



# Rosé murværk

Billedkatalog – misfarvninger og deres udvikling



*Århus, februar 2009*

*Teknologisk Institut, Murværk & Byggekomponenter*



## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>INDLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>FORKLARING – ANVENDTE ORD OG BEGREBER .....</b>	<b>3</b>
<b>HOVEDKONKLUSION.....</b>	<b>5</b>
UDDYBENDE KONKLUSION.....	6
OVERORDNET SYNSINDTRYK EFTER 2 OG 6 ÅR .....	6
UDFØRELSEFASENS BETYDNING .....	6
BRUGSFASENS BETYDNING.....	7
HVORDAN UNDGÅS MISFARVNINGER.....	8
PROJEKTETS RESULTATER BØR ANVENDES: .....	8
<b>UDVALGTE BYGGERIER.....</b>	<b>9</b>
BYGGERI 1.....	9
BYGGERI 2.....	11
BYGGERI 3.....	12
<b>MØRKE MISFARVNINGER PÅ MURSTEN.....</b>	<b>13</b>
EKSEMPEL 1: KRAFTIG VANDPÅVIRKNING AF MURVÆRK UNDER OPFØRELSE.....	14
EKSEMPEL 2: KORTVARIG, KRAFTIG VANDBELASTNING VED TAGEDLØB.....	16
EKSEMPEL 3: KRAFTIG VANDBELASTNING PÅ GAVL.....	19
EKSEMPEL 4: KRAFTIG VANDBELASTNING PÅ OG UNDER SÅLBÆNK .....	22
EKSEMPEL 5: MØRKE MISFARVNINGER UNDER VINDUESPARTI .....	24
<b>KALKUDFÆLDNINGER PÅ MURVÆRK.....</b>	<b>27</b>
EKSEMPEL 6: KRAFTIGE KALKUDFÆLDNINGER PÅ FUGER OG STEN .....	29
EKSEMPEL 7: KALKUDFÆLDNINGER PÅ FUGER .....	33
<b>LYSE MISFARVNINGER PÅ MURSTEN.....</b>	<b>36</b>
EKSEMPEL 8: LYSE MISFARVNINGER VED KOMBINATIONEN AF KRAFTIG AFSYRING OG LAV VANDBELASTNING .....	36
EKSEMPEL 9: LYSE MISFARVNINGER VED KOMBINATIONEN AF KRAFTIG AFSYRING OG KRAFTIG VANDBELASTNING .....	39
<b>FARVEFORSKEL PÅ FUGER.....</b>	<b>43</b>
EKSEMPEL 10: FOR KRAFTIG AFSYRING MED SALTSYRE.....	43

## ROSÉ MURVÆRK BILLEDKATALOG MISFARVNINGER OG DERES UDVIKLING

### Indledning

Dette billedkatalog viser eksempler fra 3 byggerier opført i rosé murværk, som Teknologisk Institut, Murværk & Byggekomponenter har besøgt i forbindelse med opførelsen - et halvt år efter, 2 år efter, samt 6 år efter opførelsen.

Byggerierne er fulgt med henblik på at undersøge om misfarvninger, som er registreret i forbindelse med og umiddelbart efter opførelsen, mindskes med tiden.

Kataloget dokumenterer, hvordan forskellige misfarvningstyper ændres med tiden i de fulgte byggerier. Ud fra kataloget vil det være muligt at give et kvalificeret bud på, om en given misfarvning kan forventes at forsvinde over tid, øges eller vil forblive uændret. Kataloget indeholder *ikke* anbefalinger til, hvordan eventuelle misfarvninger kan fjernes.

Misfarvningstyperne, som er beskrevet i kataloget, kan forekomme på alle typer murværk (rød, gul og rosé), men er hyppigst forekommende på gult og rosé murværk. Rosé murværk er valgt som grundlag for undersøgelserne, da misfarvningerne fremstår meget tydelige på denne type murværk.

Kataloget er opbygget med en indledende præsentation af de udvalgte byggerier. Herefter gives eksempler på de forskellige typer misfarvninger samt oplysninger om, hvordan misfarvningerne har udviklet sig over en 6-årig periode. Først i kataloget er listet forklaringer på hyppigt anvendte ord og begreber.

Kataloget er udarbejdet på foranledning af **Kalk- og Teglværksforeningen af 1893**. Herudover er der udarbejdet en hovedrapport, der beskriver det samlede projekt.

### Forklaring – anvendte ord og begreber

Nedenfor er hyppigt anvendte ord og begreber listet alfabetisk.

#### Afsyring

Det anbefales at man så vidt muligt undgår afsyring. Kan dette ikke lade sig gøre udføres afsyring med saltsyre. Forskriftsmæssigt korrekt blandingsforhold er 1 del 30 % saltsyre til 20 dele vand. Man afsyrer murværket for at fjerne eventuelle mørtelrester afsat på stenene i forbindelse med opmuringen.

#### Brugsfasen

Den periode, hvorfra byggeriet tages i brug og fremefter.

**Farveændring** En farveændring på en murværksfacade er en afvigende farve i forhold til den oprindelige farve.

### **Gips**

Et naturligt forekommende mineral i anvendte lerforekomster, men kan også dannes under fremstillingen af tegl. Derudover indeholder mørtlen også gips. Gips er en vandopløselig calciumsulfatforbindelse.

### **Kalkudfældninger**

En misfarvning, som består af hvide udfældninger primært af calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kalkudfældninger bruser ved pådrykning af saltsyre. Udfældningerne kan være op til flere mm tykke.

### **Lyse udfældninger**

En misfarvning, som ofte er karakteriseret ved diffuse, lyse udfældninger på sten. De kan ligne kalkudfældninger, men bruser ikke ved pådrykning af saltsyre.

### **Misfarvning**

En misfarvning er en uacceptabel farveændring af teglstenens eller mørtlens oprindelige farve herunder udfældning af et stof på overfladen.

### **Mørke misfarvninger**

En uacceptabel farveændring i forhold til omkringliggende murværk. Mørke misfarvninger består typisk af sulfatholdige forbindelser (gips) udfældet på teglstenens overflade.

### **Nåleformede krystaller**

Op til 5 mm lange nåleformede farveløse krystaller, som kan iagttages på murværket i mikroskop. Større krystaller kan iagttages med det blotte øje på murværket. Nåleformede krystaller består af vandholdige calciumchloridforbindelser, og forekomsten af disse på murværket indikerer anvendelsen af for kraftig afsyring med saltsyre.

### **Opførelsesfasen**

Den periode, hvor byggeriet er under opførelse.

### **Vandbelastning**

Murværk udsættes efter afhærdning af mørtlen for forskellige grader af vandbelastning. Her er anvendt 3 niveauer for vandbelastning:

- Normal vandbelastning er, når murværket udsættes for vejrlig.
- Kraftig vandbelastning er, når murværket utilsigtet udsættes for en øget mængde vand, f.eks. ved manglende montering af tagedløb under opførelsen eller når vand fra et vinduesparti ledes ind på murværket pga. en uhensigtsmæssig konstruktion af sålbænk.
- Ekstrem vandbelastning er, når murværket utilsigtet udsættes for ekstraordinære mængder vand, f.eks. når vand fra undertag ledes ned i murkonstruktionen under opførelsen pga. manglende afdækning af murkronen.

### **Vejrlig**

Betegnelsen for ganske almindeligt dansk vejr. Her udsættes murværket for normal vandbelastning.

## Hovedkonklusion

Projektet har omfattet besigtigelser af 3 udvalgte byggerier opført i rosé murværk. Byggerierne er besigtiget under opførelsen - et halvt år efter, 2 år efter samt 6 år efter opførelsen.

