

30+ års minimalistisk (og bæredygtigt) vedligehold af svømmehaller

- brug af katodisk beskyttelse mv.
- injicering
- 'vis vand væk for vand volder vanskeligheder'

Jens Mejer Frederiksen, Associated Project Director, Leading Specialist – concrete

Disposition

1. Debatten om elektrokemiske metoder i 1988
2. Virum Svømmehal – fra 1971 – renoveret 1988-89 – kort gennemgang
3. Lyngby Svømmehal – fra 1977 – istandsat 1990-1991– kort gennemgang
4. Normforberedende arbejde i DBF, 1995
5. Nutidens standard for svømmebade giver levetidskrav og rammer for vedligehold
6. Eksempel på moderne løsninger
7. Bæredygtighedsvinklen



Bladet "Dansk Beton" 1988

Dansk Beton #3 – 1988

- John B. Miller og Ervin Poulsen beskrev i Dansk Beton #3, 1988 Elektrokemisk kloridudtrækning
- Metoden vandt kun lidt indpas
- Tvivlsom effekt, flere bivirkninger og ikke økonomisk attraktiv

Elektro-kemisk chloridudtrækning af beton



John B. Miller
Divisionsleder,
kemingeniør
Beton- og materiale-
kemisk division
NOTEBY A/S, Oslo



Ervin Poulsen
Civilingeniør
AEC-laboratoriet
AEC Rådgivende
Ingeniør A/S
Holt

I Dansk Beton, nr. 2 i 1988, har Steen Rostam og Birgit Buhr skrevet en artikel om katodisk beskyttelse af brosøjler, specielt om søjlerne for broen i krydset mellem Ringmotorvejen og Hilerødsmotorvejen. I artiklen nævnes det, at COWIconsult har vurderet 6 reparationsmetoder, herunder chloridudtrækning af beton ved elektro-kemisk metode, inden beslutningen blev taget om anvendelse af 3 typer katodisk beskyttelse og en lille overfladeforsøg (indkapsling) på en række Ø 600 mm betonsøjler med chloridindlitteret armeringskorrosion. I artiklen rejser nogle spørgsmål vedrørende chloridudtrækning af beton, som Steen Rostam og Birgit Buhr betragter som uafklarede. AEC og NOTEBY, der anvender elektro-kemiske metoder til rehabilitering af beton, vil gerne bidrage med at besvare nogle af de stillede spørgsmål, således at man kan fjerne den mystik og de døgnr, der tillægges metoden elektro-kemisk udtrækning af chlorid fra beton. Steen Rostam og Birgit Buhr omtaler metoden som »chloridudtrækning ved hjælp af elektro-osmose«. Lad os slå fast straks, at chlorid ikke kan udtrækkes ved elektro-osmose. Udtrækningen sker elektro-kemisk alene ved ionvandring, elektro-migration. AEC

og NOTEBY anvender følgende (beslægtede) metoder:

- Elektro-kemisk chloridudtrækning af beton (ved elektro-migration).
- Elektro-kemisk udtørring af beton (ved elektro-osmose), blandt andet for at standse alkalisereaktioner i beton.
- Elektro-kemisk realkalisering af carboniseret beton, for at imødegå forventet, armeringskorrosion. Det sker også ved elektro-osmose.

Steen Rostam og Birgit Buhr postulerer i artiklen, at elektro-kemisk chloridudtrækning ikke er dokumenteret i praksis.

Praktiske erfaringer

Elektro-kemisk chloridudtrækning af beton er anvendt ved flere rehabiliteringsopgaver i Norge. Det har vist sig vanskeligt, men dog muligt, at trække chlorid ud af betonelementer, der har været tilsat CaCl_2

som accelerant i en mængde af 2 mas% af betonens cementindhold. Dette er der erfaring for med altangangselementer ved Risvøllen Borettslag og ved Kattem-Ust, begge i heim.

Hvor chloriden er trængt ind i betonen fra omgivelserne, har det været langt lettere at trække chloriden ud af betonen. Det har f.eks. vist sig i en svømmehal i Trondheim. Denne rehabiliteringsopgave foregik fra november 1987 til januar 1988. Det drejede sig her om en svømmehal, hvor søjle og tagkonstruktion havde et så stort chloridindhold fra sprøjt fra svømmebæddens vand, at armeringskorrosion var startet. Skaderne var allerede fremskredne, idet betonestykker havde løsnet sig og var faldet ned som følge af armeringskorrosion. Fremgangsmåden var simpel. Tagkonstruktionen blev påmonteret et armeringsnet og søjlen et kraftigt hegnsnat. Som elektrolyt blev der påsprøjet en



Figur 1: Cellulosefibre »ISOFIBER«, med elektrolyt påsprøjt på en betondekade. Formålet er her en realkalisering af den carboniserede facade, se figur 2. Den samme proces anvendes ved chloridudtrækning og er især anvendelig for undersøder af f.eks. brodæk og højled med betondet chloridudhold. En flydende elektrolyt kan med fordel anvendes ved udtrækning af chlorid fra betonsøjler. Foto: Ervin Poulsen

Dansk Beton #4 – 1988

- > **Hans Arup, fra Korrosionscentralen (nu FORCE Technology) replicerede i #4, 1988**
- > Påtalte bivirkninger og fejlslutninger
- > **OG "opfandt" i samme artikel princippet for katodisk beskyttelse af svømmebassiner**
- > ...KB disruptede herefter renovering af svømmebassiner!
- > ... det vender vi tilbage til...

Kommentarer til artiklen

John B. Miller og Ervin Poulsen:

"Elektro-kemisk chloridudtrækning af bet



Hans Arup
Korrosionscentralen
ATV

Ovennævnte artikel er angiveligt skrevet for at afklare nogle forhold. Steen Rostam og Birgit Buhr tidligere artikel havde betegnet usklarede. Det er nok tvivlsomt, artiklen i tilstrækkelig grad har påvirket denne afklaring, og der også indsejlet sig et par urigte påstande. Formålet med nedenstående redegørelse er dog især et for på at bidrage til en afmystificering af en kvantificering af de processer, der sker i forbindelse med en passage af elektrisk strøm (jævnstrøm) i beton. Forhåbentlig kan denne korte gennemgang interessere Dansk Betonlæsere.

Når man udsætter beton for en påvirkning af jævnstrøm, interesserer man sig for de reaktionsprocesser, der opstår på følgende 3 steder:

1. Hvor strømmen går ind i betonen (fra plus-polen eller anoden).
2. Hvor strømmen går ud af betonen (til minus-polen eller katoden).
3. I den mellemliggende beton, hvor strømmen passerer.

Ved katodisk beskyttelse, og ved andre af de andre af NOTEBY A/S nævnte metoder, er det betonarmeringen, der gøres til minus-pole eller katode, mens plus-polen (anoden) er en udstyret påtært leder.

Det er også urigtigt, når det påstås, at man efter katodisk beskyttelse af armering risikerer korrosion, så snart strømmen afbrydes. Netop i beton er der mulighed for en beskyttelse med intermitterende strøm. Alle de processer, som strømgennemgangen giver anledning til ved katoden (armeringen) gør nemlig miljøet bedre egnet til at holde jernet beskyttet, selv uden strøm i mange timer, i visse tilfælde dage eller uger. Det er en interessant teknologi, der f.eks. kunne tænkes anvendt på et svømmebassin, idet en inert anode kunne ophænges i bassinet i nattetimerne. Samtidigt produceres chlor, omtrent i den mængde, der ellers skal tilsættes som desinfektion.

