

Torill Raugstad
Jonas Strid

Regntett innsetting av tunge skyvedører i yttervegger

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Tore Kvande
Medveileder: Lars Gullbrekken
Juni 2022

Torill Raugstad
Jonas Strid

Regntett innsetting av tunge skyvedører i yttervegger

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Tore Kvande
Medveileder: Lars Gullbrekken
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

TBA4905 2022
BYGNINGS- OG MATERIALTEKNIKK

Masteroppgave

Regntett innsetting av tunge skyvedører i yttervegger



Torill Raugstad
Jonas Strid
11. juni 2022

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven markerer avslutningen på våre femårige utdannelser innenfor Bygg- og miljøteknikk med spesialisering i hovedprofilen Bygnings- og materialteknikk.

Arbeidet startet med en prosjektoppgave høsten 2021 og siden har vi hatt et fullstendig fokus på monteringsfugen rundt tunge skyvedører. Masteroppgaven har vært en lærerik reise som har satt våre teoretiske kunnskaper på prøve. Laboratorieforsøkene har vist hvor stort spranget er fra detaljtegning til virkelighet, og vi sitter igjen med gode og uvurderlige erfaringer. Det praktiske arbeidet har gitt oss en forståelse som ingen forelesninger kunne ha gitt og vi er utrolig takknemlige for tiden vi har fått tilbringe i laboratoriet.

Takknemligheten vår til alle som har hjulpet oss underveis er enda større. Vi vil takke veilederen vår, Tore Kvande, for gode tilbakemeldinger, stor entusiasme og hjelp i laboratoriet, og igjen beklage for at vi avbrøt lunsjen din for å spørre om hva slags tettelister vi skulle kjøpe inn. Vi vil takke Øystein Holmberget som har vært vår mentor, kranfører og regnskapsfører i laboratoriet. Øystein fortjener en ekstra takk for den utrolige tålmodigheten han har utvist til tross for våre tyve tommeltotter og tusentalls spørsmål. Ole Aunrønningen har også vært en uvurderlig del av vårt støtteapparat og har kappet, fuget og sveist, alltid med et smil om munnen. Takk til Lars Gullbrekken og SINTEF som har koordinert med Isola, Norgeshus og NorDan bak kulissene. Vi retter selvfølgelig også en takk til Jørgen Young og Isola, Snorre Bjørkum og Norgeshus, og NorDan, som alle har bidratt med kunnskap, tid og materialer. Og uten et sted å utføre alt arbeidet hadde ingenting skjedd, så da retter vi igjen en takk til SINTEF som har latt oss bruke deres materialer, kunnskap og laboratorium.

Til slutt retter vi en takk til hverandre for en god innsats, et godt samarbeid, og et godt vennskap med mange hyggelige stunder underveis.

Oslo, 11. juni 2022
Torill Raugstad

Trondheim, 11. juni 2022
Jonas Strid

Sammendrag

Nedbørsskader utgjør en økende andel av byggskader i Norge, og nedbørspåkjenningen er forventet å øke i fremtiden. Tettingen i monteringsfugen rundt terrasseskyvedører er sårbar for mangelfull prosjektering og svak utførelse, og dermed utsatt for lekkasjer. Universelt utformede dørterskler opplever større vannbelastning siden terskelen ikke kan løftes opp fra dekket. Til tross for at, eller kanskje fordi, regntetting ved terskler er utfordrende finnes lite litteratur som dekker hvordan monteringsfugen bør prosjekteres og utføres. Skyvedørprodusenter oppgir sjelden hvordan monteringsfugen bør prosjekteres og utføres, og tidligere studier viser at prosjektering kan være mangelfull eller helt fraværende. Med manglende grunnlag og mange fagfelt som møtes kan utførelsen bli tilfeldig og improvisert på stedet.

For å bidra til mer robuste tetteløsninger rundt tunge skyvedører ble fullskala laboratorieforsøk utført i samarbeid med SINTEF, Norgeshus, NorDan og Isola som del av prosjektet *Verktøykasse for klimatilpasning av boliger*. Fem ulike tetteløsninger montert i en vegg ble testet mot regn og trykk i et slagregnskap etter NS-EN 1027:2016, testmetode A. Løsningene ble testet uten regnskerm for å fremtvinge lekkasjer og synliggjøre lekkasjepunkter. For å vurdere regntettheten ble monteringsfugen observert fra innsiden underveis i testingen, og observerte lekkasjer ble notert. I tillegg til laboratorieforsøk ble anvisninger i Byggforskserien studert for å skaffe et overblikk over hvilke løsninger som anbefales og for å identifisere svakheter.

Av de fem tetteløsningene var kun én regntett ved 600 Pa trykkpåkjenning. Løsninger med ulike tettematerialer i ulike fuger, og kanskje ulike plan, som anbefales i Byggforskserien, hadde lekkasjer i hjørnene der materialene skulle forbindes. Norgeshus sin foretrukne løsning med fire fugestrenger ved terskel og vindsperrtape ellers sviktet ved 450 Pa. Løsninger der tetting ble montert før døren ble heist inn resulterte i vregte tettelister og komprimert fugemasse. Løsningen som presterte best i henhold til teststandard var en mansjettløsning fra Isola. Løsningen bestod av formbar og kontinuerlig påført tape, og var regntett opptil 1050 Pa før limet begynte å glippe. I en annen lovende løsning stod døren i praksis på en tynn ”EPDM-svill”, med fugemasse som tetting i alle fuger, men utførelsen var mer tidkrevende, vanskelig og sårbar for feil.

