



Billedkatalog

Udbedring af farveforskelle – fase 2

Beskrivelse og vurdering af udvalgte midler til farvejustering af murværk

Rekvirent:

Kalk og Teglværksforeningen af 1893 (KT93)

Nørre Voldgade 48

1358 København K

Att.: Tommy Bisgaard

Udført af geolog Helle Dam Andersen

Århus, den 24. september 2010

Sag nr.: 1001337-07/190971

*Resultatet af undersøgelsen må kun gengives i sin helhed.
I uddrag kun efter Teknologisk Instituts godkendelse.*

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Indledning.....	3
2.	Formål	3
3.	Projektindhold	3
4.	Konklusion	4
4.1	Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.....	4
4.2	Forsøg B: Acceleret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.....	7
5.	Fremstilling af prøvemure	8
6.	Farvejustering af murværk	11
7.	Vejrligspåvirkning.....	13
8.	Prøvningsmetoder.....	16
8.1	Fugtmåling.....	16
8.2	Farvemåling.....	16
8.3	Foto.....	17
9.	Resultater.....	17
9.1	Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.....	18
9.2	Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.....	45
10.	Før- og efter fotos fra farvejusteret byggeri	51
11.	Sammenfatning og vurdering	54
11.1.1	Rødt tegl	54
11.1.2	Gult tegl.....	56
11.1.3	Rosé tegl.....	58
11.1.4	Generelt for forsøgsrække A	60
11.2	Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.....	61



UDBEDRING AF FARVEFORSKELLE – FASE 2

1. Indledning

Teknologisk Institut, Byggeri har for Kalk- og Teglværksforeningen af 1893 foretaget en undersøgelse af holdbarheden af farvejusteringer på murværk. Farvernes udvikling på det justerede murværk er dokumenteret ved fotodokumentation samt farvemålinger. Resultaterne er afrapporteret i en hovedrapport. I dette billedkatalog fremstilles projektets resultater fortrinsvis ved fotodokumentation og kun farvemålingsdata, som er vigtige for at understøtte konklusionerne er medtaget heri.

2. Formål

Formålet med undersøgelsen er at vurdere forskellige tekniske muligheder for udbedring af utilsigtede farveforskelle i murværk, hvor disse utilsigtede farveforskelle er forårsaget af forskelle i lerblandings kemiske og mineralogiske sammensætning eller opstået under murstensproduktionen. I projektet vurderes holdbarhed, egnethed og eventuelle risici ved forskellige metoder til farvejustering.

3. Projektindhold

Projektet er fase 2 i serien ”Udbedring af farveforskelle i murværk”. Fase 1 og 1b omhandler hhv. ”Metode til karakterisering af farveforskelle” og ”Farvemåling på opfugtede sten”.

Fase 2 indeholder to parallelle forsøgsrækker A og B.

Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Til dette forsøg er der fremstillet to prøvemure i rødt tegl, to i gult tegl og to i roséfarvet tegl. Efter farvejustering har disse været placeret udendørs til naturlig vejrligspåvirkning i sammenlagt 6½ måneder.

Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

I dette forsøg er én prøvemur fremstillet i roséfarvet tegl. Efter farvejustering er muren placeret i klimaskab, hvor den er blevet påvirket med regn, frost og UV-stråling i ekstrem form i en periode på 9 uger, svarende til 8-10 års naturlig vejrligspåvirkning.

Til sammenligning med forsøg A og B vises før- og efter billeder af byggerier, som er farvejusteret.

4. Konklusion

Undersøgelsen viser, at det er muligt at foretage stabile farvejusteringer af rødt, gult og rosé farvet tegl.

Under fuldstændig ens betingelser er der ingen signifikant forskel på holdbarheden af farvejusteringer foretaget med hhv. pigment opblandet i vand, pigment opblandet i kalkvand og pigment opblandet i fortyndet Keim specialfixativ.

4.1 Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

I forsøg A følges holdbarheden af farvejusteringer foretaget på rødt, gult og rosé farvet tegl i en periode på 6½ måned, hvor murværkerne udsættes for naturlig vejrligspåvirkning.

Alle murværkerne er farvejusteret med hhv. Flügger tonepasta opblandet i vand og Flügger tonepasta opblandet i Keim specialfixativ fortyndet 1:1 med vand.

For alle tegltyperne rød, gul og rosé gælder, at der er foretaget justeringer for at lysne mørke tegl-varianter, og der er foretaget justeringer for at gøre lyse tegl-varianter mørke.

Farverne er fulgt med billeddokumentation samt farvemålinger.

For farvemålingerne gælder, at ændring i farve angives med værdien 'delta E'. Delta E er en beregnet værdi, som angiver den samlede ændring i parametrene a:rød-grøn, b:gul-blå samt L:lys-mørk. Jo større delta E værdi, jo større farveændring er der sket.

Det skønnes, at en farveændring (delta E værdi) mindre end ca. 3-4 efter vejrligspåvirkning vil angive en holdbarhed i farvejusteringen, som er tilfredsstillende. Da delta E er et udtryk for den samlede ændring i flere parametre, kan dette tal ikke stå alene, men vurderes i hvert tilfælde sammen med de fotos, der er taget af murværkerne.

Forsøg A, delkonklusion for rødt tegl.

Figur 10, 11, 14 og 15 viser fotos af rødt tegl, som er farvejusteret lysere og mørkere med *pigment opblandet i vand*. De optagne fotos viser, at der er sket en betragtelig farvejustering af murfelterne. Samtidig ses, at justeringerne er stabile i hele testperioden.

Størrelsen af de foretagne farvejusteringer er beregnet til delta E mellem 4,0 og 6,9. Delta E værdier beregnet for farveændringen sket efter 4 måneders vejrligspåvirkning ligger mellem 0,3 og 1,8. Efter 6½ måneders vejrligspåvirkning er farveændringen beregnet til delta E mellem 0,5 og 2,6 for det røde tegl. Gennemsnitlig delta E efter 6½ måned = 1,7.

Figur 8, 9, 16 og 17 viser fotos af rødt tegl, som er farvejusteret lysere og mørkere med *pigment opblandet i fixativ*. De optagne fotos viser, at der er sket en betragtelig farvejustering af murfelterne. Samtidig ses, at justeringerne er stabile i hele testperioden, bortset fra væg 1 (ø-v), figur 8.

Størrelsen af de foretagne farvejusteringer er beregnet til delta E mellem 3,3 og 8,2. Delta E værdier efter 4 måneders vejrligspåvirkning er beregnet til mellem 1,8 og 3,1. Efter 6½ måneders vejrligspåvirkning findes delta E værdier på mellem 2,3 og 3,5 (gennemsnit efter 6½ måned 2,9). Dog med undtagelse af væg 1 ø-v (figur 8), her ses efter 4 måneders vejrligspåvirkning en delta E på 4,2 og efter 6½ måneders vejrligspåvirkning en delta E på 4,3.

Farveændringerne efter 6½ måneders vejrligspåvirkning ligger alle (undtagen væg 1 ø-v) under grænsen på delta E 3-4, og sammen med fotodokumentationen vurderes begge metoder, at være egnede til farvejustering af rødt tegl.

For begge metoder er der opnået farvejusteringer, som er stabile i minimum 6½ måned. Forsøget har også vist, at den største grad af farveændring, der sker efter farvejustering, vil ske inden for de første 4 måneder. Herefter sker der kun minimale ændringer af den justerede farve.

Bortset fra væg 1 ø-v, viser forsøget, at der med begge teknikker er opnået tilfredsstillende resultater når rødt tegl skal justeres lysere. Her er delta E efter 6½ måneders vejrligspåvirkning beregnet til mellem 0,5 og 3,5. Og der er opnået tilfredsstillende resultater, når det skal justeres i en mørkere tone. Her er delta E efter 6½ måneders vejrligspåvirkning beregnet til mellem 1,6 og 3,0.

Forsøg A, delkonklusion for gult tegl.

Figur 22, 23 og 28 viser fotos af gult tegl, som er hhv. gjort mere grålig, mere gullig og lysere i farven ved hjælp af farvejustering med *pigment opblandet i vand*. Farvejusteringerne ses at være af en betragtelig størrelse, og ud fra de optagne fotos vurderes de af være stabile i hele testperioden.

Dette underbygges af de foretagne farvemålinger, idet størrelsen af farvejusteringen er beregnet til mellem 5,1 og 9,3. Efter 4 måneders vejrligspåvirkning kan farveændringen beregnes til delta E mellem 0,2 og 0,5. Efter 6½ måneders vejrligspåvirkning kan delta E for farveændringerne beregnes til mellem 0,4 og 0,5 (gennemsnit efter 6½ måned = 0,5) for felterne justeret med pigment opblandet i vand.

Figur 20, 21, 26 og 27 viser fotos af gult tegl, som er gjort hhv. mere grålig, mere gullig, mørkere og lysere ved farvejustering med *pigment opblandet i fixativ*. Farvejusteringerne ses at være af en betragtelig størrelse, og ud fra de optagne fotos vurderes de af være stabile i hele testperioden.

Dette underbygges af de foretagne farvemålinger, idet størrelsen af farvejusteringen er beregnet til mellem 8,1 og 8,6. Efter 4 måneders vejrligspåvirkning kan farveændringen beregnes til delta E mellem 0,6 og 2,2. Efter 6½ måneders vejrligspåvirkning

kan farveændringerne beregnes til mellem 0,6 og 2,3 (gennemsnit efter 6½ måned = 1,8) for felterne justeret med pigment opblandet i fixativ.

Farveændringerne efter 6½ måneds vejrligspåvirkning ligger alle under grænsen på delta E 3-4, og sammen med fotodokumentationen vurderes begge metoder, at være egnede til farvejustering af gult tegl.

Forsøget har vist, at den største grad af farveændring, der sker efter farvejustering, vil ske inden for de første 4 måneder. Herefter sker der kun minimale ændringer af den justerede farve.

Forsøget viser også, at det med begge teknikker er muligt at gøre gult tegl mere gråligt (delta E efter 6½ måned 0,5-2,3) og gråligt tegl mere gulligt (delta E efter 6½ måned 0,4-0,6). Og det er muligt at gøre manganholdigt tegl både lysere (delta E efter 6½ måned 0,5-2,0) og mørkere (delta E efter 6½ måned 2,3).

Forsøg A, delkonklusion for rosé tegl.

Figur 31 og 32 viser fotos af farvejusteret rosé tegl. Både farvejusteringerne, som er foretaget med *pigment opblandet i vand*, og dem der er foretaget med *pigment opblandet i Keim special fixativ* kan ses at have en betragtelig størrelse. Ud fra de optagne fotos vurderes farvejusteringerne at være stabile i hele testperioden.

Størrelsen af farvejusteringen er beregnet til hhv. delta E 5,2 og 6,7.

For justeringerne foretaget med *pigment opblandet i vand*, ses en farveændring efter 4 måneders vejrligspåvirkning på delta E = 0,2. Efter 6½ måneds vejrligspåvirkning er delta E for farveændringen på 0,3.

For justeringer foretaget med pigment opblandet i fixativ ses farveændring efter 4 måneders vejrligspåvirkning på delta E = 0,5. Efter 6½ måneds vejrligspåvirkning er delta E for farveændringen 0,9.

Farveændringerne efter 6½ måneds vejrligspåvirkning ligger alle under grænsen på delta E 3-4, og sammen med fotodokumentationen vurderes begge metoder, at være egnede til farvejustering af rosé tegl.

Undersøgelsen viser at det med begge teknikker er muligt at justere rosé farvet tegl lysere. Der er også i forsøgsrække A (naturlig vejrligspåvirkning) foretaget farvejusteringer for at gøre rosé farvet tegl mørkere. Men resultaterne fra disse områder må udelades blandt andet pga. dannelse af gipsmisfarvninger. Se i stedet delkonklusionen fra forsøg B.

Hovedkonklusion forsøg A (naturlig vejrligspåvirkning)

Farvejusteringer på rødt, gult og rosé farvet tegl er muligt både med pigment opblandet i vand og med pigment opblandet i fortyndet Keim specialfixativ.

Farvejusteringerne er stabile i minimum 6½ måned ved naturlig vejrligspåvirkning. Og den største ændring, der vil ske i farven efter justering, vil forekomme i de første 4 måneder, herefter er ændringerne minimale.

Med begge metoder er det muligt at lave mørke teglvarianter lysere og lave lyse tegl mørkere.

Sammenlignes den gennemsnitlige stabilitet i farvejustering for de tre tegltyper rød, gul og rosé, er det observeret, at stabiliteten for justeringer gjort på rosé tegl er størst, herefter følger gult tegl og endelig rødt tegl. For rosé tegl er den gennemsnitlige delta E værdi efter 6½ måneds vejrligspåvirkning 0,3 for pigment opblandet i vand og 0,9 for pigment opblandet i fixativ. Den gennemsnitlige delta E værdi efter 6½ måned for gult tegl er tilsvarende hhv. 0,5 og 1,8. Mens de tilsvarende værdier for rødt tegl er hhv. 1,7 og 2,9. Det fastholdes dog, at det for alle tre tegltyper opnås tilfredsstillende stabiliteter.

4.2 Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

I undersøgelsens forsøgsrække B (accelereret vejrligspåvirkning) undersøges holdbarheden af farvejustering af rosé tegl med Flügger tonepasta opblandet i tre typer af væsker hhv. vand, kalkvand og Keim specialfixativ fortyndet 1:1 med vand. Der er anvendt 2,0 g oxydgul og 2,0 g oxydrød til 250 ml opblandingsvæske.

Det farvejusterede murværk udsættes for regn, frost og UV-stråling i ekstrem form i en periode på 9 uger, svarende til 8-10 års naturlig vejrligspåvirkning. Påvirkningen foregår i klimaskab. Der er ikke foretaget sammenligningsforsøg med langtidstest udført ved naturlig ældning på tilsvarende materialer og konstruktioner, som en direkte tidsoversættelse vil kræve.

Farverne er fulgt med billeddokumentation samt farvemålinger.

For farvemålingerne gælder, at ændring i farve angives med værdien 'delta E'. Delta E er en beregnet værdi, som angiver den samlede ændring i parametrene a:rød-grøn, b:gul-blå samt L:lys-mørk. Jo større delta E værdi, jo større farveændring er der sket.

Det skønnes, at en farveændring (delta E værdi) mindre end ca. 3-4 efter vejrligspåvirkning vil angive en holdbarhed i farvejusteringen, som er tilfredsstillende. Da delta E er et udtryk for den samlede ændring i flere parametre, kan dette tal ikke stå alene, men vurderes i hvert tilfælde sammen med de fotos, der er taget af murværkerne.

Hovedkonklusion Forsøg B (accelereret vejrligspåvirkning).

Figur 35, 36 og 37 viser sammen med farvemålingerne, at alle tre metoder er egnede til at justere rosé farvet tegl mørkere. Der er ingen signifikant forskel i holdbarhed ved anvendelse af de tre metoder.

Delta E for farveændringen der er sket i løbet af 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning er: 0,6 for pigment opløst i vand, 0,5 for pigment opløst i kalkvand og 0,8 for pigment opløst i Keim specialfixativ. Den registrerede farveændring, der er sket i løbet af de 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning, er for alle tre metoder under grænsen på delta E 3-4, og på samme lave niveau, som de farveændringer der er registreret for referencefeltet, som ikke har været justeret.

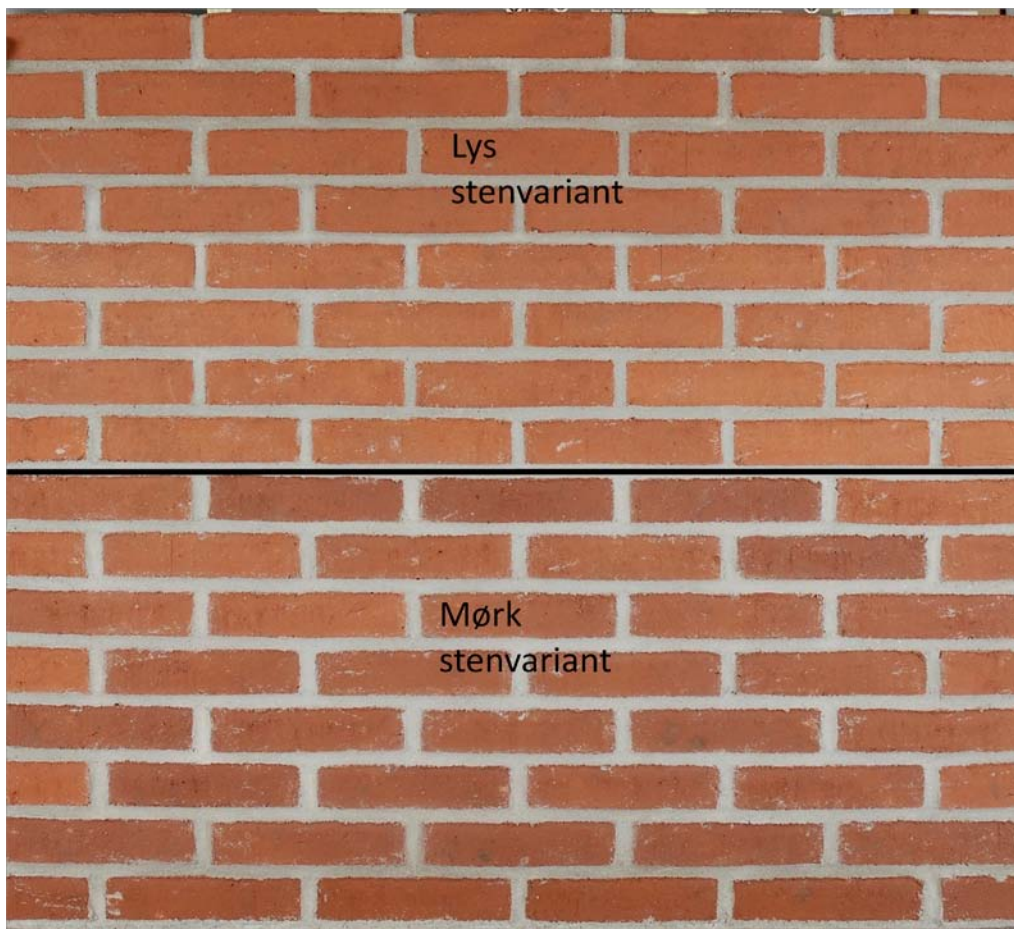
En væsentlig forskel i anvendelsen af de tre metoder er dog, at en enkelt påføring af pigment opløst i Keim specialfixativ giver en ændring i farven på delta E=4,8. Først ved tre påføringer af pigment opløst i vand opnås en farvejustering på delta E=3,8 og ved tre påføringer af pigment opløst i kalkvand opnås tilsvarende en farveændring på delta E = 4,3.

Der er med den anvendte tegltype observeret variationer i farvespillet i den enkelte stens facade gennem forsøget. Ved anvendelse af pigment opløst i vand og pigment opløst i kalkvand sker en øgning i disse inhomogeniteter. Dette ses ikke ved anvendelse af pigment opløst i Keim specialfixativ.

5. Fremstilling af prøvemure

Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Teglstenene til denne del af forsøget er udvalgt i samarbejde med Bjarne Madsen, Lene Vissing og Kurt Degn på basis af en diskussion af, hvilke stentyper, der giver de største problemer i praksis. Det besluttes at anvende to typer af røde sten, hhv. en hårdt brændt og en almindelig brændt. Det samme gælder for rosé og gule sten. For alle 6 stentyper anvendes både en lys variant samt en tilsvarende mørk variant evt. fra en anden brænding. Der fremstilles én prøvemur af hver af de 6 stentyper. Murene er 1,5 m i bredden og 1,0 m høje og opføres to og to sammen på tre europapaller. Murene opføres med Webers funktionsmørtel FM 2½. Det tilstræbes, at den nederste del af muren opføres med den mørke variant, mens den øverste del af muren opføres med den tilsvarende lyse variant, se eksempel i figur 1. Murværket afsyres ikke. Efter opmuring hærder murene under optimale forhold (65 % RH og 20 °C) i 28 døgn.



Figur 1. Prøvemur til udendørs vejrligspåvirkning opført i røde hårdbrændte blødstøgne teglsten. Nederste halvdel er opført med den mørke variant, mens den øverste halvdel er opført i den tilsvarende lyse variant.

Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Prøveemnet til denne del af forsøget er opført i ensfarvede rosé teglsten med Webers funktionsmørtel FM 2½, figur 2. Murværket er ikke afsyret. Opmuringen er sket i en rustfri stålramme med dimensionerne 155 cm x 188 cm (maximale størrelse for emne i klimaskabet). Efter opmuring er der anvendt sika-flex fugemasse i samlingen mellem mur og stålramme. Mørtlen har hærdnet under optimale forhold (65 % RH og 20 °C) i 28 døgn. De tre øverste, midterste og nederste skifter i muren er opført i en anden roséfarvet teglsten, og indgår ikke i forsøget, men tjener udelukkende til at separere de felter, der senere skal farvejusteres, med hhv. top og bund i stålrammen og fra hinanden.

Muren er placeret i klimaskabets portåbning sådan, at facaden vender ind i klimaskabet, når porten lukkes og skabet kører, mens bagsiden af murværket vender ud af skabet.

Midt på muren er der placeret en TB-rende med indbyggede 'nedløbsrør' sådan, at vand evt. med indhold af farvepigment, som måtte være skyllet ned fra den øverste halvdel af muren, ikke skulle give ekstra vandmængder og farvning på den nederste halvdel af muren.