Virum Svømmehal

Virum Svømmehal

(tidligere Fuglsanggårdsskolens Svømmehal)

- > Opført 1971 – dvs. 50 år i 2021.
- > Ét bassin, 25 m, fem baner
- > Betonkvalitet ukendt
- > Næsten ingen tegninger
- > Ingen membran
- > Lav udførelseskvalitet
- > Besked i 1988: "Skal holdes i drift til 1993"





Virum Svømmehal

Tagkonstruktion:

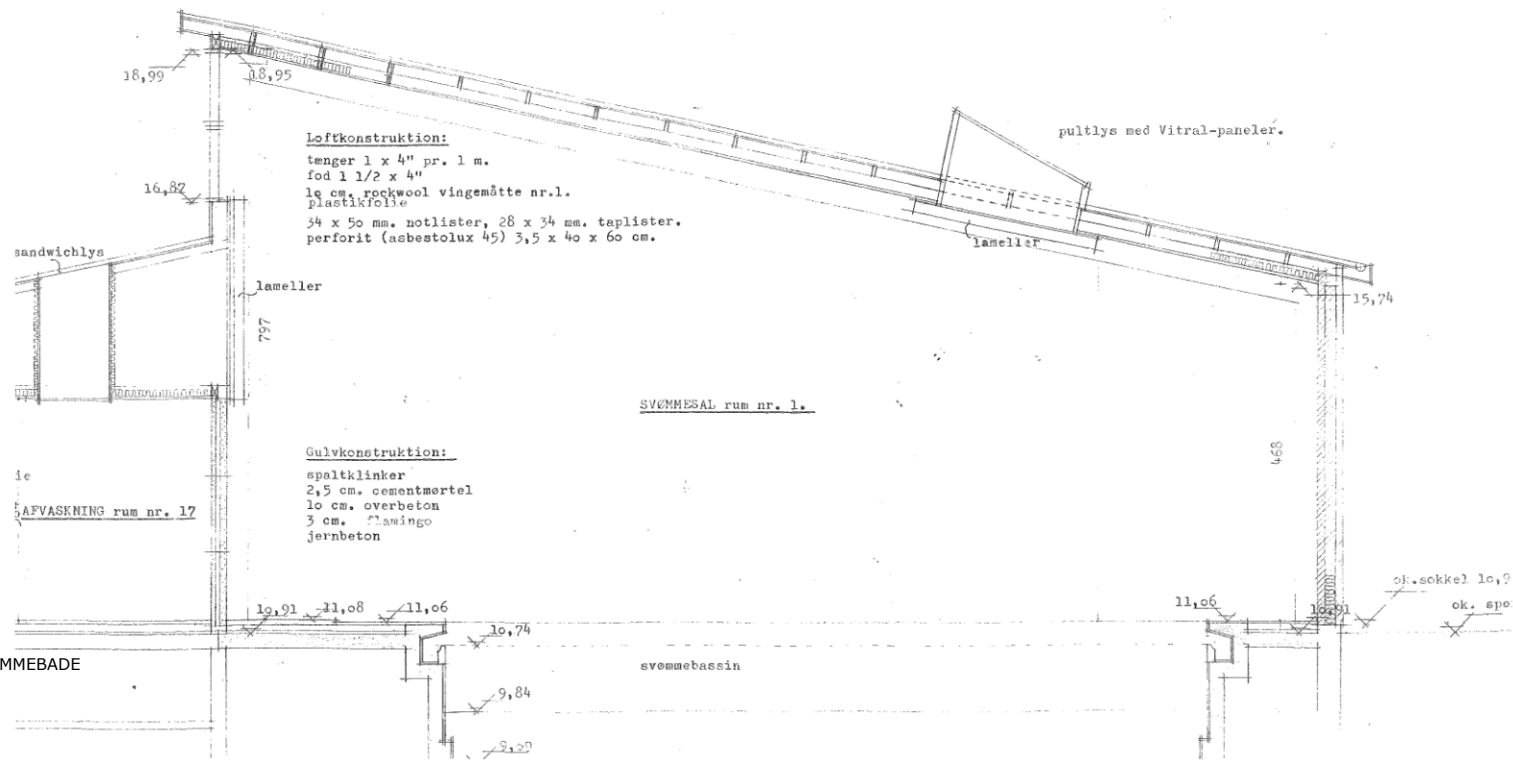
blå eternit skifer 30 x 60 cm. fabrikat N.
5/4 x 2" lægter
1/2 x 1 1/2" afstandslister
tagpap
1 x 5" hv.pl. brædder
2 1/2 x 6" åse
strengbetonbjælker

Loftkonstruktion:

tænger 1 x 4" pr. 1 m.
fod 1 1/2 x 4"
1q cm. rockwool vingemåtte nr.1.
plastikfolie
34 x 50 mm. notlister, 28 x 34 mm. taplister.
perforit (asbestolux 45) 3,5 x 40 x 60 cm.

Gulvkonstruktion:

spaltklinker
2,5 cm. cementmortel
10 cm. overbeton
3 cm. flamlåge
jernbeton

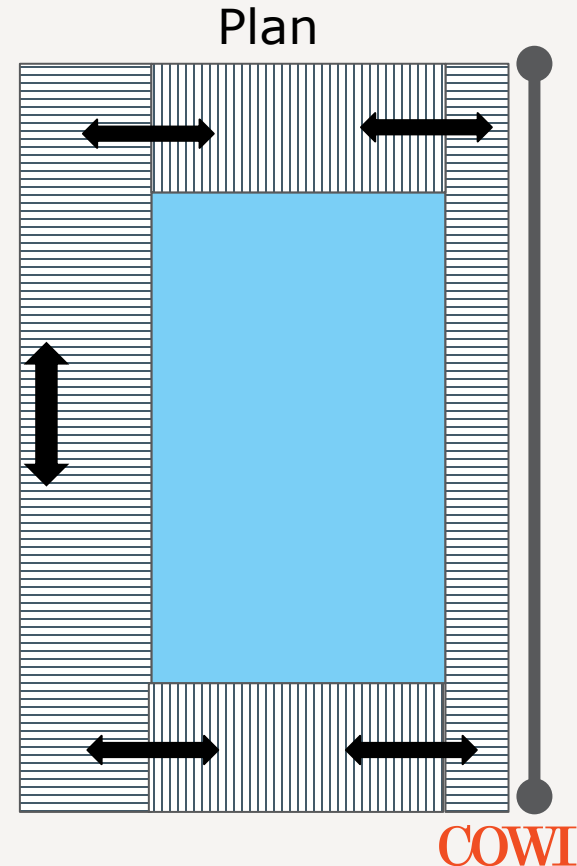


Hoveddisposition af bassin

- ~~Fuglsanggårdsskolens~~ Virum Svømmehal har et 25 m bassin med 5 markerede svømmebaner.
- Bunden er skrånende fra en lav ende med en vanddybde på ca. 1 m og en ca. 3 m dyb ende med 1-metervippe og startskamler.
- Der er ingeniørgang hele vejen rundt om bassinet i fuld højde (ca. 2,7 m).
- Ingeniørgangen bruges nu kun som ventilationskanal på den ene langside – oprindeligt var det én stor kanal.

Bassinkonstruktion

- > Bassinvægskonstruktionen er indspændt ved bunden og simpelt understøttet af dækskiven i promenadedækket rundt om bassinet.
- > Dækskiven er forsynet med stringerarmering således, at den kan fungere som en lukket ramme bestående fire høje bjælker.



Hoveddisposition af hallen

- Halkonstruktionen udgøres af ni slanke armerede betonrammer, der bærer taget.
- Gavlene i hallen er fuldmurede, men har vinduespartier fra gulv til loft ved sydfacaden.
- I sydfacaden er der fuldmuret imellem betonrammerne.