Hovedparten af byggerierne er opført i en meget regnfuld periode med mangelfuld afdækning, hvilket har medført kraftig vandbelastning af murværket, idet store regnvandsmængder er blevet ledt direkte ind på murværket inden mørtlen er hærdet af.

Murværket i de 3 byggerier er ligeledes i mange tilfælde blevet udsat for en kraftig afsyring.

Både mangelfuld afdækning i byggeperioden og ukorrekt afsyring giver misfarvningsproblemer, ligesom en kombination de to nævnte forhold forstærker misfarvningen. Projektet har vist, at svigt i forhold til generelle forskrifter vedr. afdækning og afsyring har afgørende betydning for omfang og intensitet af misfarvninger.

Mørke misfarvninger på stenene, som er opstået i opførelsesfasen på grund af vejrligspåvirkninger eller kraftig vandbelastning (ledt direkte ind på murværket), udlignes med tiden. Det er dog en forudsætning, at murværket efterfølgende i brugsfasen udsættes for vejrlig. (Farveforskelle mellem meget udsatte vejrligsfacader og øvrigt murværk vil dog i brugsfasen sjældent udlignes helt).

Lyse kalkudfældninger på stenene, som er opstået af samme årsag reduceres kraftigt allerede inden for et halvt år. Det er dog under forudsætning af at murværket udsættes for vejrlig.

Misfarvninger på fuger, som er fremkommet under eller umiddelbart efter opførelsen af byggeriet, forbliver i de første par år af brugsfasen uændret i både udbredelse og intensitet. Efter 6 år er udbredelsen fortsat den samme, men intensiteten er aftaget noget, så murværket fremstår mere homogent. Det er også her en forudsætning at murværket i brugsfasen udsættes for vejrlig. Uden vejrligspåvirkning sker der ingen ændring i misfarvningernes intensitet og udbredelse.

De udvalgte byggerier fremstår som helhed 2 år efter opførelsen uden de markante misfarvninger, som blev registreret umiddelbart efter opførelsen af byggerierne. Dette gør sig fortsat gældende 6 år efter opførelsen.

Murværk, der er opført forskriftsmæssigt korrekt, vil i brugsfasen fremstå uden markante misfarvninger. I brugsfasen vil farveforskelle mellem meget udsatte vejrligsfacader og det øvrige murværk dog sjældent helt kunne undgås.

## Uddybende konklusion

### Overordnet synsindtryk efter 2 og 6 år

Det overordnede synsindtryk er, at rosé murværk i de 3 udvalgte byggerier 2 år efter opførelsen fremstår uden de markante misfarvninger, som blev registreret umiddelbart efter opførelsen af byggerierne. Dette gør sig fortsat gældende 6 år efter opførelsen.

### *Mursten*

På rosé murværk, som er udsat for vejrlig, er intensiteten af misfarvningerne på murstenene aftaget betydeligt efter 2 år. Intensiteten er yderligere aftaget efter 6 år.

### *Fuger*

Misfarvningerne på fugerne er uændrede efter 2 år. Efter 6 år er udbredelsen af misfarvningerne uændrede, men intensiteten er aftaget noget, sådan at murværket fremstår mere homogent. Den mere homogene fremtoning af murværket kan skyldes, at de hvide misfarvninger er blevet en smule mørkere og dermed ikke længere fremstår med så stor farvekontrast til teglstenene.

### Udførelsesfasens betydning

Hovedparten af de misfarvninger, der er registreret i perioden fra opførelse og 2-6 år frem, er relateret til udførelsen af byggerierne, hvor generelle forskrifter vedr. afdækning og/eller afsyring ikke er overholdt. Kun en begrænset del af misfarvningerne er opstået i byggeriernes brugsfase.

Projektets registreringer understreger, at afvigelser fra forskrifterne ved udførelse af murværket kan få afgørende konsekvenser for udseendet af murværket.

### *Mursten*

Misfarvninger på mursten, som blev registreret under og umiddelbart efter opførelsen, er typisk forårsaget af, at der er sket en kraftig vandbelastning af murværket og/eller for kraftig afsyring.

Misfarvningerne, som er relateret til mangelfuld afdækning og/eller for kraftig afsyring, fremstår ofte meget markante umiddelbart efter opførelsen.

- Misfarvninger relateret til kraftig vandbelastning ledt direkte ind på murværket under opførelsen ses typisk som mørke misfarvninger (gipsudfældninger). Disse mørke misfarvninger mindskes i både udbredelse og intensitet, når områderne efterfølgende i brugsfasen udsættes for vejrlig.
- Når vandbelastningen under opførelsen utilsigtet har været ekstrem, vil der udover mørke misfarvninger også fremkomme kalkudfældninger på murstenene (kalken er udvasket fra den uhærdnede mørtel, hvilket svækker mørtlens styrke).

Når misfarvninger på mursten, som er fremkommet under eller umiddelbart efter opførelsen, fastholdes uændret i brugsfasen, skyldes det typisk, at de ikke har været udsat for vejrlig. Murværk under tagudhæng eller anden overdækning udsættes kun i begrænset omfang for vejrlig. Misfarvninger på disse områder vil derfor forblive

uændrede eller mindskes væsentligt langsommere end det øvrige murværk, der er udsat for normalt vejrlig.

#### *Fuger*

Misfarvninger på fuger, som er registreret under og umiddelbart efter opførelsen, er typisk forårsaget af kraftig vandbelastning og/eller for kraftig afsyring med saltsyre.

Misfarvninger opstået under opførelsen på grund af kraftig vandbelastning ledt direkte ind på murværket ses typisk som hvide kalkudfældninger på fugerne. Kalkudfældningernes intensitet og udbredelse mindskes kun langsomt, selv om murværket udsættes for vejrlig.

Misfarvninger relateret til kraftig afsyring ses typisk ved en farveændring af fugen samt ved, at sandkornene i overfladen blotlægges. Denne ændring ses fortsat efter 6 år.

#### Brugsfasens betydning

Misfarvninger, som fremkommer i brugsfasen, er typisk forårsaget af lokal kraftig vandbelastning af vand ledt direkte ind på murværket.

#### *Mursten*

Misfarvningerne på murstenene er begrænset til mørke misfarvninger på vejrligsfacaden (se afsnit vedr. vejrligsfacaden nedenfor), murede sålbænke samt på murværk under sålbænke og murkroner, hvor afdækningen har for lille fremspring fra facaden. Disse misfarvningers udbredelsesareal øges med tiden, mens intensiteten aftager. Hvis der er kraftig vandbelastning ind på murværket, inden mørtlen er færdighærdnet, kan der også ses kalkudfældninger på murstenene.

#### *Fuger*

Hvis der er kraftig vandbelastning ind på mørtelfugerne, inden mørtlen er færdighærdet, vil der lokalt kunne ses hvide kalkudfældninger på fugerne.

#### *Vejrligsfacade*

Afhængig af bygningens geografiske beliggenhed og orientering, konstruktive design mv. kan nogle bygninger have en såkaldt vejrligsfacade, som er mere udsat for vejrliget (slagregnspåvirkninger mv.) end bygningens andre facader. Dette vil ofte resultere i, at murværket på vejrligsfacaden vil fremstå mørkere end bygningens øvrige murværksfacader. Det mørkere udseende skyldes primært, at der udfældes gips på murværkets overflade samt i mindre grad, at vejrligsfacaden ofte henstår mere fugtig end de øvrige facader og derfor syner mørkere.

Med tiden vil forskellen på vejrligsfacaden og bygningens øvrige facader i et vist omfang udlignes.

#### Materialernes betydning

Det har ikke været muligt at relatere forskellene i stenegenskaber til forskelle i misfarvningernes art, udbredelse og intensitet på de 3 fulgte byggerier. De ydre påvirk-

ninger i form af forskellige grader af vandbelastning, afsyring mv. har haft dominerende indflydelse på de registrerede misfarvninger.