Det som var felles for de gode løsningene var at tettingen ble lagt etter døren ble skrudd fast, og at løsningene brukte kontinuerlig og formbart tettemateriale i samme plan. Byggforskserien anbefaler løsninger som skaper forbindelser og brudd, og forbindelser er sårbare. Dessuten tar ikke løsningene i Byggforskserien hensyn til at terskelen til skyvedører er tynn og tungt belastet slik at klossing krever en svært lav senteravstand som ikke alltid oppgis av dørprodusent. Tetteløsningen i monteringsfugen rundt terrasseskyvedører bør være kontinuerlig og av samme materiale, og monteringsfugen må være lett tilgjengelig under montering for god utførelse.

Abstract

Rain damages constitute an increasing share of building damages in Norway, and the rain exposure is expected to increase in the future. The air sealing of the rough opening around sliding doors is vulnerable to lacking design and poor execution, and thus vulnerable to leaks. Universally designed door sills experience a greater water exposure as the sill cannot be elevated above the deck. Despite of, or perhaps because of, rain-proofing of door sills being challenging, there is a lack of literature covering design and execution of the rough opening. Manufacturers of sliding doors seldom state how the rough opening should be designed, and previous studies show that the planning can be insufficient or completely absent. With lacking work drawings and several disciplines being involved, the execution can be random and improvised on-site.

To contribute to more robust solutions for sealing of the rough opening around heavy sliding doors, full-scale laboratory experiments were carried out in collaboration with SINTEF, Norgeshus, NorDan and Isola as part of the project *Verktøykasse for klimatilpasning av boliger* (Toolbox for Climate Adaptation of Dwellings). The solutions were tested without metal flashings or other protective cladding to provoke leaks and highlight weak points. To assess the raintightness, the rough opening was observed from the inside during the tests and observed leaks were noted down. In addition to laboratory experiments, proposed solutions in the SINTEF Building Research Design Guides ("Byggforskserien") were studied to obtain an overview of which solutions are recommended and to identify weaknesses.

Of the five rough opening sealing solutions, only one was rainproof at 600 Pa air pressure exposure. Solutions with different materials in different rough openings, and possibly different planes, which are recommended in the SINTEF Building Research Design Guides, had leaks in the corners where these materials were connected. Norgeshus' preferred solution with four stripes of caulk by the sill and adhesive construction tape covering the sides and top failed at 450 Pa. Solutions where sealing materials were applied before the door was placed led to twisted rubber gaskets and compressed caulk. The best-performing solution used two-sided flexible tape from Isola. This solution was rainproof up to 1050 Pa before the glue started peeling off. In another promising solution the door was lifted by a thin "EPDM plate". Caulk was applied in all rough openings, but the work was time-consuming, difficult and vulnerable to errors.

Common for the good solutions was that the sealing materials were applied after the door was attached to the frame, and that the solutions used continuous and flexible sealing materials applied in the same plane. The SINTEF Building Research Design Guides recommends solutions that require connections and the connections are vulnerable. Additionally, the solutions in the SINTEF Building Research Design Guides do not take into account that the sill on sliding doors is thin and exposed to high loads so that support packers must be narrowly spaced, and the spacing distance is not always given by the door manufacturer. The air sealing of the rough opening around sliding doors should be continuous and of the same material, and the rough opening must be accessible during assembly for good results.

Innhold

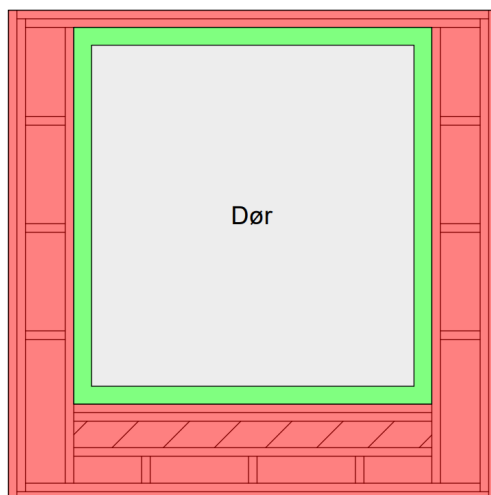
1	Introduksjon	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Forarbeid	1
1.3	Hensikt og problemstilling	2
1.4	Begrensninger og usikkerhet	2
2	Teori	5
2.1	Regelverk	5
2.1.1	Lover	5
2.1.2	Forskrifter	5
2.1.3	Veiledninger	6
2.1.4	Normer og standarder	6
2.1.5	Byggforskserien	7
2.2	SINTEF Teknisk Godkjenning	7
2.3	Prosjektering	8
2.4	Klima og klimapåkjenninger	8
2.5	Fuktsikring	9
2.6	Totrinnstetting og tettematerialer	9
2.7	Konsekvenser av utettheter	11
2.8	Takbelegg, taktekning og takfolie	12
2.9	Terrasser og balkonger	12
2.10	Skyvedører	13
2.11	Innsetting av skyvedører i henhold til Byggforskserien	14
3	Metode	19
3.1	Dokumentstudie	19
3.2	Ustrukturert intervju	19
3.3	Forsøksoppsett	20
3.4	Testmetode	26
3.5	Forsøk 1: Tettelist og tape	27
3.6	Forsøk 2: Fugemasse og tape (Norgeshus)	31
3.7	Forsøk 3: FlexTett (Isola)	35
3.8	Forsøk 4: Tettelist og fugemasse	38
3.9	Forsøk 5: Fugemasse	41
3.10	Mindre forsøk med FlexTett	42

