



Palægaragerne, København. EKP-målinger af P-dæk.

Teknologisk Institut har den 1. og 2. marts 2023 med Dem som rekvirent udført en skadesregistrering og stikprøvevis EKP-målinger på etagedæk i Palægaragerne i Dronningens Tværgade, København.

Baggrund

Teknologisk Institut har i november 2013 og oktober 2020 kortlagt korrosionsaktiviteten i P-dækkene ved elektrokemiske potentiale-målinger (EKP), og der ønskes nu foretaget en ny kortlægning som opfølgning på disse målinger.

Formål

Formålet med undersøgelsen er kortlægge korrosionsaktiviteten i dæk på 4 forskellige niveauer og sammenligne med målingerne udført i 2020. Bemærk at nærværende undersøgelse kun er udført stikprøvevis ifølge aftale med rekvirenten.

Data og informationer

Der etableret katodisk beskyttelse på to etager, hhv. "Dæk over 4. etage" og partielt "dæk over kælder". Disse etagedæk indgår derfor ikke i nærværende EKP målinger, men er delvist gennemgået i besigtigelsen.

Resultater

Der er foretaget stikprøvevis EKP-målinger på dæk beliggende over Stue, 1., 2. og 3. etage. Målingerne er udført i samme punkter som målingerne i 2013 og 2020, blot dækker målingerne kun omtrent halvdelen af hvert dæk. Indenfor disse områder viser de foretagne EKP-målinger overordnet set forhøjet risiko for armeringskorrosion i samme områder, som de 2 foregående målinger. Der kunne fra 2013 til 2020 observeres lidt højere potentialer (lavere korrosion) i disse områder, mens der igen ses lidt lavere potentialer i 2023 i forhold til 2020.

For en nærmere angivelse af resultaterne, herunder en præsentation af konturdiagrammer fra målingerne, samt en beskrivelse af den anvendte metode henvises til Bilag 1. Ved sammenligning af målingerne fra 2020 og 2023 kan der gøres følgende observationer:



Dæk over Stueetage	<ul style="list-style-type: none">• Områderne med risiko for armeringskorrosion er blevet mindre (modsat den overordnede tendens på de øvrige etager).
Dæk over 1. etage	<ul style="list-style-type: none">• Områderne med forhøjet risiko for armeringskorrosion er blevet større.• Langs vinduerne på vestfacaden ses i den nordlige ende nye områder med forhøjet risiko for korrosion.
Dæk over 2. etage	<ul style="list-style-type: none">• Områderne med høj risiko for armeringskorrosion er blevet større.• Langs vinduerne i øst-facaden ses områder med høj risiko for korrosion – disse områder er dog ikke dækket af målingerne fra 2020.
Dæk over 3. etage	<ul style="list-style-type: none">• Ved begge målinger ses generelt forhøjet til høj risiko for armeringskorrosion over hele dækket. Målingerne i 2023 viser dog generelt lavere potentialer, hvilket tyder på forværret korrosion.

Der er foretaget en visuel skadesregistrering på alle dæk. Generelt ses mange skader i form af revner. Der er dog kun foretaget en registrering af de skader, hvor revner/afskalninger vurderes at have været aktive efter det sidste malingslag blev påført undersiden (dvs. de skærer gennem malingen).

Resultaterne er angivet i bilag 2. Der ses generelt flest revner og afskalninger på dækket over 3. og i mindre grad over 2. og 1. etage. Der er ikke observeret væsentlige skader i dækket over stueetagen.

Vurdering

Ud fra de foretagne målinger samt de givne data og informationer kan instituttet udtale følgende:

I dækkene over 1., 2. og 3. etage ses tegn på korrosion siden 2020, hvilket vurderes at have medført en forværret armeringstilstand med deraf følgende revnedannelse og dæklagsafskalninger. Tilstanden af dækket over 3. etage vurderes at være så dårlig, at udbedring/renovering anbefales.

I dækket over 3. etage ses der et par områder med relativt store løstsiddende betonstykker, som er i risiko for at falde ned (se registreringer 30 og 28 i bilag 2). Stykkerne burde nemt kunne fjernes, hvorved den umiddelbare nedfaldsfare kan imødegås. Derudover anbefales det at banke alle dækundersider igennem, hvorved alle skrukke områder kan lokaliseres (inklusiv de ikke-synlige) og udbedres.

På oversiden af tagparkeringen er der skader på akrylbelægningen som følge af at revner i støbeskel mellem tidligere udskiftet beton og oprindelig beton er slået op gennem belægningen. Skaderne har flere steder ført til gennemsvninger i loftet. Disse revner vil skulle udbedres ved injektion og isætning af tværgående kulfiberstænger inden ny belægning påføres i disse områder. Dækket er påført katodisk beskyttelse så armeringen er beskyttet, men der er risiko for frostskafer i den øvre del af dækket og afskalning af maling på undersiden. Vi vil derfor anbefale at skaderne udbedres.

Teknologisk Institut Byggeri og Anlæg

Tommy B. Jacobsen
Faglig leder



Bilag 1: Korrosions aktivitetsmåling (EKP)

Udført

EKP-måling er udført den 1. og 2. marts 2023 af Claes Christiansen og Hans Christian Brolin Thomsen.

Metode

Armeringens elektrokemiske potentiale (EKP), modstand måles med Proceq Profometer Corrosion. Målingen er et øjebliksbillede af den aktuelle korrosionsaktivitet på måletidspunktet. Den er afhængig af konstruktionens temperatur og fugtindhold og kan variere, hvis disse forhold ændres. Målinger bør kun udføres ved temperaturer over +5°C da korrosionsprocessen ellers delvist stopper.

Der måles potentialer med en referenceelektrode af kobber-kobbersulfat jævnfør ASTM standard i et veldefineret målenet. Jo lavere potentiale der måles, jo højere sandsynlighed er der for aktiv korrosion af armeringen.

Metoden forudsætter et sammenhængende armeringsnet, hvilket kontrolleres inden måling ved ophugning til armering i to områder i målenettet, hvorefter der med multimeter måles om der er kontakt mellem disse områder.

Ved tolkning af EKP- målinger anvendes følgende:

"Potentiale"	Måling af potentialet hen over et større område vil give mulighed for at vurdere korrosionsaktiviteten. Ændringer i armeringens korrosionstilstand samt ændringer i det omgivende miljø i betonen vil kunne aflæses som ændringer i potentialet. Lavere potentialer = større sandsynlighed for korrosion.
"Potentialgradienter"	I områder, hvor potentialet ændres kraftigt (potentialgradienten er størst) er der risiko for korrosionsaktive områder med kraftig tæring.