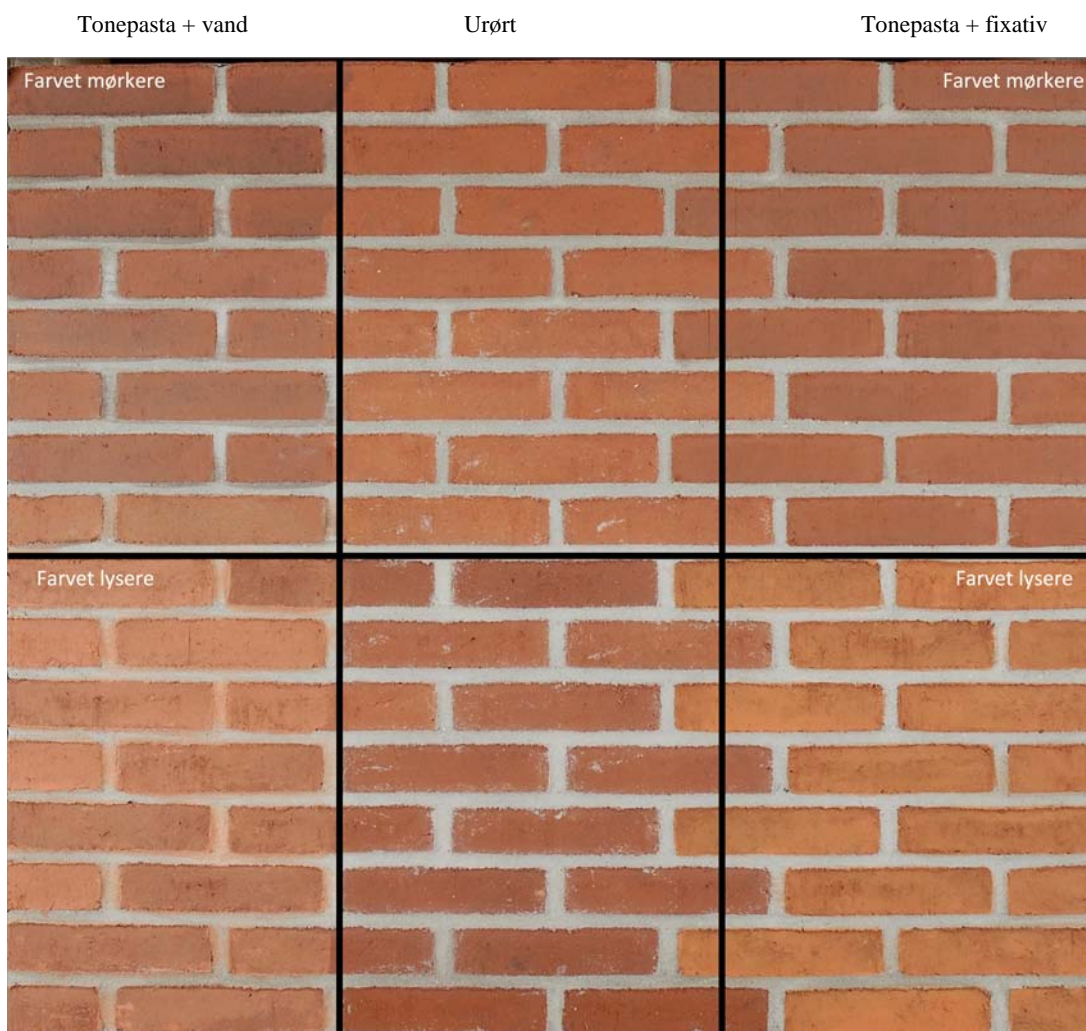


Figur 2. Forsøg B. Prøvemur til klimaskabsforsøg. Midt på muren sidder en TB-rende med et indbygget nedløbsrør i hver side (på billedet ses kun det i højre side).

6. Farvejustering af murværk

Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Til at farvejustere murene, som skal stå udendørs til vejrligspåvirkning har vi rekvi-
reret malermester Henning Lagoni (HL), som udfører denne type arbejde for Randers
Tegl samt malermester Klaus Blaske (KB), som udfører denne type arbejde for
Egernsund Tegl. Henning Lagoni anvender Flügger tonepasta opblandet i Keim spe-
cialfixativ (silikatbinder), som er fortyndet med vand 1:1. Klaus Blaske anvender li-
geledes Flügger tonepasta, men blander farverne op i vand. Hver af de 6 prøvemure
opdeles i 6 felter, som angivet med de sorte streger i figur 3. Den lyse del af murvær-
ket justeres mørkere, mens den mørke del justeres til en lysere tone.



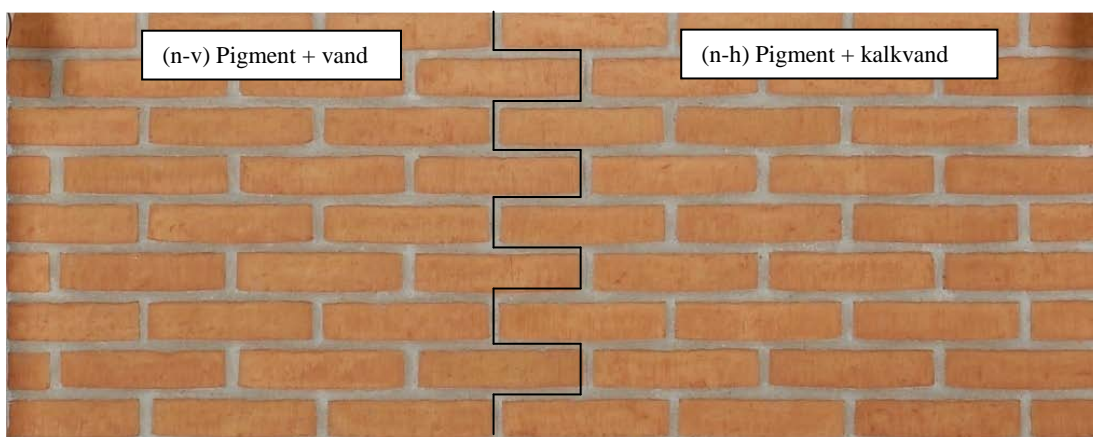
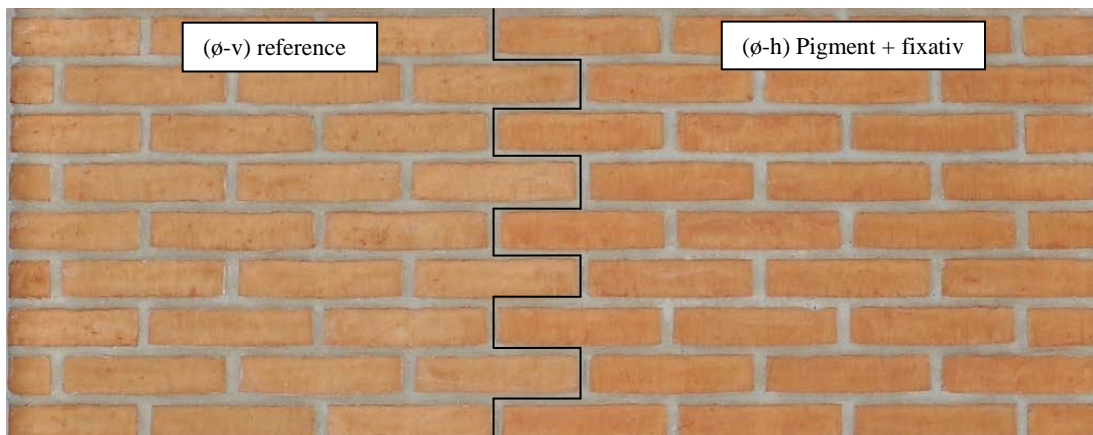
Figur 3. Forsøg A, naturlig vejrligspåvirkning. Til farvejustering er der anvendt Flügger tone-
nepasta opblandet i hhv. vand (venstre kolonne) eller silikatfixativ (højre kolonne). Midterste
kolonne er urørt.

Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Til denne del af forsøget inddeles murværket i 4 lige store felter. De 3 af felterne farvejusteres med hver sin pigmentblanding, mens det fjerde felt forbliver urørt. De 3 pigmentblandinger er hhv. Flügger tonepasta opblandet i 250 ml Keim specialfixativ fortyndet 1:1 med vand, Flügger tonepasta opblandet i 250 ml vand, og Flügger tonepasta opblandet i 250 ml kalkvand. Der tilsættes 2,0 g oxydgul plus 2,0 g oxydrød til 250 ml væske.

Farvejusteringen foretages af undertegnede og det er udelukkende teglstenene der farves. De 4 felter benævnes hhv. øverst venstre (ø-v), øverst højre (ø-h), nederst venstre (n-v) og nederst højre (n-h), figur 4. Øverste højre felt, hvor pigmentet er opblandet i fortyndet Keim specialfixativ justeres én gang. Det er vigtigt, at der kun påføres ét strøg af denne blanding, da behandlingen giver teglet en imprægneret overflade.

Pigmenter opblandet i hhv. vand og kalkvand giver ikke den samme farveintensitet ved påføring af én behandling, som i feltet med fixativ. For at opnå en tilnærmelsesvis tilsvarende farveintensitet, har det været nødvendigt at give felterne n-v og n-h hver tre behandlinger. Efter farvejusteringen henstår muren tre dage til tørring, inden klimaskabet startes.



Figur 4. Forsøg B. Prøvemur til klimaskabsforsøg efter farvejustering.

7. Vejrligspåvirkning

Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Efter afhærdning i 28 døgn transporteres prøvemurene udendørs til indledende vejrligspåvirkning i én måned for at sikre, at murværket har været helt vådt, inden det farvejusteres. Murene orienteres ca. N-S og drejes 180 grader 1 gang ugentlig i hele perioden. Der henvises til projektets fase 1b, hvor det er konstateret, at der sker en permanent farveændring efter opfugtning af mursten.

I forbindelse med den første måneds indledende vejrligspåvirkning blev det klart, at især de mure, som var baseret helt eller delvist på gulbrændende ler, havde udviklet misfarvninger i form af gipsudfældninger.

For at forhindre yderligere misfarvninger blev der konstrueret et tag til hver af de tre dobbeltmure, figur 5. Dette skulle dæmme op for yderligere udvikling i gipsmisfarvningerne.



Figur 5. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Der konstrueres et tag til hver dobbeltmur, sådan at disse ikke vandbelastes unødigt.

Første periode med vejrligspåvirkning efter farvejusteringen strækker sig fra ultimo marts 2009 til ultimo juli 2009 (4 måneder). Herefter køres prøvemurene indendørs til tørring, farvemåling og foto. Næste periode med vejrligspåvirkning strækker sig fra primo september 2009 til medio november 2009 (2½ måned). Herefter foretages igen tørring, farvemåling og foto af murene. I testperioderne orienteres murene N-S og drejes 180 grader én gang ugentligt. Resultaterne af fotos og farvemålinger er angivet i afsnit 9.

Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

Med udgangspunkt i DS 1127:1985 (Metode til at udsætte bygningskomponenter og byggematerialer for accelereret klimapåvirkning i vertikal stilling) er der programmeret en cyklus i klimaskabet. Denne cyklus har en varighed af 12 timer og er sammensat af følgende segmenter, se også figur 6:

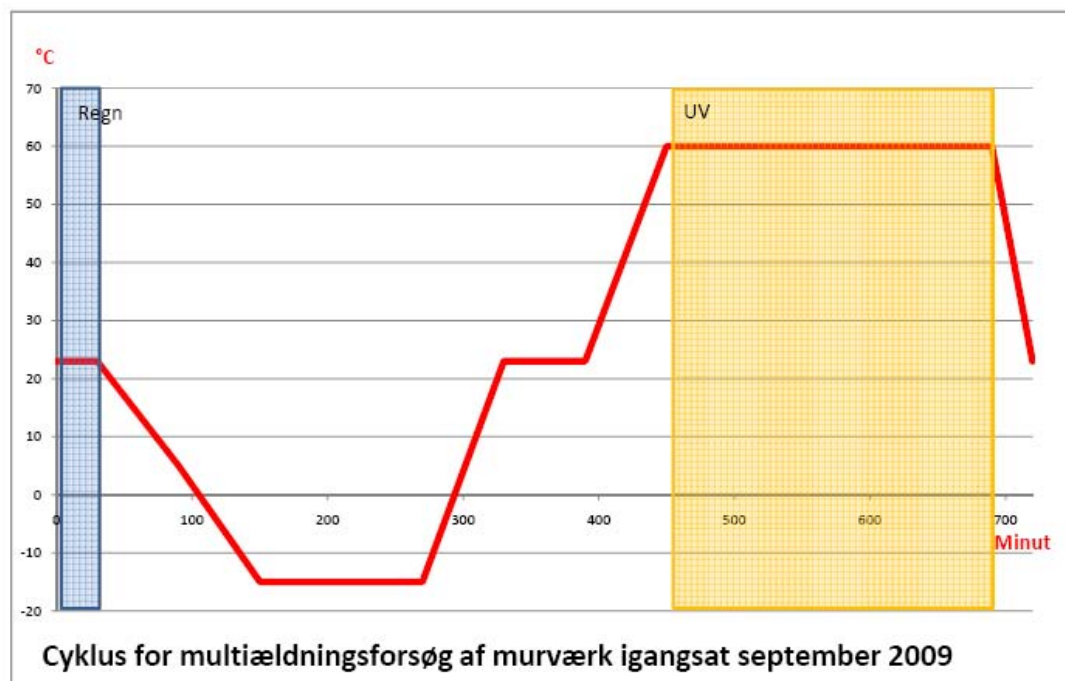
Regn v. 22 °C: 15 min.

Nedkøling

Frost (-15°C) i 2 timer:

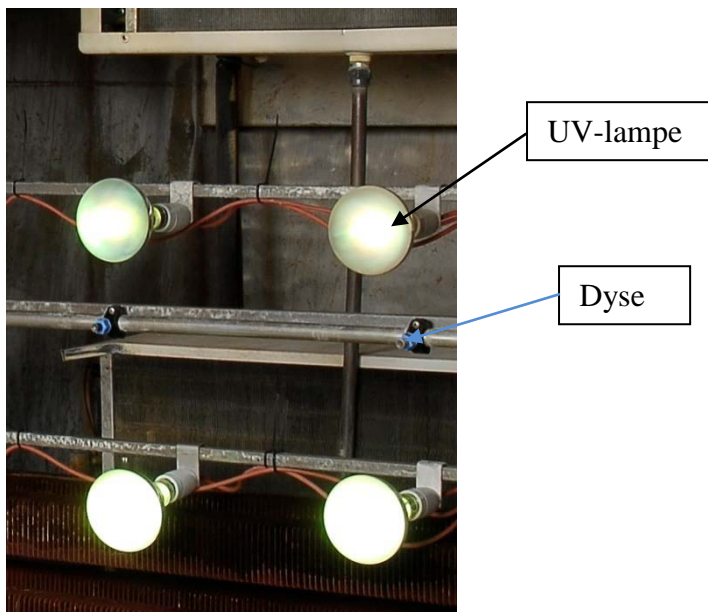
Opvarmning

UV stråling v. 60 °C i 2 timer og 15 min.



Figur 6. Skematisk afbildning af cyklusforløb i klimaskabet.

I 'regnperioden' sprayer vand fra 6 dyser, som hver giver 2 liter vand pr. minut, figur 7. UV strålingen sker fra 12 lamper af 300 Watt. Varmen genereres ved hjælp af varmelegemer.



Figur 7. Udsnit af klimaskab

En uges program er sammensat af ovennævnte 12 timers cykler, som startes tirsdag morgen og fortsætter frem til fredag sidst på dagen. Murværket påvirkes herefter alene med UV-stråling og varme weekenden over for at udtørre tegl og mørtel, så det er klar til farvemåling og foto mandag. En uges klimaskabspåvirkning skønnes at svare til 1 års naturlig vejrligspåvirkning. Det skal dog påpeges, at accelererede ældningstest så vidt muligt skal sammenlignes med langtidstest udført ved naturlig ældning på tilsvarende materialer og konstruktioner. Dette er dog ikke muligt i denne undersøgelse, hvor forsøgene udført ved naturlig vejrligspåvirkning kun strækker sig over 6 måneder.

Før farvejustering har muren gennemgået gentagne indledende vandmætninger og udtørninger over én uge i klimaskabet for at sikre, at teglstenene har været fuldt opfugtet inden farvejustering samt for at fremprovokere eventuelle fugtrelaterede misfarvninger på murværket.

8. Prøvningsmetoder

8.1 Fugtmåling

Fugtmålinger blev udført med hf-sensor, målehoved P, kalibrering Bricks. Udstyret er mikrobølgebaseret. Det valgte målehoved måler i indtil ca. 5 cm's dybde og over en tilsvarende bredde.

8.2 Farvemåling

Farvemålingerne er foretaget med CR-410 fra Minolta. I apparatet sidder tre sensorer, som modtager lys fra objektet og transmitterer data videre til en mikrocomputer. Måleområdet har en diameter på 50 mm.

For farvemålingerne gælder, at farven angives med L, a, og b værdier. L varierer fra 0 (sort) til 100 (hvid). a varierer fra -a (grøn) til +a (rød) og b varierer fra -b (blå) til +b (gul).

Ændring i farve angives med værdien 'delta E'. Delta E er en beregnet værdi, som angiver den samlede ændring i parametrene a:rød-grøn, b:gul-blå samt L:lys-mørk. Jo større delta E værdi, jo større farveændring er der sket.

Det skønnes, at en delta E værdi mindre end ca. 3-4 efter vejrligspåvirkning vil angive en holdbarhed i farvejusteringen, som er tilfredsstillende. Da delta E er et udtryk for den samlede ændring i flere parametre, kan dette tal dog ikke stå alene, men må i hvert tilfælde vurderes sammen med de fotos, der er taget af murværkerne.

8.3 Foto

Foruden registrering af farveændringerne over tid ved hjælp af farvemåleren er murværkerne fulgt med fotodokumentation. Fotoarbejdet er foretaget af fotograf Erik Balle Povlsen. Kameraindstillinger og lysforhold har været ens under alle fotooptagelser.

9. Resultater

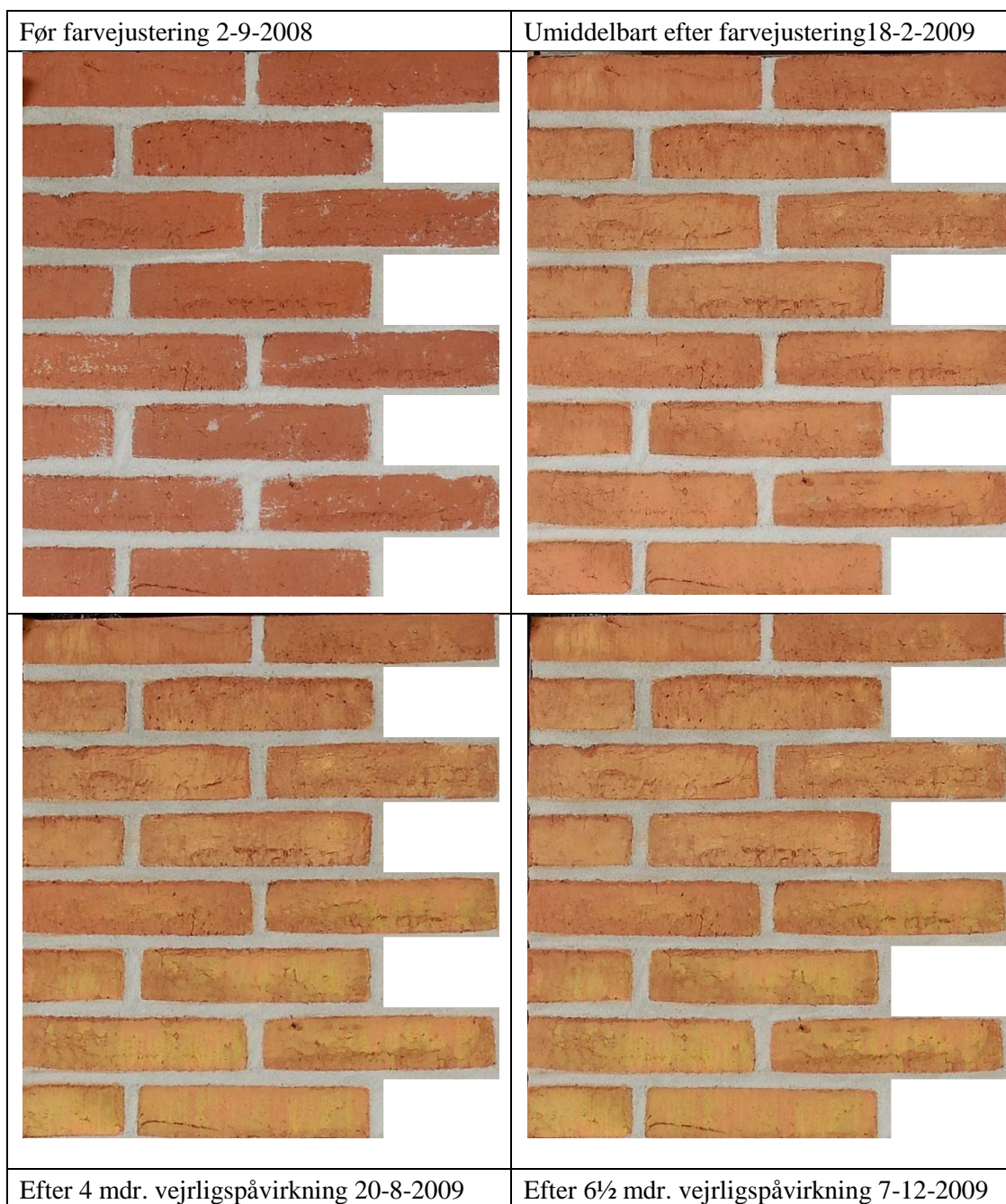
Murværket er fulgt med farvemålinger og foto gennem hele forløbet. Samtlige farvemålingsdata og fotos er vist i hovedrapportens bilag 1-4. I det følgende er fotos af identiske udsnit af murværk klippet sammen, sådan at farverne, som de tager sig ud ved de respektive terminer, bedre kan sammenlignes. For hvert murfelt er det beregnet, hvad den totale ændring i farven har været i forbindelse med påførslen af pigment og i perioden frem til testens afslutning.