4 Resultater	45
4.1 Byggforskseriens tettelsøsninger	45
4.2 Forsøk 1: Tettelst og tape	45
4.3 Forsøk 2: Fugemasse og tape (Norgeshus)	48
4.4 Forsøk 3: FlexTett (Isola)	51
4.5 Forsøk 4: Tettelst og fugemasse	53
4.6 Forsøk 5: Fugemasse	55
4.7 Mindre forsøk med FlexTett	58
5 Diskusjon	61
5.1 Utfordringer knyttet til innsetting og tetting av monteringsfuge	61
5.2 Svakheter i løsninger i Byggforskserien	62
5.2.1 Forsøk 1: Tettelst og tape	62
5.2.2 Forsøk 2: Fugemasse og tape (Norgeshus)	63
5.2.3 Forsøk 4: Tettelst og fugemasse	64
5.2.4 Svakheter i Byggforskserien	66
5.3 Tiltak som kan bidra til økt regntetthet og enklere innsetting	67
5.3.1 Forsøk 3: FlexTett (Isola)	67
5.3.2 Forsøk 5: Fugemasse	68
5.3.3 Erfaringer fra forsøkene	70
5.4 Mindre forsøk med FlexTett	72
5.5 Usikkerheter og begrensninger ved resultater	73
6 Konklusjon	75
6.1 Motivasjon og funn	75
6.2 Videre arbeid	76
Referanser	79

Definisjoner og forkortelser

Grunnleggende akademiske uttrykk antas kjent av leser, men visse begreper essensielle for forståelse beskrives i følgende tabell:

TEK17	Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift).
VTEK	Veiledning om tekniske krav til byggverk.
SAK10	Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften).
Terrasse	Oppbygd uteområde på naturlig eller oppbygd terreng inntil første etasje eller uteoppholdsplasser på taket (Byggforskserien 361.501, 2020).
Balkong	Uteplass over første etasje, utkraget eller understøttet (Byggforskserien 361.501, 2020). Anvisningen bruker balkong” om alle uteplasser med friluft under.
Karm	Fast ramme som dørbladet er festet i.
Terskel	Nederste horisontale del av en dørkarm. Også kalt ”dørstokk”.
Fuge	”Fuge er et mellomrom eller tilslutning mellom elementer eller komponenter i en konstruksjon” (Store norske leksikon, 2021).
Monteringsfuge	Mellomrommet mellom dørkarmen og åpningen i veggen. Åpningen i veggen er større enn karmmålene og sikrer at karmen passer inn.
Testfelt	Feltet mellom åpningen i tresjablom og dørkarmen, og over membran, vist i grønt i Figur 0.1. Tilsvarende monteringsfugen.
Vanntett sjikt	Et sjikt i en terrasse- eller balkongkonstruksjon der vann ikke kan renne gjennom. Dette sjiktet må ha fall som fører vann for å forhindre oppdemming. Takbelegg er vanntette sjikt.
Takbelegg	Fellesbetegnelse for fleksible, vanntette sjikt, og kan monteres som taktekning eller membran (Byggforskserien 544.204, 2008).
Klimaskjerm	Konstruksjonen som skiller inneklimate fra uteklimate. Tak, vegger og gulv, inkludert dører og vinduer.
Skyvedørens innside	Den siden som peker mot innsiden av klimaskjermen. I forsøkene vil dette si den siden som ikke er utsatt for regn.
Innsetting	I oppgaven brukes ”innsetting” om innheising av døren, innfesting ved at døren skrues fast og tetting av monteringsfugen. Fuktsikker innsetting inkluderer altså tettearbeidet.
Innheising	Med ”innheising” menes første plassering av døren i åpning før eventuell justering. Selve løftingen av døren, enten med kran eller for hånd.



Figur 0.1: Testfelt markert i grønt. Størrelsen på monteringsfugen er sterkt overdrevet.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Til tross for Byggforskseriens mange anvisninger utgjør nedbørsskader en økende andel av byggskadene i Norge (Bunkholt og Kvande, 2020). Med et klima i endring venter mer ekstremnedbør i store deler av Norge (FN, 2021). Større nedbørsbelastning vil gi flere byggskader når bygg allerede sliter med dagens påkjenninger.

Sterk vind kombinert med nedbør fører til slagregn, horisontalkomponenten til nedbørsvektoren, som er den mest problematiske klimapåkjenningen for yttervegger (Thue, 2016; Byggforskserien 542.003, 2020). For å håndtere slagregn brukes totrinnstetting med separat regnskjerm og vindsperre. Gjennomføringer og overganger gir diskontinuiteter i tettesjikt og skaper sårbarheter i klimaskjermen. Monteringsfugen rundt terrassekyvedører er et eksempel på en slik utfordrende situasjon.