#### Hvordan undgås misfarvninger

Hovedparten af de registrerede misfarvninger er fremkommet ved, at vand, der er trængt ind i murværket under opførelsen, har transporteret opløselige bestanddele ud til overfladen af murværket, hvor udfældning er sket, når vandet er fordampet. Dette gælder både for de mørke gipsmisfarvninger, kalkudfældningerne og de lyse misfarvninger (forskellige salte). Disse misfarvninger kan undgås eller minimeres ved, at utilsigtet vandbelastning både under opførelsen og i brugsfasen undgås.

Det anbefales at afsyring så vidt muligt undgås. Er dette ikke muligt bør afsyringen udføres forskriftsmæssigt korrekt. Her er det især vigtigt, at syren ikke er stærkere end foreskrevet.

Projektet viser, at det er særdeles afgørende, at de generelle forskrifter vedr. afdækning i opførelsesfasen overholdes. Det er afgørende for at undgå misfarvningerne, at der gennemføres tilstrækkelig afdækning af alle åbne murkroner på en sådan måde, at vand ikke ledes ind på murværket eller får mulighed for at løbe ned i hulmuren.

Projektet har identificeret en række konstruktive detaljer som kan give anledning til, at der under opførelsen og efterfølgende i brugsfasen ledes vand ind på murværket og derved, at der opstår mørke misfarvninger som tiltager i brugsfasen. Dette kan både skyldes valg af uhensigtsmæssige detaljer og forkert udførelse.

Her kan som eksempel nævnes

- For små fremspring på sålbænke, manglende fugtspærre
- For små fremspring på metalinddækninger på murkroner
- Uhensigtsmæssigt design af sålbænke

#### Projektets resultater bør anvendes:

- Som illustration af vigtigheden af, at murværk både under opførelsen og i brugsfasen beskyttes mod kraftig vandbelastning ledt ind på murværket.
- Som illustration af vigtigheden af i opførelsesfasen at have tilstrækkelig afdækning af murværket samt at afsyring udføres korrekt.
- Til at skabe tryghed, når der på nyopført murværk konstateres misfarvninger, idet projektet giver realistiske forventninger til, hvordan misfarvningerne vil ændre sig over tid. Projektet forventes således at kunne bidrage til, at uhensigtsmæssige afrensninger af nyopført murværk med misfarvninger undgås.
- Til at danne grundlag for en branchevejledning omhandlende hensigtsmæssigt design og udførelse af kritiske detaljer og konstruktioner.



## Udvalgte byggerier

Teknologisk Institut har fulgt 3 byggerier i Danmark. Byggerierne er opført i en meget regnfuld periode, dvs. risikoen for ekstreme vandbelastninger af murværket har været til stede, hvis afdækningen har været mangelfuld.

### Byggeri 1

I forbindelse med opførelsen af dette byggeri har der været mange svigt. Afdækningen har været mangelfuld, og der er afsyret med saltsyre i blandingsforholdet 1:3. Vand fra undertag har dels løbet ned ad formuren og dels ned i hulmuren. Dette har bevirket, at dele af byggeriet har fået tilført store vandmængder, som har resulteret i kraftige kalkudfældninger på murværket.

Murværket fremstår 2 år efter opførelsen, og stadig 6 år efter opførelsen - med vidt forskellige synsindtryk afhængig af, hvor kraftig vandbelastning det har været udsat for under opførelsen:

- Murværk, som har fået tilført ekstraordinært meget vand under opførelsen, fremstår i dag med kraftige kalkudfældninger, primært på fuger. Udbredelsen er den samme, men intensiteten af disse kalkudfældninger er aftaget minimalt.
- Murværk, som under opførelsen har været udsat for normal vandbelastning, fremstår i dag generelt uden markante misfarvninger.



Figur 1 Byggeri 1. Murværk – 2 år efter opførelsen. Murværket har været udsat for ekstrem vandbelastning under opførelsen og fremstår med kraftige kalkudfældninger på fuger.



Figur 2 Byggeri 1. Murværk – 2 år efter opførelsen. Murværket har været udsat for normal vandbelastning under opførelsen. Den lyse misfarvning på gavlen skyldes en kombination af kraftig vandbelastning (overløb fra underdimensioneret tagrende) samt afsyring med for kraftig saltsyre (1 del saltsyre:3 dele vand).

## Byggeri 2

Murværket fremstår 2 år efter opførelsen og stadig 6 år efter opførelsen overordnet set uden markante misfarvninger. Dog kan der iagttages mørke misfarvninger på sten under vinduer og trappereposer.

Der er dog på dette byggeri flere eksempler på misfarvninger, der er opstået i brugsfasen, hvor udbredelsesareal og intensitet er øget med tiden. Misfarvningerne er fremkommet pga. en kraftig vandbelastning, idet uhensigtsmæssige, konstruktive detaljer har resulteret i, at vand er ledt ind på murværket. Som eksempler kan nævnes:

- Metalinddækning på murkrone med for lille fremspring
- Sålbenke med for lille fremspring fra murværket
- Placering af trapperepos således, at vand ledes ned på murværket



Figur 3 Byggeri 2 fremstår overordnet set uden markante misfarvninger 2 år efter opførelsen.

### Byggeri 3

Byggeriet er opført forskriftsmæssigt korrekt vedr. afdækning og fremstår ved både 2 og 6 års gennemsyn tilnærmelsesvis uden misfarvninger (figur 4). Dog har en uhen-sigtsmæssig konstruktion samt for kraftig afsyring med saltsyre resulteret i forekomst af misfarvninger:

- Byggeriet er opført under tag og gennemført således, at påbegyndt facade blev afsluttet inden for samme arbejdsdag. Gavlkonstruktionens bræddebeklædning be-virkede, at der blev ledt meget vand ind på midten af gavlene (jf. eksempel 3). Derved fremkom markante misfarvninger i form af kalkudfældninger på fuger og mørkfarvning af sten. Konstruktionen blev ændret, og den mørke misfarvning på stenene har været stærkt aftagende i intensitet og er i visse områder stort set væk. Der kan fortsat iagttages hvide kalkudfældninger på fugerne på de tidligere vand-belastede områder.
- For kraftig afsyring med saltsyre har resulteret i lyse misfarvninger (jf. eksempel 9), som dog ikke er særligt fremtrædende.



Figur 4 Byggeri 3 fremstår 2 år efter opførelsen uden misfarvninger.

## Mørke misfarvninger på mursten

De mørke misfarvninger skyldes udfældninger af forskellige sulfatforbindelser på stenens overflade (gips og gipslignende forbindelser). Både mørtel og rosé mursten indeholder sulfatforbindelser.

Mørke misfarvninger af murstenene fremkommer typisk, når murværket i forbindelse med opførelsen udsættes for ekstraordinære mængder vand. Vandet transporterer de opløselige sulfater ud til overfladen af murværket, hvor udfældning sker, når vandet fordamper, f.eks. ved:

- Manglende afdækning af murkroner, vindueshuller etc.
- Manglende montering af midlertidige tagedløb.

Eller når murværket i brugsfasen er udsat for en øget vandbelastning, f.eks.:

- Fejlmonterede tagrender (eksempelvis bagfald, hvor vandet løber ned ad muren, fejldimensionering af tagrender og lign.).
- Murede sålbænke.
- Under sålbænke, afdækning af murkroner og lign. hvor afdækningen har for lille fremspring til at hindre, at vand ledes ind på murværksfacaden og/eller manglende fugtspærre f.eks. under murede sålbænke.
- Vejrligsfacaden. Afhængig af bygningens geografiske beliggenhed og orientering, konstruktive design mv. kan nogle bygninger have en såkaldt vejrligsfacade, som er mere udsat for vejrlig (slagregn, slud, sne mv.) end bygningens andre sider. Dette vil ofte resultere i, at murværket på vejrligsfacaden vil fremstå mørkere end bygningens øvrige murværksfacader. Det mørkere udseende skyldes primært, at der udfældes gips på murværkets overflade samt i mindre grad, at vejrligsfacaden ofte henstår mere fugtig end de øvrige facader og derfor syner mørkere.