Bygningens stabilitet

- › Bygningens længdestabilitet sikres dels af betonsandwichelementer og dels af murfelterne i sydfacaden
- › De murede gavle kan pga. de fuldhøje vinduespartier *ikke* virke stabiliserende.
- › Bygningens tværstabilitet sikres derfor ved hjælp af indspænding af betonrammebenene imellem fundamentet under terrændækskiven i kælderen og dækskiven i promenadedækket
- › Relativt hårdt udnyttet armering i rammebenene ved indspændingstværsnittet ved promenadedækket

Virum Svømmehal – 1988-1990

(tidligere Fuglsanggårdsskolens Svømmehal)

- Bassin tilstandsundersøgt og renoveret 1988-1989
 - Kloridudtrækning
 - Forstærkning af indspænding ved bund
 - Nye fliser i bassin
- Søjler beskyttet katodisk og behandlet med epoxy 1,5 m op fra gulv – stadig i drift, da søjlernes bæreevne er kritisk for stabiliteten af hallen



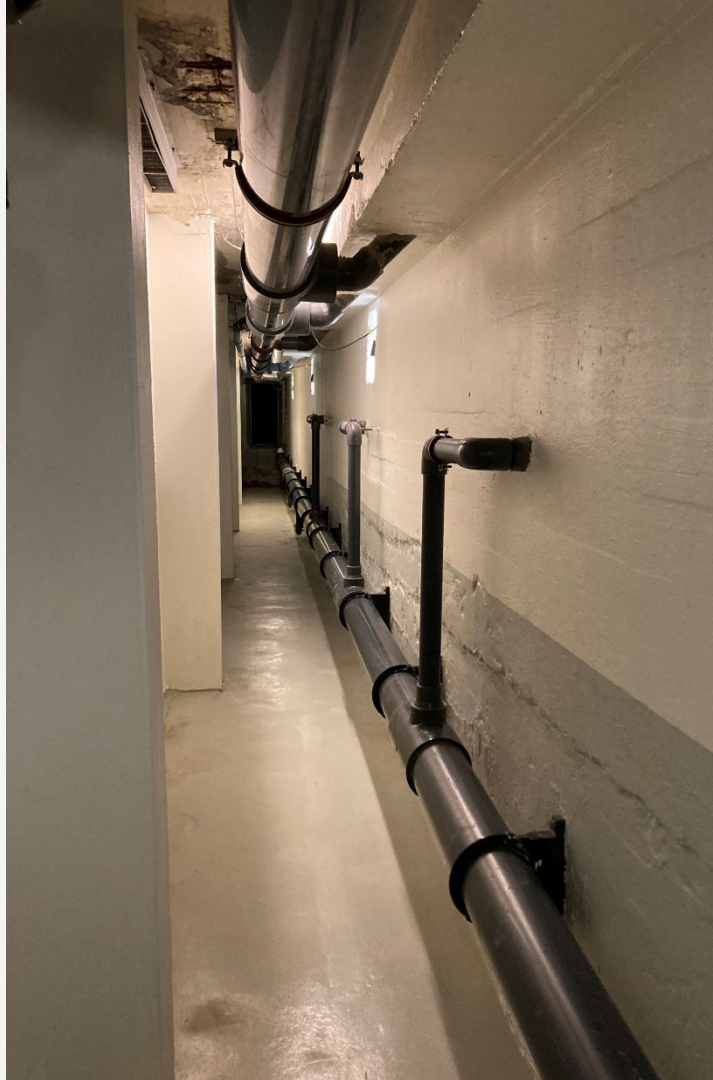
Katodisk beskyttelse af søjler – ikke bassinet

- Søjlerne er forsynet med katodisk beskyttelse med påtrykt strøm.
- Anlægget er underlagt en rutinemæssig serviceaftale og blev sat i drift i 1991 på søjlerne i sydsiden.
- Søjlerne i hallens nordside er tilføjet senere efterhånden som behov opstod.
- Desuden er søjlerne beskyttet med en epoxybelægning fra gulv til ca. 1,5 m over gulv.

Virum Svømmehal – 1990-2022

(tidligere Fuglsanggårdsskolens Svømmehal)

- › Reparationer på bassin og promenadedæk:
 - › Utætheder (revner, støbefejl, gennemføringer af gulvafløb og ventilationsriste)
 - › Murværk revner og saltskader
 - › Flisefuger i bassin
- › Nyt gulv og bænke i 2015 – oprindelige fliser kunne ikke rengøres mere og bænke af træ var modne til udskiftning.
- › Efterisolering og nyt loft og lys i 2017
- › Istandsættelse af ingeniørgang i 2018
- › Opfølgning på tæthed senest i 2021





Virum Svømmehal – 1990-2022

Udvikling af skader på ca. 10 år – acceptabelt og hér ikke kritisk



Lyngby Svømmehal

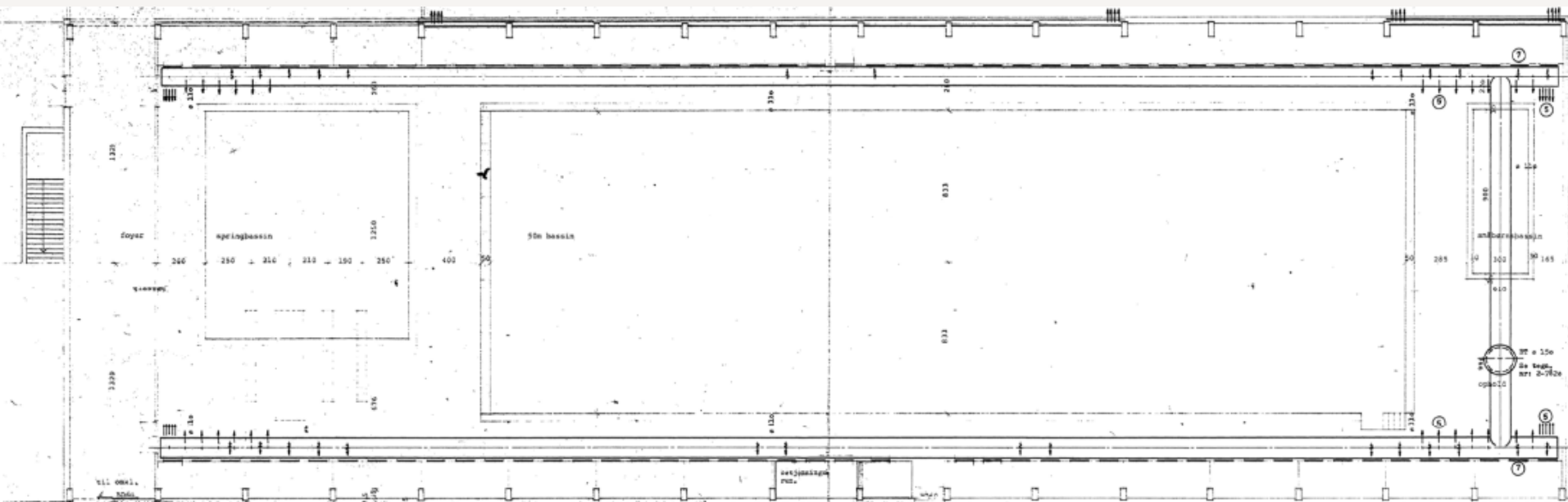
Lyngby Svømmehal

- **Opført i totalentreprise i 1976-77 – dvs. 50 år i 2027.**
- **Tre bassiner, spring, 50 m svøm, baby**
- **Ingen membran**





Plan af Lyngby Svømmehal



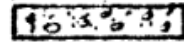
Lyngby Svømmehal

- > v/c-forhold i gulve målt til 0,4-0,5

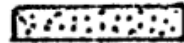
NOTE: VEOR. GENERAL NOTE - SE TEKN. NO. 1- 2009.



BETON : VANDTÆT - SE BESKRIVELSE



BETON : 1: 4: 7



SAND : ENS OG FINKORNET.

