



Bright ideas.
Sustainable change.

Betonreparations- dagen

Reparation af balustrade på Viborg Katedralskole

Indhold

1. Linda Jill Peitersen, Senior Chefkonsulent
2. Viborg Katedralskole
3. Balustradens konstruktioner
4. Problem
5. Indledende undersøgelser
6. Reparation
7. Refleksion

1. Linda Jill Peitersen

- Senior Chefkonsulent, Renovering og bygningsfysik
- Rambøll Aarhus

- Kontakt
LIJP@ramboll.dk
T: 5161 1121



2. Viborg Katedralskole

Balustraden er opført sammen med skolen i årene 1922-1926 med ibrugtagning i 1926.

Skolen blev finansieret ved salget af de dansk-vestindiske øer, og er nu fredet.

Arkitekt: Hack Kampman.

Luftfoto af Viborg Katedralskole med balustraden mod øst.

Kilde: Skråfoto.dk 18-04-2023



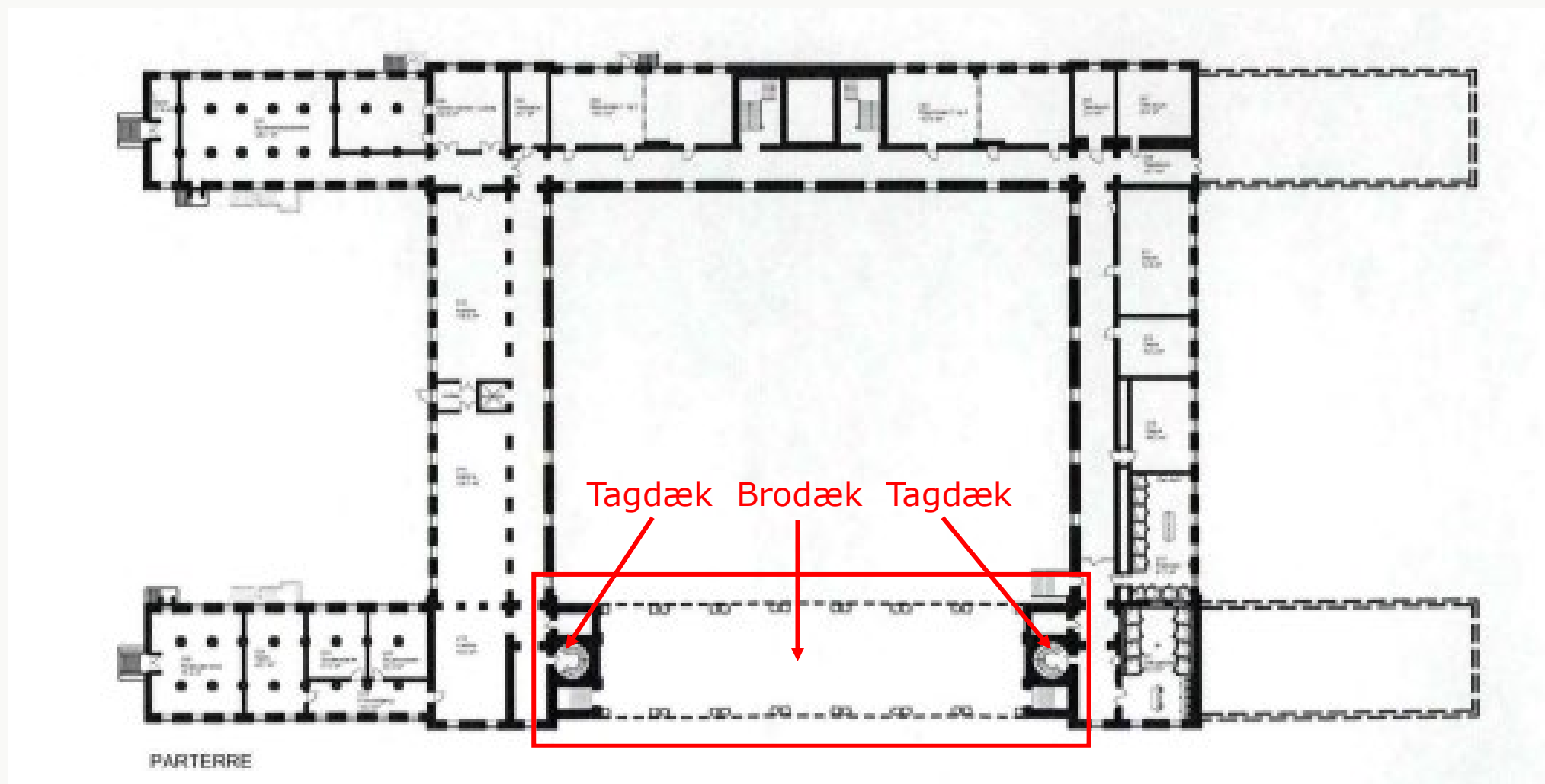
2. Viborg Katedralskole

Balustraden anvendes til rektors taler ved skoleafslutning mv., og er et vigtigt vartegn for skolen.



Foto af Balustraden set fra gården.