Terrasseskyvedører har blitt et populært valg som følge av plassbesparende egenskaper samt økt lysinnslipp (Bygghjemme, udatert). Terrasseskyvedører er ofte tunge, noe som medfører utfordringer tilknyttet innheising, lastoverføring og tetting under terskel. For å sikre universell utforming må terskelen være lav, og da vil avstanden fra dekket til den sårbare monteringsfugen bli liten. Eksisterende terrasse er i veien for montering og reduserer tilgjengelig plass for montering av beslag. Utettheter gir fuktig luft og vann muligheter for å trenge inn, og disse lekkasjene kan gi fuktskader. Utbedring av fuktskader innebærer bytte av materialer som krever tid og ressurser, både i form av materialer og økonomiske ressurser.

Til tross for at terrasseskyvedører gir utfordrende situasjoner finnes lite litteratur utenom Byggforskserien som beskriver hvordan monteringsfugen bør utføres. Monteringsanvisninger fra skyvedørleverandører beskriver ikke utførelse og overlater monteringsfugen til prosjekterende (Raugstad og Strid, 2021). Prosjekterende vil kun ha egen erfaring eller Byggforskserien - som ikke er feilfri - å basere tegninger på, og utførende kan få tegninger som ikke lar seg bygge. Det eneste som er sikkert er at utførende får en skyvedør levert og at denne skal inn i veggen. Behovet for gode tetteløsninger, mer detaljerte monteringsanvisninger og et større litterært grunnlag er stort.

1.2 Forarbeid

I forkant av masteroppgaven ble det utført et forarbeid med hensikt å belyse utfordringer ved innsetting av tunge terrasseskyvedører inkludert tetting av monteringsfugen. Forarbeidet benyttet metodene litteratursøk, ustrukturerte intervjuer og dokumentstudier til å danne et teoretisk grunnlag for laboratorietesting.

Litteratursøket ga få resultater og ingen som angikk tetting under skyvedører direkte. Byggforskserien var den største kilden til relevant litteratur.

Gjennom forarbeidet ble seks monteringsanvisninger fra skyvedørleverandører studert for å danne en oppfatning av typisk detaljgrad og kvalitet på slike anvisninger. Funn fra dokumentstudien viste store forskjeller mellom de undersøkte monteringsanvisningene både med tanke på omfang

og detaljgrad. Visse anvisninger henviste videre til Byggforskserien og andre overlot valg av tetteløsning til utførende. Ingen anvisninger beskrev utførelse i hjørner ved terskel, og dette ble heller ikke beskrevet i Byggforskserien.

Ustrukturerte intervjuer viste at arkitekttegninger kunne variere i kvalitet og byggbarhet. Dørene er dessuten tunge og uhåndterlige, som fører til at innheising blir vanskelig.

1.3 Hensikt og problemstilling

Hensikten med oppgaven er å bidra til mer robuste tetteløsninger rundt tunge skyvedører gjennom praktiske forsøk. Dette gjøres ved å undersøke følgende tre forskningsspørsmål:

1. Hvilke utfordringer er knyttet til innsetting og tetting av monteringsfuge ved montering av tunge skyvedører i klimaskjermen?
2. Hvilke svakheter finnes i løsningene for innsetting av skyvedører i klimaskjermen i Byggforskserien?
3. Hvilke tiltak kan bidra til forhøyet ytelse av regntetthet for monteringsfugen og forenkle innsettingen av skyvedører?

Masteroppgaven omfatter fullskala slagregnprøving i laboratorium for å verifisere ulike tetteløsninger for tunge terrasseskyvedører. I alt er fem tetteløsninger for monteringsfugen testet. Utførelsen er gjort i samarbeid med Norgeshus, NorDan, Isola og SINTEF. Prøvingen omfatter utførelse slik Norgeshus beskriver i sin prosjektering, løsninger vist i Byggforskserien og nyutviklet løsning fremkommet gjennom masteroppgaven.

1.4 Begrensninger og usikkerhet

I forbindelse med forskning i laboratorium og fullføring av en masteroppgave er det flere faktorer som setter begrensninger for selve forskningen, samt usikkerhet ved gyldigheten av resultatene. For det første vil det være begrensninger tilknyttet tidsbruk. Fuktskadene som forårsakes av utilstrekkelig tetting av terrasseskyvedører oppstår over tid, og det kan ta flere år før skadene blir synlige. Det er av åpenbare grunner ikke mulighet for å teste over så lang tid. Testobjekter vil dermed testes under unormalt harde forhold for å fremprovosere og fremskynde eventuelle lekkasjer. Dette er en konservativ tilnærming, men det kan diskuteres hvor overførbare resultatene blir da materialeegenskaper kan endres over tid.