Før fotografering og farvemåling af prøvemurene kontrolleres at disse er tørre, da det tidlige er konstateret, at murværk ikke har samme farve i tør og fugtig tilstand.

9.1 Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk

Der er taget fotos og lavet farvemåling af prøvemurene til følgende terminer:

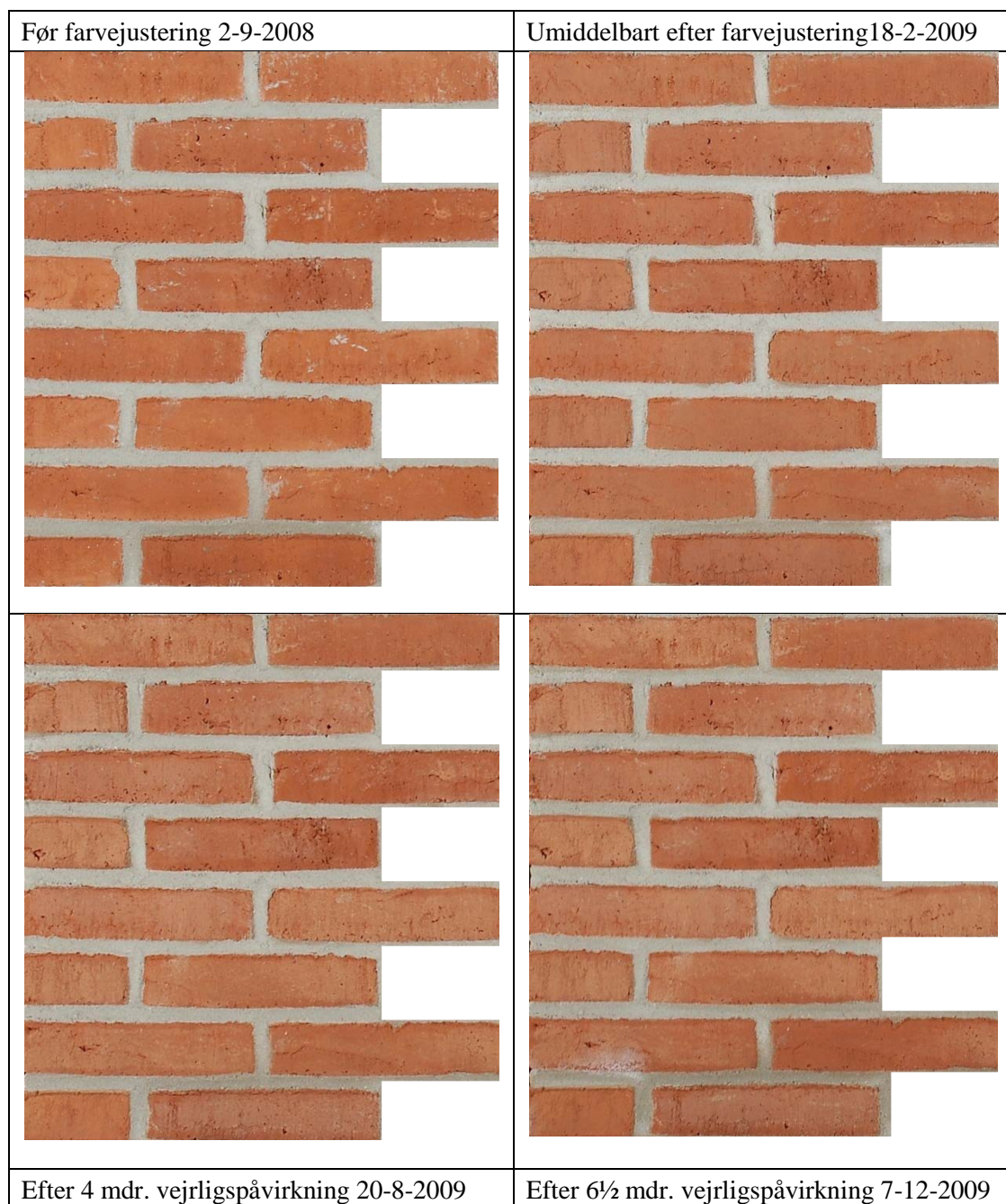
1. Efter 1 måneds hærkning ved 20 °C og 65 % RH, 7-7-2008.
2. Efter én måneds indledende naturlig vejrligspåvirkning før farvejustering, 2-9-2008.
3. Efter farvejustering af prøvemurene, 18-2-2009
4. Efter 4 måneders naturlig vejrligspåvirkning, 20-8-2009.
5. Efter 6½ måneders naturlig vejrligspåvirkning, 7-12-2009.



Figur 8. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 1 (ø-v felt). Rød, normalt brændt, blødstrogen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL).

Tabel 1. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 1. Rød normalt brændt blødstrogen. (ø-v, fixativ).





Delta E væg 1	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment	5,8					
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig	4,2					
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig	4,3					



Figur 9. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 1 (n-v felt). Rød normalt brændt blødstørgen, lys variant. Feltet er justeret med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL)

Tabel 2. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 1. Rød normalt brændt blødstørgen. (n-v, fixativ).


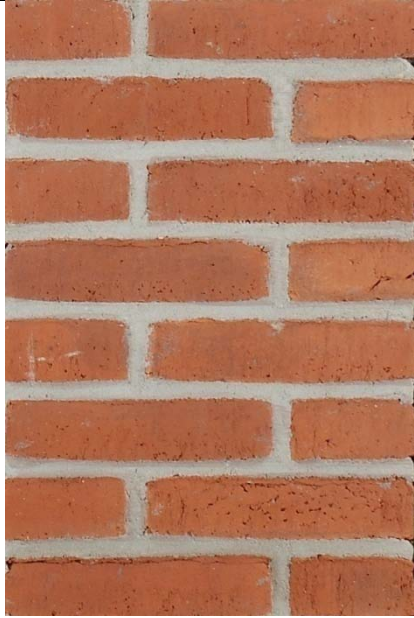


Delta E væg 1	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment				3,3		
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig				1,9		
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig				2,3		

Før farvejustering 2-9-2008	Umiddelbart efter farvejustering 18-2-2009
	
	
Efter 4 mdr. vejrligspåvirkning 20-8-2009	Efter 6½ mdr. vejrligspåvirkning 7-12-2009

Figur 10. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 1 (ø-h felt). Rød normalt brændt blødstrogen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i vand (KB)

Tabel 3. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 1. Rød normalt brændt blødstrogen. (ø-h, vand).

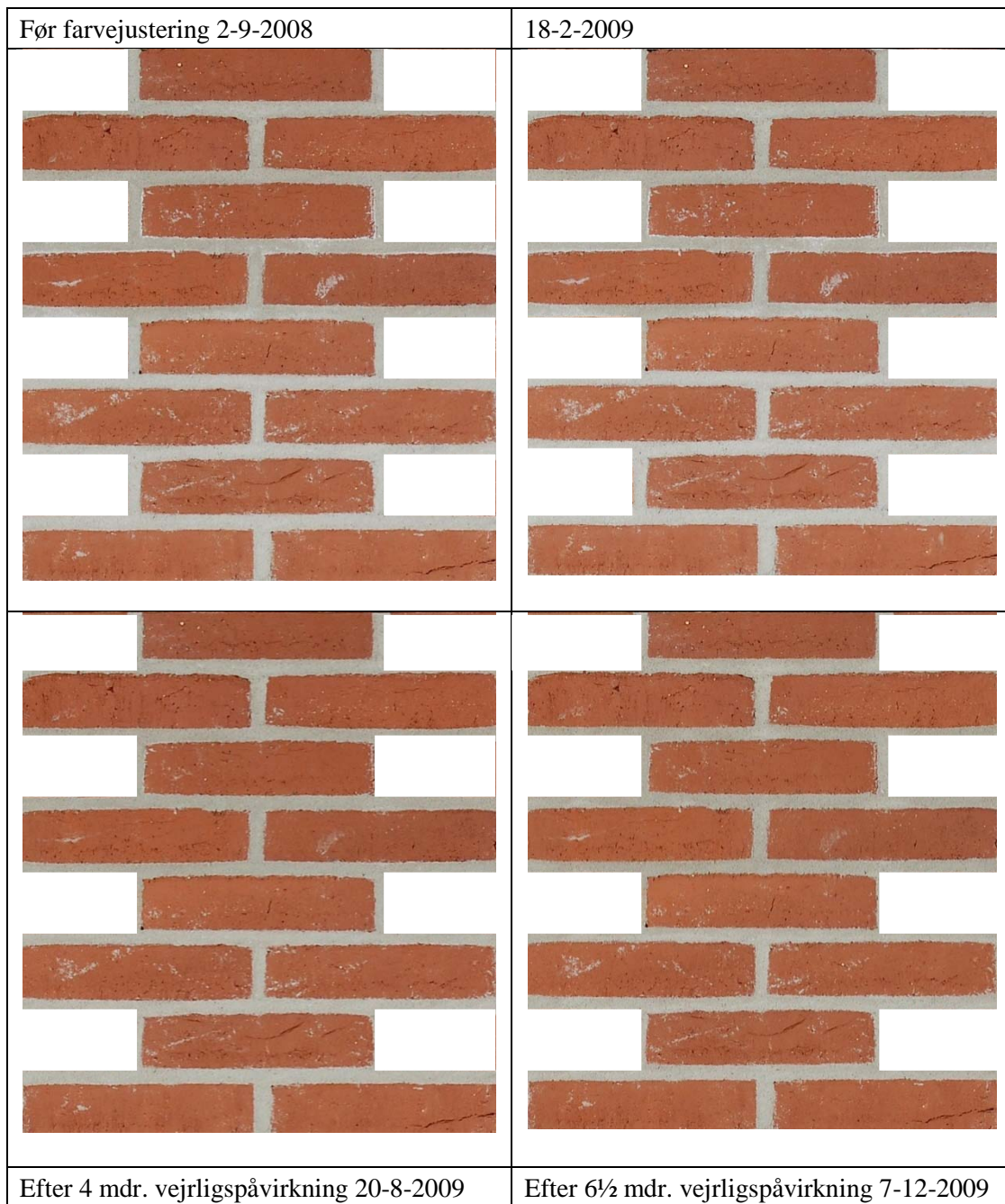
Delta E væg 1	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment			4,9			
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig			0,3			
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig			0,5			

Før farvejustering 2-9-2008	Umiddelbart efter farvejustering 18-2-2009
	
	
Efter 4 mdr. vejrligspåvirkning 20-8-2009	Efter 6½ mdr. vejrligspåvirkning 7-12-2009

Figur 11. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 1 (n-h felt). Rød normalt brændt blødstrogen, lys variant. Feltet er gjort mørkere med pigment opblandet i vand (KB)

Tabel 4. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 1. Rød normalt brændt blødstrogen. (n-h, vand).

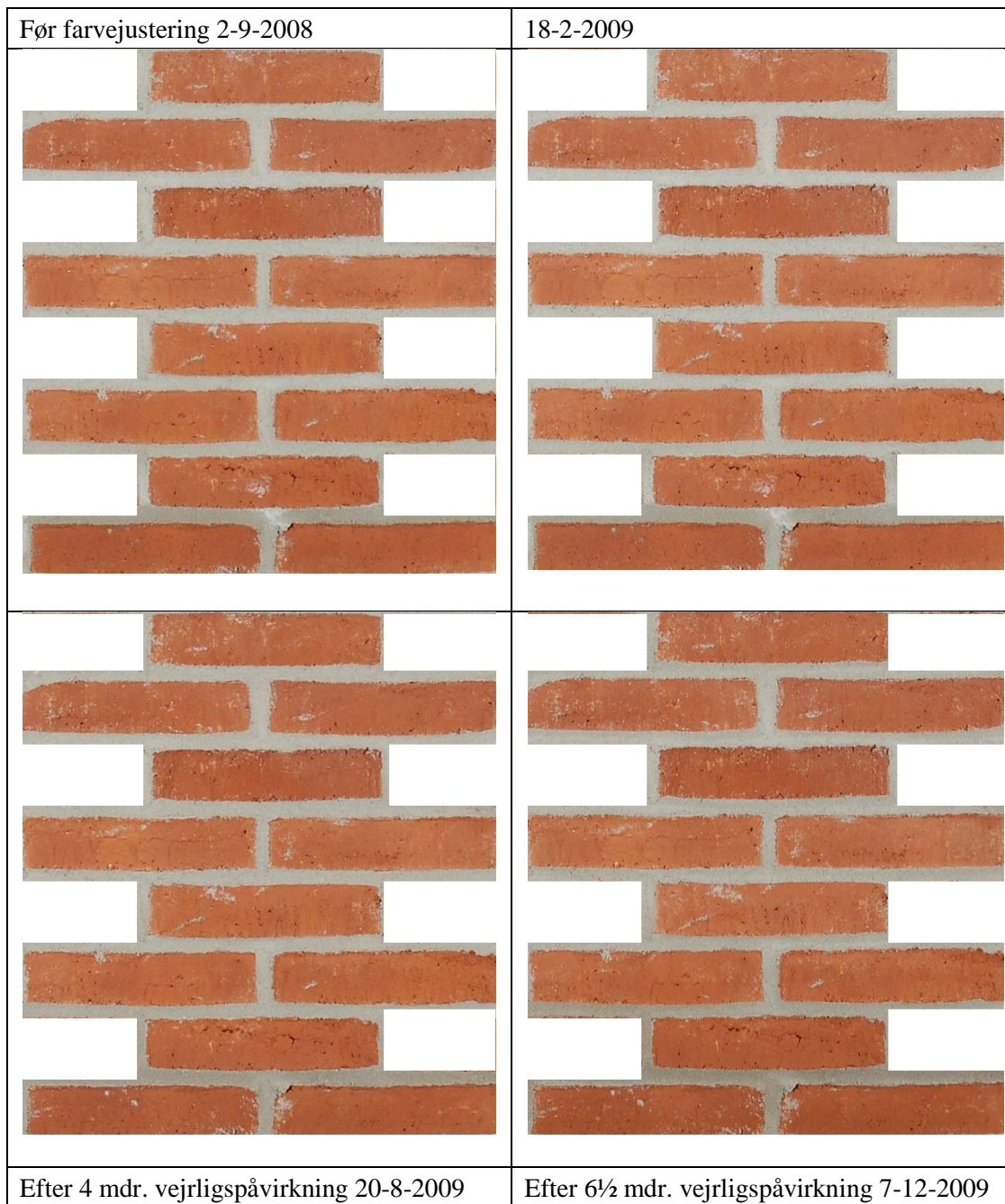
Delta E væg 1	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment						4,0
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig						1,0
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig						1,6



Figur 12. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 1 (ø-m felt). Rød normalt brændt blødstrogen, mørk variant. Dette er et referencefelt, der ikke er farvejusteret.

Tabel 5. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 1. Rød normalt brændt blødstrogen. (ø-m, ref).


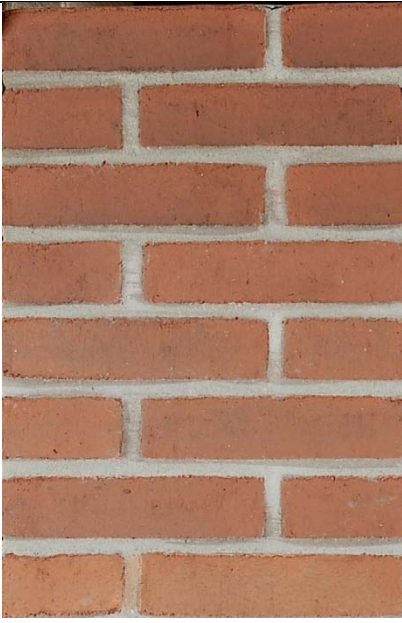
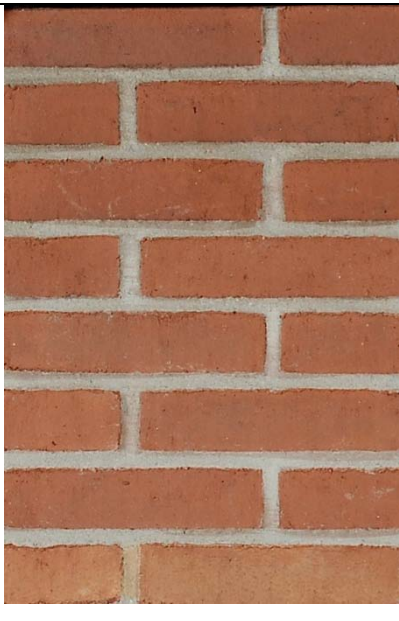
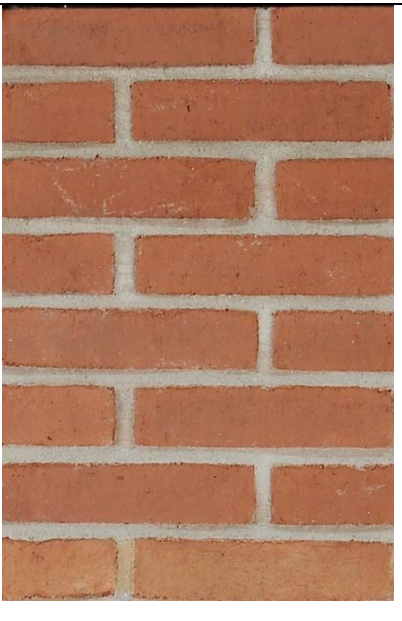
Delta E væg 1	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment		0,3				
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig		0,2				
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig		0,1				



Figur 13. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 1 (n-m felt). Rød normalt brændt blødstørgen, lys variant. Dette er et referencefelt, der ikke er farvejusteret.

Tabel 6. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 1. Rød normalt brændt blødstørgen. (n-m, ref).

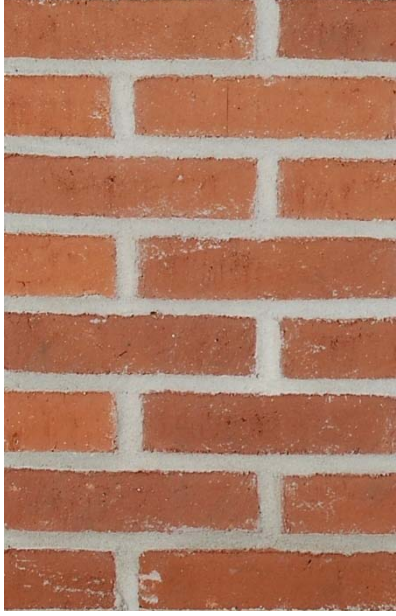



Delta E væg 1	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment					0,2	
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig					0,3	
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig					0,5	

Før farvejustering 2-9-2008	Umiddelbart efter farvejustering 18-2-2009
	
	
Efter 4 mdr. vejrligspåvirkning 20-8-2009	Efter 6½ mdr. vejrligspåvirkning 7-12-2009

Figur 14. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 2 (ø-v felt). Rød hårdt brændt blødstrogen, lys variant. Feltet er gjort mørkere med pigment opblandet i vand (KB).

Tabel 7. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 2. Rød hårdt brændt blødstrogen. (ø-v, vand).

