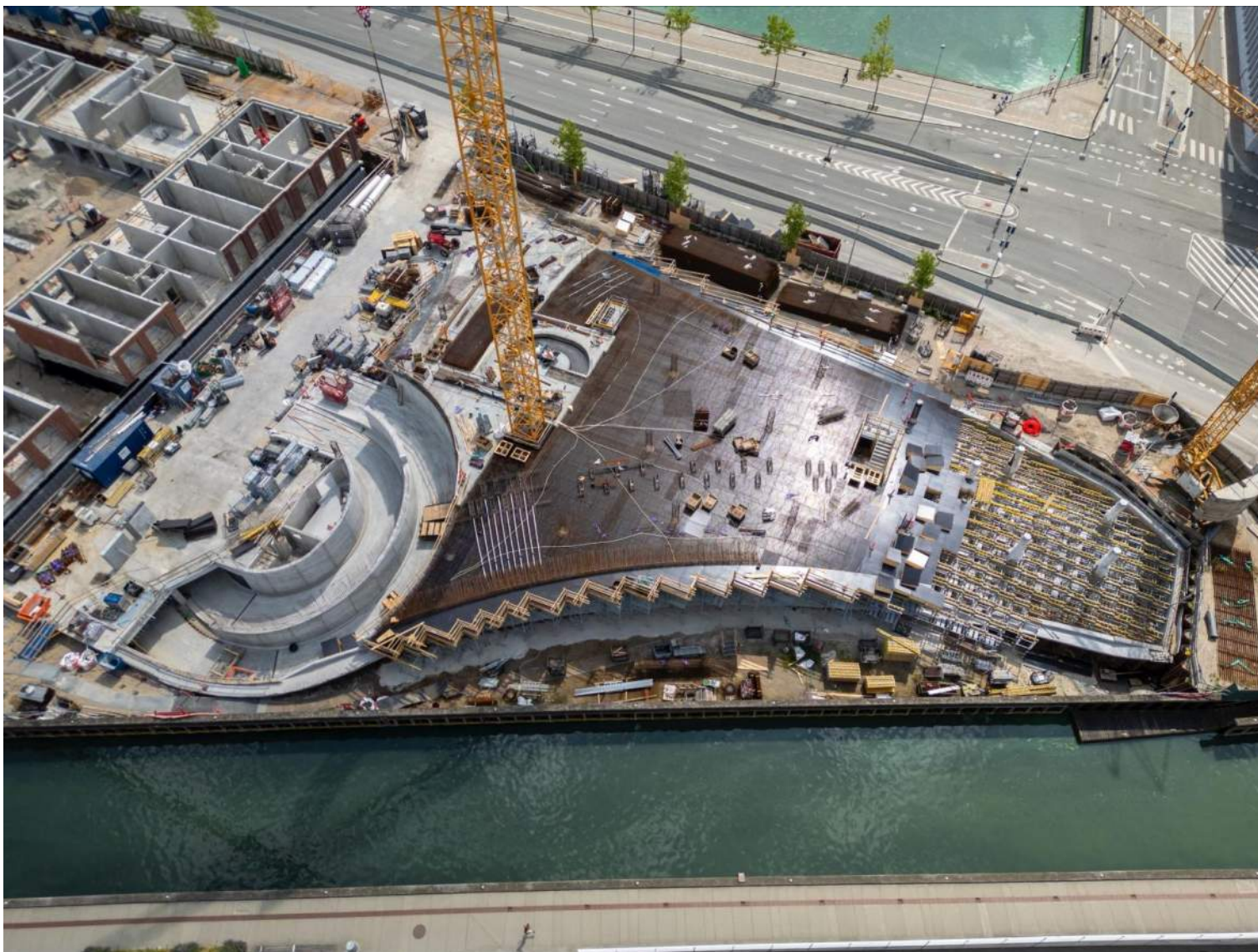
MI6T_K09_H0_T12_EX_N01
MI6T_K09_H1_T12_EFU_N1
MI6T_K09_H2_T19_Exx_Nxx