En begrensende faktor er at monteringsforholdene i laboratoriet ikke tilsvarende forholdene på en byggeplass. Miljøet i laboratoriet er stabilt med tilnærmet konstant temperatur og relativ luftfuktighet. Dette er i kontrast til varierende værforhold på en faktisk byggeplass, der regn og kulde problematiserer montering. I laboratoriet kunne montering forenkles ved at både skyvedør og tresjablone kunne legges ned eller heises opp alt etter hva som gjorde arbeidet enklest. Både kran og ekstra arbeidskraft var tilgjengelig for løft, og skyvedøren kunne løftes inn fra både innside og utside. Det var dessuten plass over og på alle sider av sjablongen slik at ingen hindringer var i veien for kranen.

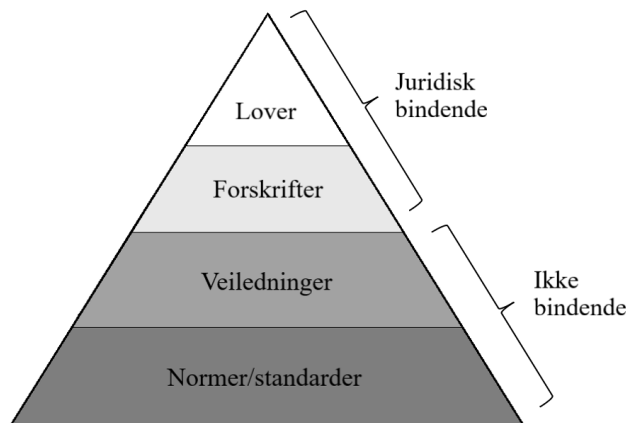
En ytterligere begrensning er at forsøksmetoden ikke simulerer en virkelig situasjon. I forsøkene utsettes monteringsfugen for regn og trykk uten regnskjerm, og dette blir konservativt sammenliknet med en virkelig situasjon. Likevel vil regnlekkasjer under testingen vise utettheter der luft kan trenge inn selv om et beslag stopper vannet i en virkelig situasjon.

Det vil dessuten være umulig å si om en løsning er tett eller ikke basert på én testkjøring. Eventuelle løsninger bør utfordres flere ganger og med ulike testmetoder før de kan vurderes som tette. Flere tester av samme metode vil også kunne belyse om årsaken til en lekkasje skyldes feilaktig utførelse eller sårbarheter i løsningen.

2 Teori

2.1 Regelverk

Det norske regelverket som angår byggebransjen kan deles inn i to deler, en juridisk bindende og en ikke-bindende del, som vist i Figur 2.1. Lover og forskrifter utgjør det juridisk bindende regelverket, og er dermed påbudt å følge. Forskrifter har hjemmel i lov og er således underordnet lover. De ikke-bindende reguleringene består av veiledninger, normer og standarder, og virker som ressurser.



Figur 2.1: Hierarkisk oppbygning av det norske regelverket i byggebransjen (Kyllingstad, 2017).

2.1.1 Lover

Lover er juridisk bindende bestemmelser og er øverst i hierarkiet (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, udatert). Norges Grunnlov er den øverste loven i Norge, men det finnes et utall underordnede lover som må vike dersom konflikter med Grunnloven oppstår (Stortinget, 2020). Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) er en lov som avgjør ”hvordan landets arealer skal brukes og reguleres” (Lovdata, 2021).

Plan og bygningsloven § 29-5 stiller tekniske krav til alle tiltak. Blant annet skal alle byggverk prosjekteres med hensyn til å oppfylle krav om deriblant sikkerhet, miljø, bærekraftighet og materielle verdier. Videre skal det tas hensyn til lokalt klima for å oppnå forsvarlig og planlagt levetid.

Produkter dekkes av § 29-7 som angir at alle produkter som benyttes i et byggverk er nødt til å ha forsvarlige egenskaper, og disse egenskapene må dokumenteres.

2.1.2 Forskrifter

SAK10

Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften) dekker byggesaksbehandling, kvalitetssikring og kontroll, og tilsyn (Direktoratet for byggkvalitet, 2011).

Ifølge SAK10 § 12-3 skal prosjektering være ”tilstrekkelig grunnlag for utførelse”. Utførende har

altså krav på tilstrekkelig grunnlag fra prosjekterende.

SAK10 § 12-4 beskriver at utførende må sørge for dokumentasjon og riktig bruk av materialer der de står fritt til å velge. Paragrafen beskriver også at utførende har informasjonsplikt ovenfor søker om ”prosjekteringen er mangelfull, motstridende eller feilaktig etter krav gitt i eller med hjemmel i plan- og bygningsloven”, gitt at utførende oppdager feilen.

TEK17

Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) stiller krav til et byggverks egenskaper (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Disse kravene er i hovedsak gitt som funksjonskrav som i § 13-7 der det kreves at ”byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys”. Målbare ytelseskrav forekommer også, for eksempel i § 14-3 der det stilles krav til maksimal U-verdi for bygningselementer. TEK17 supplementeres av VTEK, veiledningen til TEK17, som gir preaksepterte ytelser eller fortolkning av krav i TEK17.

TEK17 § 12-11 (3) krever at ”atkomster til balkong, terrasse, uteplass og lignende skal være trinnfrie i arbeids- og publikumsbygninger og på boenhetens inngangsplan”.

TEK17 § 13-9 krever at vann og fukt ikke skal trenge inn og gi fuktskader, soppdannelse eller andre hygieniske problemer (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Som preaksepterte ytelser foreslås det at ”materialer, produkter og bygningsdeler må tåle den fuktpåkjenningen de kan forventes å bli utsatt for, uten å gi skader eller negative konsekvenser for inn klimaet”.