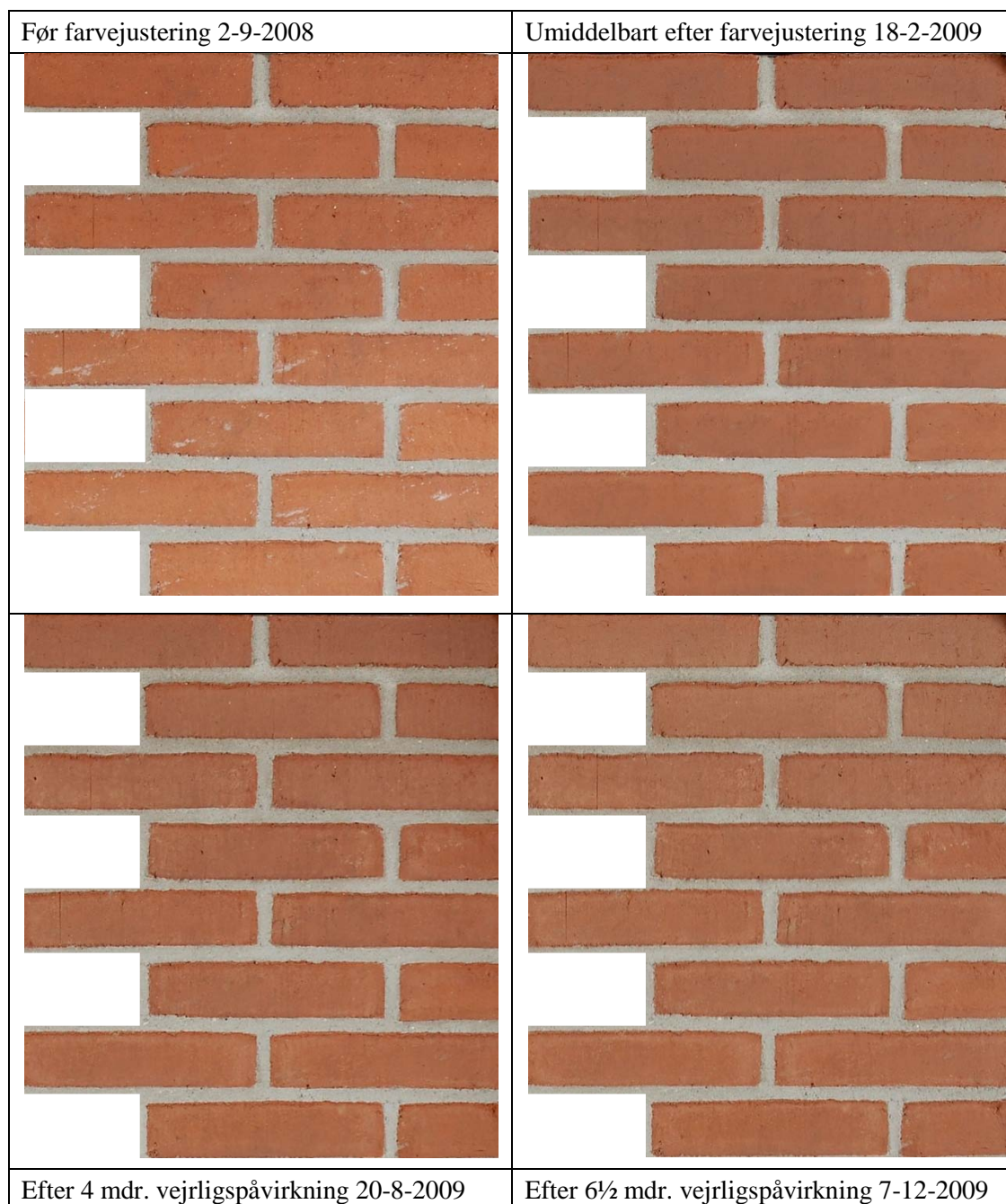
Delta E væg 2	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment	6,9					
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig	1,8					
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig	2,6					

Før farvejustering 2-9-2008	Umiddelbart efter farvejustering 18-2-2009
	
	
Efter 4 mdr. vejrligspåvirkning 20-8-2009	Efter 6½ mdr. vejrligspåvirkning 7-12-2009

Figur 15. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 2 (n-v felt). Rød hårdt brændt blødstrogen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i vand (KB).

Tabel 8. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 2. Rød hårdt brændt blødstrogen. (n-v, vand).

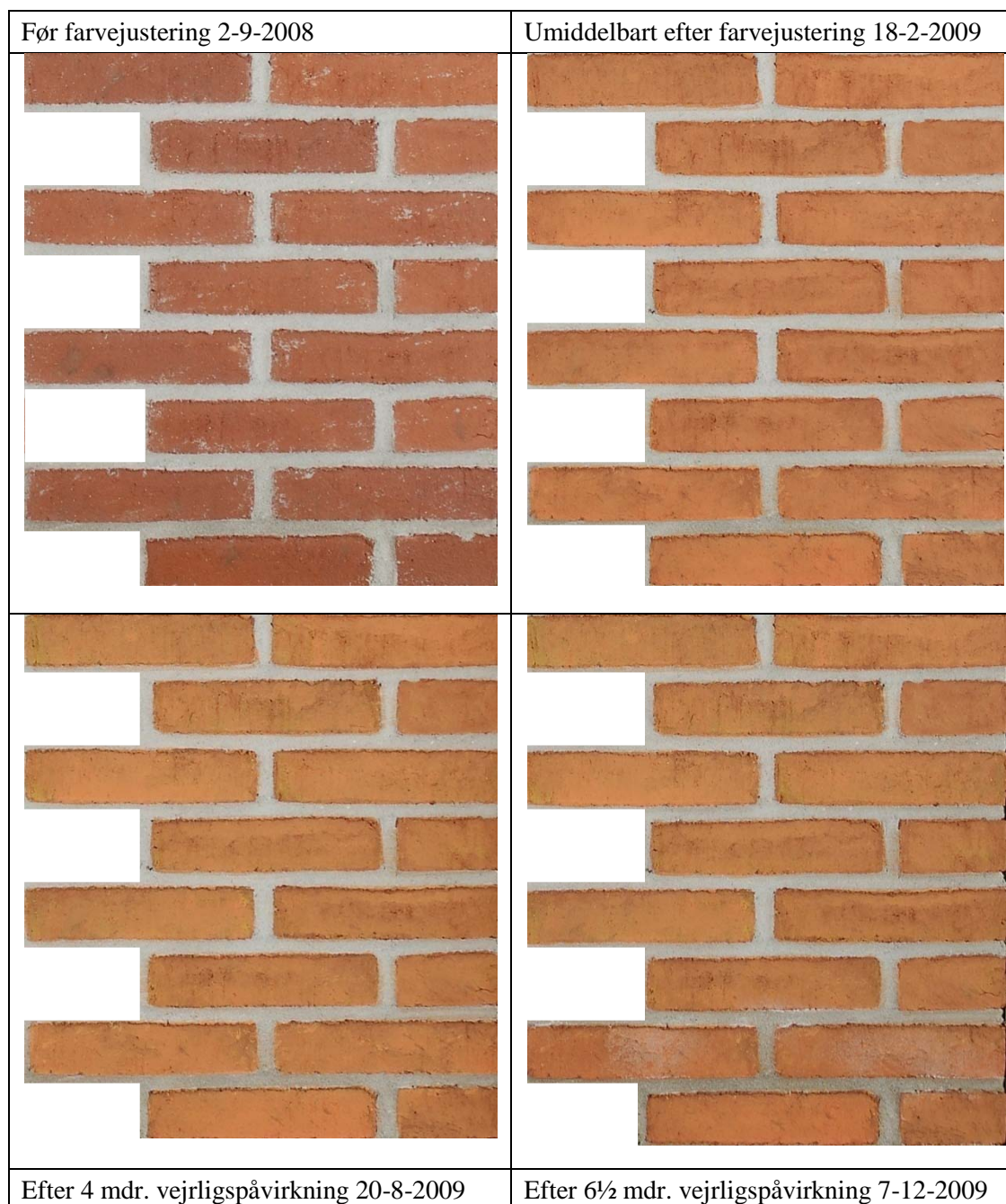
Delta E væg 2	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment				4,9		
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig				1,7		
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig				1,9		



Figur 16. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 2 (ø-h felt). Rød hårdt brændt blødstrogen, lys variant. Feltet er gjort mørkere med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL).

Tabel 9. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 2. Rød hårdt brændt blødstrogen. (ø-h, fixativ).

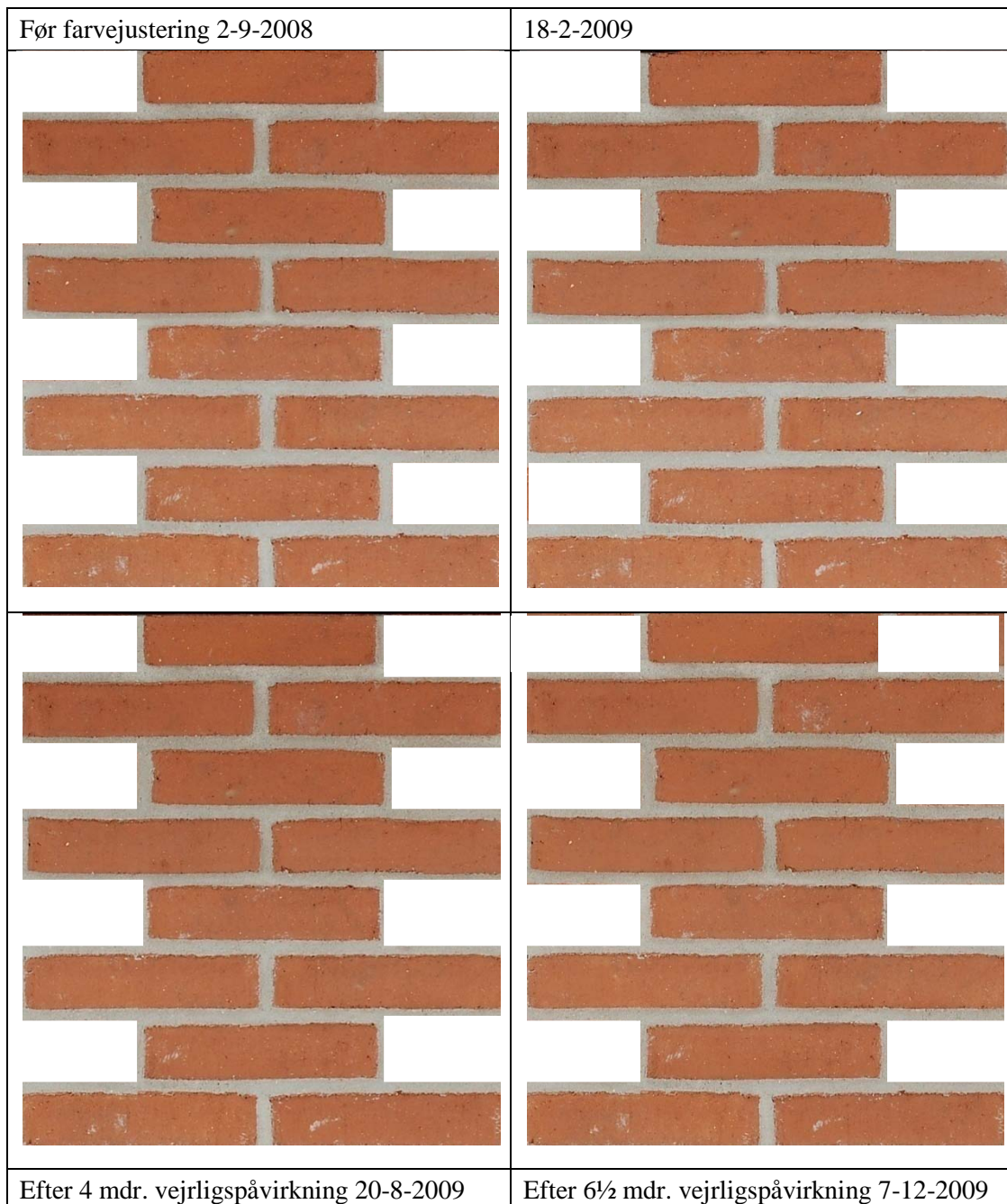
Delta E væg 2	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment			6,4			
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig			1,8			
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig			3,0			



Figur 17. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 2 (n-h felt). Rød hårdt brændt blødstrogen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL).

Tabel 10. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 2. Rød hårdt brændt blødstrogen. (n-h, fixativ).

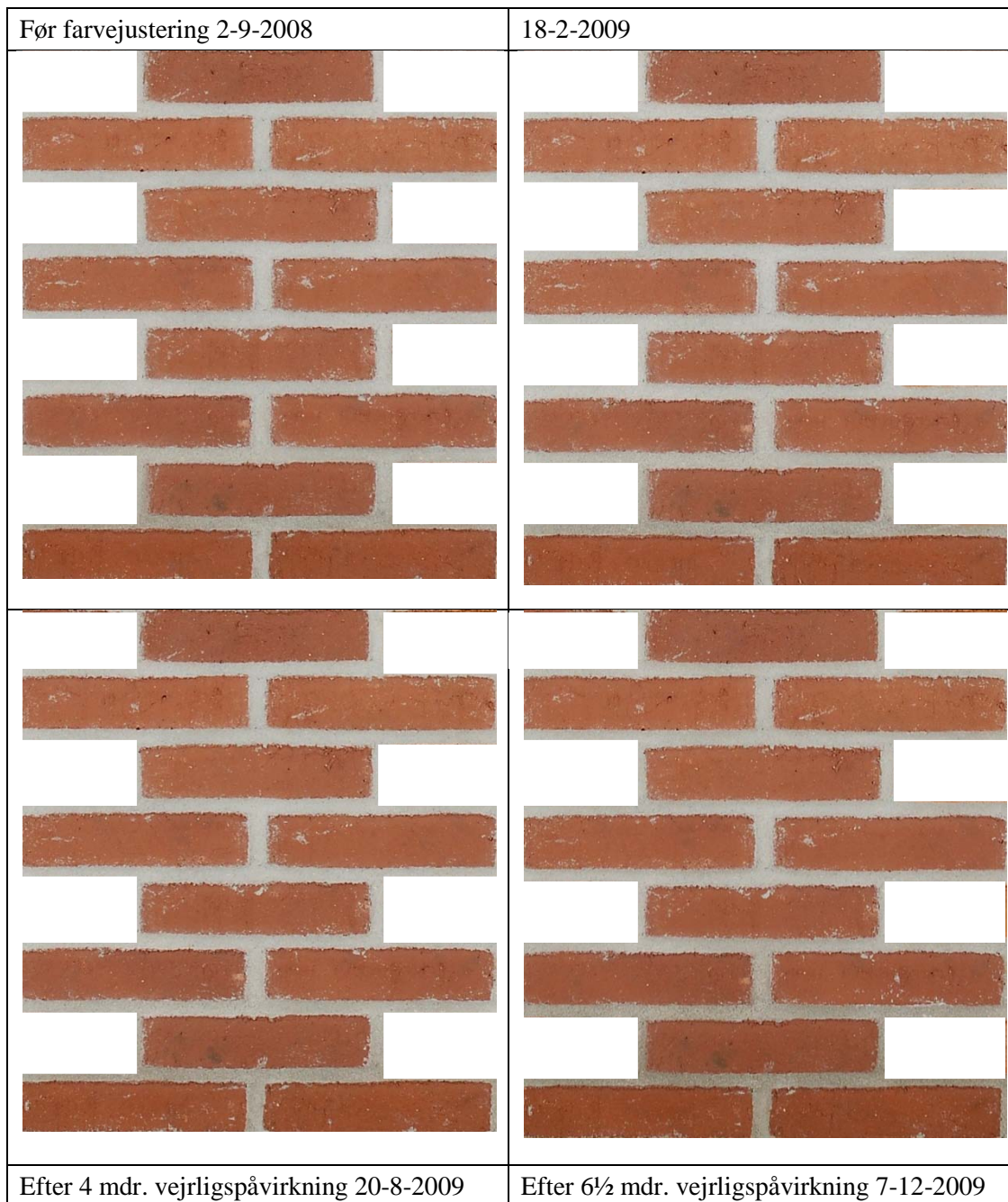
Delta E væg 2	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment						8,2
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig						3,1
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig						3,5



Figur 18. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 2 (ø-m felt). Rød hårdt brændt blødstrogen, lys variant. Dette er et referencefelt, der ikke er farvejusteret.

Tabel 11. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 2. Rød hårdt brændt blødstrogen. (ø-m, ref).

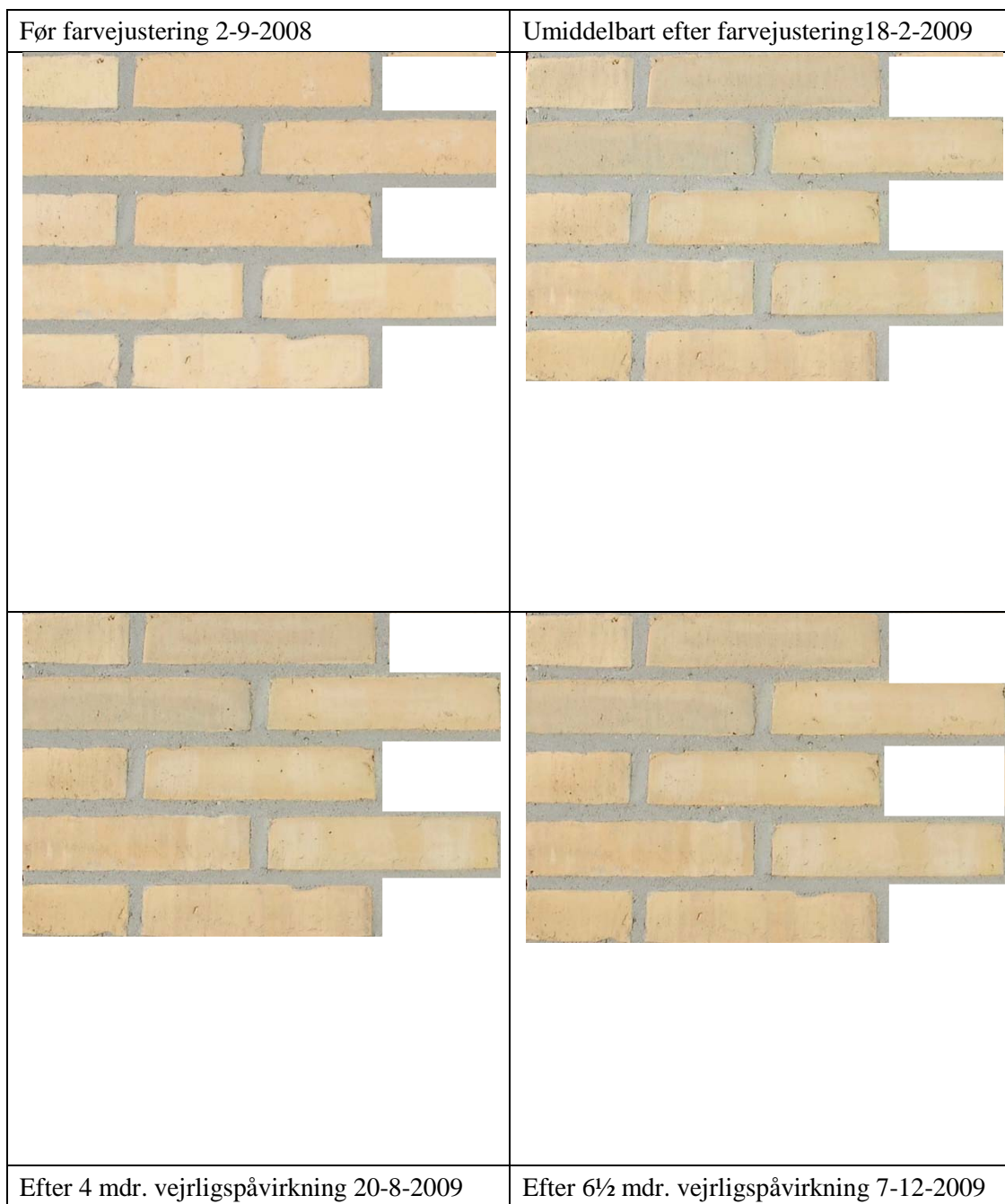
Delta E væg 2	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment		0,3				
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig		0,5				
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig		0,2				



Figur 19. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 2 (n-m felt). Rød hårdt brændt blødstrogen, mørk variant. Dette er et referencefelt, der ikke er farvejusteret.

Tabel 12. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 2. Rød hårdt brændt blødstrogen. (n-m, ref).

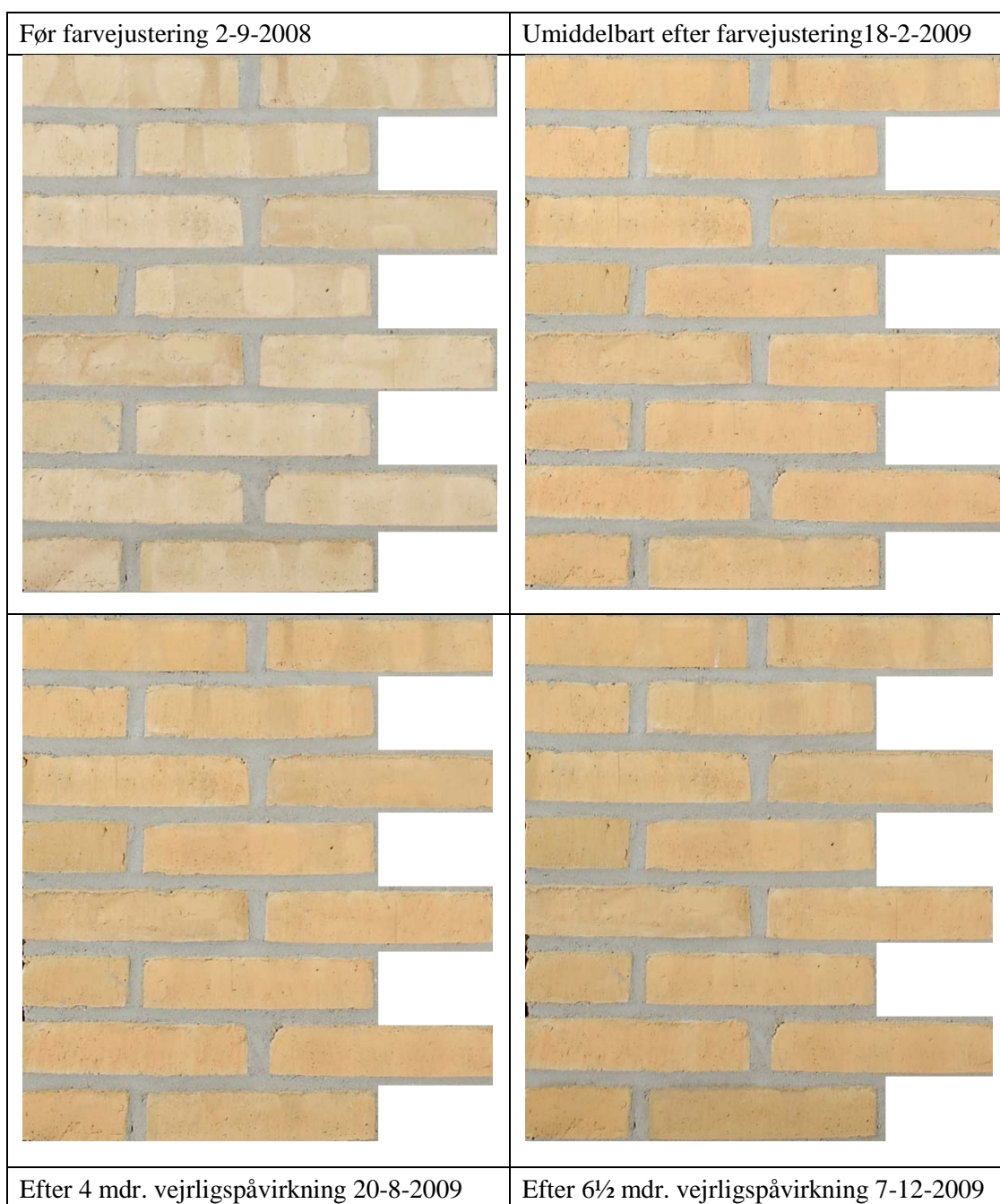
Delta E væg 2	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment					0,1	
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig					0,3	
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig					0,2	



Figur 20. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 4 (ø-v felt). Gul, normalt brændt, blødstrogen. Feltet er gjort mere gråligt med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL)

Tabel 13. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 4. Gul normalt brændt blødstrogen. (ø-v, fixativ).