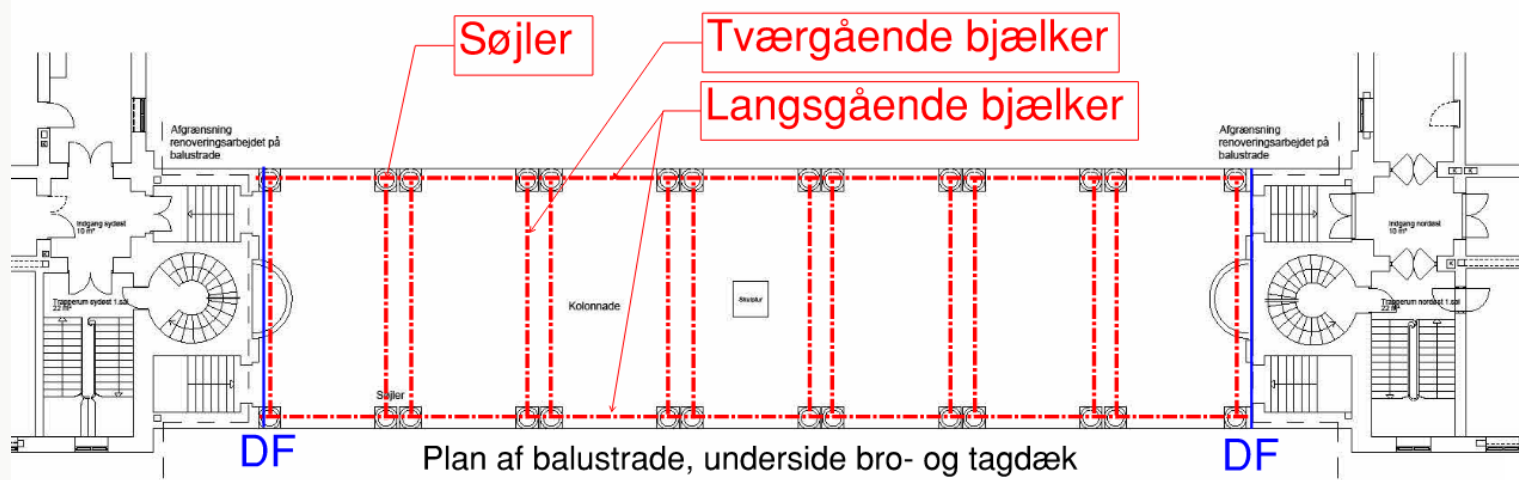
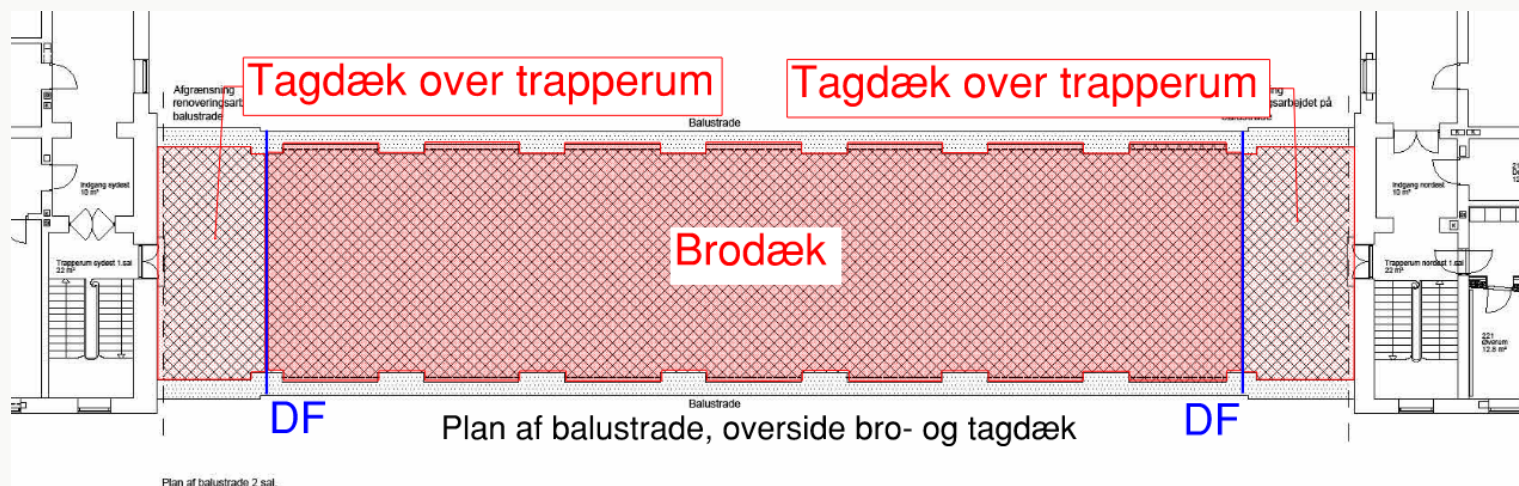
3. Balustradens konstruktioner



Plantage

3. Balustradens konstruktioner

- Søjler
- Tværgående bjælker
- Langsgående randbjælker
- Brodæk
- Tagdæk over trapperum
- Balustrade (rækværk)
- Dilatationsfuge (DF) i hver ende af brodækket