På områder, hvor den kraftige vandbelastning er ophørt efter endt opførelse, og området efterfølgende er udsat for vejrlig, kan det registreres, at de mørke misfarvninger mindskes i intensitet og udbredelsesareal. I nogle tilfælde kan de mørke misfarvninger ikke længere genfindes.

På følgende sider er givet eksempler på ovenstående typer misfarvninger samt disses udvikling over tid.

## Eksempel 1: Kraftig vandpåvirkning af murværk under opførelse

### Årsag

Under opførelsen er der fra betondæk ledt vand ned i konstruktionen, og murværket er blevet kraftigt opfugtet. Ved afslutning af byggeriet er den kraftige vandbelastning ophørt, og murværket er efterfølgende udsat for vejrlig.

### Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 5-7

Figur 5. Et halvt år efter opførelsen ses tydelige, mørke misfarvninger på murværket. På nogle sten dækker de mørke misfarvninger hele synsfladen, andre sten er kun delvis misfarvet.

Figur 6. To år efter opførelsen er både udbredelsesareal og intensitet af de mørke misfarvninger mindsket. Fra opførelsen og 2 år frem har murværket været udsat for vejrlig, hvilket har bevirket, at en del af den på synsfladerne afsatte gips er opløst.

Figur 7. Seks år efter opførelsen. Påvirkningen af vejrliget har fortsat mindsket udbredelsesareal og intensitet af de mørke misfarvninger. I det aktuelle område ses nu kun ganske få mørke områder tilbage på stenene.



Figur 5. Et halvt år efter opførelsen



## Eksempel 2: Kortvarig, kraftig vandbelastning ved tagedløb

### *Årsag*

Ved opførelse af byggeriet har man sandsynligvis undladt at montere et midlertidigt tagedløb korrekt, og vand fra tagfladen er ledt ind på den nederste del af muren, som derfor er blevet kraftigt opfugtet.

Den korte periode med kraftig opfugtning af murværket har bevirket, at opløselige sulfater (gips og gipslignende forbindelser) er transporteret ud til murværkets overflade og udfældet på stenens synsflade. Efter montering af permanent tagedløb er den kraftige opfugtning ophørt, og der er sket en udtørring af murværket. Misfarvningen vurderes med tiden under indvirkning af vejrliget gradvist at aftage både i intensitet og udbredelsesareal.

### *Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 8-11*

Figur 8. Misfarvet område ved tagedløb umiddelbart efter opførelsen (markeret ved pil). Misfarvningen ses som hvide kalkudfældninger på sten og fuger.

Figur 9 Misfarvet område ved tagedløb et halvt år efter opførelsen. Misfarvningen ses som et markant område på murværket bestående af mørkfarvede sten. De kraftige hvide kalkudfældninger er forsvundet på stenene. Der ses stadig mindre grad af kalkudfældninger i fugerne.

Figur 10. To år efter opførelsen har området med misfarvningerne igen ændret udseende, og de mørke misfarvninger på stenene fremstår nu væsentligt mindre markante både mht. intensitet og udbredelsesareal. Intensiteten og udbredelsen af de hvide kalkudfældninger i fugerne har ikke ændret sig væsentligt.

Figur 11. Seks år efter opførelsen er området med de mørke misfarvninger på stenene reduceret endnu mere både mht. intensitet og udbredelsesareal. Udbredelsen af de hvide kalkudfældninger i fugerne har ikke ændret sig væsentligt. Men farvekontrasten mellem de hvide kalkudfældninger i fugerne og det øvrige murværk er mindsket, så murværket står mere homogent end 2 år efter opførelsen.

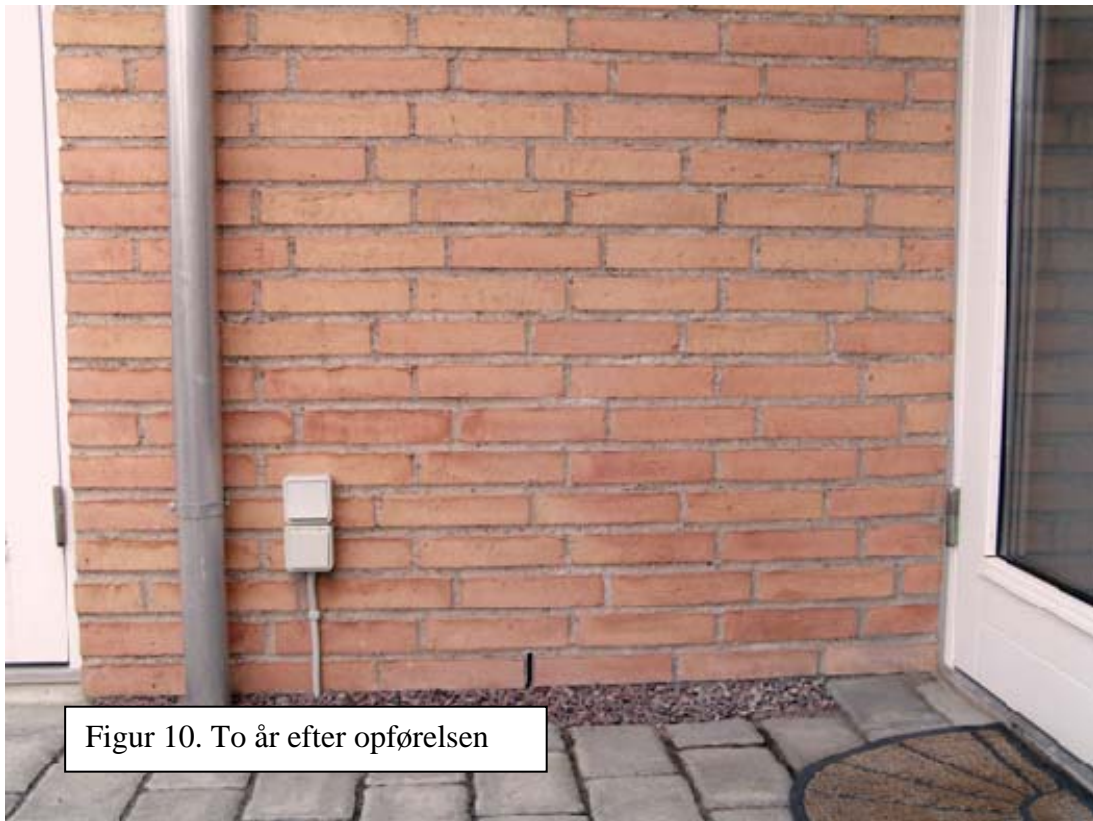




Figur 8. Umiddelbart efter opførelsen



Figur 9. Et halvt år efter opførelsen



### Eksempel 3: Kraftig vandbelastning på gavl

#### *Årsag*

I opmuringsperioden blev murværket centralt på gavlen kraftigt opfugtet. Gavlen var oprindeligt beklædt med brædder monteret ca. 30° i forhold til lodret, således at brædderne havde retning ind mod gavlens midte (markeret ved røde linjer). Dette medførte, at der skete en kraftig opfugtning af murværket på gavlens midterste del. Man valgte derfor at ommontere gavlens bræddebeklædning, således at alle brædderne var monteret lodret.

I perioden efter gavlbeklædning blev ommonteret har gavlen været udsat for vejrlig. Vejrliget har bidraget til udvaskning og udligning af de mørke misfarvninger på stenene. Intensiteten af kalkudfældningerne på fugerne mindskes også over tid. Dog sker det langsommere end de mørke misfarvninger på stenene.