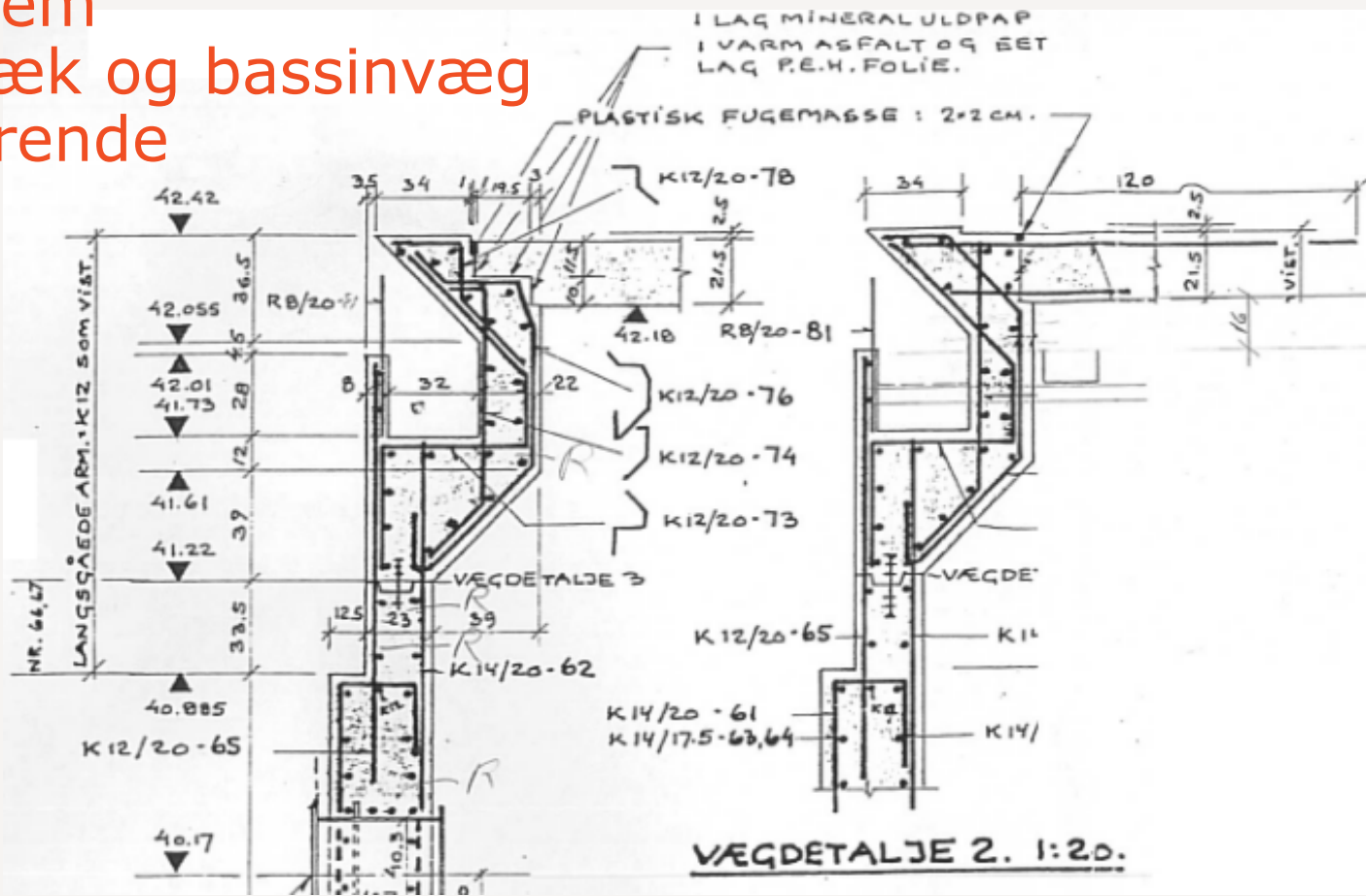
ARMERING: DÆKLAG 3 CM VED BASSINKONSTRUK.

ALLE UDBENÆVNTE MÅL ER I CM. KOTER ER I M.
JERNDIMENSIONER ER I MM.

DÆKLAG: 3 CM I BASSINKONSTRUKTIONER SAMT
OVERSIDE DÆK DEROMKRING, I ØVRIGT
2 CM, OG 5 CM HVOR DER STØBES MOD JORD.

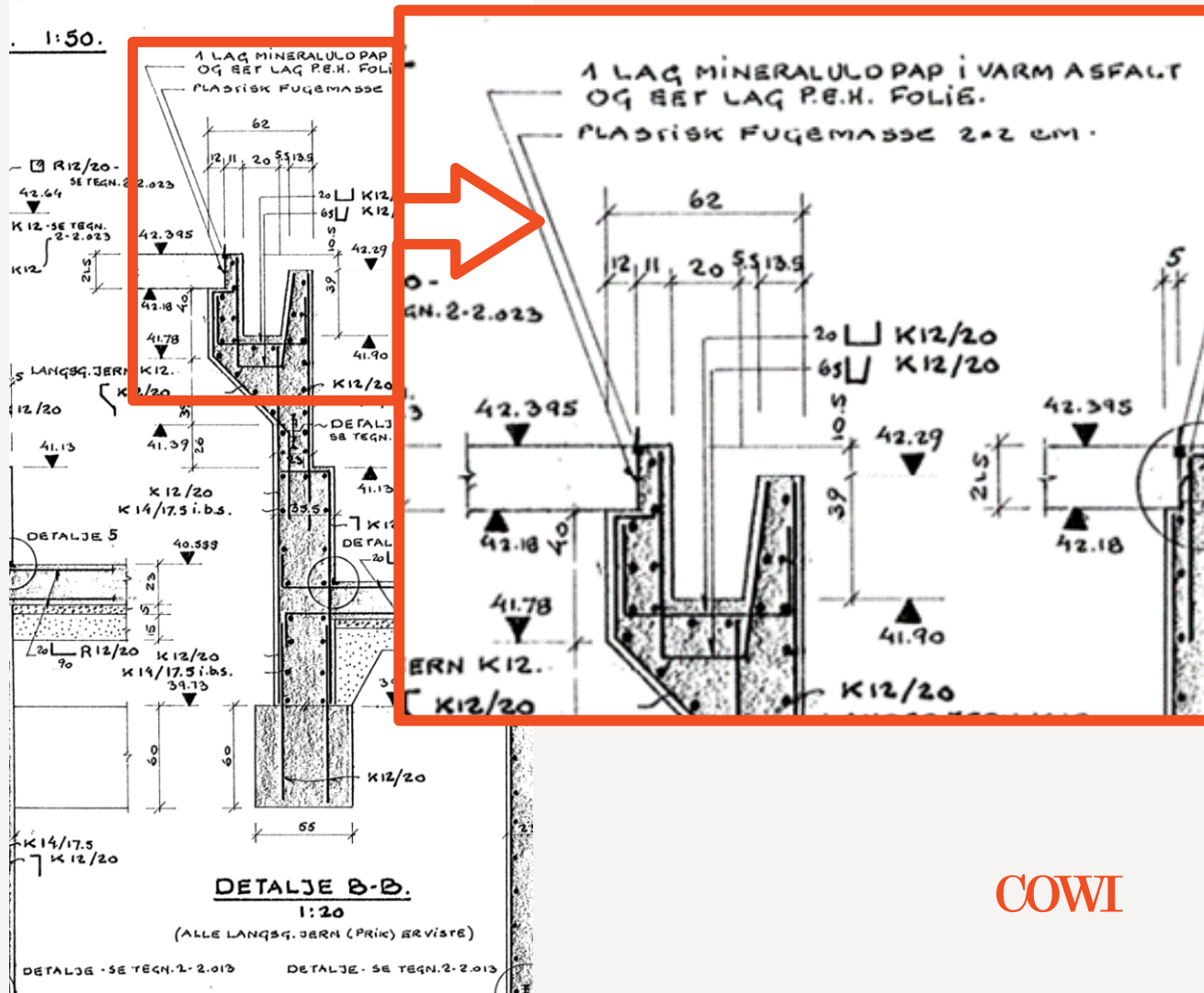
OBS: HØJEST $\frac{1}{3}$ AF JERNENE MÅ STØBES I
SAMME SNIT. STØDLÆNGDE K12: 40 CM.
JERNLISTE : NR. 2.05 - 2.07.