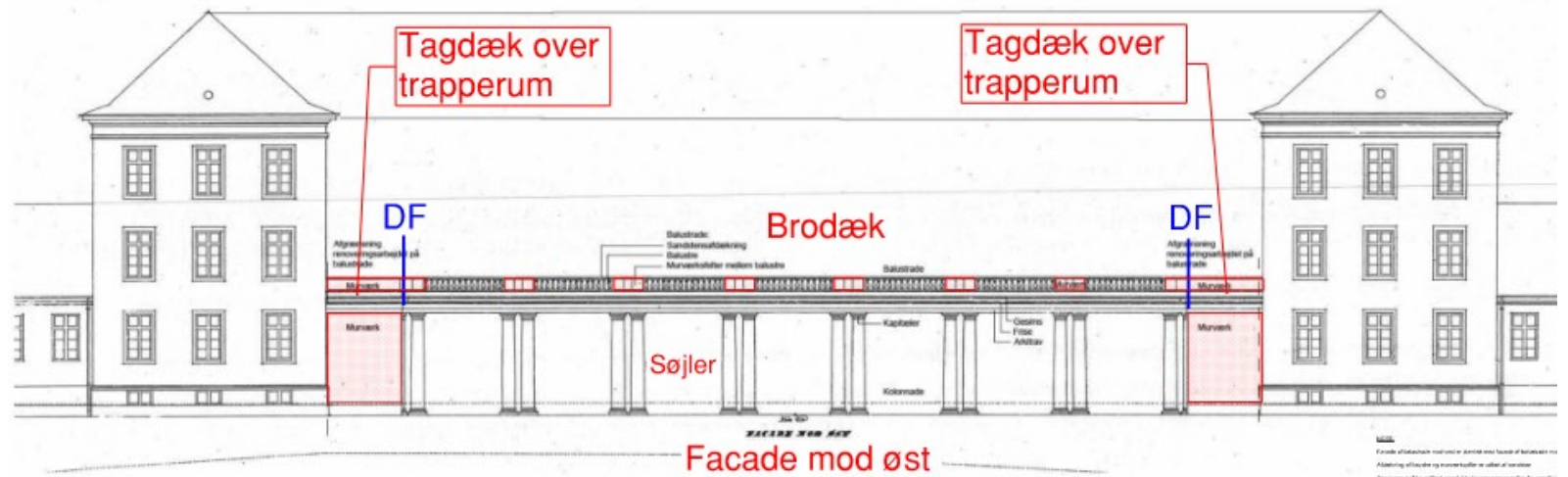


3. Balustradens konstruktioner

Kært barn har mange navne!

I daglig tale "Balustrade", men der er egentligt tale om en "Kolonnade".

- Søjler
- Tværgående bjælker
- Langsgående randbjælker
- Brodæk
- Tagdæk over trapperum
- Balustrade (rækværk)
- Dilatationsfuge (DF) i hver ende af brodækket



- Fag: 7 stk.
- Længde fag cl-cl søjler: 5.5 m
- Bredde fag, cl-cl søjler: 9.2 m
- Søjler pr fag: 4 stk.
- Diameter søjle, bund: 2.15 m

4. Problem

Hvorfor er vi tilkaldt?

- **Betonskaller falder ned fra underside dæk.**
- **Fugtindtrængning i lokaler under tagdæk.**
- **Fare for at folk, der færdes under dækket, får skaller i hovedet og kommer til skade!**
- **Skolen ønsker at standse faren for nedfaldne betonskaller og fugt i trapperum!**



Indgang til skolen via
trappe under tagdæk

4. Problem

Betonskaller er hugget af,
så de ikke selv falder!!



5. Indledende undersøgelser

Særeftersyn 2023

Teknisk særeftersyn af konstruktionsbeton for vurdering af tilstanden samt fastlæggelse af de styrende nedbrydningsmekanismer. Ønsket "ny" levetid ca. 40-50 år.

1. Visuel besigtigelse og fotoregistrering samt skadeoptegnelse af underside brodæk, længde- og tværbjælker og søjler
2. Banketest med hammer for lokalisering af skrukke områder
3. Udtagning af kloridprøver og lokale ophugning til armering i tværbjælker for verificering af armeringsmængder og dæklag.
4. Borekerner i søjler (KN1+KN2), brodæk (KN3), længdebjælker (KN4) og tværbjælker (KN5).
5. Registrering af armering ved scanning med radar

Bæreevneberegning med udgangspunkt i de udførte undersøgelser for vurdering af behov for eventuelle forstærkninger.

I dag: "Statisk undersøgelsesrapport" iht. DS11990, 2024.

5. Indledende undersøgelser

Visuel besigtigelse

Der er grove revner og afskalninger og tydelige visuelle vandgennemsivninger. Hvor betonskaller er faldet af, er der tydelig armeringskorrosion.



5. Indledende undersøgelser

Visuel besigtigelse

Tidligere behugget og betonreparation med en tæt cementmørtel i tykkelsen 0,5-2 cm.

Tilslag i konstruktionsbetonen består af store sten og tegl og den oprindelige konstruktionsbeton er meget porøs.

Dårlig komprimering mellem armeringsstænger.



5. Indledende undersøgelser

Visuel besigtigelse

Der er revner i kunststofbelægningen på oversiden af dækket over de tværgående bjælker.

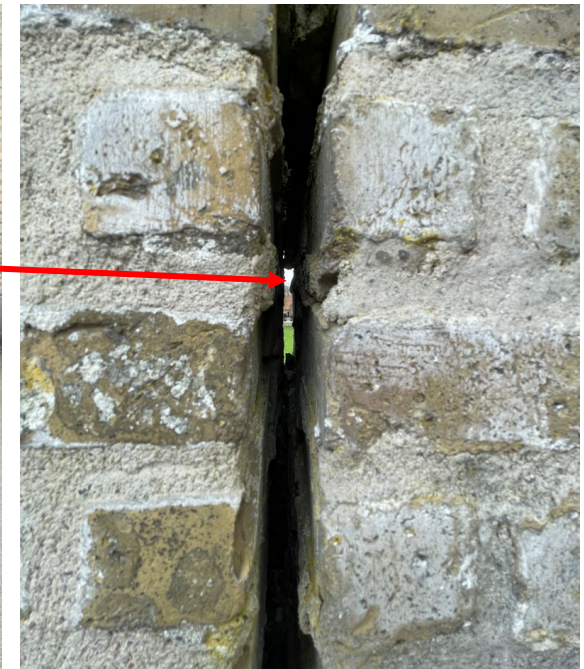


5. Indledende undersøgelser

Visuel besigtigelse

Dilatationsfugen er fyldt med mørtelspild og andet skidt.

De kan ikke udligne temperaturbetingede bevægelser og virker ikke efter hensigten!



5. Indledende undersøgelser

Visuel besigtigelse

Der er et tagnedløb på facader, og et afløb i hvert hjørne af balustraden, i alt 4 stk. Afløb er stoppede.