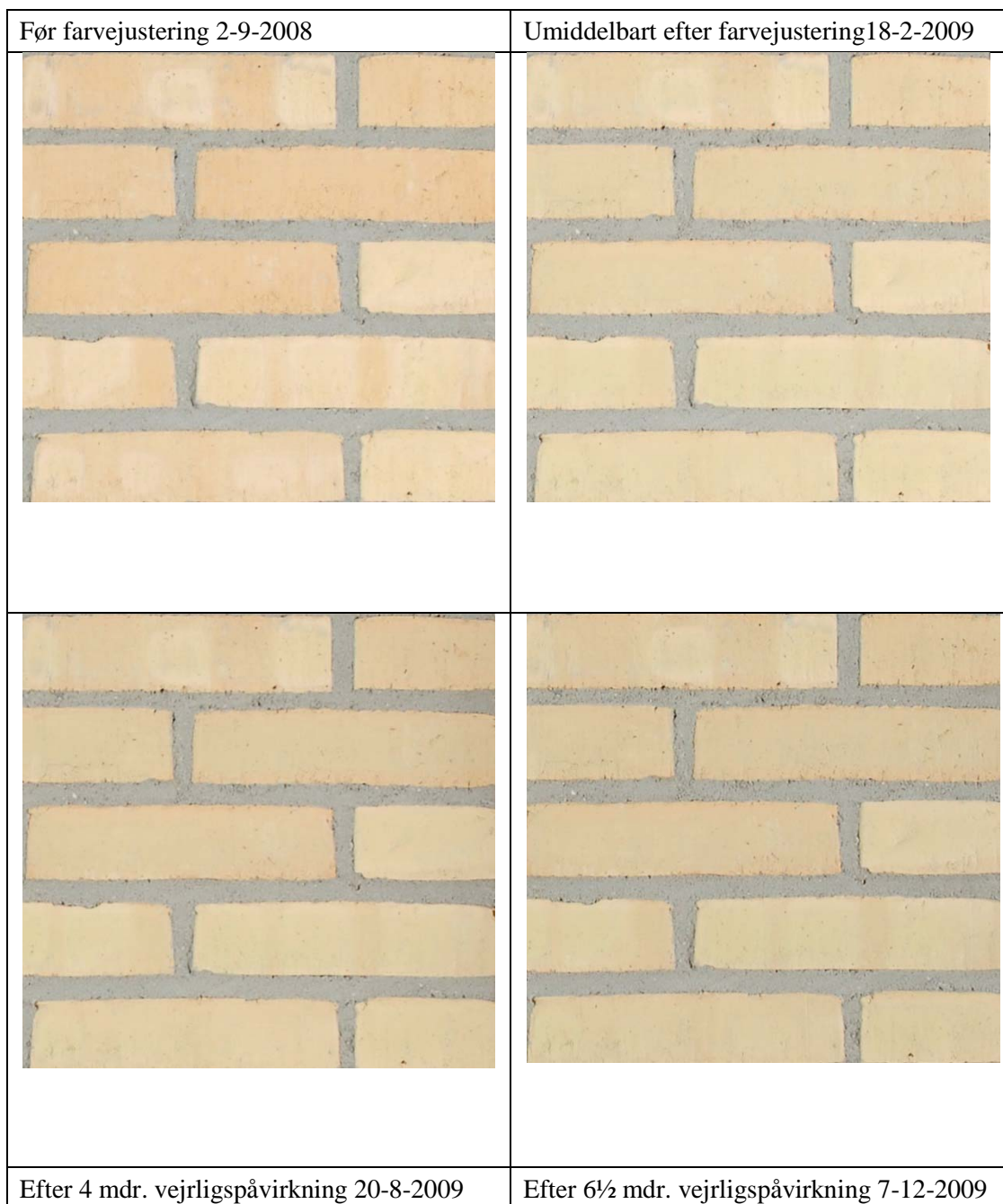
Delta E væg 4	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment	8,1					
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig	1,9					
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig	2,3					



Figur 21. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 4 (n-v felt). Gul med mangan, normalt brændt, blødstrøgen. Feltet er gjort mere gult med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL)

Tabel 14. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 4. Gul normalt brændt blødstrøgen, (n-v, fixativ).

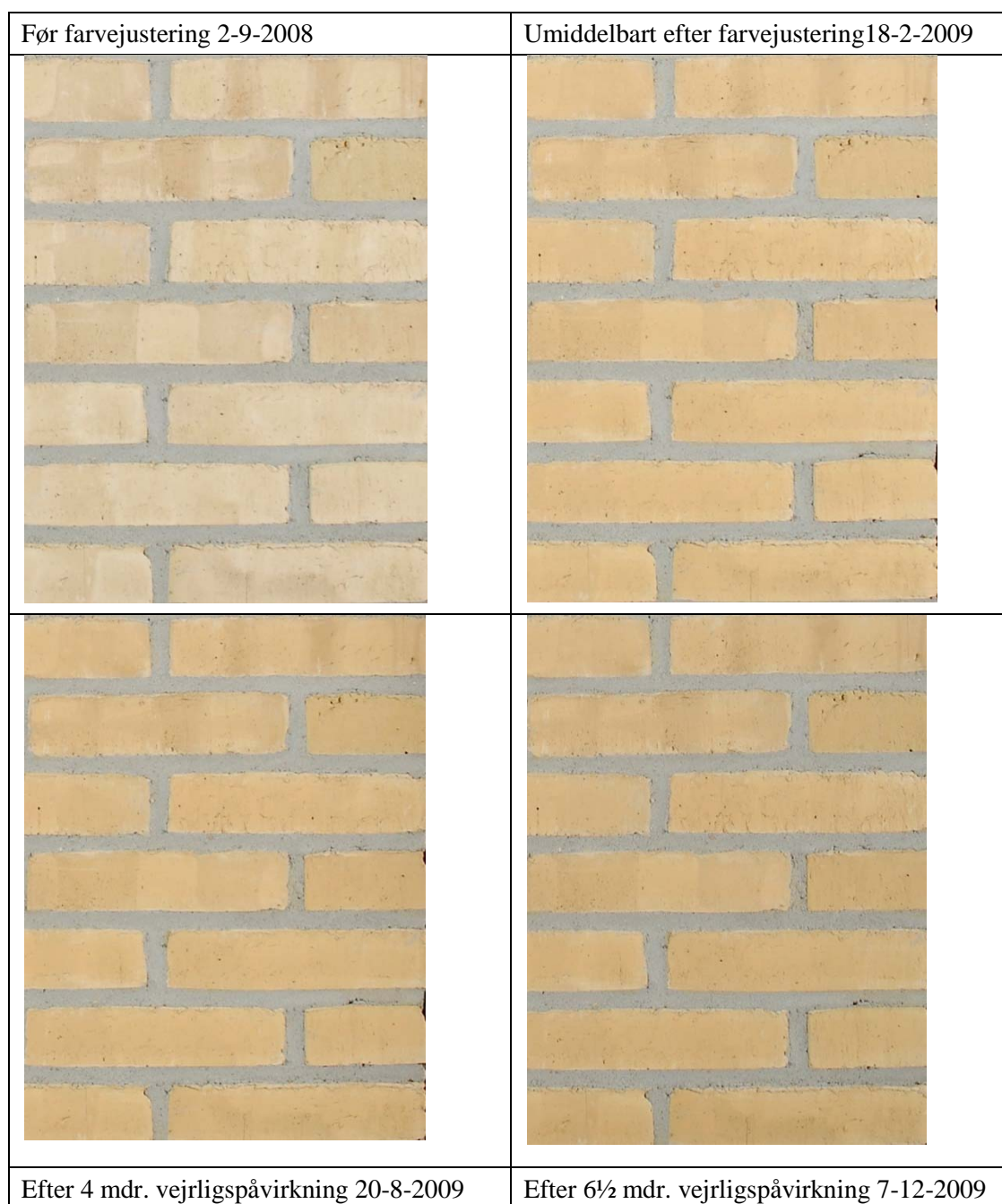
Delta E væg 4	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment				8,6		
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig				0,6		
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig				0,6		



Figur 22. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 4 (ø-h felt). Gul, normalt brændt, blødstrogen. Feltet er gjort mere gråligt med pigment opblandet i vand (KB)

Tabel 15. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 4. Gul normalt brændt blødstrogen. (ø-h, vand).

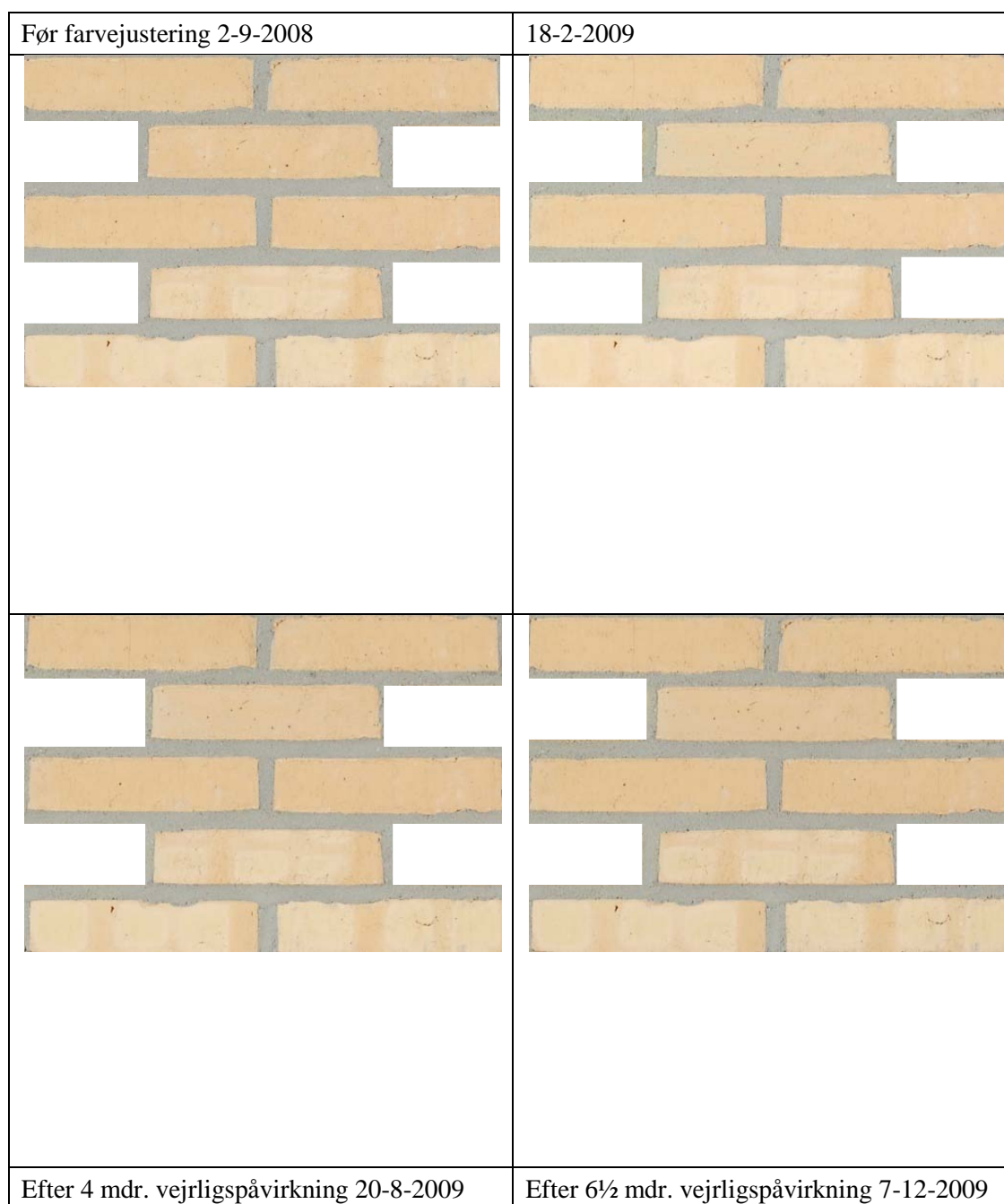
Delta E væg 4	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment			5,1			
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig			0,4			
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig			0,5			



Figur 23. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 4 (n-h felt). Gul med mangan, normalt brændt, blødstrøgen. Feltet er gjort mere gult med pigment opblandet i vand (KB)

Tabel 16. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 4. Gul normalt brændt blødstrøgen. (n-h, vand).

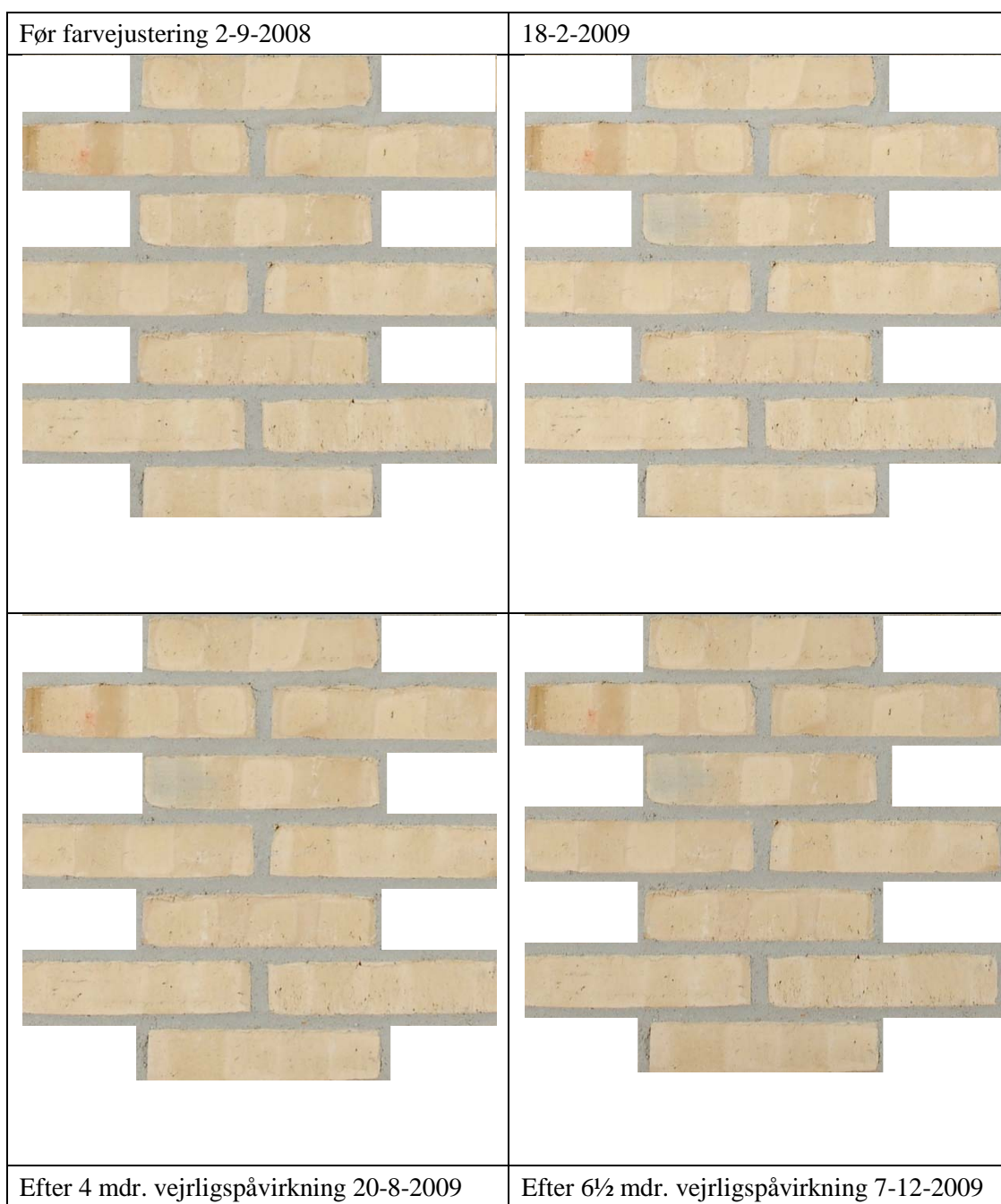
Delta E væg 4	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment						7,8
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig						0,2
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig						0,4



Figur 24. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 4 (ø-m felt). Gul, normalt brændt, blødstrøgen. Dette er et referencefelt, og er ikke farvejusteret.

Tabel 17. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 4. Gul normalt brændt blødstrøgen. (ø-m, ref).





Delta E væg 4	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment		0,8				
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig		0,7				
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig		0,9				



Figur 25. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 4 (n-m felt). Gul med mangan, normalt brændt, blødstrøgen. Dette er et referencefelt, og er ikke farvejusteret.

Tabel 18. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 4. Gul normalt brændt blødstrøgen. (n-m, ref).

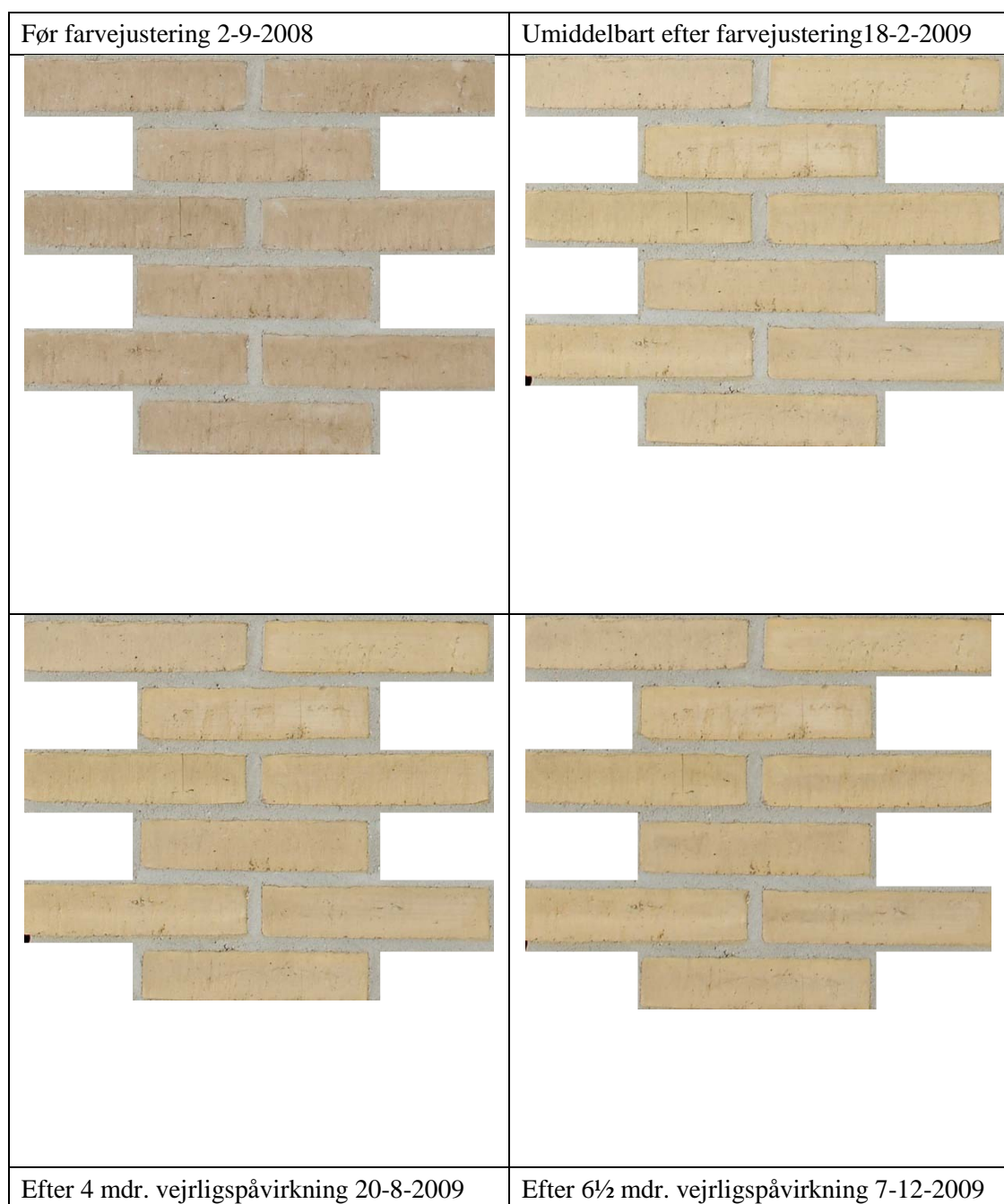
Delta E væg 4	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment					0,2	
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig					0,3	
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig					0,5	

Før farvejustering 2-9-2008	Umiddelbart efter farvejustering 18-2-2009
	
	
Efter 4 mdr. vejrligspåvirkning 20-8-2009	Efter 6½ mdr. vejrligspåvirkning 7-12-2009

Figur 26. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 5 (ø-v felt). Gul mangansten blødstrøgen, lys variant. Feltet er gjort mørkere med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL)

Tabel 19. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 5. Gul mangansten blødstrøgen. (ø-v, fixativ).