Samling mellem promenadedæk og bassinvæg med skulperende



Lyngby Svømmehal

› Interessant detalje



Lyngby Svømmehal – 1989-1991

- › Bassiner og promenader istandsat 1989-1991:
 - › Tætning af fuge ml. promenade og vægge
 - › Etablering af katodisk beskyttelse i bassiner
 - › Betonreparationer udvendig på bassinvægge
 - › Tætning omkring gulvafløb
 - › Opretning af lunke på promenadedæk



Lyngby Svømmehal

> Klassisk løsning

Sikadur-Combiflex® SG systemet består af en modificeret fleksibel polyolefin (FPO) vandtætningstape og en Sikadur® epoxy klæber.

Der kan leveres to typer fleksibel tape:

- Sikadur-Combiflex® SG-10/-20 M: med rød maskeringstape – anvendes primært til ekspansions fuger
- Sikadur-Combiflex® SG-10/-20 P: uden maskeringstape

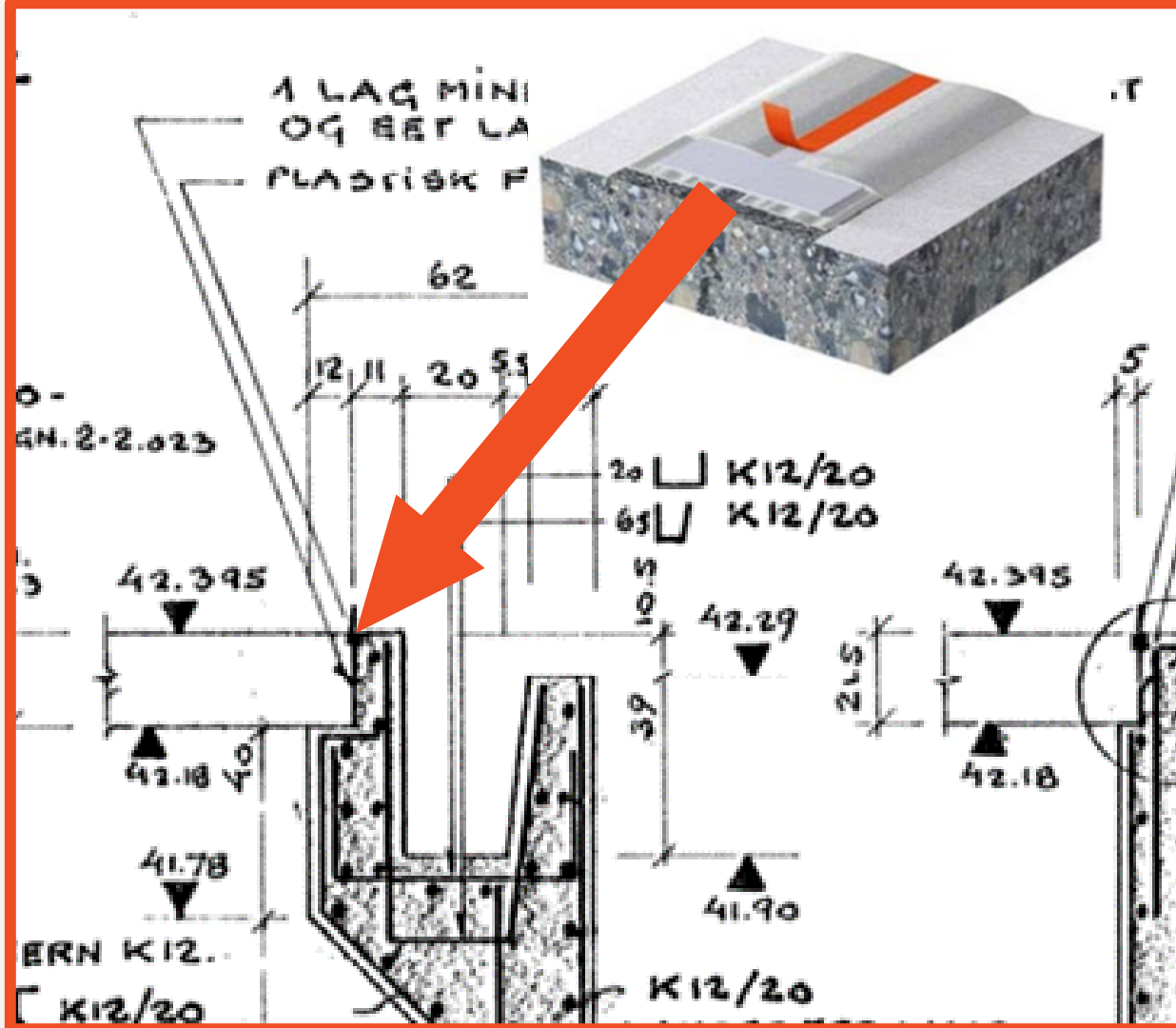
Der kan leveres flere typer Sikadur® alt efter opgave:

- Sikadur®-Combiflex® CF Klæber (Type N og R)
- Sikadur®-31 CF (Type N, R og S)
- Sikadur®-31 DW (anvendes primært ved kontakt med drikkevand)



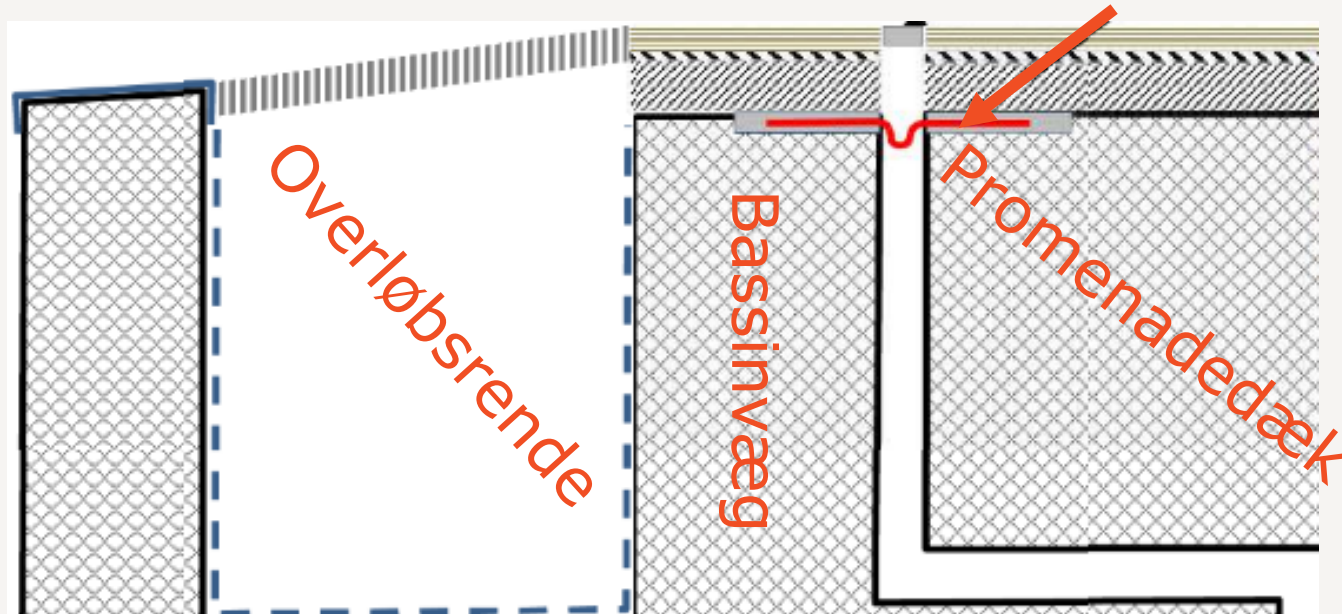
Bemærk: Den beskrevne system konfiguration skal nøje følges og må ikke ændres.

> Udført i 1990 og fungerer stadig!