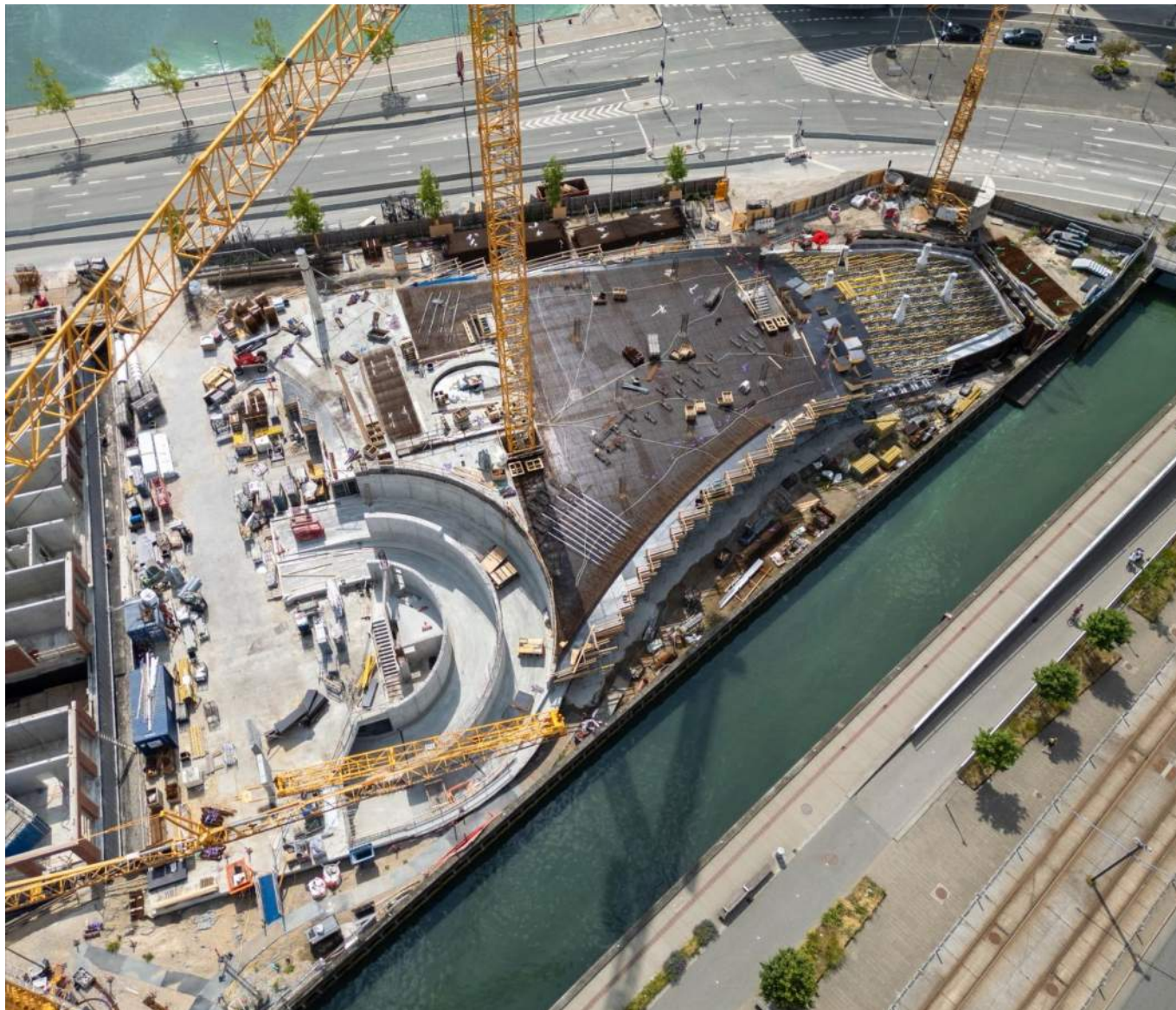


QR-kode

Projektering - tegninger







Fordele – for hvem?

Bygherre

- Fleksibilitet – i bygningen
- Reduktion af søjler/understøtninger – fleksibel indretning

Arkitekter

- Fleksibel indretning
- Elegant – og spændende! - konstruktion

Konstruktions-ingeniør

- Uddelegerer en specific konstruktions-del
- Sparer tid (og penge!)

Entreprenør

- En enkel konstruktions-løsning/udførelse
- Sparer penge!

Følgeeffekter – ulemper?

Generelt

- Mere production på byggepladsen
- Ændring af praksis/tradition

Citat Søren Kirkegård:

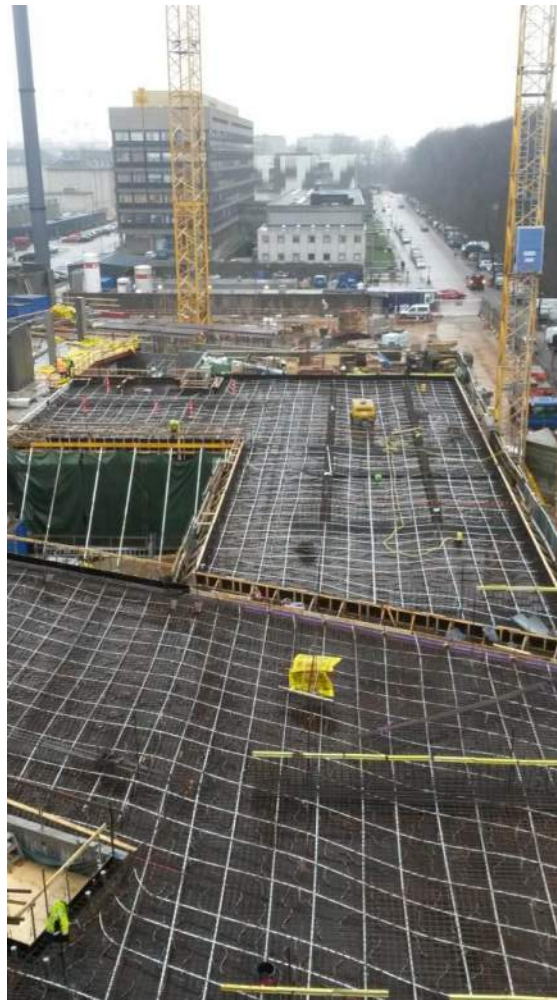
- Alle vil have udvikling!
- Ingen vil have ændringer!

Udførelse - billedeksempler









Unbonded – plastbelagt line







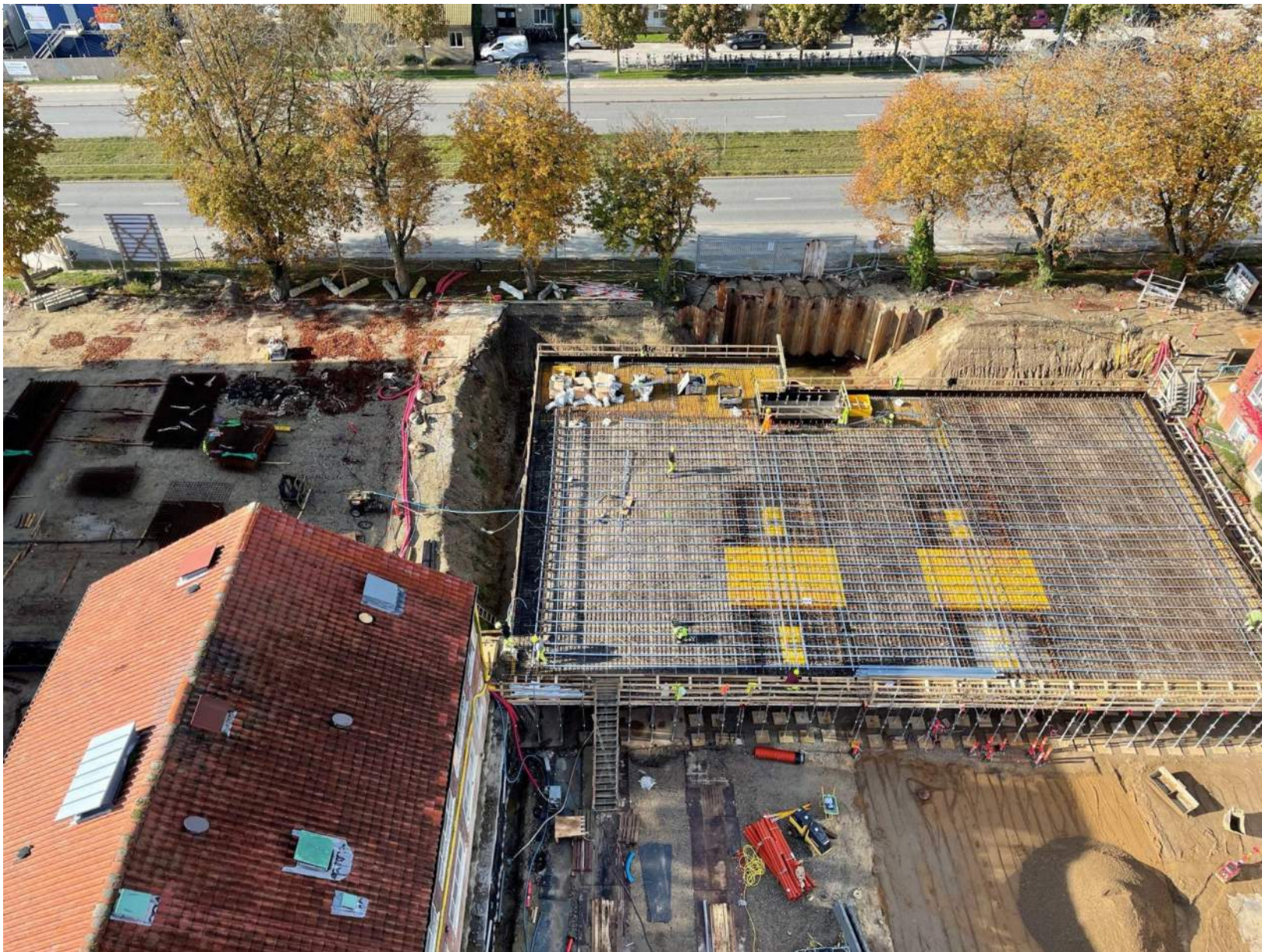
Tilbudstekst:

Indledningsvis vil vi gerne fremhæve/gentage fordele ved en spændarmeret løsning:

- Betragtelig reduktion af mængden af slap armering – **fra ca. 38 kg/m² til 13 kg/m²**
- Tidsbesparelse ved reduceret mængde af slap armering
- Færre kranløft af slap armering
- Højere sikkerhed for konsekvenser af ændrede forudsætninger (idet en slapt armeret løsning vil være på kanten af f.eks. nedbøjningskrav)

Følgende indgår i vor ydelse:

- Design af Flat Slabs – incl. tegninger indeholdende placering og type af armeringsstole
- Levering af spændarmerings-stål (i coils á ca. 3 tons)
 - alternativt stål-liner afskåret i længde og mærket
- Flade kabelkanaler (flat ducts) – med integrerede muffer
- Aktive og passive forankringer eller etablering af tulipan/løg ankerender
- Overgangsstykker mellem kabelkanaler og ankre
- Armeringsstole for højdetilpasning
- Instruktion af jeres mandskab til montering af kabelkanaler og ankre
- Instruktion ved assistance med injektion af kabelkanaler
- Supervision og støbekontrol
- Opspænding efter den af jer udførte styrkeprøvning af det udstøbte betondæk
 - Alternativt kan vi tilbyde temperatur-/maturity måling af betonens styrke





Bjælker (og broer)

- optimering af betonvolumen og reduktion af CO2



CO₂ beregninger på bro

Sammenligning mellem eksisterende elementbro
og en optimeret efterspændt betonbro

Potentiale for CO₂ reduktioner i design- og udførelsesfasen



Præsentation af Rapport

*Nyt studie viser, at det er muligt at reducere
CO₂ aftrykket med op til **45 procent** ved at
optimere design af betonbroer.*



Ud fra disse statistiske betragtninger kan man estimere, at CO₂ aftrykket på den pågældende bro, i ca. 80% af tilfældene, vil ligge indenfor følgende grænser svarende til den nedre og øvre 10% fraktil:

- For elementbroen: fra ca. 314 og op til ca. 418 tons CO₂-eq
- For optimeret efterspændt in-situ bro: fra ca. 165 og op til ca. 231 tons CO₂-eq

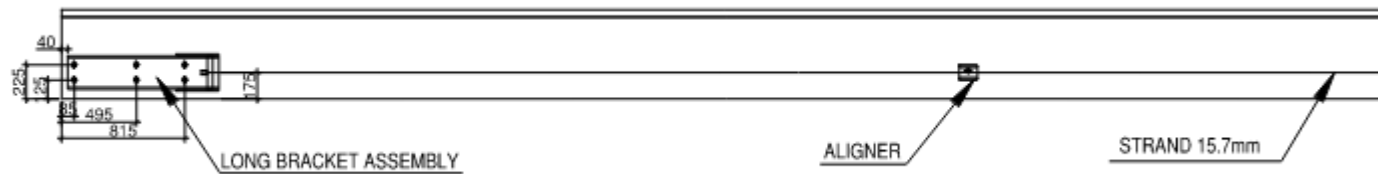
Resultatet af CO₂ opgørelsen viser tydeligt, at det er betonen, som står for hovedparten af CO₂ aftrykket for begge broløsninger (op imod 75% stammer fra betonen). På grund af den markante materialereduktion opnået i den optimerede efterspændte bro reduceres CO₂ aftrykket fra 366 tons CO₂-eq for elementbroen til 198 tons CO₂-eq for den efterspændte bro. Dette svarer til en reduktion på 46% og følger direkte af materialebesparelsen beskrevet ovenfor.

Fundering af broen består af borede pæle, hvilket ikke er medtaget i sammenligningen. Den markant lavere egenvægt for broen efter optimering vil dog medføre et mindre funderingsbehov, som ligeledes vil medføre reduktioner i mængderne.