Til vurdering af potentialmålingerne anvendes Tabel 1, der er vejledende og gælder for konstruktioner, hvor ilttilførslen ikke er begrænset.

Potentiale (mV vs. Cu/CuSO ₄)	Sandsynlighed for korrosion
> -200 mV	Lav risiko: Mindre end 10 % sandsynlighed for, at der er aktiv korrosion.
-200 mV til -350 mV	Forhøjet risiko: Det er usikkert om der er korrosion i gang.
< -350 mV	Høj risiko: Mere end 90 % sandsynlighed for, at der er aktiv korrosion.

Tabel 1: Vejledende grænser for vurdering af potentialemålinger (ASTM C876-87).

Bemærk: For våde/fugtige konstruktioner – typisk marine konstruktioner - vil en aktiv korrosion have lavere potentialmålinger, typiske 100-200 mV og grænserne i tabellen kan derfor ikke anvendes. Tilsvarende vil armering i karbonatiseret beton have højere potentialer. I begge tilfælde skal der udføres kalibrering på konstruktioner i form af ophugninger til armering i flere områder.



Omfang

Der er udført EKP-målinger på 4 forskellige etager. Målingerne omfatter ikke bjælker, men kun underside af dæk. Temperaturmåling er vist på Figur 1.



Figur 1: Temperaturmåling på undersiden af dækket mellem stuen og første sal d. 2. marts.

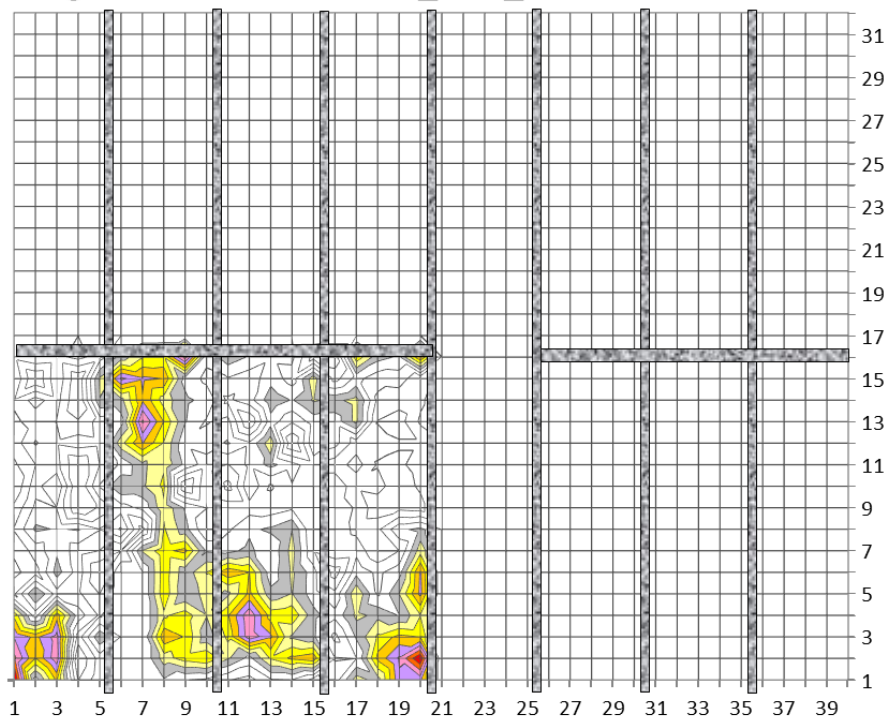
Resultat

Resultaterne af de udførte målinger fremgår af kontur-diagrammer præsenteret nedenfor. Resultaterne fra målingerne udført i 2020 præsenteres ligeledes, til sammenligning med de nye målinger. På alle konturdiagrammer er der anvendt nedenstående skala til inddeling af farver:

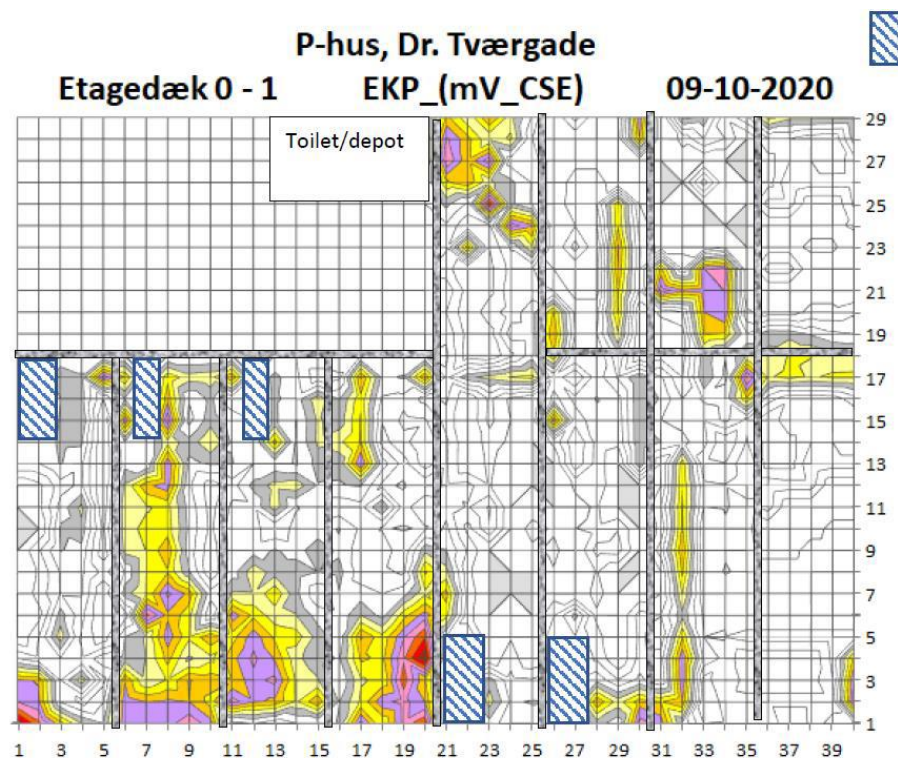
■ -550--500	■ -500--450	■ -450--400	■ -400--350	■ -350--300	■ -300--250	■ -250--200
■ -200--150	■ -150--100	■ -100--50	□ -50-0	□ 0-50	□ 50-100	□ 100-150