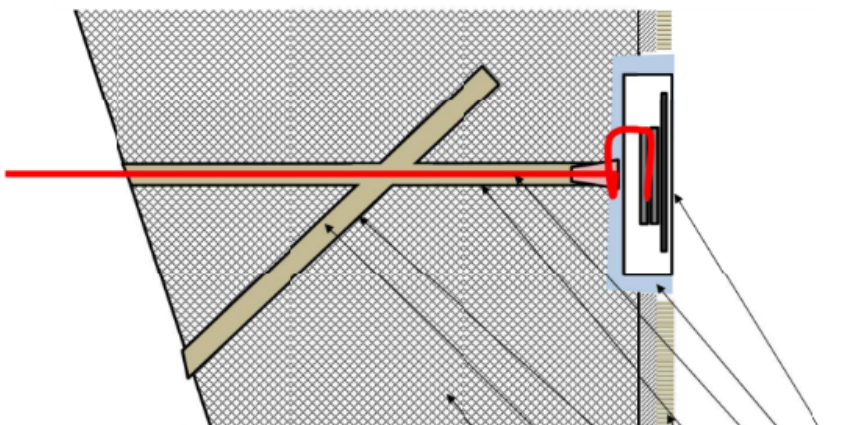
Tætning af samling mellem bassinvægge og promenadedæk

Sikadur-Combiflex

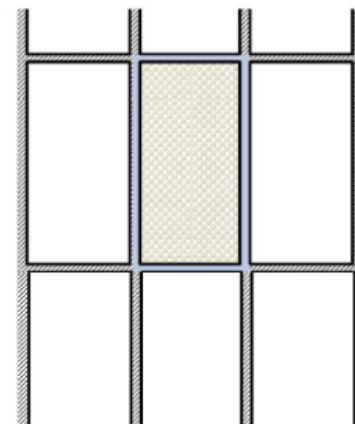


Bassinonode

Lodret vægudsnit



Opstalt set fra vandside



- > Bassinanødeenhed i nylonhus, ca. 40 mm tyk og i format som en hel klinge
- > Epoxyfugemasse, Arboko 1025 S (kan hærde under vand)
- > Anodeforbindelse, 2 mm titantråd beklædt med krympeplast og ført igennem en konisk gummiprop, placeret på vandsiden.
- > Hul boret af to gange fra tør side med en diameter afpasset til den koniske gummiprop
- > Hul boret med en diameter afpasset til injiceringsnippel hullet skal stå i forbindelse med hullet for anodeforbindelsen og skal bores, før montage af anodeforbindelsen
- > Kompakt injiceringsepoxy
- > Eksisterende (oprindelige) klinker
- > Eksisterende (oprindelige) fliseklæb
- > Eksisterende armeret beton, evt. med et afretningslag

Lyngby Svømmehal – 1991-2022

- > **Primært sker der regelmæssig tætning af revner og det sker ved injicering**



Ca. 10 år gammelt
mandehul til nyt filter



Ca. 45 år gammel
bassinvæg uden membran



Normforberedende arbejde, 1995

Dansk Betonforenings publikation nr. 44, 1995

3.2.5 Svømmehaller (bassiner og omgivende konstruktionsdele)

publikation nr. 44

Korrosionsmiljøet i svømmehaller er særdeles aggressivt. Det skyldes en kombination af en række faktorer, herunder: NaCl-tilsætning til bassinvandet, udbredt anvendelse af syreholdige rengøringsmidler, høj luftfugtighed, store arealer, der hyppigt udsættes for sprøjt, samt konstant høj temperatur.

Den lange række af skader, der er set på svømmehaller opført i 1960'erne og 1970'erne, kan opdeles i generelle skader, ofte forårsaget af en kombination af alkali-kiselskader og chloridbetinget korrosion, samt skader forårsaget af uhensigtsmæssigt udførte detaljer. Med vore dages beton-teknologiske viden er det muligt, at fremstille beton af en tilstrækkelig god kvalitet til at sikre en tilfredsstillende generel holdbarhed. Problemerne synes snarere at bestå i at løse de mange konstruktive detailproblemer, så skader undgås. Der henvises i øvrigt til ref. [40].

Dansk Betonforenings publikation nr. 44, 1995

ARMERINGSKORROSION I CHLORIDPÅVIRKET BETON

Tabel 6 giver et overblik over de forhold, der erfaringsmæssigt giver anledning til problemer ved opførelsen af nye svømmehaller, samt ved reparation af eksisterende svømmehaller. I tabellen er angivet en "indikator". Indikatoren er beregnet som produktet af skadeomfang og omkostningerne til udbedring af skaderne. Indikatoren kan anvendes som retningsgivende for, hvilken prioritet de forskellige dele af en svømmehal kan tillægges ved dens opførelse eller vedligeholdelse. En høj værdi af indikatoren svarer til en høj prioritet. Tabellen er en erfaringsbaseret vurdering af ca. 25 svømmehallers tilstand.

Tabellen gælder for konstruktioner, der ikke er skadet af alkalikiselreaktioner. Tabellen viser, at det i særlig grad er detaljer omkring støbeskel og dæk/vægsamlinger, der kræver opmærksomhed.



ARMERINGSKORROSION I CHLORIDPÅVIRKET BETON

 Publikation nr. **44**

Vurderet omfang af skader i svømmehaller

A = Gennemsvivning
B = Revnedannelser
C = Armeringskorrosion

I = Holdbarhed
II = Udformning
III = Påvirkning

Skadessted	Skadesomfang			Omkostninger			Skadesårsag			Indikator A2+B2+C2
	A	B	C	A	B	C	I	II	III	
Bassinvægge	1	2	1	3	1	3	1	3	1	8
Dæk	2	2	1	2	2	1	1	3	1	9
Skulpe-/overløbsrender	1	3	2	1	2	3	1	3	2	13
Dæk/vægsamling	3	1	3	3	1	3	1	3	1	19 ←
Konstruktioner omkring bassin	1	1	3	1	1	2	2	2	1	8
Terrassering	1	3	2	1	1	2	1	1	2	8
Adgangstrapper	1	3	2	1	1	2	1	1	2	8
Søjler/Dragere	1	1	3	1	2	3	1	3	2	12
Springtårne	1	1	3	1	2	3	1	2	3	12
Hæve/Sænkebroer	1	1	3	1	1	2	1	3	3	8
Vandrutschebaner	1	1	0	1	1	0	1	2	1	2
Fuger	3	2	1	1	1	2	3	1	3	7
Støbeskel i bassin	3	3	3	2	2	3	2	3	2	21 ←
Gennemføringer/undervandsvinduer	3	1	2	3	2	3	1	3	2	17
Udlignings- og filterbassiner	1	3	3	2	2	3	1	1	3	17

Omfang/Omkostning/Årsag: 0 = Ingen; 1 = Lille; 2 = Middel; 3 = Stor

Tabel 6: Vurdering af skadetyper, -årsager og -omfang i svømmehaller uden samtidige alkaliskel-skader. Den beregnede indikator peger på hvilke detaljer, der bør ofres særlig opmærksomhed ved projektering og vedligeholdelse.



Økonomisk ramme for løbende vedligehold

DS 477:2013 – Svømmebadsanlæg

7 Bassiner og tanke

7.1 Generelle forhold

Svømmebassiner skal projekteres og udføres, så der opnås god tæthed og god holdbarhed i levetiden, jf. DS/EN 1990, pkt. 2.3, levetidskategori 4 eller 5.

Bassiner skal sikres mod opdrift, hvor der er risiko for, at grundvandsspejlet kan ligge i et højere niveau end bassinbunden, således at der bliver opadrettet tryk på bassinbundens underside, som enten kan ødelægge bassinbunden eller "løfte" bassinet.

Vejledning – Bassiner bør udføres med dræn under bassinbunden med forbindelse til inspektionsbrønde, således at utætheder gennem bassinet kan spores.

Levetid og vedligeholdelseskostninger for bassiner bør allerede i projektets indledende faser fastlægges. For betonbassiner i offentlige svømmebadsanlæg bør fastlægges "bassiner i offentlige svømmebadsanlæg bør fastlægges"

De løbende vedligeholdelseskostninger pr. år, heri in

For betonbassiner i offentlige svømmebadsanlæg bør levetiden fastlægges til mere end 50 år...