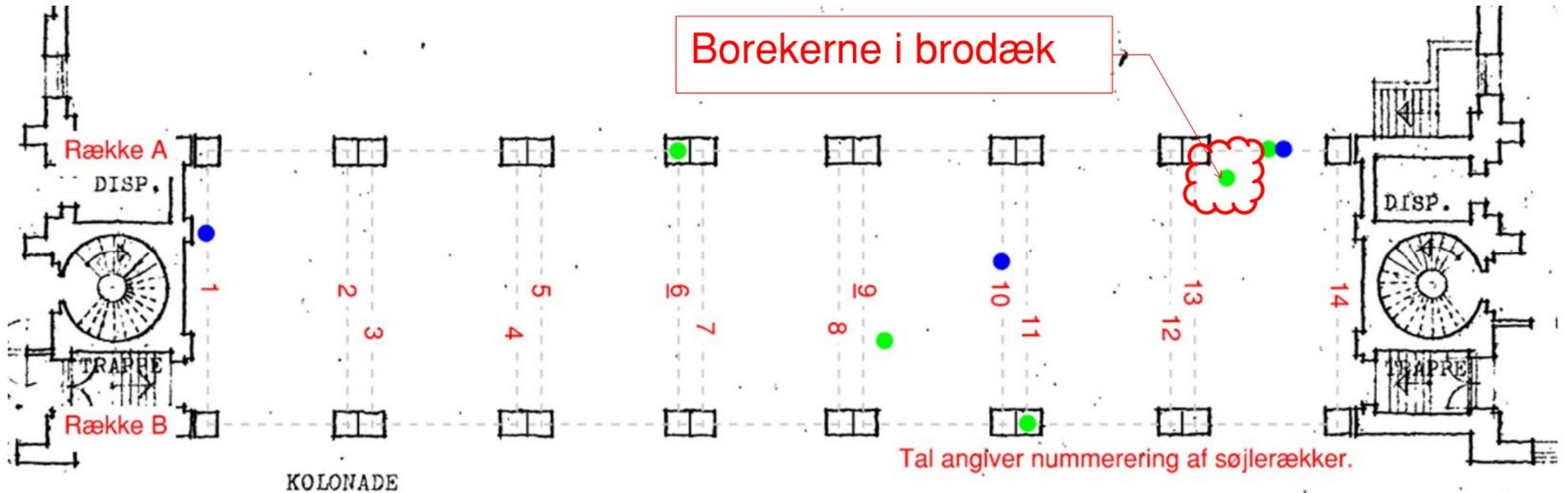
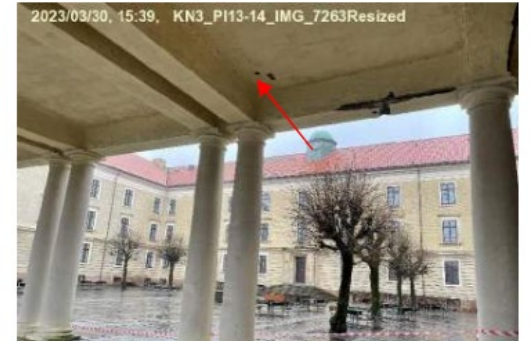


Registrering på stedet af skruk beton

-
- The drawing shows a rectangular plate with a grid of lines. Red ink annotations include:
- Top and bottom labels: "Længdebjælke" (Longitudinal beam).
 - Left and right labels: "Tværbjælke" (Transverse beam).
 - Internal labels: "Lodret" (Vertical), "Vandret" (Horizontal).
 - Central text: "Underside af plade" (Underside of plate).
 - Red ink markings: "skunk" (skunk) written multiple times, "Rør" (pipe), "25 m lang" (25 m long), and various red lines and circles.

5. Indledende undersøgelser

Borekerner og ophugninger



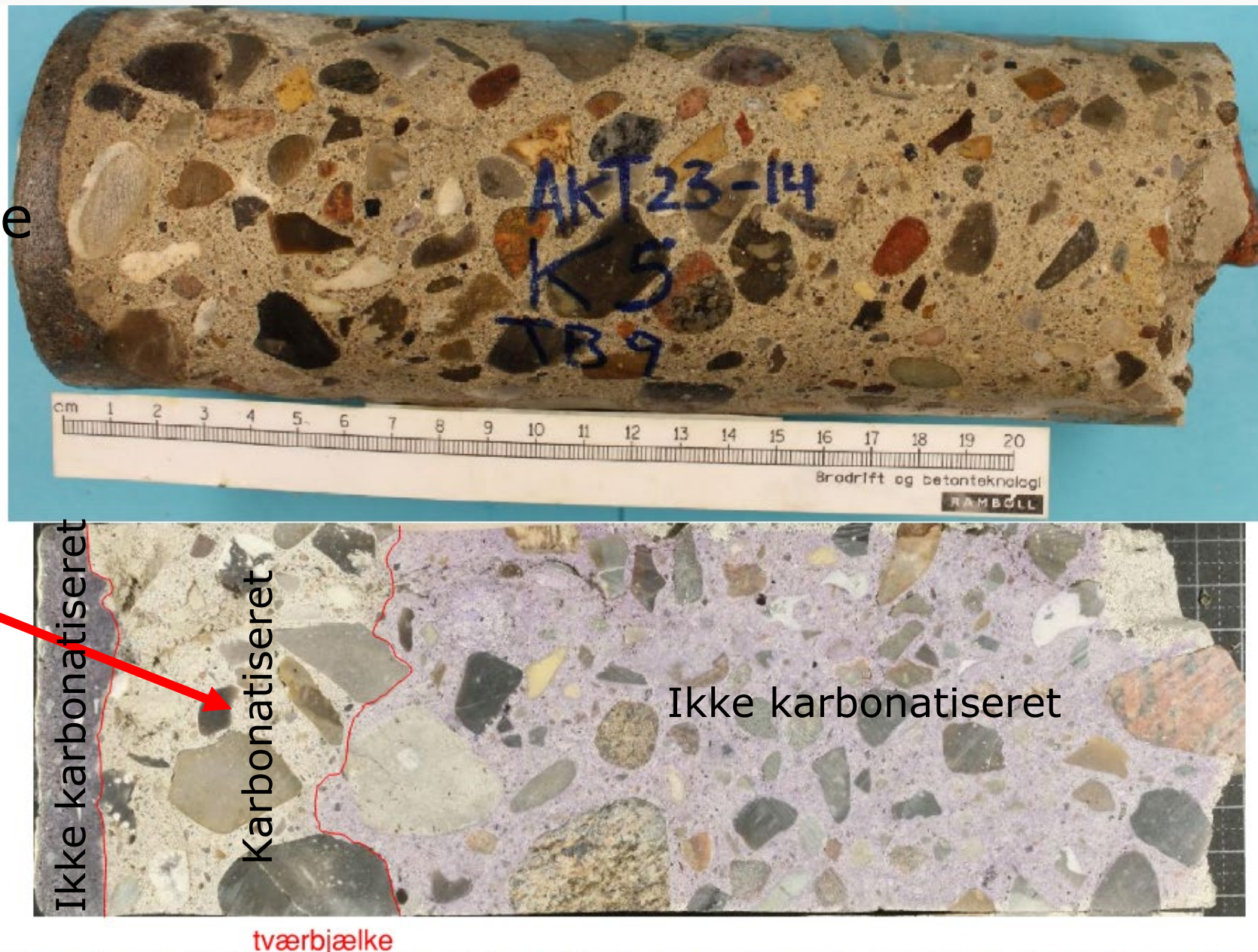
Figur 3-1: Placering af prøver, ophugninger (blå), borekerner (grøn)