P-hus, Dr. Tværgade
Etagedæk 0 - 1 **EKP_mV_CSE** **02-03-2023**



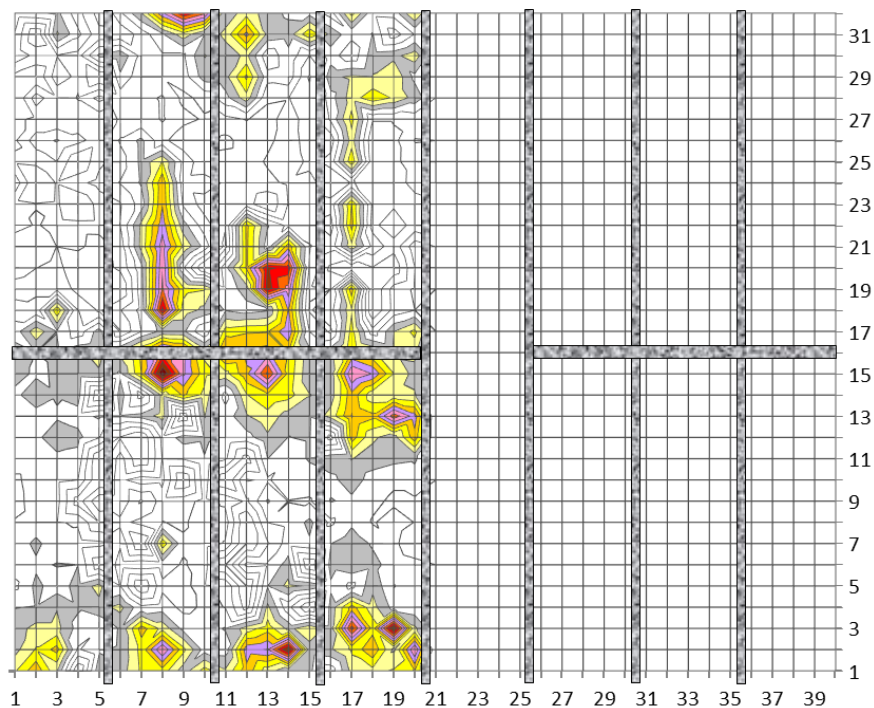
Figur 2: EKP-målinger fra marts 2023 på dækket mellem stuen og 1 sal.



Figur 3: EKP-målinger fra oktober 2020 på dækket mellem stuen og 1 sal.

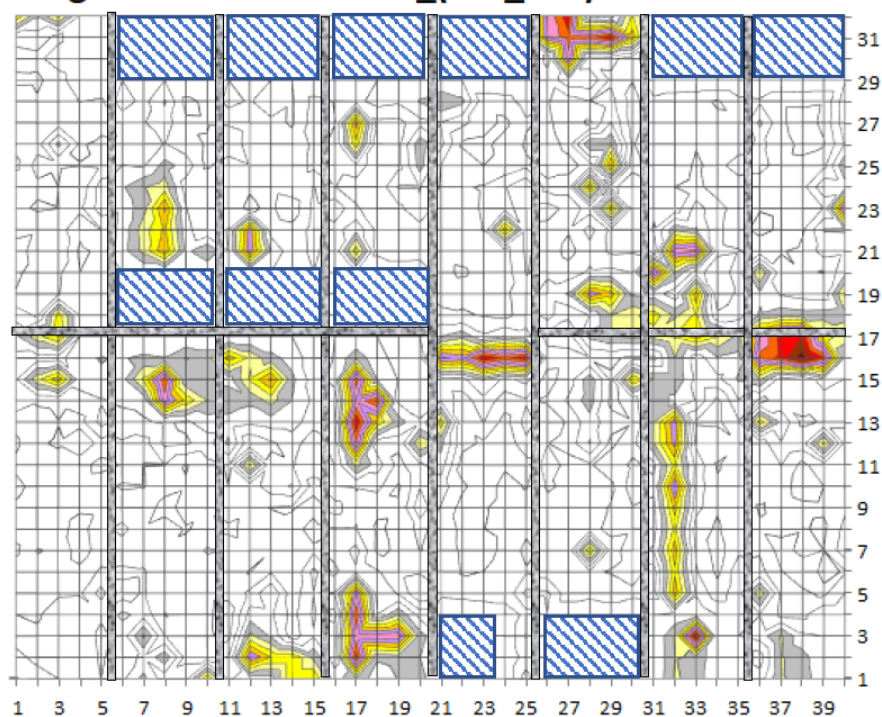


P-hus, Dr. Tværgade
Etagedæk 1 - 2 EKP_mV_CSE 02-03-2023



Figur 4: EKP-målinger fra marts 2023 på dækket mellem 1- og 2 sal.

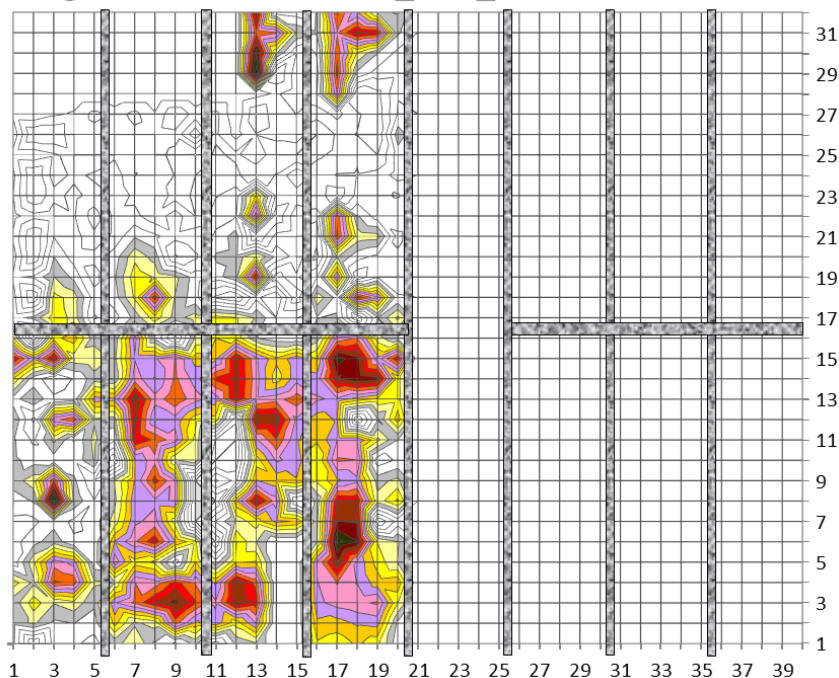
P-hus, Dr. Tværgade
Etage over dæk 1 EKP_(mV_CSE) 09-10-2020



Figur 5: EKP-målinger fra oktober 2020 på dækket mellem 1- og 2 sal.