De løbende vedligeholdelseskostninger for bassiner bør normalt være mindre end 0,5 % af bassinernes udskiftningsomkostning pr. år, heri inkluderet et eftersyn af bassinet hvert 5. år

Overslagspris og ramme for årligt vedligehold

- › Bassin $25 \cdot 20 \cdot 2 \text{ m}^3$
- › Promenadedæk: 3 m på hver side
- › I alt $31 \cdot 26 = 806 \text{ m}^2$ (hal)
- › I alt $2 \cdot 3 \cdot (31+20) = 306 \text{ m}^2$ (kld.)
- › Erfaringspris (2018) 31.500 kr./m²
- › Pris for bassin og kælder (vandbehandling)
28-42 mio. kr.
- › 0,5 % pr. år er **ca. 160 kr. m² pr. år**
- › **Lyngby ca. 2210 m², dvs. 350.000 kr./år**
- › **Virum ca. 465 m², dvs. 75.000 kr./år**

3 m

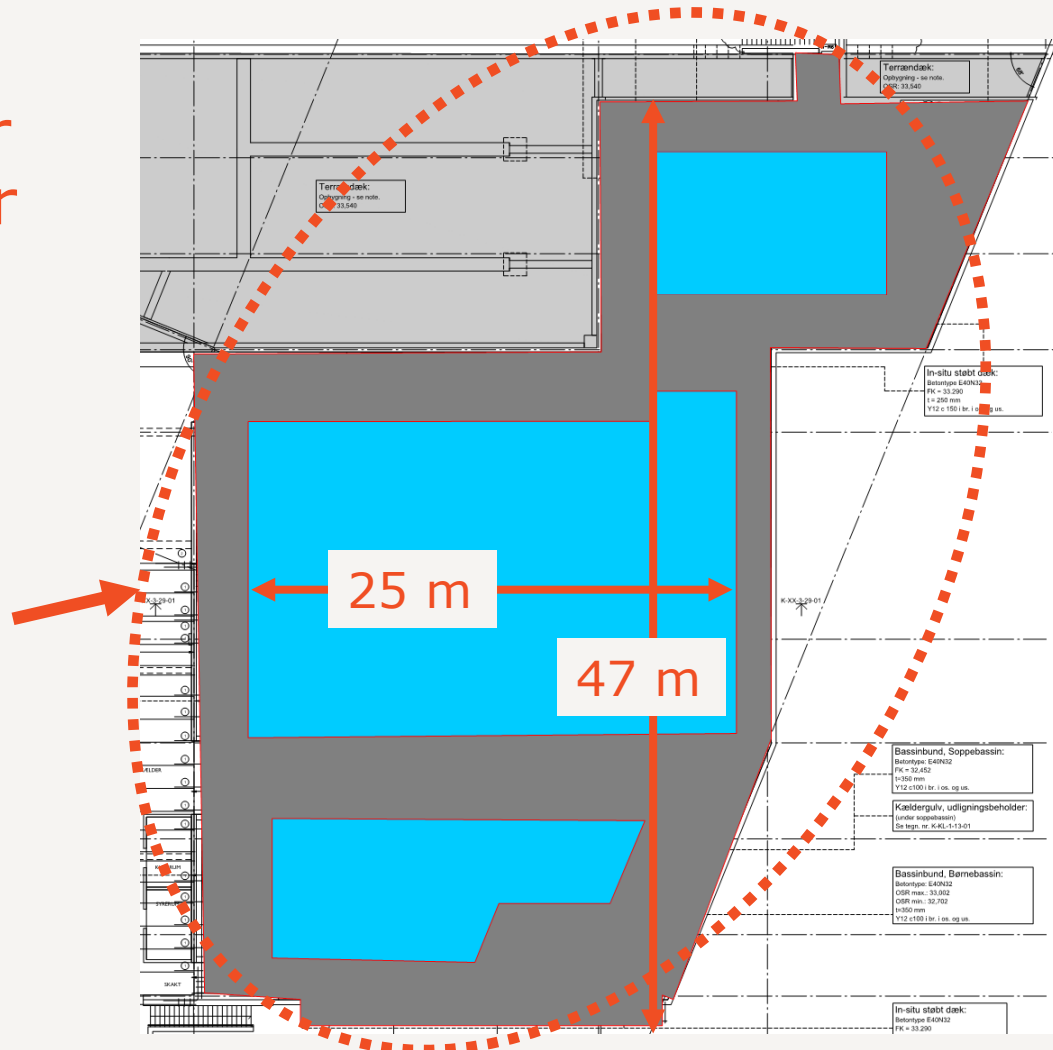
$25 \cdot 20 \cdot 2 \text{ m}^3$



Erfaringer bragt videre til nyt svømmebad

Svømmebassiner
uden membraner
fra anno 2012 ...