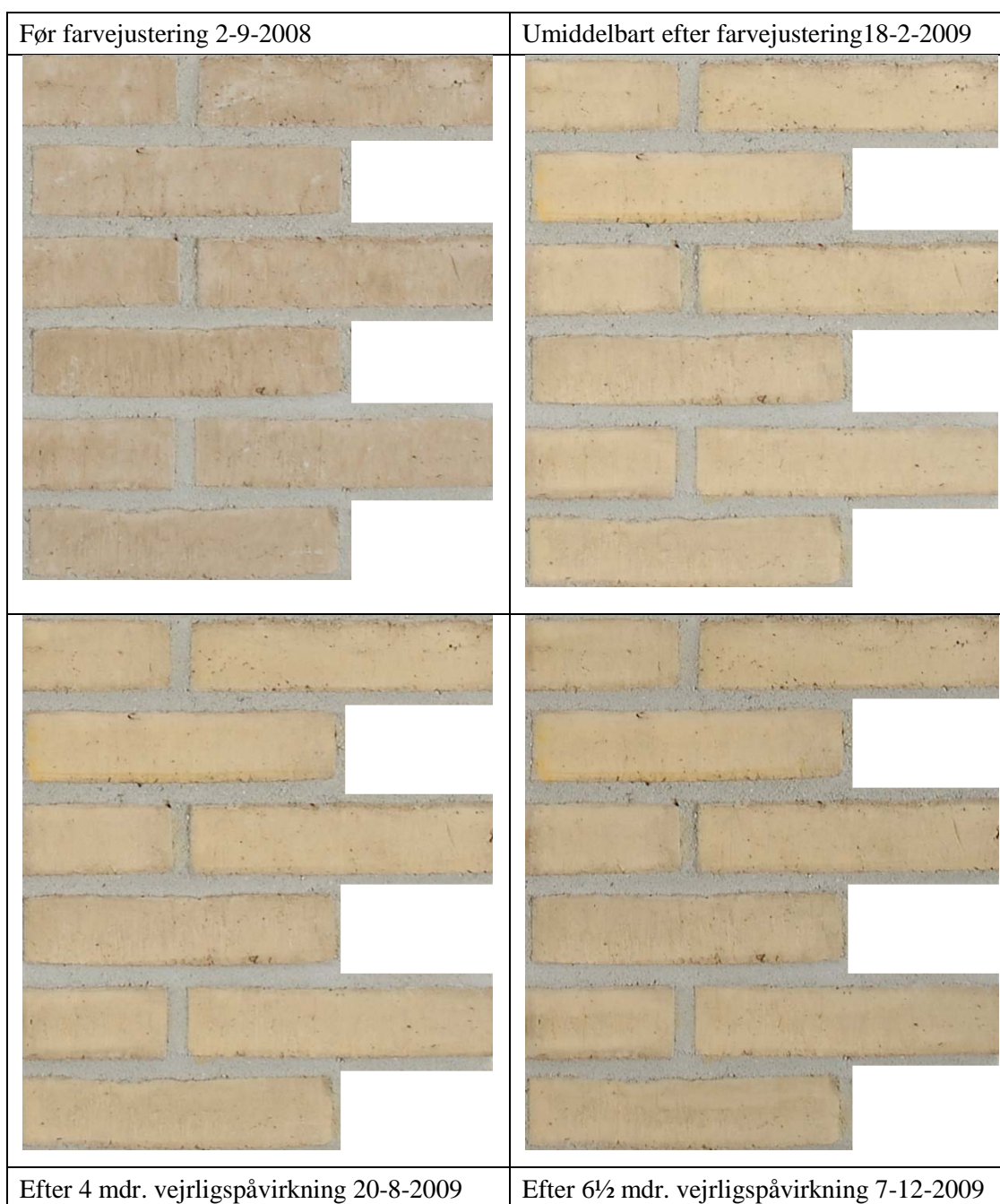
Delta E væg 5	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment	8,4					
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig	2,2					
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig	2,3					



Figur 27. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 5 (n-v felt). Gul mangansten blødstørgen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL)

Tabel 20. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 5. Gul mangansten blødstørgen. (n-v, fixativ).

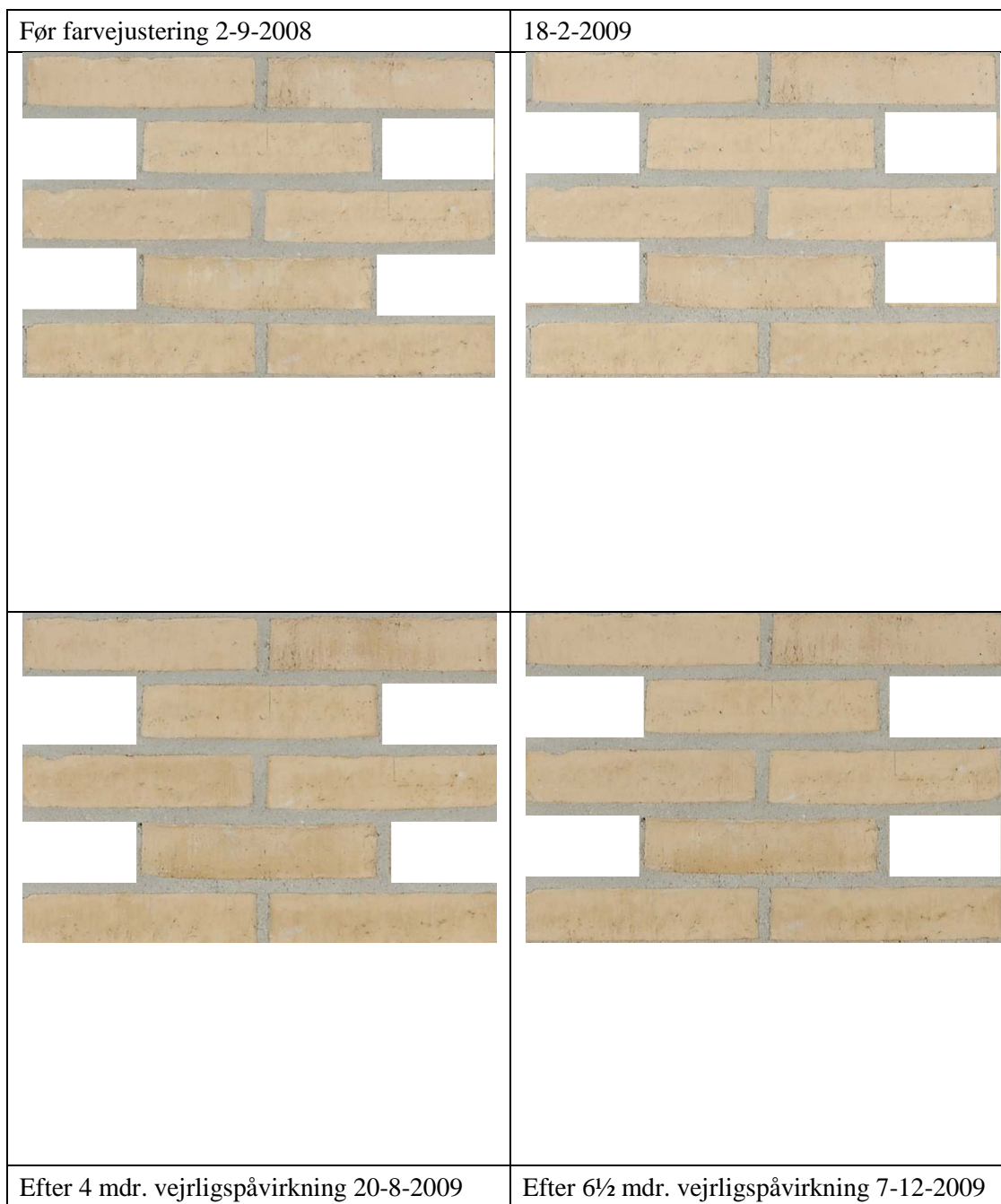
Delta E væg 5	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment				8,3		
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig				0,6		
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig				2,0		



Figur 28. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 5 (n-h felt). Gul mangansten blødstrøgen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opløst i vand (KB)

Tabel 21. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 5. Gul mangansten blødstrøgen. (n-h, vand).

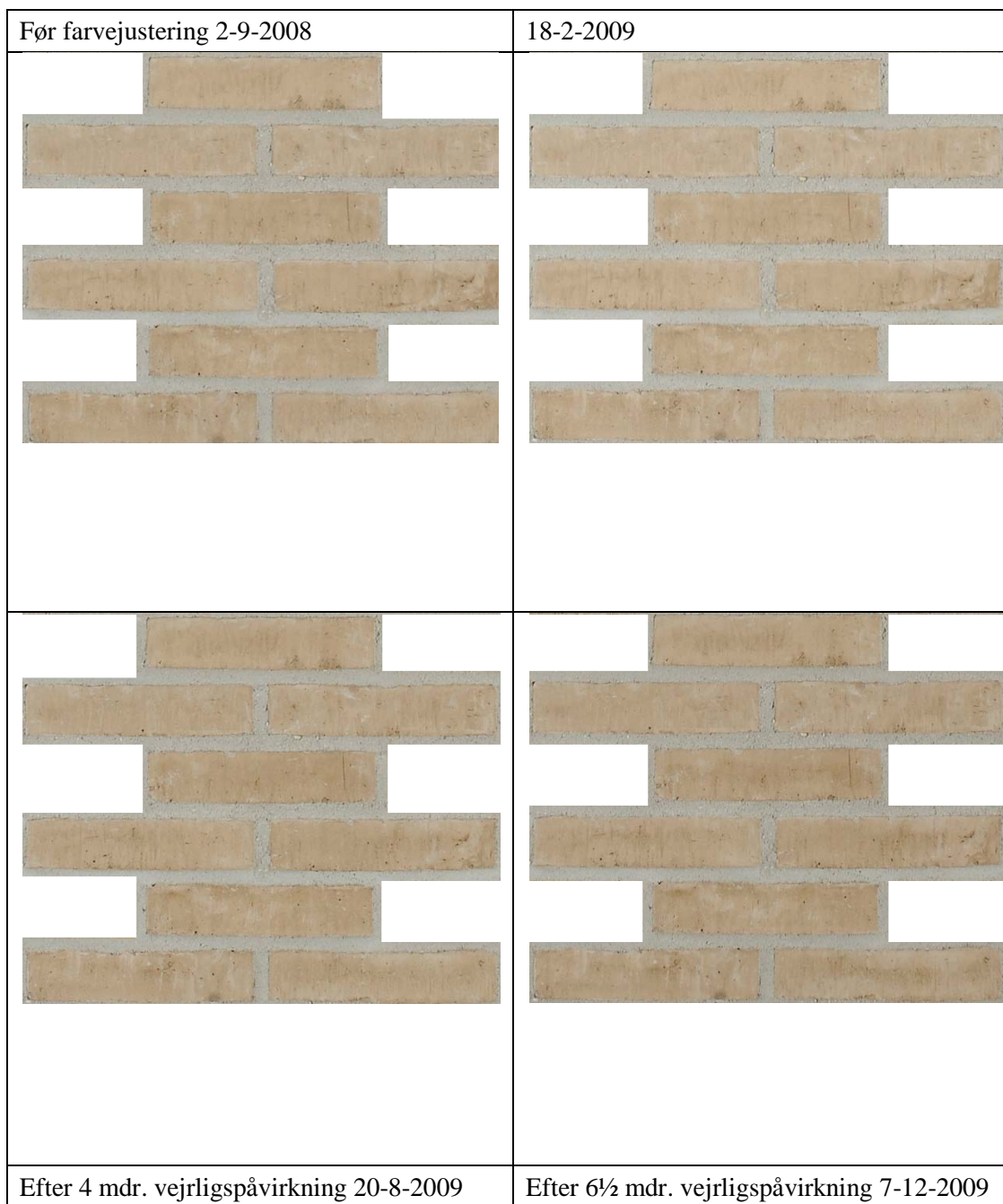
Delta E væg 5	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment						9,3
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig						0,5
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig						0,5



Figur 29. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 5 (ø-m felt). Gul mangansten blødstrøgen, lys variant. Dette felt er et referencefelt, og er ikke farvejusteret.

Tabel 22. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 5. Gul mangansten blødstrøgen. (ø-m, ref).

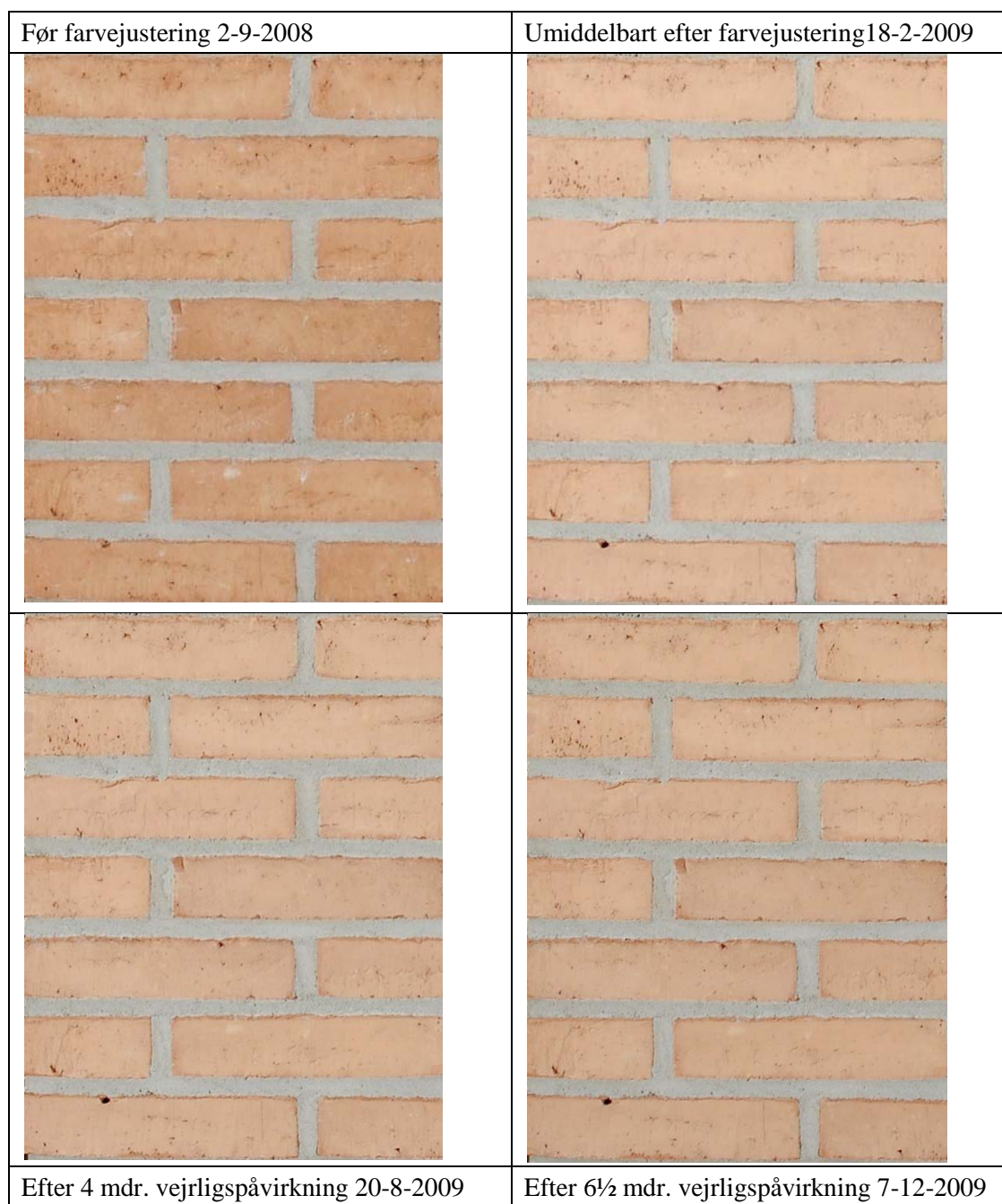
Delta E væg 5	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment		0,4				
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig		1,8				
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig		1,0				



Figur 30. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 5 (n-m felt). Gul mangansten blødstrøgen, mørk variant. Dette er et referencefelt, og er ikke farvejusteret.

Tabel 23. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 5. Gul mangansten blødstrøgen.(n-m, ref).

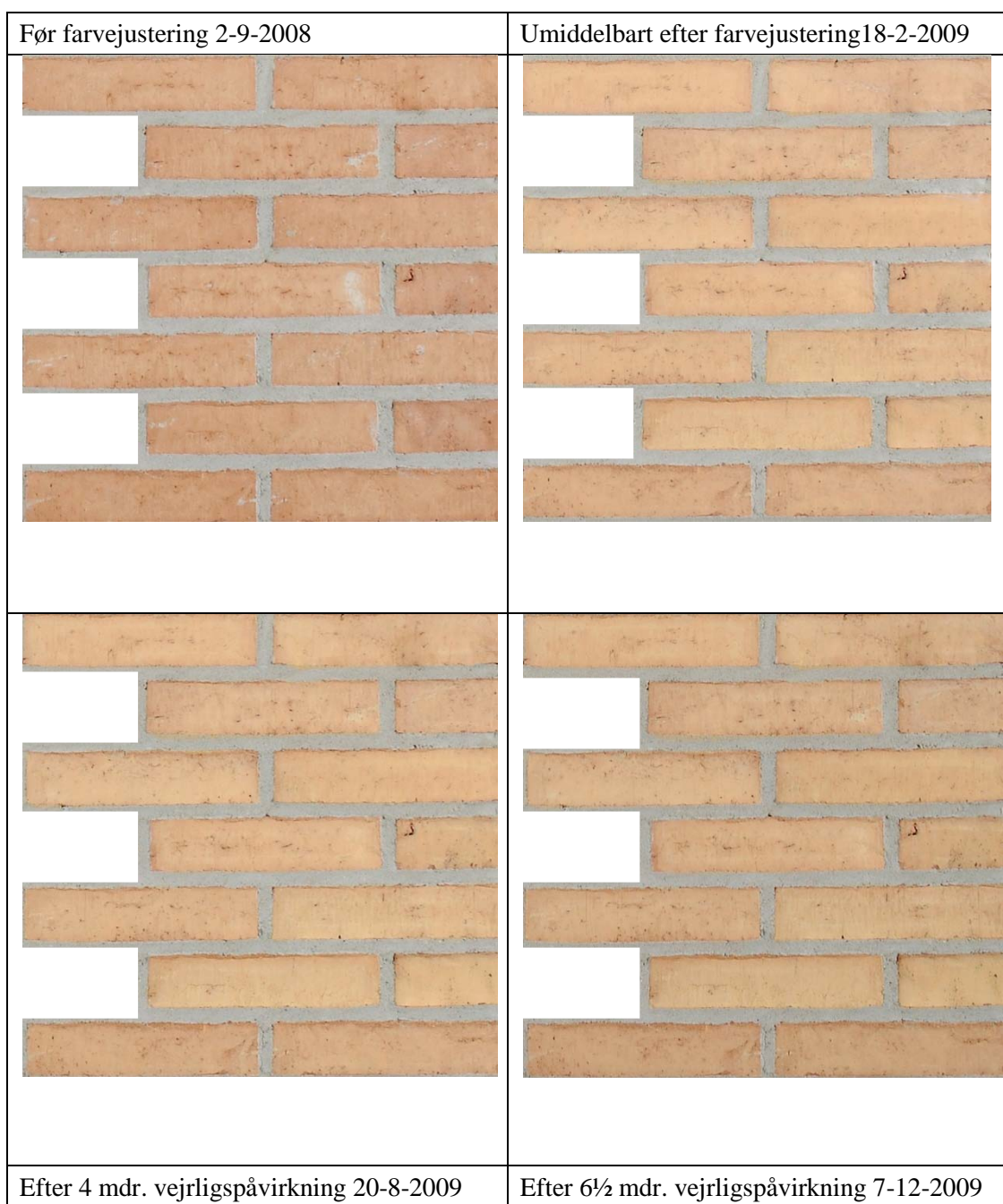
Delta E væg 5	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment					0,1	
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig					0,6	
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig					0,4	



Figur 31. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 6 (n-v felt). Rosé blødstrøgen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i vand (KB)

Tabel 24. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Farvemålingsdata (delta E) for væg 6. Rosé blødstrøgen. (n-v, vand).