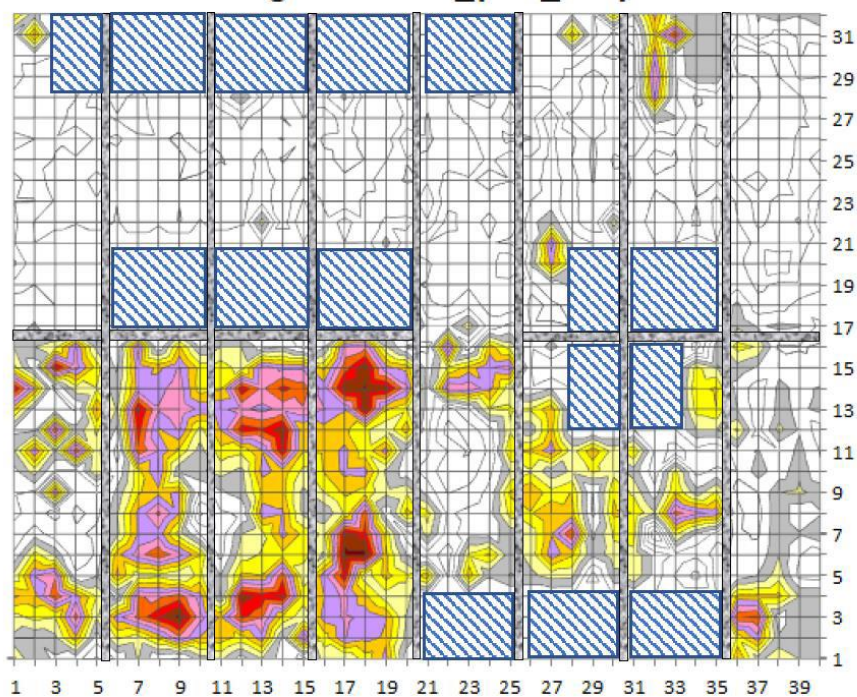


P-hus, Dr. Tværgade
Etagedæk 2 - 3 EKP_mV_CSE 02-03-2023



Figur 6: EKP-målinger fra marts 2023 på dækket mellem 2- og 3 sal.

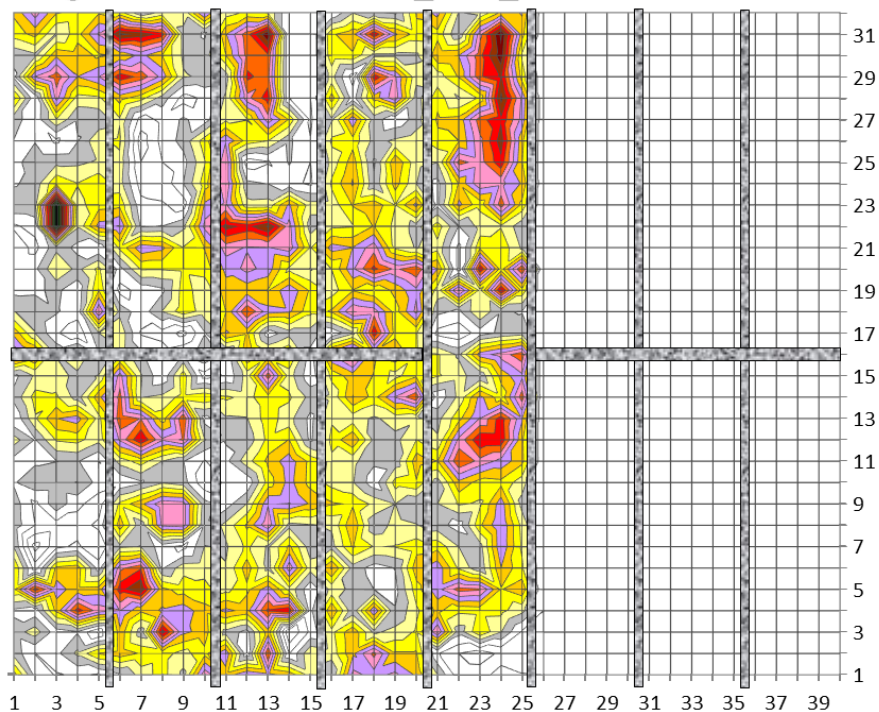
P-hus, Dr. Tværgade
Dæk over 2. etage EKP_(mV_CSE) 09-10-2020



Figur 7: EKP-målinger fra oktober 2020 på dækket mellem 2- og 3 sal.

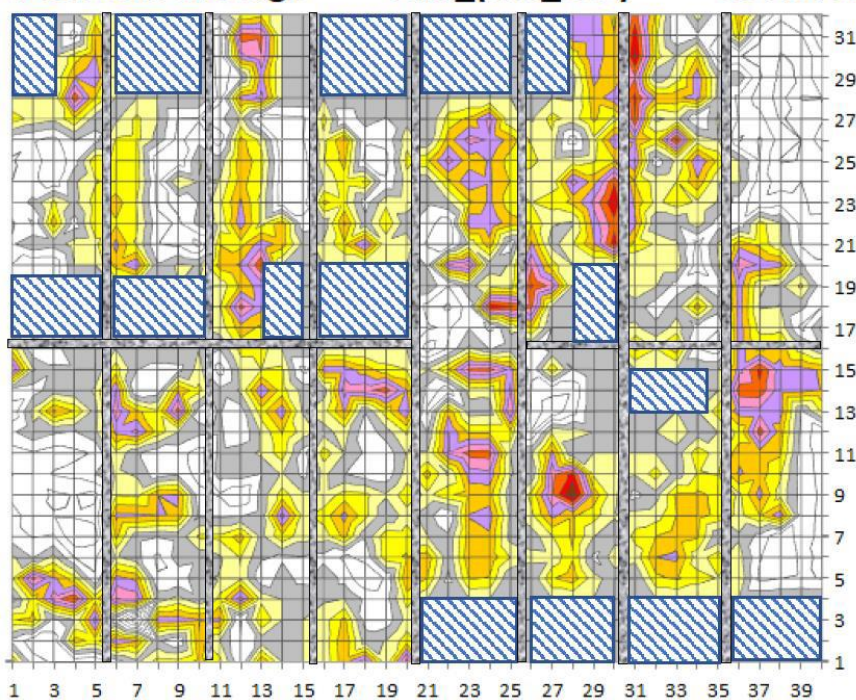


P-hus, Dr. Tværgade
Etagedæk 3 - 4 EKP_mV_CSE 02-03-2023



Figur 8: EKP-målinger fra marts 2023 på dækket mellem 3- og 4 sal.