TEK17 § 13-12 handler om nedbør og krever at dører ”skal utformes slik at nedbør som trenger inn blir drenert bort og fukt kan tørke ut uten at det oppstår skader”. I veiledningen står det at totrinnstetting, forklart i 2.6, gir god beskyttelse mot nedbør. Selv om tetting av monteringsfugen dører ikke nevnes direkte i § 13-12 vil det være umulig å oppfylle § 13-9 uten tetting som tåler forventet fuktpåkjenning.

2.1.3 Veiledninger

Veiledningen til TEK17, VTEK, forklarer kravene gitt i teknisk forskrift, samt beskriver preaksepterte ytelser som tilfredsstillende kravene (Direktoratet for byggkvalitet, 2021). Prosjektering i henhold til VTEK gir således en preakseptert løsning.

2.1.4 Normer og standarder

Standarder

NS-EN 1026:2016 er en standard for testing av lufttetthet av dører og vinduer. Produktet plasseres i en stålsjablone i et trykkskap der lufttetthet måles ved en rekke positive og negative trykk. Testen starter med tre trykkipulseringer på den høyeste verdien av henholdsvis 110 % av planlagt makstrykk eller 500 Pa. Trykket skal nås på under ett sekund og vare i minst tre sekunder. Deretter påføres trykkøkninger på 50 Pa opp til 300 Pa testtrykk, hvor trykkøkning så økes til 150 Pa. Trykkøkningen skjer opp til ønsket testtrykk. Deretter gjentas prosedyren, inklusivt de tre initiale trykkipulseringene, med negativt trykk. Det tas målinger av luftpermeabilitet ved hvert påførte

trykk.

Resultatene fra testen kan måles mot NS-EN 12207:2016 og klassifiseres fra klasse 1-4, som gjort av Norsk dør- og vinduskontroll (NDVK), en frivillig godkjennings- og kontrollordning for sertifisering av vinduer og ytterdører. Klassifiseringen baseres på oppnådd referanse-luftpermeabilitet og maksimalt testtrykk, hvorav høyeste klasse defineres av $3 \text{ m}^3/(\text{h}\times\text{m}^2)$ luftpermeabilitet og 600 Pa makstrykk.

NS-EN 1027:2016 beskriver testing av regntetthet, der metode A benyttes i denne oppgaven. Testingen utføres i et regnskap der produktet kontinuerlig sprayes med vann under økende trykk. Vann påføres med dyser plassert maksimalt 150 mm over høyeste kant av monteringsfugen og med en vannmengde på $(2 \pm 0,2)$ l/min per dyse, med en sprayvinkel på 120 grader. Dysene plasseres 250 mm horisontalt fra utsiden av testelementet og har en senteravstand på (400 ± 10) mm. Vinkelen på dysene er 24 grader ned fra horisontalplanet. De første 15 minuttene av testen utføres uten trykkbelastning. Deretter øker trykket med 50 Pa hvert 5. minutt opp til 300 Pa, hvor trykkøkningen hvert 5. minutt øker med 150 Pa. Det påføres kun positivt trykk ved regntesting for å simulere slagregn.

Testapparatet skal ifølge NS-EN 1027:2016 kunne måle påført vannmengde med en presisjon på $\pm 10 \%$ og trykket med en presisjon på $\pm 5 \%$.

I henhold til NDVK klassifiseres regntetthet etter NS-EN 12208:1999 (Norsk dør- og vinduskontroll, 2019). Standarden angir klassifiseringsnivåer basert på prøvetrykk og antall minutter overrissling, og går opp til 600 Pa, noe som tilsvare klassifisering Exxx for prøvingsmetode A, metoden som brukes for helt ubeskyttede produkter.

Standardene er i utgangspunktet ment til å teste elementer som vinduer og dører, ikke monteringsfugen.

Klassifiseringsstandarder gir et foreslått maksimalt trykk, men det er mulig å teste for høyere trykk for å tvinge frem eventuelle lekkasjer eller finne maksimal ytelse.

2.1.5 Byggforskserien

Byggforskserien er et bibliotek med dokumenterte løsninger og anbefalinger. Byggforskserien er basert på SINTEF's forskning og erfaringer fra byggenæringen, og anbefales brukt av Direktoratet for byggkvalitet (SINTEF, 2022a). SINTEF hevder løsningene i Byggforskserien er veldokumenterte og robuste, og at de kan brukes over hele landet.

Byggforskserien kvalitetssikres av SINTEF og eksterne fagmiljøer, og alle utgivelser og store revisjoner gjennomgås av et utvalg med eksterne medlemmer (SINTEF, 2022a). Anvisninger er gyldige uavhengig av alder.

2.2 SINTEF Teknisk Godkjenning

SINTEF Teknisk Godkjenning dokumenterer at et produkt kan brukes i et bygg som oppfyller krav i TEK17 (SINTEF, 2022c). Dokumentasjonen er frivillig, men gir en sikkerhet på at produktet ikke bare kan markedsføres, men også brukes. SINTEF tilbyr blant annet godkjenning av vinduer av tre

og vindsperrer.