5. Indledende undersøgelser

Borekerne i bjælke

Det er i denne zone armeringen ligger. Beton bør fjernes i forbindelse med reparation

OBS! Tidligere mørtelreparation på kernens overflade er ikke karbonatiseret



Figur 3-8: Borekerne K5 fra bjælke. Boresiden af kernen ses til venstre på fotoet, hvor der også ses en mørtelreparation. Nederst ses foto af karbonatiseringstest – de røde markeringer angiver område der er karbonatiseret.

5. Indledende undersøgelser

Brodæk

Ingen
armering i
kerne!!!

Der er ikke
foretaget
petrografisk
analyse af
kernerne (efter
aftale med
Viborg
Katedralskole).

Opbygning af brodæk iht. borekerne udtaget i dæk i forbindelse med forundersøgelser



Figur 3-6: Borekerne K3 fra bropladen, boresiden/undersiden af dækket ses til venstre på fotoet. Bemærk den sorte skive ca. 1/3 fra højre, som formentlig er en tidligere fugtisolering på brodækkets overside. Derudover er der en kunstbelægning på det øverste afretningslag (til højre på fotoet).

Foto 1: Uddrag af Arbejdsbeskrivelse, bilag 4. Der er tidligere udtaget en borekerne i brodækket.

Kernen viser de lag, som brodækket består af.

Der er ikke bemærket armering $\varnothing 4$ mm pr. 50 mm i begge retninger i borekernen. Armeringsnettet er fundet i forbindelse med nedbrydningen juli 2024 og ligger umiddelbart over den sorte fugtisolering, dvs. lige under lag 4.

5. Indledende undersøgelser

Resultat af undersøgelser og årsag til nedfaldne betonskaller

Karbonatiseret beton i niveau med armering. Den oprindelige beton er karbonatiseret og yder ingen beskyttelse mod korrosion. Den yderste sprøjtebeton (dæklag) er tæt og basisk, men den oprindelige beton er ikke. Og det er her armeringen ligger. Det nyere dæklag af sprøjtebeton.

Virker det som et "badekar" og holder på det vand, der kommer ind i konstruktionen oppefra??

Armeringskorrosion. Når betonen ER karbonatiseret, og der kommer fugt til, så korroderer armeringen. Fugt i betonen virker karbonatiseringshæmmende, men her er betonen karbonatiseret, og så hjælper fugt i betonen ikke noget. Armeringen vil korrodere, og der kommer betonafskalninger, når betonens trækstyrke overskrides.

Frostskader.

Tilslag består af mange større sten og teglstykker.

Der er ikke fundet klorid af betydning.

Dæklag på underside af brodæk er skruk, og der er løse betonskaller. Der er ikke tilstrækkelig afstand mellem armering og komprimeringen er dårlig, og det har ikke været muligt at komprimere/udstøbe rundt om alle armeringsstænger.

Det er Rambølls vurdering at betonens sammensætning, kvalitet og tilstand er som forventet for en konstruktion opført i 1920'erne.

Der er ikke observeret tegn på interne nedbrydningsmekanismer i betonen, hvorfor Rambøll vurderer at den altoverskyggende nedbrydningsmekanisme korrosion af armeringen.

Balustradens bæreevne er eftervist for en statisk belastning på 5 kN/m² iht. gældende eurocodes.

Det er Rambølls vurdering at der er behov for forstærkninger ifm. reparation.



6. Reparation

Undersiden af brodækket blev repareret i sommeren 2023

Oversiden lappes sporadisk.

Al løs og skruk beton blev fjernet fra underside af dæk og fra bjælker. Armering blev afrenset eller udskiftet (hvis tværsnitsreduktion er større end ca. 20%)

Ny reparationsbeton eller udstøbt beton afhængig af, hvor meget beton, der blev fjernet.

6. Reparation

Skruk og løs beton blev fjernet, armering renses og svummet.



6. Reparation

Betonreparation udført iht. DS/EN 1504 serien



6. Reparation

Underside brodæk efter reparation 2023



Foto taget forår 2024.

6. Reparation

Oversiden af bro-
og tagdæk blev
repareret i
sommeren 2024

Nyt profileringslag og ny
kunststofmembran.
Dilatationsfuger i hver ende
renses og der udføres nye
dilatationsfuger og nye afløb.