P-hus, Dr. Tværgade
Dæk over 3. etage EKP_(mV_CSE) 09-10-2020



Figur 9: EKP-målinger fra oktober 2020 på dækket mellem 3- og 4 sal.



Bilag 1: Besigtigelse/Skadesregistrering

Udført

Registrering af synlige skader er udført den 2. marts 2023 af Claes Christiansen og Hans Christian Brolin Thomsen.

Metode

Undersiden af etagedæk er inspiceret visuelt. Områder med revner, afskalninger og tegn på fugt er registreret i det omfang, at de vurderes at være opstået/videreudviklet efter, at det sidste malinglag blev påført. Revner, der ikke skærer malinglaget, antages at være inaktive.

Alle observationer er gjort stående på de underliggende dæk – der er ikke foretaget en bankeundersøgelse af dækkene.

Omfang

Underside af alle etagedæk er inspiceret.

Resultat

Resultatet er angivet på de følgende sider.



Skadesregistrering: Dæk over kælderrum.



Skader:

- Yderligt liggende, rusten armering.
- Dæklagsafskalninger og revner i dele af dæk.
- Revner (begyndende afskalning i bjælke).
- Omfattende malingsafskalning.



Eksempel på yderligt liggende, rusten armering.



Eksempel på afskalninger over yderligt liggende, rusten armering.

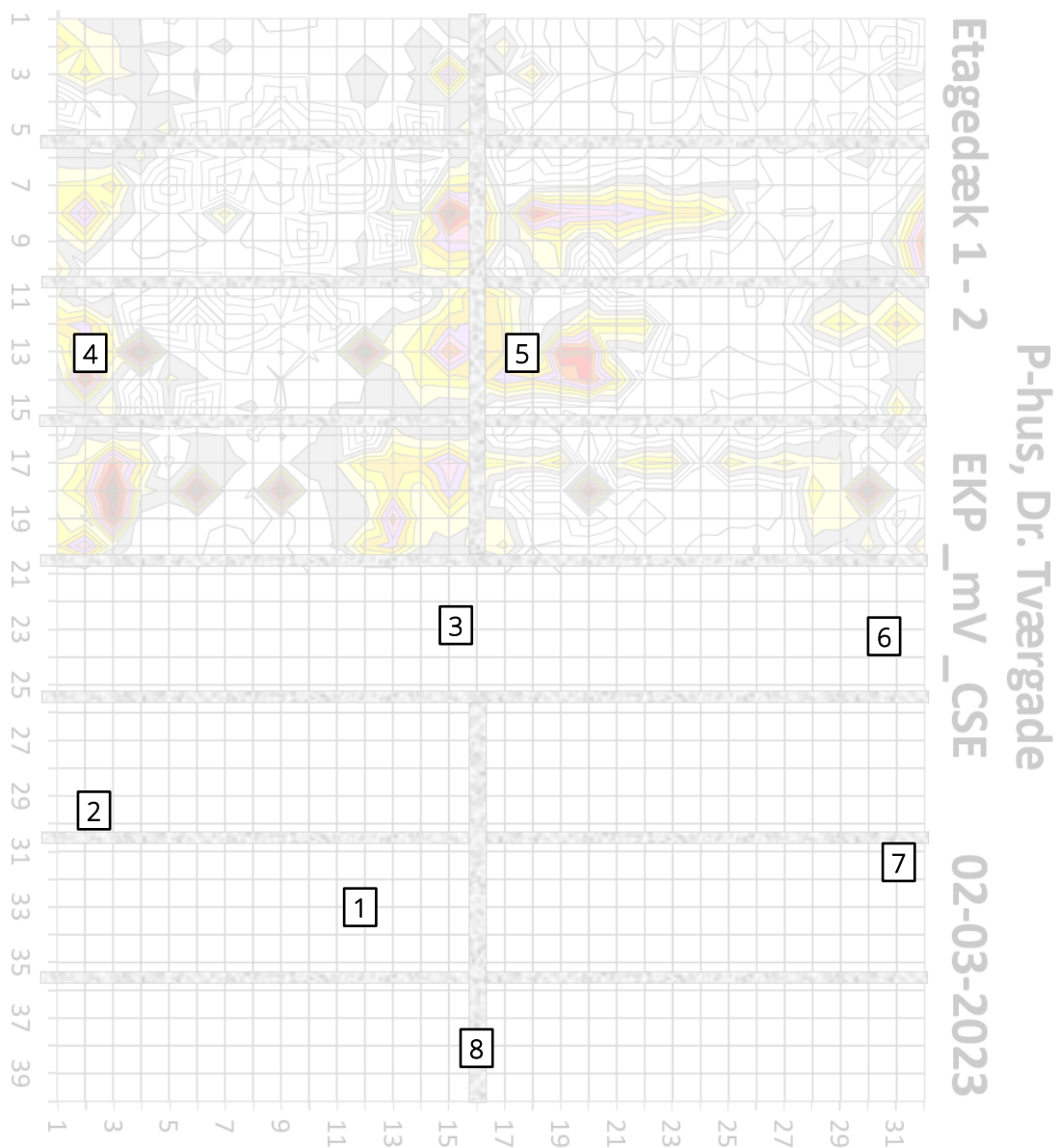


Eksempel på revner i bjælke.





Skadesregistrering: Dæk over 1. etage.





Registrering nr.: 1

Skade: Dæklagsafskalning.
Størrelse (skøn): ~30x30 cm.



Registrering nr.: 2

Skade: Afskalning, revne i reparation.
Størrelse (skøn): ~40x20 cm, ~30 cm.



Registrering nr.: 3

Skade: Revner i reparation.
Størrelse (skøn): ~1m.