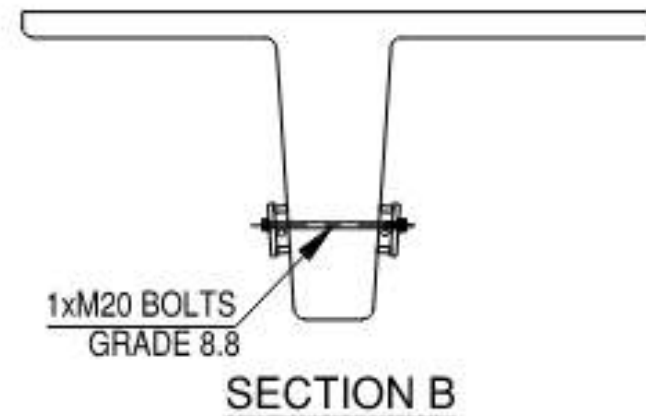
View of reinforcement – metal ducts - anchors



Forstærkning af eksisterende betonkonstruktioner med spændarmering – genanvendelse og reduktion af CO2.



- Rødovre Centret



• Q8



Material Properties:

Concrete:

1. Compressive strength 12.5 MPa

Post-Tensioning System:

1. Type of Post-Tension: External PT
2. Type of anchor used: XT anchorage
3. Prestressing Cable: 12.9mm - Unbonded
4. Type of strand: Low Relaxation
5. Ultimate Strength of Tendon: $f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$
6. Cross Sectional Area: 100 mm^2
7. Jacking force: 140 kN



Figure 2: XT anchor chosen for this project

Design Conditions:

Tank 121

A supplement of cables equal to an extra ring force of 90 kN is required under the balconies

The ring wall is divided into 2 zones.

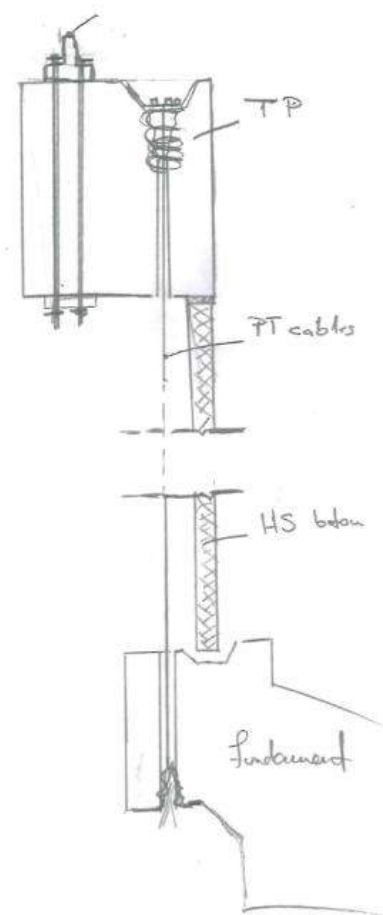
- Zone 1: From 0.0 m to 3.56 m below the upper edge of the ring wall
- Zone 2: From 3.56 m to 5.53 m below the top edge of the ring wall
- The external casting is executed to a point of 5.53 m from the top edge.

	Zone 1	Zone 2
Ring tension at the bottom of the zone	588 kN/m	947 kN/m
Minimal tension related to water tightness	456 kN/m	738 kN/m
Maximum tension per vertical meter related to the tangential compressive tensioning	600 kN/m	1000 kN/m
Maximum distance between cables due to distribution of water pressure	0,56 m	1,18 m
If point loads: Minimum allowed points per cable	185	90
Lowest construction thickness	0,17 m	0,29 m
Maximum inner diameter	32,7 m	32,7 m

At the bottom of the tank 121, just above the casting, there must be a supplement of cables equal to an extra ring force of 341 kN due to a hole in the allo.

- Anvendelse af spændarmering i højstyrke beton – 150 Mpa+
- Kan spændarmering anvendes i kombination med stålfiberarmeret beton?
- Fra salen?

- Anvendelse af spændarmering i højstyrke beton – 150 Mpa+



- Kan spændarmering anvendes i kombination med stålfiberarmeret beton?



SigmaSlab®



- Anvendelse af spændarmering i højstyrke beton – 150 Mpa+
 - Vindmølle tårne
 - Andet?
- Kan spændarmering anvendes i kombination med stålfiberarmeret beton?
 - JA!
 - Eksempelvis SigmaSlab®
- Fra salen?

TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN

Kontakt mig gerne for nærmere oplysninger
– tak!

efter 1. november 2025:



E: landgrebeconsulting@gmail.com

M: (+45) 4058 3620