Kunststofbelægning forår 2024
med lapper over tværgående
revner inden reparation

6. Reparation

Landmåler

Eksisterende
faldopbygning blev
indmålt af en
landinspektør.

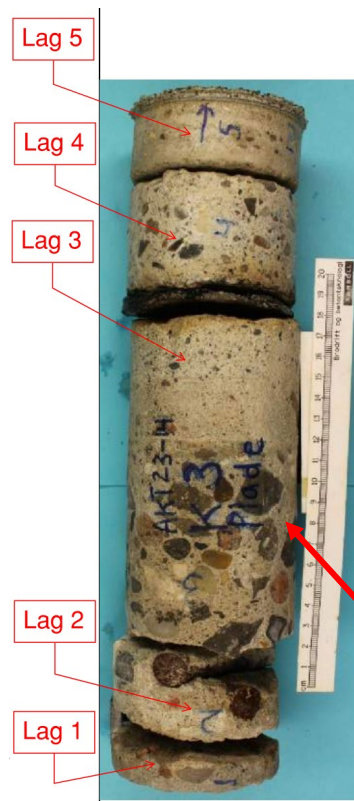


6. Reparation

1. Tilsyn d. 8. juli 2024

Det blev vurderet, at de nedre lag af det samlede eksisterende profileringslag ikke er mulige at nedbryde. Der er store rysterter forbundet med nedbrydningen og dermed stor risiko for at beskadige den underliggende oprindelige konstruktionsbeton.

Det er aftalt at fjerne det øverste lag (benævnt "lag 5") og udføre et nyt tilsvarende lag med faldopbygning, så der er fald til afløb.



Nedbrydning af det øverste lag "lag 5" af det eksisterende profileringslag pågår.

Oprindelig
Konstruktionsbeton

6. Reparation

1. Tilsyn d. 8. juli 2024



6. Reparation

2. Tilsyn d. 22. juli 2024

- Armeringsnet $\varnothing 4$ mm umiddelbart over det sorte bitumenlag i borekernen.
- Armeringen fremgik ikke af borekerne 3 i brodækket
- Bitumen sidder løs
- Og nedbryderen er gået på sommerferie...



6. Reparation

2. Tilsyn d. 22. juli 2024

- Lag 5 er helt fjernet.
- Der er på tilsynsdagen (mod forventning) større felter af Lag 4 i det eksisterende profileringslag, som er fjernet.
- Der er forberedt med ny armeringsnet og reparationsbeton til reparation af "hullerne", hvor lag 4 har ligget. Enkelte mindre huller er repareret.
- Det viser sig, at store dele af lag 4 ligger løst på lag 3, og ved forsøg er det let at fjerne lag 4 inkl. bitumenlaget.
- Det vurderes, at der ikke kan bygges videre på lag 4, som anført i Tilsynsnotat TN01, og at det er muligt at fjerne laget uden beskadigelse af selve de bærende betonkonstruktioner i brodækket.
- Lag 4 fjernes ved at laget skæres med vinkelsliber eller lign. i passende felter, som kan håndteres og bakes ved håndkraft.
- Hvis lag 4 fjernes, er der fjernet i alt ca. 9 cm, som er minimumskravet for højden på et nyt profileringslag, som beskrevet i udbudsmaterialet.
- Det blev aftalt, at lag 4 inkl. armering og bitumenlag fjernes, hvorefter lag 3 besigtiges for en nærmere vurdering af, om der kan bygges videre på dette eller om dette også fjernes, således at alle eksisterende profileringslag over konstruktionsbetonen er fjernet.

6. Reparation

2. Tilsyn d. 22. juli 2024

Nedbryderen skulle have valgt et andet nedbrydningsmateriel fra starten.

Elhammer udskiftes med vinkelsliber!



Forsøg 2: Der udføres et nyt forsøg et andet sted, hvor betonen i lag 4 ikke lyder skruk. Her kan feltet også let løftes/fjernes med hænderne.

6. Reparation

2. Tilsyn d. 22. juli 2024



6. Reparation

3. Tilsyn d. 30. juli 2024

- Lag 5 er helt fjernet.
- Fjernelse af Lag 4 pågår. Laget er skåret i passende felter og fjernelse af felterne med kran er påbegyndt mandag morgen, d.d.
- Der var ikke fjernet tilstrækkeligt af lag 4, til at besigtigelse og tilstandsvurdering af lag 3 var muligt.
- Det blev aftalt, at entreprenøren udfører banketest af lag 3, når dette er blotlagt, for at få et samlet overblik over tilstanden. Herefter tages der stilling til, hvad der videre skal ske, hvad enten det er nødvendigt for tilsynet at besigtige den endelig overflade og/eller om det øverste af lag 3 ligeledes skal fjernes.

6. Reparation

3. Tilsyn d. 30. juli 2024



Område, hvor Lag 4 er fjernet. Fugtisoleringen skal ligeledes fjernes, for at der kan udføres banketest. Hvis lag 3 bibeholdes, skal overfladen renses helt for bitumenrester.

6. Reparation

4. Tilsyn d. 6. august 2024

- Lag 4 er helt fjernet.
- Fjernelse af Lag 3 pågår. Laget er skåret i passende felter og fjernelse af felterne med kran er påbegyndt.
- Der var ikke fjernet tilstrækkeligt af lag 3, til at besigtigelse og tilstandsvurdering af underliggende lag var muligt.
- Det vurderes at det underliggende lag er selve konstruktionsbetonen. Til afklaring og kontrol af dette blev det aftalt at der **udtages ca. 4 stk. betonborekerner** jævnt fordelt over brodækket. Kerner bores ca. 100 mm ned i konstruktionsbetonen, hvor kernen knækkes. Det kontrolleres at kernen består af et homogent materiale (konstruktionsbeton). Der skal udvises omhu for ikke at bore i konstruktiv armering.