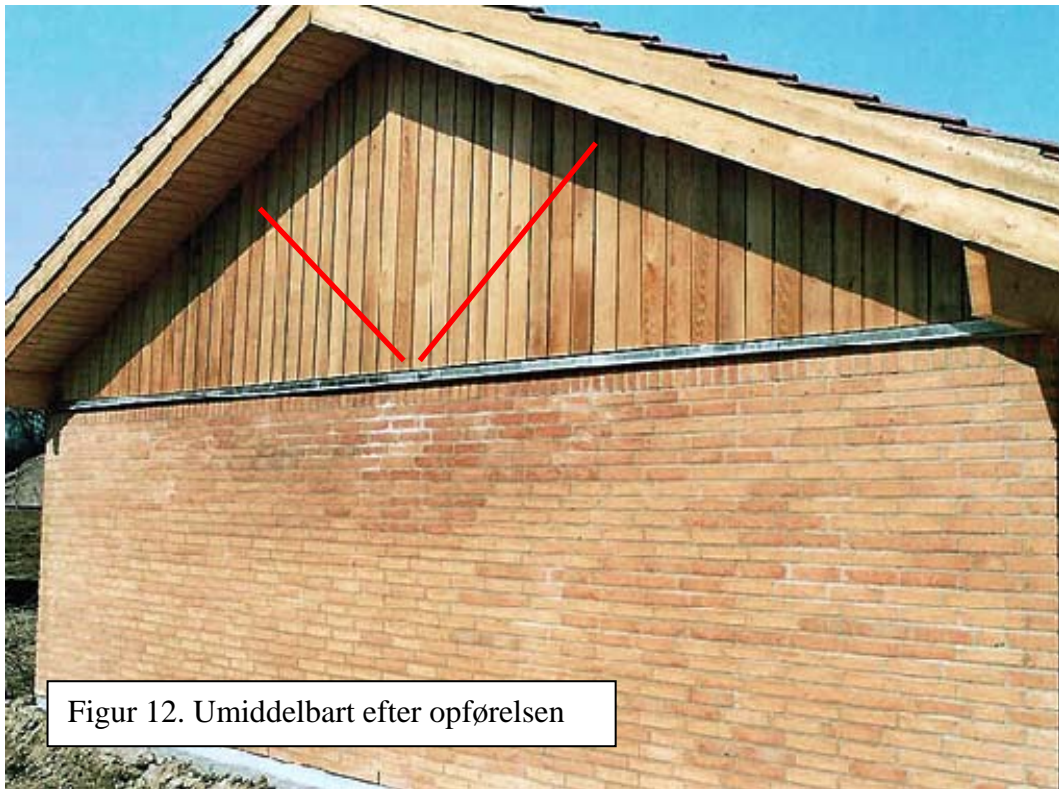
#### *Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 12-15*

Figur 12. Umiddelbart efter opførelsen fremstod murværket med mørke misfarvninger på sten og hvide kalkudfældninger under gavltrekanterne, hvor murværket var opfugtet under opførelsen. Røde linjer markerer retningen af den oprindelige bræddebeklædning.

Figur 13. Kalkudfældninger på fuger samt moderate, mørke misfarvninger på sten på gavl et halvt år efter opførelsen.

Figur 14. Mørke misfarvninger på sten er ikke længere synlige 2 år efter opførelsen. Hvide kalkudfældninger på fuger er stort set uændrede efter 2 år.

Figur 15. Efter seks år er intensiteten af de hvide kalkudfældninger i fugerne blevet væsentligt mindre. De mørke misfarvninger på stenene er stort set væk.



Figur 12. Umiddelbart efter opførelsen



Figur 13. Et halvt år efter opførelsen



#### Eksempel 4: Kraftig vandbelastning på og under sålbænk

##### Årsag

I valgte eksempel er sålbænken konstrueret på en sådan måde, at vandet fra vinduespartiet ledes ned på murværket under sålbænken langs dens kanter/sider.

En sålbænk er meget udsat for øget vandbelastning, idet vand fra vinduespartiet ledes ned over sålbænken. Såfremt sålbænken er konstrueret efter hensigten - dvs. sålbænken har et passende fremspring fra facaden, og vandet ledes ud over sålbænken (og ikke ned langs sålbænken) og der er indlagt fugtspærre under sålbænken - udsættes murværket under sålbænken ikke for øget vandbelastning.

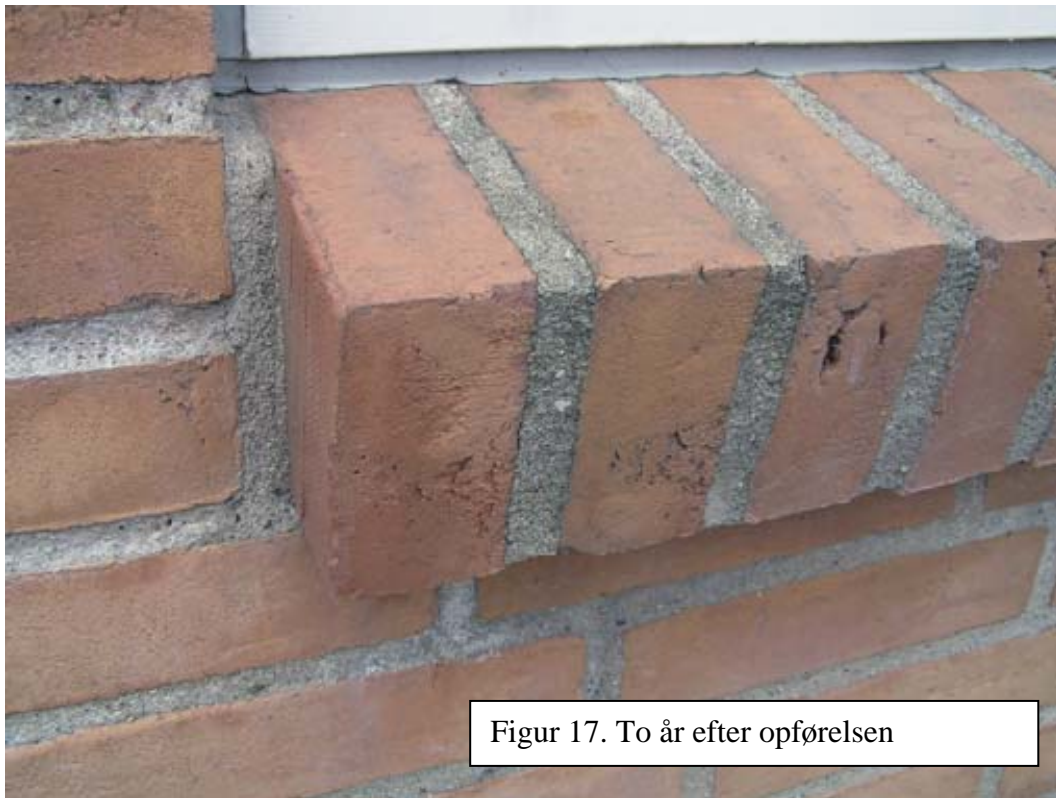
##### Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 16-18

Figur 16. Der er et halvt år efter opførelsen fremkommet mørke misfarvninger på og under den murede sålbænk.

Figur 17. To år efter kan misfarvningen fortsat iagttages, men intensiteten er aftagende. Ved sammenligning af figur 16 og 17 ses på stenene under sålbænken, at intensiteten af den mørke misfarvning er aftaget. Samtidig ses (på stenen længst til venstre på sålbænken), at området med den mørke misfarvning har flyttet sig.