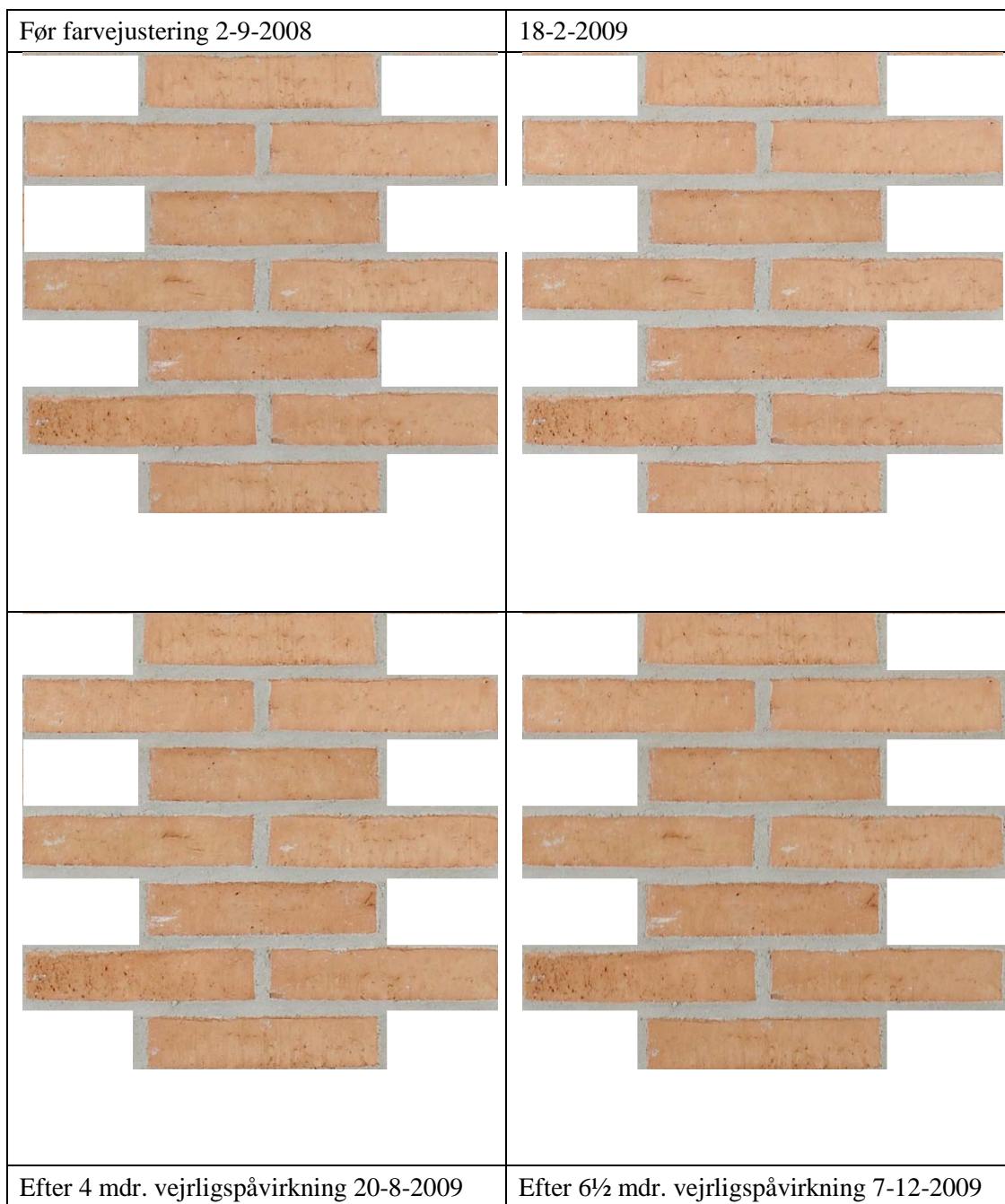
Delta E væg 6	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment				5,2		
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig				0,2		
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig				0,3		



Figur 32. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 6 (n-h felt). Rosé blødstrøgen, mørk variant. Feltet er lysnet med pigment opblandet i Keim specialfixativ (HL)

Tabel 25. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 6. Rosé blødstrøgen. (n-h, fixativ).

Delta E væg 6	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment						6,7
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig						0,5
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig						0,9



Figur 33. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Væg 6 (n-m felt). Rosé blødstrøgen, mørk variant. Dette er et referencefelt, og er ikke farvejusteret.

Tabel 26. Forsøg A. Naturlig vejrligspåvirkning. Færvemålingsdata (delta E) for væg 6. Rosé blødstrøgen. (n-m, ref).

Delta E væg 6	(ø-v)	(ø-m) ref	(ø-h)	(n-v)	(n-m) ref	(n-h)
Størrelsen af farvejustering i forbindelse med påførslen af pigment					0,1	
Farveændring efter 4 mdr. vejrlig					0,5	
Farveændring efter 6½ mdr. vejrlig					0,4	

I ovenstående gennemgang af, hvordan farveudviklingen har været i det justerede murværk er følgende felter udeladt:

Hele væg 3, rosé blødstrøgen: Det blev besluttet ikke at justere farven på denne mur, da farveforskellen mellem øverste og nederste del af muren som udgangspunkt var for lille.

Væg 5 (ø-h) felt, lys mangan sten: På denne del af muren var der, trods det konstruerede tag, dannet en del gipsmisfarvninger, sådan at det samlede areal, der reelt kunne sammenlignes, var for lille (1-2 sten).

Væg 6, rosé blødstrøgen. De tre øverste felter på denne mur er udeladt i gennemgangen dels på grund af dannelse af gipsmisfarvninger, og dels fordi denne del af muren er opført med sten, som er indbyrdes forskellige. Dette betyder, at der ikke findes tilstrækkelige store felter, der kan sammenlignes.





I hovedrapportens bilag 1 kan murene ses i deres helhed.

9.2 Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk


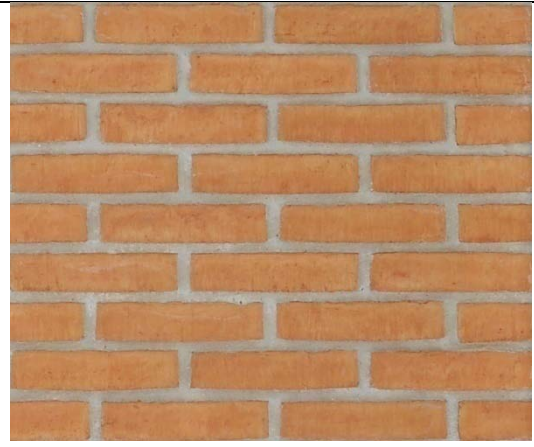


Der er taget fotos og lavet farvemåling til følgende terminer:

1. Efter 1 måneds hærkning ved 20 °C og 65 % RH, 20-8-2009.
2. Efter én uges indledende påvirkning i klimaskab, 16-9-2009.
3. Efter farvejustering af prøvemurene, 18-9-2009
4. Efter 1 uges accelereret vejrligspåvirkning, 29-9-2009
5. Efter 2 uges accelereret vejrligspåvirkning, 26-10-2009
6. Efter 3 uges accelereret vejrligspåvirkning, 2-11-2009.
7. Efter 4 uges accelereret vejrligspåvirkning, 9-11-2009
8. Efter 5 uges accelereret vejrligspåvirkning, 17-11-2009
9. Efter 6 uges accelereret vejrligspåvirkning, 23-11-2009
10. Efter 7 uges accelereret vejrligspåvirkning, 30-11-2009
11. Efter 8 uges accelereret vejrligspåvirkning, 7-12-2009
12. Efter 9 uges accelereret vejrligspåvirkning, 15-12-2009





I nedenstående figurer er følgende terminer udvalgt til sammenligning, umiddelbart inden farvejustering (16-9-2009), umiddelbart efter farvejustering (18-9-2009), efter 6 ugers accelereret vejrligspåvirkning (23-11-2009) samt efter 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning (15-12-2009).

Efter indledende vandpåvirkning, 16-9-2009	18-9-2009
	
	
Efter 6 uger i klimaskab 23-11-2009 (svarende til 6 år)	Efter 9 uger i klimaskab 15-12-2009 (svarende til 9 år)





Figur 34. Forsøg B. Klimaskabsvæg (ø-v) felt (Dette er et referencefelt, og er ikke farvejusteret)

Efter indledende vandpåvirkning, før farvejustering 16-9-2009	Umiddelbart efter farvejustering 18-9-2009
	
	
Efter 6 uger i klimaskab 23-11-2009 (svarende til 6 år)	Efter 9 uger i klimaskab 15-12-2009 (svarende til 9 år)

Figur 35. Forsøg B. Klimaskabsvæg (ø-h) felt, farvejusteret med pigment opløst i Keim specialfixativ

Efter indledende vandpåvirkning, før farvejustering 16-9-2009	Umiddelbart efter farvejustering 18-9-2009
	
	
Efter 6 uger i klimaskab 23-11-2009 (svarende til 6 år)	Efter 9 uger i klimaskab 15-12-2009 (svarende til 9 år)

Figur 36. Forsøg B. Klimaskabsvæg (n-v) felt, farvejusteret med pigment opblandet i vand

Efter indledende vandpåvirkning, før farvejustering 16-9-2009	Umiddelbart efter farvejustering 18-9-2009
	
	
Efter 6 uger i klimaskab 23-11-2009 (svarende til 6 år)	Efter 9 uger i klimaskab 15-12-2009 (svarende til 9 år)

Figur 37. Forsøg B. Klimaskabsvæg (n-h) felt, farvejusteret med pigment opblandet i kalkvand

Tabel 27. Forsøg B. Accelereret vejrligspåvirkning. Ændring af farve ved farvejustering. (ø-v, ref), (ø-h, fixativ), (n-v, vand), (n-h, kalkvand).

Størrelsen af farveændring i forbindelse med påførslen af pigment				
	(ø-v)	(ø-h)	(n-v)	(n-h)
Delta L	0,0	2,6	2,6	2,7
Delta a	0,0	-3,9	-2,8	-3,3
Delta b	0,0	-1,1	0,1	-0,7
Delta E	0,0	4,8	3,8	4,3

Tabel 28. Forsøg B. Accelereret vejrligspåvirkning. Totale farveændring fra farvejustering til og med 9. uge i klimaskab. (ø-v, ref), (ø-h, fixativ), (n-v, vand), (n-h, kalkvand).

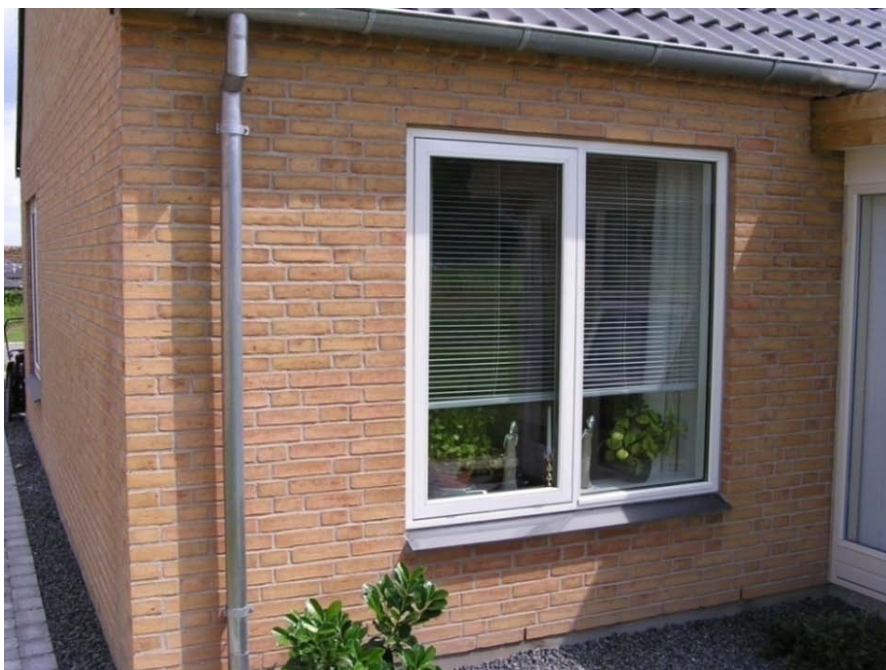
Farveændring i perioden fra farvejustering til og med 9. uge i klimaskab				
	(ø-v)	(ø-h)	(n-v)	(n-h)
Delta L	0,5	-0,2	0,4	0,3
Delta a	-0,5	0,2	-0,4	-0,3
Delta b	-0,6	0,8	-0,3	-0,2
Delta E	0,9	0,8	0,6	0,5

10. Før- og efter fotos fra farvejusteret byggeri

I det følgende gives eksempler på farvejustering af færdigt byggeri. Farvejusteringen er foretaget af Henning Lagoni for Randers Tegl, og fotos er leveret af Kurt Degn. Disse eksempler er ikke en del af laboratorieundersøgelsen, men medtaget for at demonstrere, hvordan farvejustering af tegl anvendes i praksis. Tilsvarende fotos er efterspurgt hos Egersund Tegl, men på grund af en teknisk fejl, er de desværre ikke i stand til at levere tilsvarende fotos.



Figur 38. Eksempel 1, før farvejustering. (Farvejustering i praksis, ikke en del af projektet)



Figur 39. Eksempel 1, efter farvejustering. (Farvejustering i praksis, ikke en del af projektet)



Figur 40. Eksempel 2, før farvejustering. (Farvejustering i praksis, ikke en del af projektet)



Figur 41. Eksempel 2, efter farvejustering. (Farvejustering i praksis, ikke en del af projektet)



Figur 42. Eksempel 3, før farvejustering. (Farvejustering i praksis, ikke en del af projektet)



Figur 43. Eksempel 3, efter farvejustering. (Farvejustering i praksis, ikke en del af projektet)

11. Sammenfatning og vurdering

11.1 Forsøg A: Naturlig vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

I forsøg A følges holdbarheden af farvejusteringer foretaget på rødt, gult og rosé farvet tegl i en periode på 6½ måned, hvor murværkerne udsættes for naturlig vejrligspåvirkning.

Alle murværkerne er farvejusteret med hhv. Flügger tonepasta opblandet i vand og Flügger tonepasta opblandet i Keim specialfixativ fortyndet 1:1 med vand.

For alle tegltyperne rød, gul og rosé gælder, at der er foretaget justeringer for at lysne mørke tegl-varianter, og der er foretaget justeringer for at gøre lyse tegl-varianter mørke.

Farverne er fulgt med billeddokumentation samt farvemålinger. For farvemålingerne gælder, at farven angives med L, a, og b værdier. L varierer fra 0 (sort) til 100 (hvid), a varierer fra -a (grøn) til +a (rød) og b varierer fra -b (blå) til +b (gul).

Ændring i farve angives med værdien 'delta E'. Delta E er en beregnet værdi, som angiver den samlede ændring i parametrene a:rød-grøn, b:gul-blå samt L:lys-mørk. Jo større delta E værdi, jo større farveændring er der sket.

Det skønnes, at en farveændring (delta E værdi) mindre end ca. 3-4 efter vejrligspåvirkning vil angive en holdbarhed i farvejusteringen, som er tilfredsstillende. Da delta E er et udtryk for den samlede ændring i flere parametre, kan dette tal ikke stå alene, men vurderes i hvert tilfælde sammen med de fotos, der er taget af murværkerne.

Nedenfor angives de registrerede observationer samt en vurdering af resultaterne.

11.1.1 Rødt tegl

Væg 1 og 2 er opført i røde blødstrogne teglsten. Teglstenene anvendt til væg 1 er normalbrændte mens teglstenene anvendt i væg 2 er hårdtbrændte.

I figur 8-11 samt 14-17 ses billeddokumentation af murfelterne som de tager sig ud til følgende fire terminer: før farvejustering, umiddelbart efter farvejustering, efter 4 måneders vejrligspåvirkning af det farvejusterede murværk og endelig efter 6½ måneders vejrligspåvirkning af det farvejusterede murværk.

Tabel 29 viser størrelsen af den farveændring, der sker i forbindelse med påførelsen af farve på væg 1 og 2 (rødt tegl), delta E værdier angivet med blå. Samtidig angives delta E for ændringen af farven fra justeringstidspunktet og frem til murværket har været udsat for 4 måneders naturlig vejrligspåvirkning, angivet med grønt. Og endelig delta E for ændringen af farven fra justeringstidspunktet og frem til murværket har været udsat for 6½ måneders vejrligspåvirkning, angivet med rødt.

Tabel 29. Angivelse af farveændringer for væg 1 og 2 ved følgende terminer: i forbindelse med farvejusteringen (angivet med blå), efter 4 måneders vejrlig (angivet med grøn) og efter 6½ måneders vejrlig (angivet med rød). Ændringerne er angivet ved delta E værdier.

Delta E værdier	Farveændring	Pigment opblandet i vand	Pigment opblandet i fixativ	Referencefelt (ikke farvejusteret)
Væg 1 Rød normalbrændt	lysnet	4,9/0,3/0,5 (ø-h)	5,8/4,2/4,3 (ø-v)	0,3/0,2/0,1 (ø-m)
	gjort mørk	4,0/1,0/1,6 (n-h)	3,3/1,9/2,3 (n-v)	0,2/0,3/0,5 (n-m)
Væg 2 Rød hårdtbrændt	gjort mørk	6,9/1,8/2,6 (ø-v)	6,4/1,8/3,0 (ø-h)	0,3/0,5/0,2 (ø-m)
	lysnet	4,9/1,7/1,9 (n-v)	8,2/3,1/3,5 (n-h)	0,1/0,3/0,2 (n-m)

Farvejusteringsmetoder

For justeringerne foretaget med pigment opblandet i vand, ses at størrelsen af justeringen ligger med delta E mellem 4,0 og 6,9. Delta E værdier efter 4 måneders vejrligspåvirkning på mellem 0,3 og 1,8. Efter 6½ måneders vejrligspåvirkning er farveændringen beregnet til mellem 0,5 og 2,6 for det røde tegl. Farveændringerne efter vejrligspåvirkning ligger under grænsen på delta E 3-4 og sammen med betragtning af fotos af de tilsvarende murfelter (figur 10, 11, 14 og 15) ses, at der er tale om farvejusteringer af en betragtelig størrelse, som er stabile i hele testperioden.

For justeringer foretaget med pigment opblandet i fixativ ses størrelsen af justeringen at ligge med delta E mellem 3,3 og 8,2. Delta E værdier efter 4 måneders vejrligspåvirkning er beregnet til mellem 1,8 og 4,2. Efter 6½ måneders vejrligspåvirkning findes delta E værdier på mellem 2,3 og 4,3. Figur 8, 9, 16 og 17 viser fotos af farveudviklingen for disse murfelter. Det vurderes, at der også for denne teknik er tale om farvejusteringer af en betragtelig størrelse, som er stabile i hele testperioden. Dog med undtagelse af væg 1 (ø-v) figur 8, som er lysnet med pigment opblandet i fixativ. Her er det observeret, at den gule farve bliver meget fremtrædende efter vejrligspåvirkning især på murfeltets tre nederste skifter. Og en farveændring efter 4 og 6½ måneders vejrligspåvirkning på hhv. 4,2 og 4,3 vurderes som ikke tilfredsstillende.

Brændingsgrad

Resultaterne i tabel 29 viser, at for begge typer af justeringsmetode er det muligt at opnå stabile farvejusteringer på både normaltbrændt (væg 1) og hårdtbrændt rødt tegl (væg 2).

Farvejustering lys/mørk

Bortset fra væg 1 ø-v, viser forsøget, at der med begge teknikker er opnået tilfredsstillende resultater når rødt tegl skal justeres lysere (væg 1 øverst og væg 2 nederst) Her er delta E efter 6½ måneders vejrligspåvirkning beregnet til mellem 0,5 og 3,5, figur 10, 15 og 17). Og der er opnået tilfredsstillende resultater, når det skal justeres i en mørkere tone (væg 1 nederst og væg 2 øverst) Her er delta E efter 6½ måneders vejrligspåvirkning beregnet til mellem 1,6 og 3,0 figur 9, 11, 14 og 16.

Farvens stabilitet

Bortset fra et enkelt tilfælde, hvor normalt brændt rødt tegl er forsøgt lysnet med pigment opblandet i keim fixativ (væg 1 ø-v), så er der på alle murfelter i forsøg A opnået farvejusteringer, som har vist sig stabile i minimum 6½ måned ved naturlig vejrligspåvirkning.

Af tabel 29 fremgår desuden, at den farveændring, som sker ved vejrligspåvirkning, for begge justeringsmetoder, hovedsagelig vil ske inden for de første 4 måneder. Herefter er ændringen minimal. Dette ses ved at delta E efter 6½ måneds vejrligspåvirkning (angivet med rødt) for alle murfelternes vedkommende ikke er signifikant større end den tilsvarende måling efter 4 måneders vejrligspåvirkning (angivet med grønt).

Delkonklusion rødt tegl, Forsøg A:

Både påføring af pigment opblandet i vand og pigment opblandet i keim fixativ har vist sig at være egnede metoder til farvejustering af rødt tegl.

Begge metoder har vist sig egnede til at justere rødt tegl både lysere og mørkere.

Bortset fra et enkelt tilfælde, hvor normalt brændt rødt tegl er forsøgt lysnet med pigment opblandet i keim fixativ, så er der på alle murfelter i forsøg A opnået farvejusteringer, som har vist sig stabile i minimum 6½ måned ved naturlig vejrligspåvirkning.

Forsøget har desuden vist, at den største grad af farveændring, der sker efter farvejustering, vil ske inden for de første 4 måneder. Herefter sker der kun minimale ændringer af den justerede farve.

11.1.2 Gult tegl

Væg 4 og 5 er opført i hhv. gul normalt brændt blødstrøgne teglsten og en gul mangansten blødstrøgen.