For vinduer av tre tester SINTEF regnettetthet på samme måte som NDVK, basert på NS-EN 1027:2016 og klassifiserer etter NS-EN 12208:1999 (SINTEF, 2019). Minstekravet til SINTEF er ”ingen observerbare lekkasjer opp til og med lasttrinnet 600 Pa”.

For Teknisk Godkjenning krever SINTEF at kombinerte vindsperrer og undertak skal være regntette i vegg, altså inkludert skruerhull bak klemlister, ved 300 Pa trykk (SINTEF, 2022b). For separate vindsperrer og undertak oppgis ingen konkrete krav.

2.3 Prosjektering

En byggeprosess kan deles inn i fire faser: forprosjekt, detaljprosjektering, utførelse og bruk (Direktoratet for byggkvalitet, 2022).

I forprosjektet dannes et grunnlag og konsept som de spissede fagfeltene kan bruke til detaljprosjekteringen (Direktoratet for byggkvalitet, 2022). Forprosjektet bør inkludere en oversikt over kritiske punkter som krever spesiell prosjektering.

Under detaljprosjekteringen dannes grunnlaget for byggetegninger, og fagfeltene bekrefter at prosjektet tilfredsstiller krav i TEK og andre relevante forskrifter (Direktoratet for byggkvalitet, 2022). Detaljprosjektering kan foregå parallelt med bygging, men må gi grunnlag for riktig utførelse. Dybden av detaljprosjektering avhenger av prosjektets kompleksitet og kan forenkles for eksempel ved bruk av forhåndsdokumenterte løsninger, som for eksempel fra Byggforskserien.

Som del av detaljprosjekteringen dannes arbeidstegninger, og detaljtegninger kan ofte utarbeides i utførelsesfasen (Direktoratet for byggkvalitet, 2022). Detaljer kan også utvikles av entreprenører og leverandører, men da må dette oppgis i ansvarsretter.

2.4 Klima og klimapåkjenninger

Klimaet i Norge er preget av stor variasjon avhengig av geografisk beliggenhet. Et eksempel på dette er normal årsnedbør, som i skjermede områder kan være opptil 500 mm/år, men opptil 8000 mm/år i utsatte områder (Byggforskserien 451.031, 2013).

Som følge av global oppvarming er det forventet store endringer i norsk klima, deriblant mer årlig nedbør, samt hyppigere ekstreme nedbørshendelser (Miljødirektoratet, 2021). En studie av forventet klima i 2100 utført av Norsk klimaservicesenter viser en økning i årsnedbør på 19 %, samt en dobling av antall dager med kraftig nedbør, der nedbøren forventes å være 18 % høyere enn tidligere sammenlignet med datagrunnlag fra 2015 (Norsk klimaservicesenter, 2016). Utsatte steder vil dermed bli enda mer regnutsatte enn tidligere, og yttervegger vil få større klimapåkjenninger.

Kombinasjonen av vind og regn fører til slagregn, regn med horisontal hastighetskomponent (SINTEF, udatert). Som følge av den stadige økningen i nedbør, vil det samtidig skje en økning i slagregn. Slagregn er et komplekst fenomen, avhengig av flere ulike faktorer, og dermed benyttes ofte en slagregnsindeks for å anslå en fasades regnpåkjenning (Byggforskserien 451.031, 2013). Antatt slagregnpåkjenning kan blant annet danne grunnlaget for utforming av luftede kledninger og beslag.

2.5 Fuktsikring

I Byggforskserien 474.511 (2021) angis fem prinsipper for å sikre mot fuktskader:

- Begrens tilførselen av fukt utenfra.
- Begrens tilførselen av fukt innenfra.
- Begrens og kontroller byggfukten.
- Gi konstruksjonene god uttørkingsevne.
- Hvis ikke de overnevnte punktene er tilstrekkelig, bruk materialer som tåler høy fuktighet.

For å sikre mot fuktinntrengning er det viktig å unngå åpninger. Åpninger på 4-5 mm eller mer er åpenbart ikke vanntette og vil la slagregn trenge inn uten hindring (Thue, 2016). Når en åpning blir mindre enn 0,5 mm vil overflatespenningene i vann bli såpass kraftige at luftstrømmer ikke kan trekke vann med seg, men kapillærsug vil likevel kunne trekke vann inn ved at elektrostatiske krefter i porevegger trekker polare vannmolekyler til seg (Thue, 2016). Selv om kapillære krefter øker med minkende porestørrelse vil stige hastigheten bli såpass lav at kapillærsug kan neglisjeres når åpningene er mindre enn 10 nm (Thue, 2016). Fuktsikring krever at eventuelle åpninger i materialer eller overganger mellom materialer er så små at kapillære krefter ikke suger vann inn raskt nok til at vannmengdene blir et problem.

Det er likevel ikke slik at fuktsikring utelukkende krever fullstendig tette flater. Dersom en flate er helt tett vil heller ikke vann kunne fordampe gjennom flaten, og uttørking vil dermed forhindres. Begrensning av fukt utenfra gjøres derfor ved hjelp av regntette, dampåpne flater slik at konstruksjonen kan tørke ut, mens begrensning av fukt innenfra gjøres med damprette dampsperrer som hindrer vanndamp innefra i å vandre utover i veggen der den kan kondensere. Fukt innefra kan kondensere når temperaturen synker fordi kald luft ikke kan holde like mye vanndamp som varm luft (Thue, 2016).