Registrering nr.: 4

Skade: Afskalning i reparation.
Størrelse (skøn): ~20x30 cm.



Registrering nr.: 5

Skade: Revne.

Størrelse (skøn): ~1½ m.



Registrering nr.: 6

Skade: Revner/afskalning.

Størrelse (skøn): ~30x60 cm.



Registrering nr.: 7

Skade: Revne/afskalning i reparation.

Størrelse (skøn): ~50x30 cm.



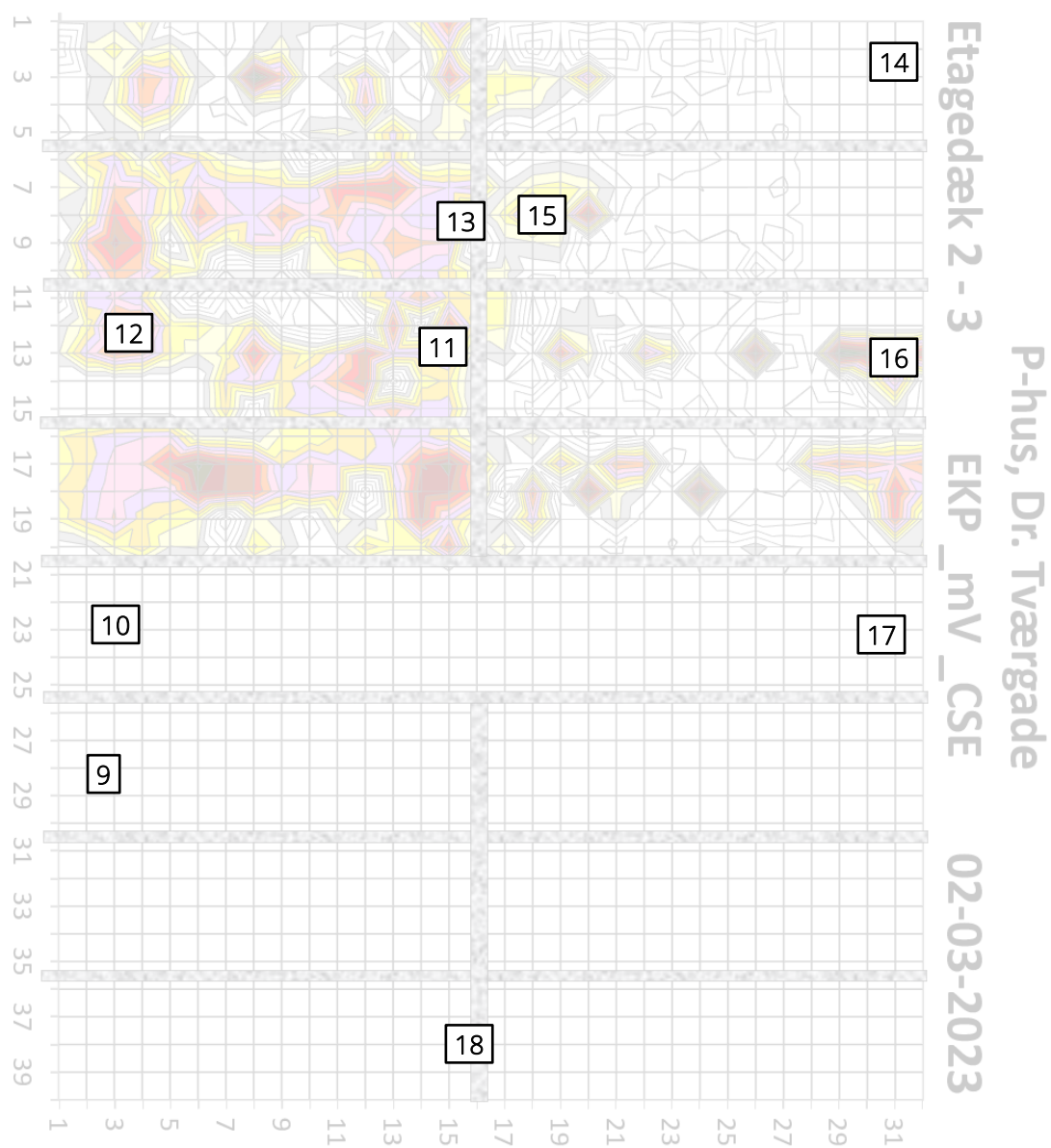
Registrering nr.: 8

Skade: Revne i reparation.

Størrelse (skøn): ~1½ m.



Skadesregistrering: Dæk over 2. etage.





Registrering nr.: 9

Skade: Område med revner.

Størrelse (skøn): ~100x30 m.

Intet billede



Registrering nr.: 10

Skade: Område med revner.

Størrelse (skøn): ~40x200 cm.



Registrering nr.: 11

Skade: afskalning.

Størrelse (skøn): ~20x40 cm.



Registrering nr.: 12

Skade: Område med revner.

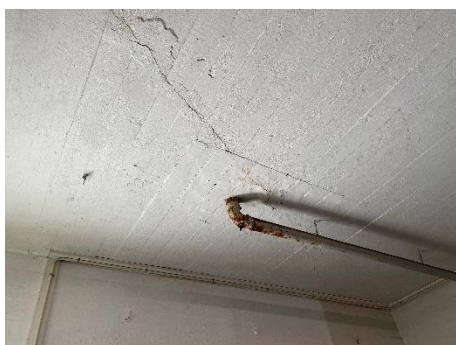
Størrelse (skøn): ~20x100 cm.



Registrering nr.: 13

Skade: Revne.

Størrelse (skøn): ~2 m.



Registrering nr. 14

Skade: Skrå revne.

Størrelse (skøn): 5 m.



Registrering nr. 15

Skade: Afskalning i reparation ved rørgennemføring.

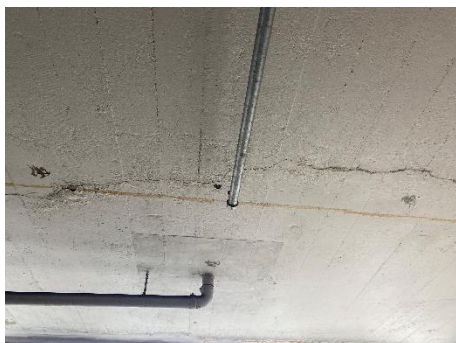
Størrelse (skøn): ~30x40 cm.



Registrering nr.: 16

Skade: Revne.