6. Reparation
4. Tilsyn d. 6. august 2024

*Opbrydning af lag 3 pågår.
Laget er skruk.*



6. Reparation

Overflade konstruktionsbeton er hård og klingende – Det er ikke en god kvalitet, men kvaliteten bliver ikke bedre af at fjerne mere beton. Betonen rødфарves ved påførelse af phenolphthalein, så det vurderes at overfladen er så god som muligt. Der ibores strittere for vedhæftning mellem oprindelig konstruktionsbeton og nyt profileringslag.



6. Reparation

Alle lag af det eksisterende profileringslag på brodækket er fjernet.



6. Reparation

Nyt armeret profileringslag



Ledere udlagt for korrekt faldopbygning af nyt profileringslag



Svindarmering i oversiden af det nye profileringslag oplagt på afstandsklodser. Dilemma: 2 støbninger grd. højde af profileringslag.



Strittere er iboret i den eksisterende konstruktionsbeton med ca. 6 cm for vedhæftning mellem den oprindelig konstruktionsbeton og det nye profileringslag, da den eksisterende beton er meget porøs.



6. Reparation

Nyt armeret profileringslag

Faldopbygning

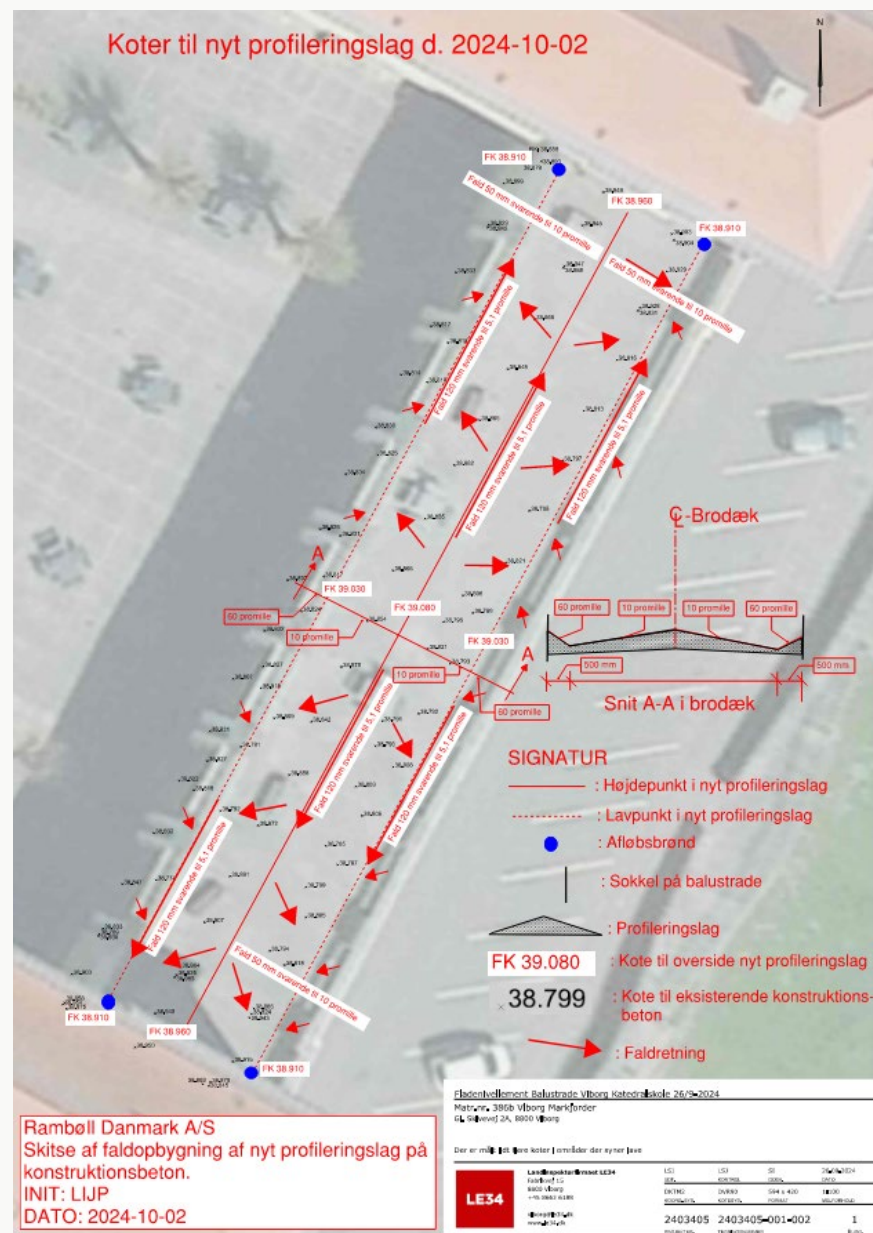
Reflektion

Det nye profileringslag bliver meget tykt, da der ikke er nedbrudt nok beton på tagdæk.

NB Prokjektering mens arbejdet udføres....

Ønsket var, at

- profileringslaget blev tyndere end de oprindelige lag, så lasten på dækket blev nedsat



6. Reparation

Nyt armeret profileringslag

Set I bagklogskabens klare lys kunne vi evt. have nedbrudt mere af tagdækket.

Udfordringen var, at der ikke var udført borekerner i dækket, og vi var i tvivl om dækkets tykkelse og opbygning.

Elledninger til lys på balustraden og på underside brodæk er ført i dækket.