Figur 18. Seks år efter opførelsen er der igen sket ændringer i de mørke misfarvninger. Det ses, at der til venstre for sålbænken er sket en naturlig vandsivning, der har fjernet de mørke misfarvninger på stenene. Under sålbænken er der ikke sket en tilsvarende reaktion, og her findes de mørke misfarvninger fortsat.





## Eksempel 5: Mørke misfarvninger under vinduesparti

### *Årsag*

Murværk under vinduesparti og op mod murkroner er blevet kraftigt opfugtet, hvor fremspring på inddækning og sålbænke er for lille.

Mørke misfarvninger er fremkommet ved, at vand har transporteret opløseligt sulfat ud til overfladen af murværket, hvor udfældning af gips og gipslignende forbindelser sker, når vandet er fordampet. Denne type misfarvninger tiltager typisk med tiden, da murværket under inddækningen/sålbænken konstant udsættes for en kraftig vandbelastning, der leder yderligere sulfater ud til overfladen. Vand fra tag/vinduesparti ledes ned ad murværket og ikke væk fra murværket - som er hensigten med inddækningen/ sålbænken.

Mørke misfarvninger på sten under sålbænke og inddækning kan hindres, såfremt sålbænke/inddækning er konstrueret efter hensigten og har et passende fremspring fra facaden, som sikrer, at vandet ikke løber ned ad facaden samt, at der er indlagt fugtspærre under sålbænk/inddækning.

### *Misfarvningstype – ændringer over tid, figur 19-21*

Figur 19. Allerede et halvt år efter opførelsen kunne tydelige mørke misfarvninger på sten under vindue ses.

Figur 20. To år efter opførelsen kunne det konstateres, at udbredelsesarealet af de mørke misfarvninger på sten var øget under sålbænken.

Figur 21. Efter 6 år ses en svag tilbagegang i udbredelsen af de mørke misfarvninger svarende ca. til udbredelsen ved ½-års gennemsyn.







## Kalkudfældninger på murværk

Kalkudfældninger forekommer primært på fuger, men på ekstremt vandbelastet murværk kan kalkudfældningerne også forekomme på stenene. Kalkudfældninger ses ofte sammen med mørke misfarvninger på sten.

Kalkudfældningerne er kalk udvasket fra mørtlen. Når vandindholdet er højt i kalkcementmørtlen, kan den ikke færdighærdne. Som en tommelfingerregel gælder, at vandindholdet i mørtlen skal være mellem 0,5% og 7% for, at kalkdelen i mørtlen kan hærde. Når mørtlen ikke er hærnet, er der stor risiko for udvaskning af mørtlens kalk.

Højt vandindhold i mørtlen skyldes typisk mangelfuld afdækning i forbindelse med opførelse af byggeriet.

Ved mangelfuld afdækning udsættes murværket for ekstrem vandbelastning med kalkudfældninger på murværket til følge. Ekstrem vandbelastning er typisk en følge af:

- Manglende montering af midlertidige tagedløbsrør
- Manglende afdækning af ”vindueshuller”
- Manglende afdækning af murkroner
- Vand fra undertag løber direkte ned ad formuren eller ned i hulmuren
- Bagfald på afdækning, så vand kan løbe ned i hulmuren

Ved vintermuring vil højt vandindhold i mørtlen indebære en betydelig risiko for, at fugerne fryser i stykker, og omfugning vil være nødvendig.



Figur 22. Byggeri 1 under opførelse. Eksempel på mangelfuld afdækning af murværk ved vindue. Kalkudfældninger på murværk.



Figur 23. Byggeri 1 under opførelse. Kraftige kalkudfældninger på sten og fuger på hele facaden



Figur 24. Byggeri 1 under opførelse. Eksempel på manglende montering af midlertidigt tagedløb samt mangelfuld afdækning af murværk under opmuring.

## Eksempel 6: Kraftige kalkudfældninger på fuger og sten

### *Byggeri 1*

Byggeri 1 er opført uden tilstrækkelig afdækning, hvilket har medført, at store vandmængder er løbet ned i murkonstruktionen. Dette har udvasket den endnu ikke færdighærdnede kalk i mørtlen. Kalken er udfældet i mørtlens overflade samt på stankenterne.

*Misfarvningstype – ændringer med tiden byggeri 1, figur 25-29.*

Figur 25. Eksempel på kraftige kalkudfældninger på fuger og langs stankenter et halvt år efter opførelsen.

Figur 26. Umiddelbart efter opførelsen fremstår murværket i stort omfang med hvide kalkudfældninger, ligesom mørtelfuger flere steder er beskadiget sandsynligvis som følge af frostpåvirkning.

Figur 27. Et halvt år efter opførelsen har store dele af murværket fortsat højt vandindhold og mørtelfugerne er kun hærdnet i 1 mm's dybde. Her fremstår omfugede mørtelfuger mørkere end øvrige fuger og uden kalkudfældninger.

Figur 28. Foto taget 2 år efter opførelsen. I perioden mellem ½ og 2 år efter opførelsen bygges en overdækket terrasse i det område, hvor misfarvningerne følges. Kalkudfældningerne registreret i forbindelse med gennemsynet et halvt år efter opførelsen er uændrede. Dette skyldes, at murværket her ikke har været udsat for normalt vejrlig.

Figur 29. Efter seks år er kalkudfældningernes intensitet og udbredelse uændrede under den overdækkede terrasse, hvilket skyldes at murværket ikke udsættes for normalt vejrlig.

### *Byggeri 2*

Ved Byggeri 2 er kraftige kalkudfældninger registreret i den overdækkede spillerindgang allerede ved første besigtigelse. Kalkudfældningerne er en følge af, at vand på dækket er løbet ned ad murværket i forbindelse med opførelsen af byggeriet. Som følge af overdækningen påvirkes murværket ikke af vejrliget i brugsfasen. Udbredelsesareal og intensitet af disse misfarvninger har ikke ændret sig i årene efter opførelsen

*Misfarvningstype - ændringer med tiden byggeri 2, figur 30-32.*

Figur 30-32. Kraftige kalkudfældninger på murværk placeret i overdækket spillerindgang. På grund af overdækningen påvirkes murværket ikke af vejrliget i brugsfasen. Kalkudfældningernes udbredelse og intensitet forbliver uændrede over tid.





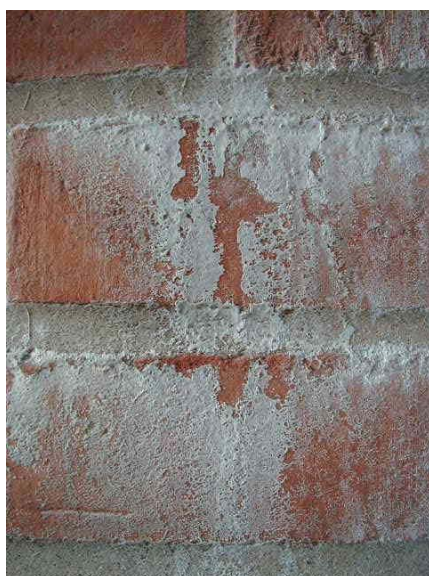
Figur 27. Byggeri 1. Et halvt år efter opførelsen



Figur 28. Byggeri 1. To år efter opførelsen



Figur 29. Byggeri 1. Seks år efter opførelsen



Figur 30. Byggeri 2. Et halvt år efter opførelsen.



Figur 31. Byggeri 2. To år efter opførelsen.



Figur 32. Byggeri 2. Seks år efter opførelsen. Ikke identisk med udsnit i figur 30 og 31, da misfarvningerne her var fjernet mekanisk.



## Eksempel 7: Kalkudfældninger på fuger

### Årsag

I eksemplet har murværket været kraftigt vandbelastet på grund af mangelfuld af-dækning i forbindelse med opførelse af byggeriet.

### Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 33-37

Figur 33. Et halvt år efter opførelsen kunne kraftige hvide kalkudfældninger registre-res på fuger. Fugerne var ikke fuldt hærdnede.

Figur 34. To år efter opførelsen var de kraftige hvide kalkudfældninger på fuger uændrede i intensitet og udbredelse. Fugerne var nu hærdnede.

Figur 35. Seks år efter opførelsen er det generelle indtryk at udbredelsen af kalkud-fældningerne er uændret mens intensiteten er formindsket. Det skyldes formentlig at farvekontrasten mellem sten og fuger er aftaget over tid.

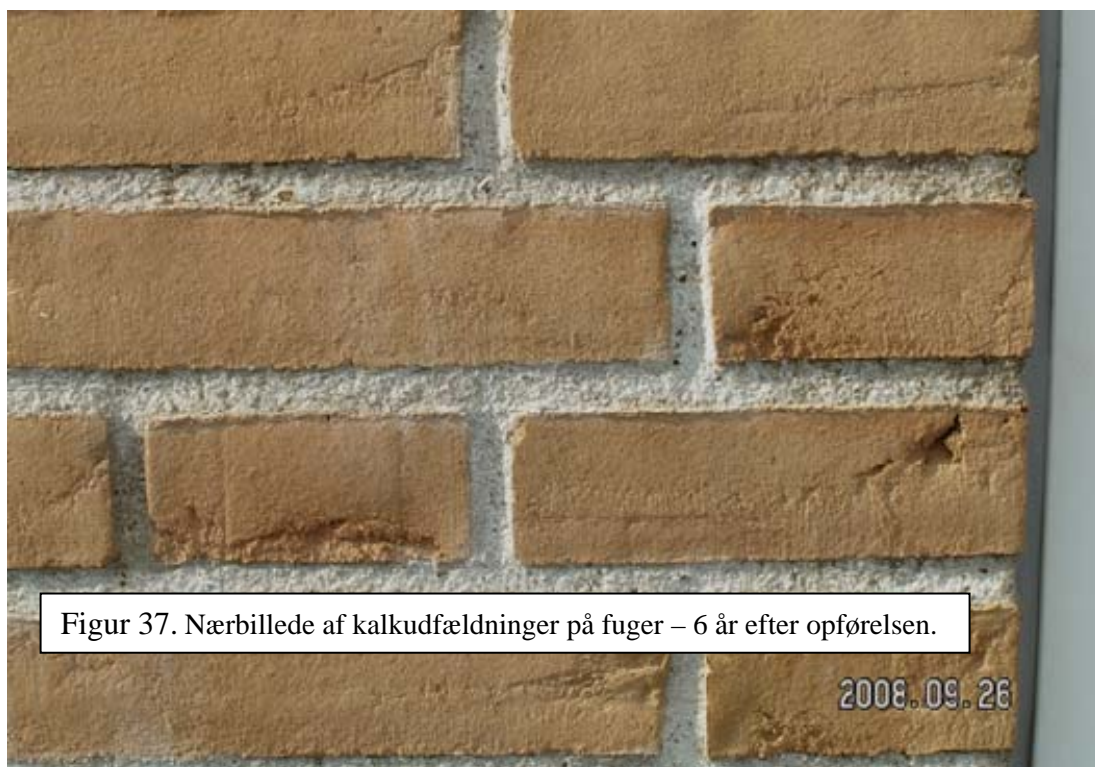
Intensiteten af kalkudfældningerne i fugerne er dog vanskelig at bedømme ud fra oversigtsfotografierne. Fugtigheden på de pågældende besigtigelsesdage vurderes at have indflydelse på, hvor tydeligt udfældningerne fremstår.

Figur 36 og 37 viser nærbilleder af kalkudfældningerne efter 2 og 6 år.



Figur 33. Kalkudfældninger på fuger – et halvt år efter opførelsen.





## Lyse misfarvninger på mursten

Lyse misfarvninger defineres her som lyse udfældninger, der ikke er kalkudfældninger (bruser ikke ved pådrypning af saltsyre). I forbindelse med lyse misfarvninger kan der typisk iagttages rød/brune pletter centralt på stenflader. Det kan være jern, som er genudfældet efter kraftig saltsyrepåvirkning. Lyse misfarvningers udbredelsesareal og intensitet mindskes med tiden, når de udsættes for vejrlig.

De lyse, diffuse misfarvninger kan være kombinationer af forskellige calcium-, sulfat- og chloridforbindelser. Når chlorid indgår, kan misfarvningen relateres til afsyringen. At misfarvningerne er relateret til kraftig afsyring med saltsyre underbygges af, at de typisk er registreret centralt på stenfladerne. I stenenes randområder kan mørtelvandets sandsynligvis neutralisere den tilførte syre, men centralt på stenene (hvor mørtelvandets ikke er trængt ind) kan syren ikke neutraliseres.

Det anbefales generelt, at afsyring af murværk undgås.

### Eksempel 8: Lyse misfarvninger ved kombinationen af kraftig afsyring og lav vandbelastning

#### *Årsag*

Murværket er afsyret med en saltsyre blandet med vand i forholdet 1:15. Ved besigtigelsen af byggeriet et halvt år efter opførelsen blev der fundet enkelte, nåleformede krystaller på facaden. Forekomsten af nåleformede krystaller er en indikation af kraftig afsyring.

På murværksområder, hvor vandbelastningen er meget lav (østvendte facader, under udhæng og lign.) er udbredelsen af de lyse misfarvninger uændret, men intensiteten synes mindre. Der skal vand til at flytte/fjerne en misfarvning, og netop på en østvendt facade er vandtilførslen meget beskedent, ikke mindst op mod udhæng, hvilket givetvis "forsinker" eventuelle ændringer.

#### *Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 38-40*

Figur 38. Der kan registreres lyse misfarvninger på mursten - som ikke bruser ved pådrypning af saltsyre. Det er karakteristisk for disse lyse misfarvninger, at de er placeret lidt inde på stenfladerne svarende til mørtelvandets indtrængningsdybde under opmuring.

Figur 39. To år efter opførelsen er intensiteten af misfarvningerne mindsket sandsynligvis pga. vejrligspåvirkning.

Figur 40. Seks år efter opførelsen er intensiteten aftaget endnu mere end ved 2 års gennemsynet. Den nye ejer informerer om, at murværket for nyligt er afrenset med 'Murrens'. Det skyldes, at murværket var blevet bemalet med kridt. Bemærk at der er monteret ny lampe, og at denne er placeret en smule højere end den forrige.





Figur 40. Seks år efter opførelsen

## Eksempel 9: Lyse misfarvninger ved kombinationen af kraftig afsyring og kraftig vandbelastning

### Årsag

Murværket har været afsyret med for kraftig saltsyre. Et område har desuden siden opførelsen været udsat for kraftig vandbelastning, idet tagrenden ovenfor er underdimensioneret og derfor ikke har haft tilstrækkelig kapacitet til at lede vandet fra tagfladen bort på tilfredsstillende vis.

### Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 41-46

Figur 41. Lyse misfarvninger kunne et halvt år efter opførelsen iagttages som et diffus slør på stenene. Desuden ses rød/brune misfarvninger centralt på stenfladerne.