I figur 20-23 samt 26-28 ses billeddokumentation af murfelterne som de tager sig ud til følgende fire terminer: før farvejustering, umiddelbart efter farvejustering, efter 4 måneders vejrligspåvirkning af det farvejusterede murværk og endelig efter 6½ måneders vejrligspåvirkning af det farvejusterede murværk. Væg 5 ø-h er ikke medtaget i opgørelsen, da der under vejrligspåvirkningen er dannet gipsmisfarvninger, på denne del af murværket, se hovedrapportens bilag 1.

Tabel 30 viser størrelsen af den farveændring, der sker i forbindelse med påførelsen af farve på væg 4 og 5 (gult tegl), angivet med delta E (blå tal). Samtidig angives delta E for ændringen af farven fra justeringstidspunktet og frem til murværket har været udsat for 4 måneders naturlig vejrligspåvirkning (grønne tal). Og endelig delta E

for ændringen af farven fra justeringstidspunktet og frem til murværket har været udsat for 6½ måneds vejrligspåvirkning (røde tal).

Tabel 30. Angivelse af farveændringer for gult tegl ved følgende terminer: i forbindelse med farvejusteringen (angivet med blå), efter 4 måneders vejrlig (angivet med grøn) og efter 6½ måneds vejrlig (angivet med rød). Ændringerne er angivet ved delta E værdier.

Delta E værdier	Farveændring	Pigment opblandet i vand	Pigment opblandet i fixativ	Referencefelt (ikke farvejusteret)
Væg 4 Gul normalt brændt	farvet grålig	5,1/0,4/0,5 (ø-h)	8,1/1,9/2,3 (ø-v)	0,8/0,7/0,9 (ø-m)
	farvet gullig	7,8/0,2/0,4 (n-h)	8,6/0,6/0,6 (n-v)	0,2/0,3/0,5 (n-m)
Væg 5 Gul mangansten	mørkere grå	gipsmisfarvet	8,4/2,2 [†] /2,3* (ø-v)	0,4/1,8*/1,0* (ø-m)
	lysere grå		8,3/0,6/2,0 (n-v)	0,1/0,6/0,4 (n-m)

*) muligvis forhøjede pga. svag gipsmisfarvning af væg 5 øverst, se bilag 1 figur 23-25.

Farvejusteringsmetoder

Farvejusteringerne foretaget med pigment opblandet i vand, ses at være af en betragtelig størrelse, delta E er beregnet til mellem 5,1 og 9,3. Efter 6½ måneds vejrligspåvirkning er farven ændret, men dog kun minimalt, sådan at delta E for farveændringerne kan beregnes til mellem 0,4 og 0,5 for felterne justeret med pigment opblandet i vand. Delta E værdierne for farvens ændring gennem 6½ måneds vejrligspåvirkning er langt under grænsen på delta E 3-4, og sammen med betragtning af foto af de tilsvarende murfelter (figur 22, 23 og 28) viser forsøget, at der er tale om farvejusteringer, som er stabile i hele testperioden.

Farvejusteringerne foretaget med pigment opblandet i fixativ ses også at være af en betragtelig størrelse. Delta E for farvejusteringen er beregnet til mellem 8,1 og 8,6. Efter 6½ måneds vejrligspåvirkning er farven ændret og delta E for farveændringerne kan beregnes til mellem 0,6 og 2,3 for felterne justeret med pigment opblandet i fixativ, altså under grænsen på 3-4. Delta E værdierne for farvens ændring gennem 6½ måneds vejrligspåvirkning sammen med betragtning af fotos af de tilsvarende murfelter (figur 20, 21, 26 og 27) viser, at der er tale om farvejusteringer, som er stabile i hele testperioden.

Gult tegl og manganholdigt gult tegl

Resultaterne i tabel 30 viser, at for begge typer af justeringsmetode er det muligt at opnå stabile farvejusteringer på både almindeligt gult tegl (væg 4, delta E efter 6½ måned 0,4-2,3) og manganholdigt gult tegl (væg 5, delta E efter 6½ måned 0,5-2,3).

Farvejustering gul/grå, mørk grå/lys grå.

Forsøget viser også, at det med begge teknikker er muligt at gøre gult tegl mere gråligt (væg 4 øverst, delta E efter 6½ måned 0,5-2,3) og gråligt tegl mere gulligt (væg 4

nederst, delta E efter 6½ måned 0,4-0,6). Og det er muligt at gøre manganholdigt tegl både lysere (væg 5 nederst, delta E efter 6½ måned 0,5-2,0) og mørkere (væg 5 øverst, delta E efter 6½ måned 2,3).

Farvens stabilitet

For gult murværk er der opnået farvejusteringer, som har vist sig stabile i minimum 6½ måned ved naturlig vejrligspåvirkning. Af tabel 30 fremgår desuden, at den farveændring, som sker ved vejrligspåvirkning for begge justeringsmetoder hovedsagelig vil ske inden for de første 4 måneder. Herefter er ændringen minimal. Dette ses ved at delta E efter 6½ måneds vejrligspåvirkning (angivet med rød) ikke er signifikant større end den tilsvarende måling efter 4 måneders vejrligspåvirkning (angivet med grøn).

Delkonklusion gult tegl, Forsøg A:

På alle murfelter i væg 4 (gul normalt brændt) og 5 (gul mangansten) er der i forsøg A opnået farvejusteringer, som har vist sig stabile i minimum 6½ måned ved naturlig vejrligspåvirkning.

Både påføring af pigment opblandet i vand og pigment opblandet i keim fixativ er fundet egnede som metoder til farvejustering af gult tegl.

Forsøget har vist, at det er muligt at justere tegl baseret på gulbrændende ler både i retning af de gule tegl kan justeres mere grålige og grålige tegl kan justeres mere gule. Desuden kan manganholdige tegl justeres både lysere og mørkere.

Forsøget har desuden vist, at den største grad af farveændring, der sker efter farvejustering, vil ske inden for de første 4 måneder. Herefter sker der kun minimale ændringer af den justerede farve.

11.1.3 Rosé tegl

Væg 3 og 6 er opført i roséfarvede blødstrøgne teglsten. Farveforskellen mellem øverste og nederste del af væg 3 viste sig efter opførelsen at være for utilstrækkelig. Og det blev besluttet ikke at foretage farvejusteringer på denne væg.

Væg 6, rosé blødstrøgen. De tre øverste felter på denne mur er udeladt i gennemgangen dels på grund af dannelse af gipsmisfarvninger, og dels fordi denne del af muren er opført med sten, som er indbyrdes forskellige med hensyn til farve. Dette betyder, at der ikke findes tilstrækkelige store felter, der kan sammenlignes.

Nedenfor gives de observationer, som er gjort på nederste del af væg 6.

I figur 31 og 32 ses billeddokumentation af murfelterne, som de tager sig ud til følgende fire terminer: før farvejustering, umiddelbart efter farvejustering, efter 4 mån-

deders vejrligspåvirkning af det farvejusterede murværk og endelig efter 6½ måneders vejrligspåvirkning af det farvejusterede murværk.

Tabel 31 viser størrelsen af den farveændring, der sker i forbindelse med påførelsen af farve på væg 6 (rosé tegl), delta E angivet med blå. Samtidig angives delta E for ændringen af farven fra justeringstidspunktet og frem til murværket har været udsat for 4 måneders naturlig vejrligspåvirkning (de grønne tal). Og endelig delta E for ændringen af farven fra justeringstidspunktet og frem til murværket har været udsat for 6½ måneders vejrligspåvirkning (de røde tal).

Tabel 31. Angivelse af farveændringer for rosé tegl ved følgende terminer: i forbindelse med farvejusteringen (angivet med blå), efter 4 måneders vejrlig (angivet med grøn) og efter 6½ måneders vejrlig (angivet med rød). Ændringerne er angivet ved delta E værdier.

Delta E værdier	Farveændring	Pigment opblandet i vand	Pigment opblandet i fixativ	Referencefelt (ikke farvejusteret)
Væg 6 Rosé	lysnet	5,2/0,2/0,3 (n-v)	6,7/0,5/0,9 (n-h)	0,1/0,5/0,4 (n-m)

Farvejusteringsmetode

Både justeringerne, som er foretaget med pigment opblandet i vand og dem der er foretaget med pigment opblandet i Keim special fixativ viser sig at have en betragtelig størrelse, hhv. delta E 5,2 og 6,7.

For justeringerne foretaget med pigment opblandet i vand, ses efter 6½ måneders vejrligspåvirkning en delta E værdi på 0,3. For justeringer foretaget med pigment opblandet i fixativ ses en delta E værdi på 0,9. Til sammenligning ses en delta E værdi for referencefeltet, som ikke er farvejusteret, på 0,4. Farveændringerne ligger langt under grænsen på delta E 3-4.

Farvens stabilitet

Delta E værdierne beregnet efter 6½ måneders vejrligspåvirkning sammen med betragtning af foto af de tilsvarende murfelter (figur 31 og 32) viser, at der er tale om farvejusteringer, som for begge metoders vedkommende, er stabile i hele testperioden.

Farvejustering lys/mørk

Forsøget viser, at det med begge teknikker er muligt at gøre rosé tegl lysere. Der er også i forsøgsrække A (naturlig vejrligspåvirkning) foretaget farvejusteringer for at gøre rosé farvet tegl mørkere, væg 6 øverst. Men resultaterne fra disse områder må udelades blandt andet pga. dannelse af gipsmisfarvninger.

Delkonklusion rosé tegl, Forsøg A:

Både påføring af pigment opblandet i vand og pigment opblandet i keim fixativ har vist sig at være egnede metoder til farvejustering af rosé farvet tegl.

Begge metoder har vist sig egnede til at justere rosé farvet tegl lysere.

Farvejusteringerne, som er foretaget på rosé farvet tegl, har vist sig stabile i minimum 6½ måned ved naturlig vejrligspåvirkning.

11.1.4 Generelt for forsøgsrække A

Delkonklusioner for rødt, gult og rosé tegl generelt, Forsøg A:

I tabel 32 er den gennemsnitlige farveændring, der er sket efter 6½ måneds vejrligspåvirkning, beregnet for hhv. rød, gul og rosé farvet tegl. I de felter, der er justeret med pigment opblandet i vand, er den gennemsnitlige delta E værdi for rødt tegl 1,7, for gult tegl 0,5 og for rosé farvet tegl 0,3. Tilsvarende er de gennemsnitlige farveændringer for felterne, som er justeret med pigment opblandet i Keim specialfixativ hhv. 2,9 for rødt tegl (væg 1 ø-v er ikke medregnet), 1,8 for gult tegl og 0,9 for rosé farvet tegl.

Sammenlignes de to metoder, viser tallene umiddelbart, at pigment opblandet i vand generelt en mere holdbar måde at farvejustere murværk på, end pigment opblandet i Keim specialfixativ. Men der er i denne del af undersøgelsen, hvor murværkerne udsættes for naturligt vejrlig, ikke anvendt præcis samme pigmentmængde og pigmentfarve i forbindelse med justeringerne, da det helt har været op til de to malermestres vurdering, hvordan disse skulle blandes. Det kan derfor ikke udelukkes, at forskellen i holdbarhed kan skyldes forskel i valg af pigmentfarve og -mængde. Og det fastholdes, at begge metoder giver tilfredsstillende og stabile resultater.

Tallene i tabel 32 viser desuden, at det er forholdsmæssigt lettere at foretage stabile farvejusteringer på gult og rosé farvet tegl frem for rødt. Dette ses ved at den gennemsnitlige farveændring, som sker inden for de første 6½ måned for gult og rosé farvet tegl er lavere end delta E for de røde tegl. Dette gælder for begge metoder. Denne undersøgelse giver ikke nogen forklaring på dette. Men det kan evt. skyldes forskelle i overfladeporøsitet eller kemisk sammensætning i teglstenene.

Tabel 32. Gennemsnitlige delta E værdier efter 6½ måneds vejrligspåvirkning

Gennemsnitligt delta E	Pigment opblandet i vand	Pigment opblandet i fixativ	Reference
Rødt tegl	1,7	2,9*	0,3
Gult tegl	0,5	1,8	0,7
Rosé tegl	0,3	0,9	0,4

*) Resultatet fra væg 1 ø-v er udeladt i beregningen af dette gennemsnit.

11.2 Forsøg B: Accelereret vejrligspåvirkning af farvejusteret murværk.

I undersøgelsens forsøgsrække B (accelereret vejrligspåvirkning) undersøges holdbarheden af farvejustering af rosé tegl med Flügger tonepasta opblandet i tre typer af væsker hhv. vand, kalkvand og Keim specialfixativ fortyndet 1:1 med vand. Der er anvendt 2,0 g oxydgul og 2,0 g oxydrød til hver af de tre farveblandinger.

Murværket udsættes for regn, frost og UV-stråling i ekstrem form i en periode på 9 uger, svarende til 8-10 års naturlig vejrligspåvirkning. Påvirkningen foregår i klimaskab. Der er ikke foretaget sammenligningsforsøg med langtidstest udført ved naturlig ældning på tilsvarende materialer og konstruktioner, som en direkte tidsoversættelse vil kræve.

Farverne er fulgt med billeddokumentation samt farvemålinger. For farvemålingerne gælder, at farven angives med L, a, og b værdier. L varierer fra 0 (sort) til 100 (hvid), a varierer fra -a (grøn) til +a (rød) og b varierer fra -b (blå) til +b (gul).

Ændring i farve angives med værdien 'delta E'. Delta E er en beregnet værdi, som angiver den samlede ændring i parametrene a:rød-grøn, b:gul-blå samt L:lys-mørk. Jo større delta E værdi, jo større farveændring er der sket.

Det skønnes, at en farveændring (delta E værdi) mindre end ca. 3-4 efter vejrligspåvirkning vil angive en holdbarhed i farvejusteringen, som er tilfredsstillende. Da delta E er et udtryk for den samlede ændring i flere parametre, kan dette tal ikke stå alene, men vurderes i hvert tilfælde sammen med de fotos, der er taget af murværkerne.

I tabel 33 er angivet den totale farveændring, der er sket i forbindelse med påførelsen af farve (angivet med blå) og farveændring som er sket i de 9 uger, som murværket har været udsat for den accelererede vejrligspåvirkning (angivet med rød).

Tabel 33. Data for farveændringen som er sket i forbindelse med farvejusteringen (angivet med blå), samt data for den samlede farveændring der er sket ved 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning (angivet med rød).

	(ø-v) Ref	(ø-h) fixativ	(n-v) vand	(n-h) kalkvand
Delta L	0,0/0,5	2,6/-0,2	2,6/0,4	2,7/0,3
Delta a	0,0/-0,5	-3,9/0,2	-2,8/-0,4	-3,3/-0,3
Delta b	0,0/-0,6	-1,1/0,8	0,1/-0,3	-0,7/-0,2
Delta E	0,0/0,9	4,8/0,8	3,8/0,6	4,3/0,5

Farvejusteringsmetoder

Tallene i tabel 33 viser, at der for alle tre justeringsmetoder er foretaget en farvejustering af betragtelig størrelse.

For at opnå tilnærmelsesvis samme størrelse af farvejustering med alle tre typer justeringsmetode, har murfelterne, som er justeret med vand og kalkvand, fået hver tre

farvejusterings-behandlinger, mens feltet justeret med Keim specialfixativ kun er behandlet én gang. Resultatet er en farveændring for feltet justeret med fixativ på delta $E=4,8$, farveændringen for feltet justeret tre gange med vand er delta $E=3,8$ og endelig farveændringen for feltet justeret tre gange med kalkvand delta $E=4,3$

Den totale farveændring over 9 uger under accelereret vejrligspåvirkning viser for alle tre teknikker delta E værdier på mellem 0,5 og 0,8 (angivet med rødt i tabellen). Disse delta E værdier er af samme størrelsesorden, som for referencefeltet, delta $E=0,9$ og langt under grænsen delta E 3-4. Det kan derfor konkluderes, at farven, som er fremkommet ved justeringen, er holdbar for alle typer af blandingsvæske hhv. vand, kalkvand og Keim specialfixativ.

I modsætning til forsøg A (naturlig vejrligspåvirkning) er der i denne del af undersøgelsen (accelereret vejrligspåvirkning) anvendt præcis ens type og mængde af farvepigment til hvert af de fire felter, som klimavæggen er inddelt i. Den eneste forskel har været typen af opblandingsvæsken. Da delta E for farveændringen for alle tre metoder i hele testperioden er meget lav, og på niveau med delta E for referencefeltet, må det konkluderes, at der ikke er signifikant forskel på holdbarheden fra metode til metode. De tre metoder er lige egnede til farvejustering af murværk.

Farvens stabilitet

Foruden tabel 33 viser figur 35-37, at de justerede farver er stabile for alle tre metoder og ikke påvirkes nævneværdigt af behandlingen i klimaskabet. Farverne er stabile i hele testperioden, hvilket svarer til 8-10 års naturlig vejrligspåvirkning.

Farvevariationer i teglstensfacaden

De enkelte teglsten af den type, som er anvendt til dette forsøg, har naturlige farveinhomogeniteter i facaden, figur 44-47, række 1. I forbindelse med de gentagne opfugtninger og udtørninger af murværket inden farvejustering, forstærkes disse variationer, figur 44-47, række 2.

Med farvejusteringen 'udviskes' en del af denne inhomogenitet igen. Men i forbindelse med at stenene udsættes for vejrlig fremkommer inhomogeniteterne i de enkelte teglsten igen, og i nogle sten endda i forstærket form figur 44-47 række 3 og 4. Især i felterne n-v (vand) og n-h (kalkvand) ses forstærkede farveinhomogeniteter efter vejrligspåvirkning, figur 46 og 47.

Den farve, der måles med farvemåleren er en gennemsnitsfarve for teglet, idet der foretages tre målinger med en diameter på 5 cm på hver sten. Disse inhomogeniteter i den enkelte teglsten afspejles derfor ikke i de foretagne farvemålinger i dette projekt.

	Sten fra ø-v felt (reference) Umiddelbart efter hærdning af mørtlen (20-8-2009).	1
	Sten fra ø-v felt (reference) Efter indledende vandpåvirkning (16-9-2009).	2
	Sten fra ø-v felt (reference) (18-9-2009) To dage efter forrige foto	3
	Sten fra ø-v felt (reference) Efter 9 ugers accelereret vejr- ligspåvirkning (15-12-2009)	4

Figur 44. Enkelt udvalgt sten fra klimavæggens ø-v felt (referencefeltet) ved fire terminer.
Forsøg B. Accelereret vejrligspåvirkning.

	Sten fra ø-h felt Umiddelbart efter hærdning af mørtlen (20-8-2009).	1
	Sten fra ø-h felt (fixativ). Efter indledende vandpåvirk- ning, før farvejustering (16-9- 2009).	2
	Sten fra ø-h felt (fixativ) Umiddelbart efter farvejustering (18-9-2009).	3
	Sten fra ø-h felt (fixativ) Efter 9 ugers accelereret vejr- ligspåvirkning (15-12-2009)	4

Figur 45. Enkelt udvalgt sten fra klimavæggens ø-h felt (pigment+fixativ) ved fire terminer.
Forsøg B. Accelereret vejrligspåvirkning.

	Sten fra n-v felt (vand) Umiddelbart efter hærkning af mørtlen (20-8-2009).	1
	Sten fra n-v felt (vand). Efter indledende vandpåvirkning, før farvejustering (16-9-2009).	2
	Sten fra n-v felt (vand) Umiddelbart efter farvejustering (18-9-2009).	3
	Sten fra n-v felt (vand) Efter 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning (15-12-2009)	4

Figur 46. Enkelt udvalgt sten fra klimavæggens n-v felt (pigment+vand) ved fire terminer. Forsøg B. Accelereret vejrligspåvirkning.

	Sten fra n-h felt Umiddelbart efter hærkning af mørtlen (20-8-2009).	1
	Sten fra n-h felt (kalkvand). Efter indledende vandpåvirkning, før farvejustering (16-9-2009).	2
	Sten fra n-h felt (kalkvand) Umiddelbart efter farvejustering (18-9-2009)	3
	Sten fra n-h felt (kalkvand) Efter 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning (15-12-2009)	4

Figur 47. Enkelt udvalgt sten fra klimavæggens n-h felt (pigment+kalkvand) ved fire terminer. Forsøg B. Accelereret vejrligspåvirkning.

Delkonklusioner Forsøg B (accelereret vejrligspåvirkning)

Farvejustering ved brug af pigment opblandet i vand, kalkvand eller Keim specialfixativ, er fuldstændig stabil i minimum 9 uger under accelereret vejrligspåvirkning, hvilket forventes at svare til 8-10 års naturlig vejrligspåvirkning. Den registrerede farveændring, der er sket i løbet af de 9 ugers accelereret vejrligspåvirkning er for alle tre metoder på samme lave niveau, som de farveændringer der er registreret for referencefeltet, som ikke har været justeret. Der er ingen signifikant forskel i holdbarhed ved anvendelse af de tre metoder.

Ved anvendelse af pigment opløst i vand og pigment opløst i kalkvand er det nødvendigt at foretage flere påføringer for at opnå samme effekt som en enkelt påføring med pigment opløst i Keim specialfixativ giver.

Det er muligt at justere roséfarvet tegl mørkere.

Ved farvejustering med pigment opløst i vand og pigment opløst i kalkvand ses forstærkede farveinhomogeniteter i de enkelte teglstens facader efter vejrligspåvirkning.

Århus, den 24. september 2010
Teknologisk Institut, Byggeri



Helle Dam Andersen

Dir. tlf.: 72 20 38 31
E-mail: HEDA@teknologisk.dk



Anita Holmboe

Dir. tlf.: 72 20 38 25
E-mail: AHO@teknologisk.dk