Størrelse (skøn): ~3½ m.



Registrering nr.: 17

Skade: Revne.

Størrelse (skøn): ~5 m.



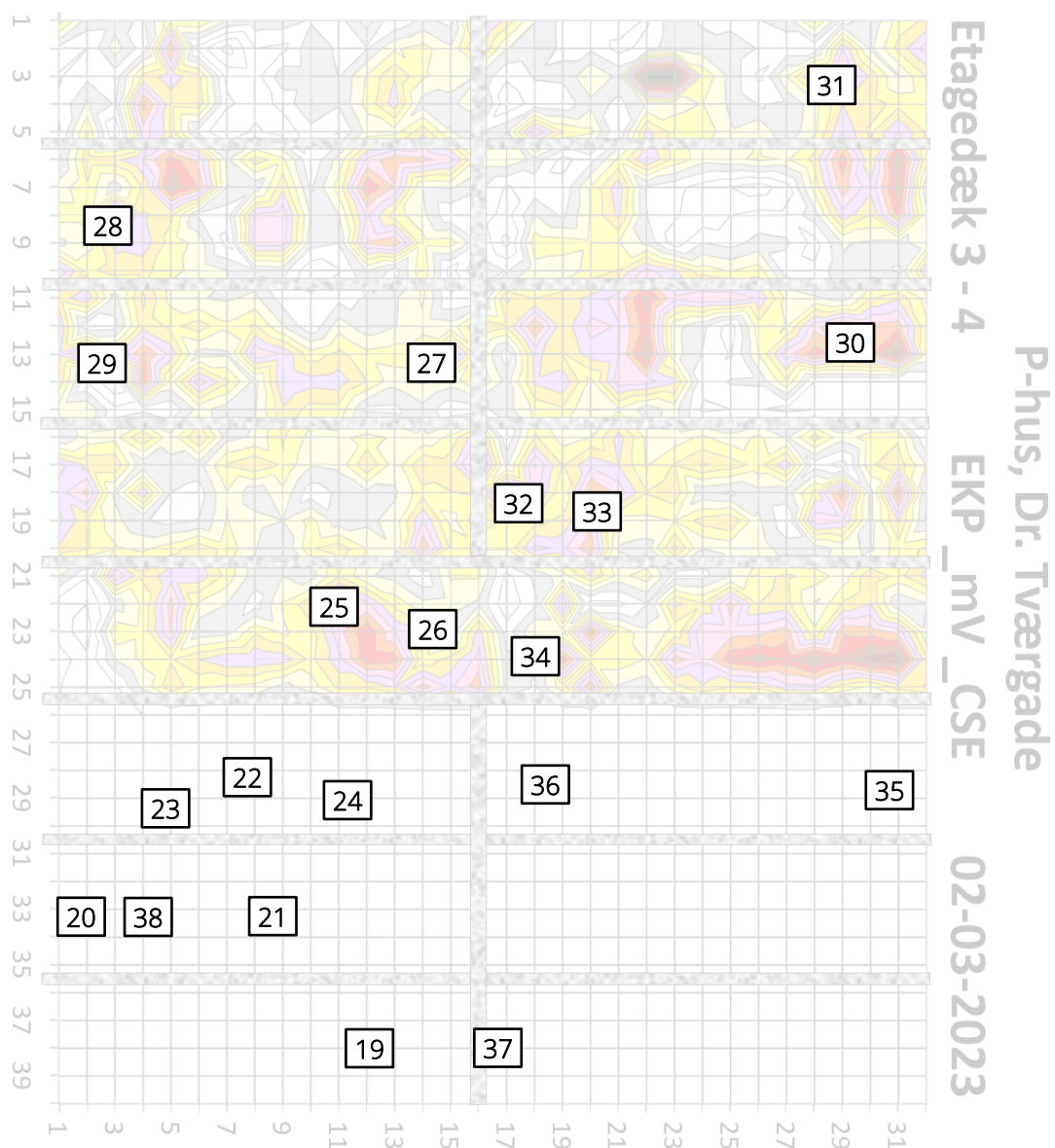
Registrering nr.: 18

Skade: Revne under dilatationsfuge.

Størrelse (skøn): ~1 m.



Skadesregistrering: Dæk over 3. etage.





Registrering nr. 19

Skade: Revne langs reparation.

Størrelse (skøn): ~½ m lang.



Registrering nr. 20

Skade: Revne langs facade.

Størrelse (skøn): ~2 m lang.



Registrering nr. 21

Skade: Område med revner.

Størrelse (skøn): ~1 m².



Registrering nr. 22

Skade: Områder med revner, bulnende overflade.

Størrelse (skøn): ~1 m.



Registrering nr. 23

Skade: Revne i reparation.

Størrelse (skøn): ~30 cm.



Registrering nr. 24

Skade: Områder med revner + revne i reparation.

Størrelse (skøn): $\sim\frac{1}{2} \text{ m}^2$ + $\sim\frac{1}{2} \text{ m}$.



Registrering nr. 25

Skade: Område med revner.

Størrelse (skøn): $\sim\frac{1}{2} \text{ m}^2$.



Registrering nr. 26

Skade: Revne i reparation.

Størrelse (skøn): ~3 m lang.



Registrering nr. 27

Skade: Revne langs reparation omkring rørgennemføring.
Størrelse (skøn): ~50 cm.



Registrering nr. 28

Skade: Dæklagsafskalning.
Størrelse (skøn): ½ m².



Registrering nr. 29

Skade: Revne i reparation.
Størrelse (skøn): ~40 cm.



Registrering nr. 30

Skade: 2 større områder med revner/dæklagsafskalning.
Størrelse (skøn): 2x ~1 m².



Registrering nr. 31

Skade: Revne i bjælke.
Størrelse (skøn): 40 cm.



Registrering nr. 32

Skade: Revne i reparation omkring rørgennemføring.
Størrelse (skøn): ~30 cm.



Registrering nr. 33

Skade: Område med revner.
Størrelse (skøn): ~½ m².



Registrering nr. 34

Skade: Revne.
Størrelse (skøn): ~½ m.