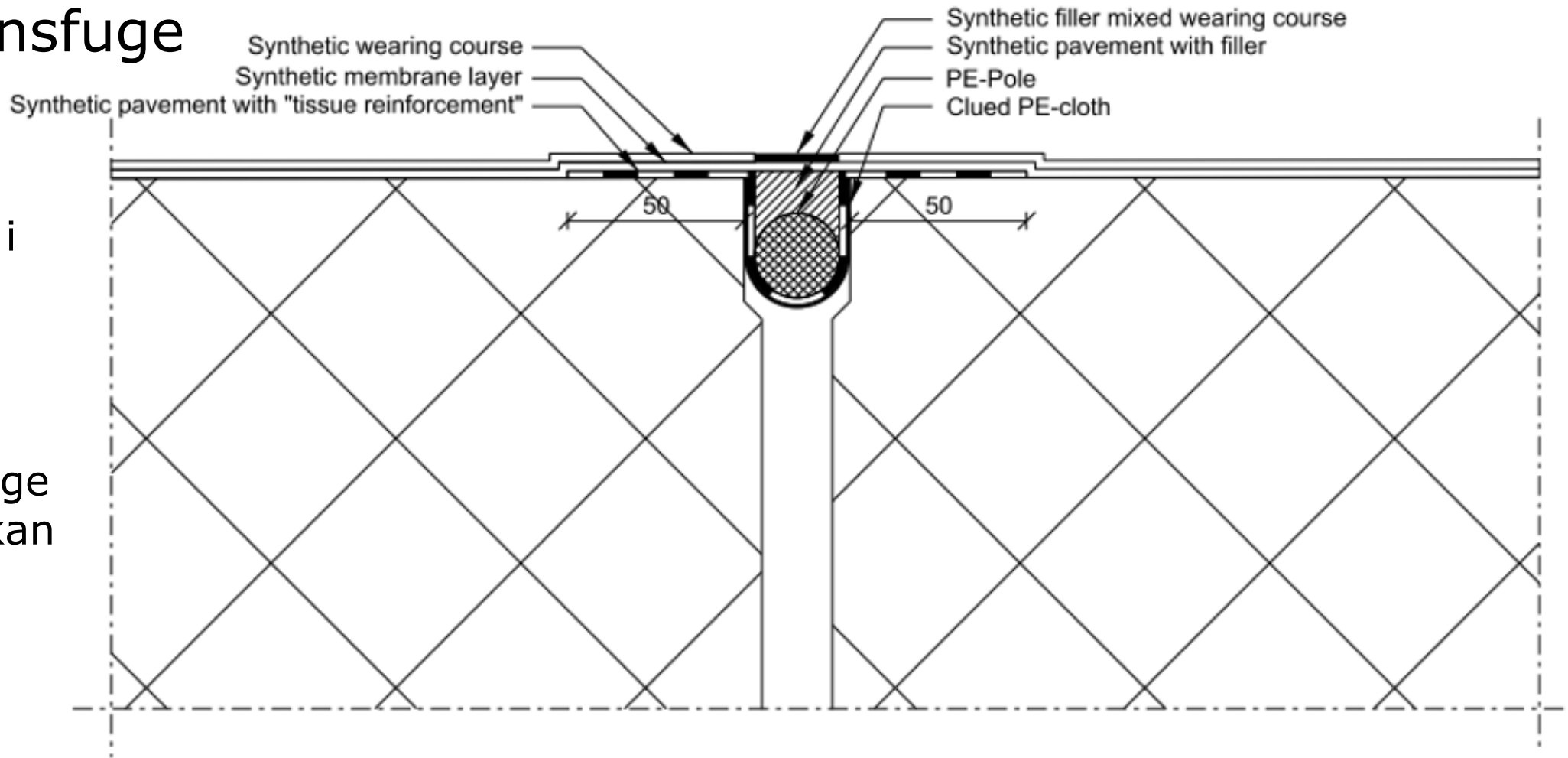


Tagdækket er hårdt og klingende. Dækket skal afrettes inden bromenbranen udlægges. Afretningslagets tykkelse skal afpasses tykkelsen af det nye profileringslag, så der bliver "niveaufri" overgang hen over dilatationsfugen.

6. Reparation

Ny dilatationsfuge

Dilatationsfuger i hver ende af brodækket blev udført på ny, så eventuelle temperaturbetingede bevægelser kan optages i fugen.



Figur 3-2 Eksempel på sløjfefuge

Omfang: 2 x 10 lbm dilatationsfuge.

6. Reparation

Færdigt arbejde



December 2024

7. Refleksion, Dilemmaer og kompromiser

Underside før overside??

Tidspres grundet ferieperiode og mange var på ferie. Skolen ønsker/kræver at arbejdet skal foregå i sommerferien og være færdigt til skolestart. Det giver en byggeperiode på 6 uger!

Nedbrydning af overside blev påbegyndt med forkert materiel. Elhammer i stedet for skæremateriel. Kun en kerne i brodæk. Overraskelser fx. armeringsnet i brodæk.

Mere opmærksomhed på at opbygning af tag- og brodæk er forskellig. Indledende undersøgelser (borekerner) OGSÅ i tagdæk.

Mere opmærksomhed til faldopbygning i projekteringsfasen. "Som eksisterende" er ikke godt nok! Kompromis vedr. fald til afløb.

Nyt profileringslag blev tykkere end ønsket, og det endte med to lag aht. opklodsning af oversidearmering. Projektere mens arbejdet pågår er noget møg... Ønsket er at nedsætte tykkelsen af profileringslaget, for at aflaste brodækket og for at få højere rækværk (balustrade). Vi skulle evt. have hugget mere af tagdækket, så vi kunne opnå mere fald og tyndere profileringslag.

7. Refleksion, Dilemmaer og kompromiser

Entreprenør: Skolen ønskede et mindre lokalt murerfirma (Rambøll stillede krav til UE vedr. udførelse af kunststofbelægning).

Meget karbonatiseret beton i underside brodæk og meget porøs konstruktionsbeton i overside. Vi kan ikke fjerne det hele, så vi må leve videre med en dårlig betonkvalitet. Men hvornår stopper man med at fjerne??



Ønske: Overside før underside og Totaloverdækning så uafhængighed af vejrlig.

Bright
ideas.
Sustainable
change.

RAMBOLL