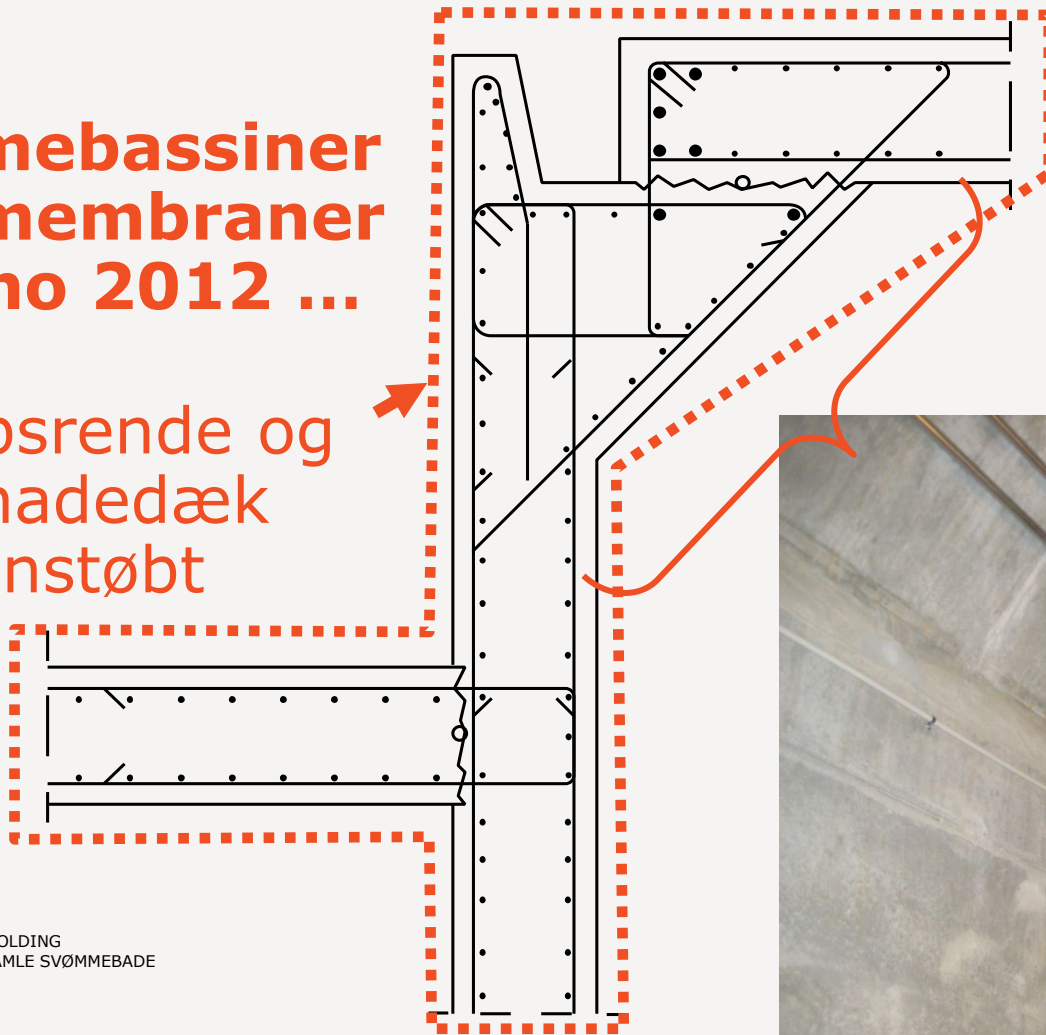
En monolit uden
dilatationsfuger

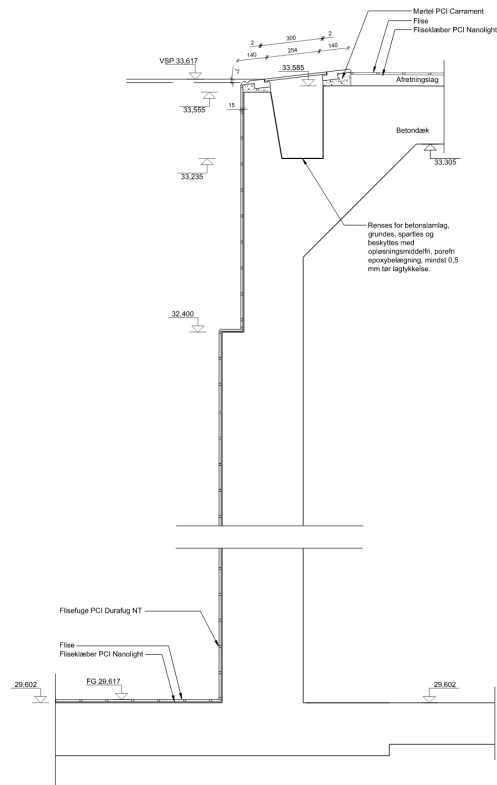


Svømmebassiner uden membraner fra anno 2012 ...

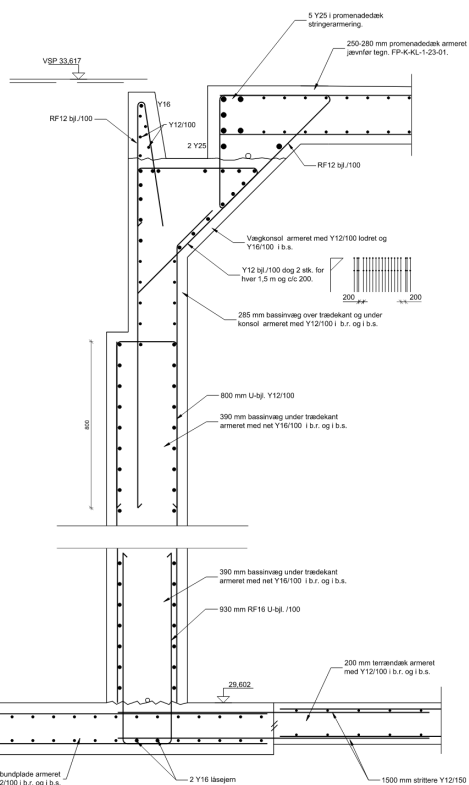
Overløbsrende og promenadedæk sammenstøbt

... ingen utætheder!

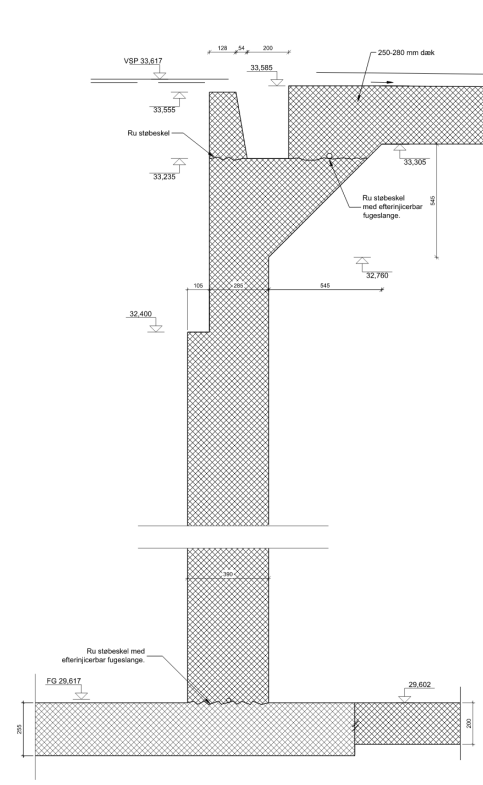




Snit i overløbsrende, dyb ende - Klinker og membran



Snit i overløbsrende, dyb ende - Armering



Snit i overløbsrende, dyb ende - Beton

Projekterede revnevidder for svømmebassiner uden membraner

Eksponering	Overflade mod bassinvand, XD2	Overflade mod jord XC2	Overflade mod ingeniørgang XD1/XC2
Konstruktionsdel, beton			
Basin/tank vægge E40	0,1 mm (0,2 mm)	-	0,2 mm (0,3 mm)
Bundplader E40	0,1 mm (0,2 mm)	0,2 mm (0,4 mm)	-
Promenadedæk, E40	0,2 mm (0,2 mm)	-	0,3 mm (0,3 mm)
Plader på jord, M30	-	0,3 mm (0,4 mm)	0,3 mm (0,4 mm)
Kælderydervægge, M30	-	0,3 mm (0,4 mm)	0,4 mm (0,4 mm)

Og så lige det om bæredygtighed...

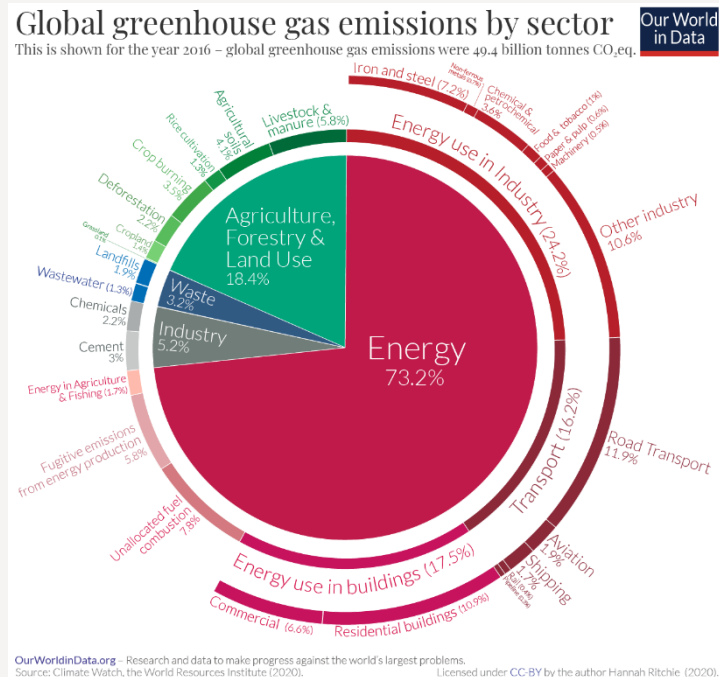




Målet for os i Danmark må i første omgang være at reducere vores CO₂-aftryk, så det svarer til, at vi kun skal bruge én jordklode, hvis alle levede som danskere.

Og derefter udbrede vores **nye bæredygtige** levevis til resten af verden

Bæredygtighed – CO₂-besparelser - klimatilpasning



- > Det er ikke byggebranchen, der kommer til at standse den globale opvarmning
- > ... **det gør afskaffelsen af brugen af fossile energiformer!**
- > Beton er et udsældt materiale – **hvilket er uberettiget** – den beton vi **ikke** bruger er bæredygtig – beton kan stort set kun erstattes med luft og med grus
- > At vedligeholde og renovere velfungerende betonkonstruktioner for at levetidsforlænge er bæredygtigt, for det levner "råderum" til f.eks. klimatilpasningstiltag

Tak til jer for at være her
og tak til
Lyngby-Taarbæk Kommune
for tilladelse til at fortælle
om de to svømmehaller