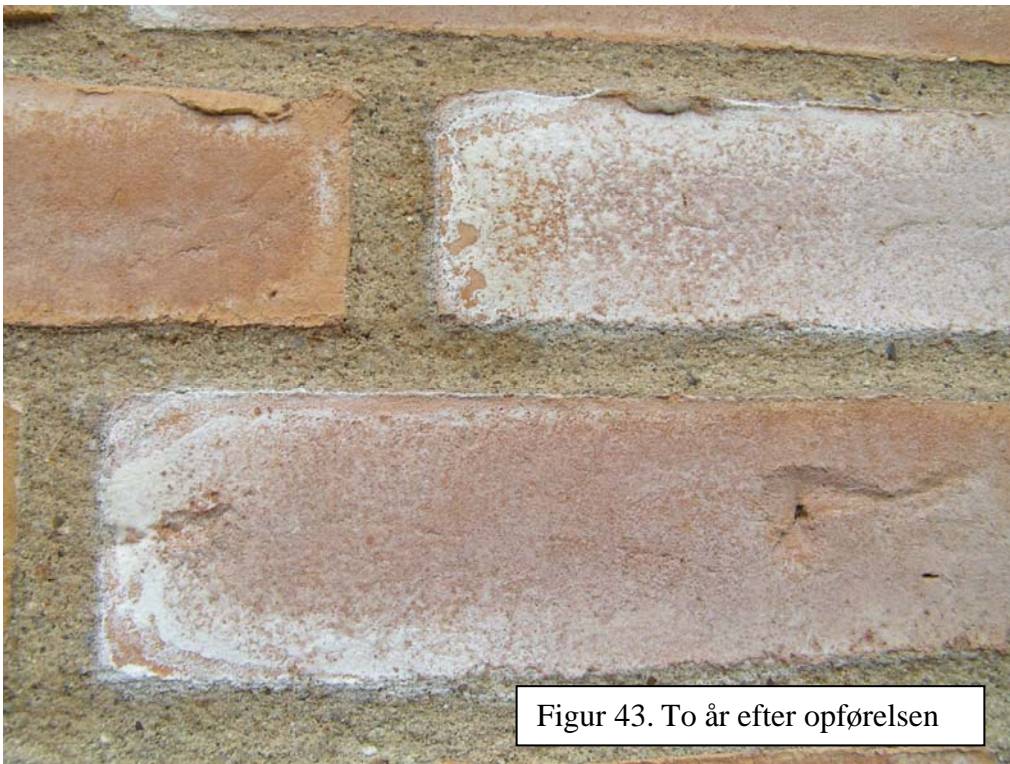
Figur 42 og 43. To år senere var de lyse misfarvninger op til flere mm tykke på den del af murværket, der var kraftigt vandbelastet, og stort set forsvundet fra den øvrige del af murværket (udvaskning på grund af vejrlig). Det hvidlige slør på stenene bruser ikke ved pådrykning af saltsyre, hvilket viser, at det ikke er calciumkarbonat. Intensiteten og udbredelsen af de mørke misfarvninger centralt på stenene er mindsket væsentligt.

Figur 44. Ved gennemsyn seks år efter opførelsen var de lyse misfarvninger væk. Ejeren havde fjernet dem ved at bruge hammer og mejsel. De mørke misfarvninger var blevet reduceret endnu mere end ved to års gennemsyn.

Figur 45 og 46. Nærbilleder af de mørke misfarvninger ved to og seks års gennemsyn. Misfarvningerne er kraftigt aftaget i perioden.



Figur 41. Et halvt år efter opførelsen









## Farveforskel på fuger

De farveforskelle på fuger, der er registreret i indeværende projekt, vurderes at være relateret til kraftig afsyring. Kraftig afsyring med saltsyre kan afsløres ved analyse af indholdet af chlorid i mørtlen. Indeværende projekt er dog baseret på ikke-destruktive undersøgelser. En indikation af kraftig afsyring med saltsyre er forekomsten af nåleformede krystaller bestående af vandholdige calciumchlorid-forbindelser. Man kan også registrere, at der er sket kraftig afsyring ved at undersøge mørtlens overflade. I byggeri 3 er sandskornene i fugen nord for dilatationsfugen mere blotlagte end syd for. Dette indikerer, at der nord for dilatationsfugen er gennemført kraftigere afsyring end syd for fugen.

### Eksempel 10: For kraftig afsyring med saltsyre

#### *Årsag*

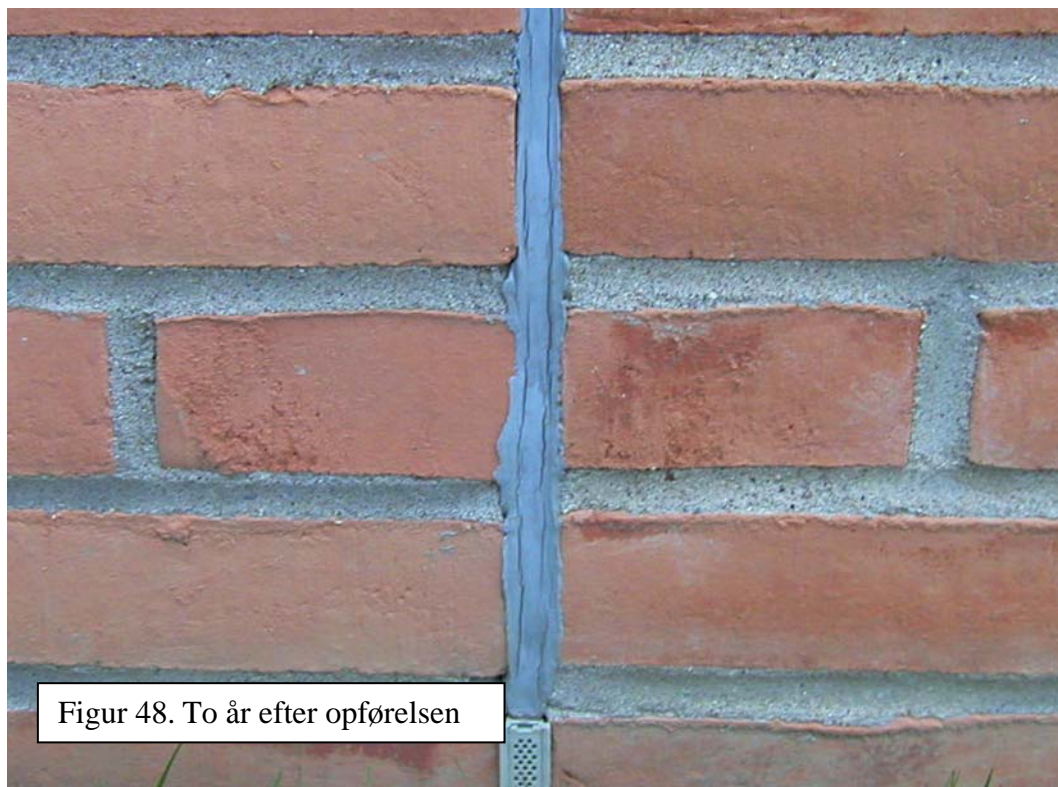
Kraftig afsyring med saltsyre.

#### *Misfarvningstype – ændringer med tiden, figur 47-49*

Figur 47. Ved besigtigelsen et halvt år efter opførelsen kunne der iagttages en væsentlig farveforskel på fugerne hhv. nord og syd for dilatationsfugen midt for facaden. Nord for dilatationsfugen (til højre i billedet) er fugen lysere og fremstår med mere blottede sandskorn i forhold til syd for. Samtidig iagttages væsentligt flere nåleformede krystaller på murværket.

Figur 48. Ved besigtigelsen 2 år efter opførelsen kunne denne farveforskel på fugerne fortsat iagttages, og sandskornene var også synlige med det blotte øje på den nordlige del af facaden. De nåleformede krystaller kunne ikke længere genfindes. De nåleformede krystaller, som er udfældet på overfladen, er vandopløselige og vil med tiden udvaskes.

Figur 49. Seks år efter opførelsen ses stadig flest blottede sandskorn i fugerne nord for dilatationsfugen. Men forskellen i fugernes fremtoning hhv. nord og syd for dilatationsfugen er klart mindsket siden de forrige besigtigelser.





Figur 49. Seks år efter opførelsen

2008. 10. 22