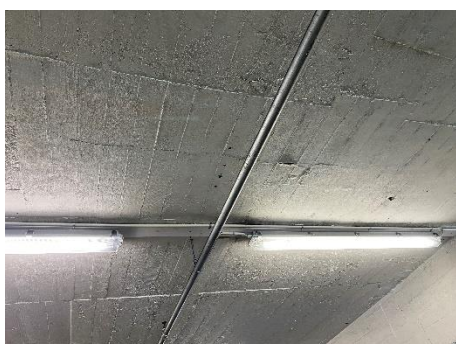
Registrering nr. 35

Skade: Revner i reparation.
Størrelse (skøn): ~40x40 cm.



Registrering nr. 36

Skade: 2 revner.
Størrelse (skøn): ~50 og ~30 cm.



Registrering nr. 37

Skade: Revne i reparation.
Størrelse (skøn): ~1½ m.

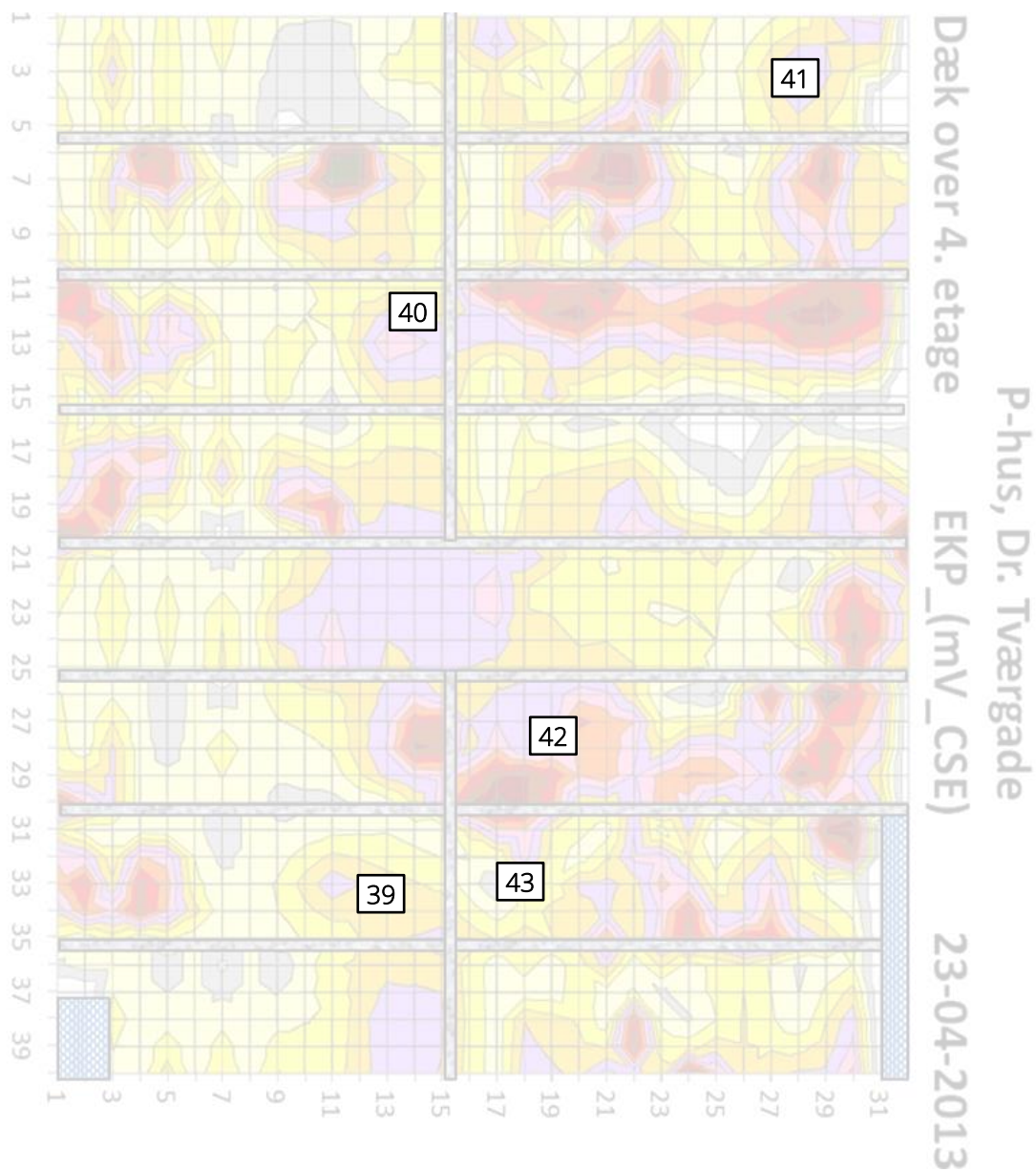


Registrering nr. 38

Skade: Område med 2 Revner.
Størrelse (skøn): ~1 m.



Skadesregistrering: Dæk over 4. etage.





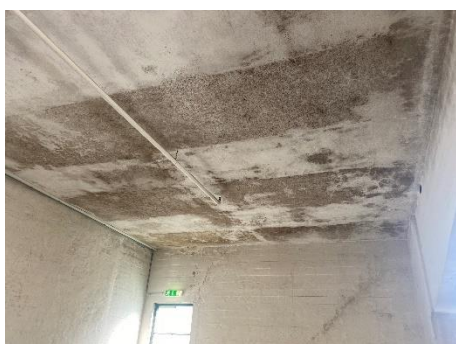
Registrering nr. 39

Skade: Dæklagsafskalning langs underkant.
Størrelse (skøn): ~1½ m.



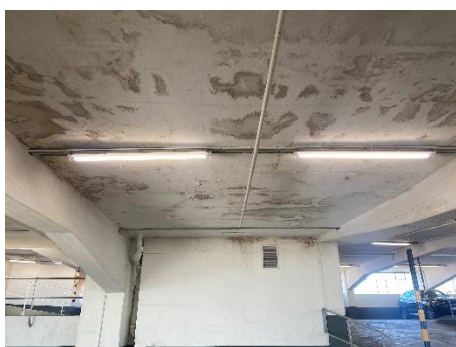
Registrering nr. 40

Skade: Hvide udfældninger (evt. fra reparation) og
Revner.
Størrelse (skøn): ~½ x ½ m.



Registrering nr. 41

Skade: Netrevner, hvide udfældninger (evt. fra
reparation). Størrelse (skøn): ~8 m².



Registrering nr. 42

Skade: Netrevner, hvide udfældninger (evt. fra
reparation).
Størrelse (skøn): ~14 m².



Registrering nr. 43

Skade: Netrevner med nogle rustudfældninger.

Størrelse (skøn): ~1 m².