Byggforskserien 474.511 (2021) angir en liste med kontrollpunkter ved prosjektering og utførelse av fuktsikring. Tabell 41 i anvisningen angir blant annet at prosjekterende bør kontaktes så de kan kontrollere detaljers byggbarhet, at toleranser og deformasjoner må tas hensyn til i prosjekteringen, og at utførende melder fra om feil og mangler i tegninger.

2.6 Totrinnstetting og tettematerialer

For å hindre byggskader og ivareta inneklimate må klimaskjermen i et bygg motstå regn og vind, og da også slagregn. Totrinnstetting brukes for å hindre at vindtrykk presser vann inn i klimaskjermen.

Ved tottrinnstetting er det et luftet og drenert hulrom bak regntettingen (Direktoratet for byggkvalitet, 2021). Dette vil si at lufttetting og regntetting skjer i to separate sjikt. Hulrommet skal jevne ut trykket fra vindpåkjenning slik at regnvann ikke presses mot vindspærren, gi vann på baksiden av regnskjermen mulighet til å renne ned, og muliggjøre utlufting av fukt fra veggen innenfor (Thue, 2016).

Totrinnstetting anbefales for dører og vinduer (Byggforskserien 523.721, 2016). Dette betyr at fugen mellom dør eller vindu og vegg beskyttes av beslag eller dekkbord for å stoppe så mye som

mulig av vannet. Lufttetthet sikres gjennom vindtetting av fugen, og kan oppnås ved bruk av flere ulike typer fugetetting. Avhengig av ønskede egenskaper og monteringsforhold kan ulike tettemasser være gunstigere enn andre, men tettelister, fugemasser, fugeskum og tape er vanlige tettemidler.

Elastiske tettelister kan bestå av massiv silikon, gummi eller plast, og fås i ulike former, størrelser og farger, med ulike egenskaper og bruksområder (Byggforskserien 573.105, 2004). Det er viktig at tettelisten har evne til å ivareta sin tettefunksjon til tross for bevegelser i fugen (Byggforskserien 573.105, 2004). Dette sikres gjennom prinsippet om elastisk deformasjon og elastisk gjenvinning, ved at tettelisten monteres sammentrykket og at den helt eller delvis oppnår opprinnelig form ved avlastning som følge av bevegelser i fugen (Byggforskserien 573.105, 2004). Det er viktig at tettelisten blir tilstrekkelig trykket sammen, og at tettelistsens heftflate ikke har for store ujevnheter da dette kan føre til utilstrekkelig tetting.

Til lufttetting mellom ulike elementer, for eksempel karm og dør, benyttes ofte selvklebende cellelister med lukkede porer (Byggforskserien 573.105, 2004). Slike lages ofte av EPDM-gummi, og behøver lite sammentrykning for å tette godt. Lister av massiv EPDM egner seg godt til bruk i forbindelse med skyvedører siden dette er tettelister som tåler store mekaniske påkjenninger (Gjør Det Selv, 2021). Ulempen med disse er at anslutninger til hjørner ikke blir spesielt tette. Byggforskserien 573.105 angir at silikongummi, EPDM-gummi og kloropren (neopren) har gitt de beste erfaringene over tid.

Fugemasse er et annet tettemateriale, og fås i flere ulike versjoner, alt fra klebrige løse masser til profilerte bånd (Byggforskserien 573.104, 2001). Påført fugemasse bruker tid på å herde, og vil i ferdigherdet tilstand bevare en viss plastisk og/eller elastisk oppførsel. Dette er essensielt for at fugemassen kan ta opp eventuelle bevegelser i fugen. Elastiske egenskaper fører til at fugemassen går tilbake til sin opprinnelige form etter deformasjon, mens plastiske egenskaper gjør at fugemassen forsøker å beholde fugens form.

Eksempler på høyelastiske og elastiske fugemasser er silikoner og MS-polymerer (Byggforskserien 573.104, 2001). Silikoner er svært elastiske og bestandige, men har lav plastisitet. Noen silikongummier har dårlig adhesjon mot enkelte underlag slik at primer kan være nødvendig. MS-polymerer er relativt sakteherdende og krever RF på minst 30 %, men blir høyelastiske og tåler strekkbevegelser på 100 % før brudd (Byggforskserien 573.104, 2001). Det er viktig at fugemassen påføres med tilstrekkelig bredde og tykkelse for at den skal være i stand til å tåle naturlige bevegelser i fugen (Sika, udatert(b)).

Byggforskserien viser til flere problemer med tetting med fugemasse, deriblant mangelfull utførelse og forsegling, dårlig rengjøring av adhesjonsflate, feil valg av fugemasse og liknende (Byggforskserien 573.104, 2001).

Fugeskum er en tredje type tettemateriale, og også her finnes flere typer. En mye brukt variant er PUR-skum, énkompomment polyuretanskum (Byggforskserien 573.107, 2003). Fugeskummet sprøytes inn i fugen og ekspanderer kraftig umiddelbart etter innsprøyting (Stensgård, 2021). Dette gjør fugeskum spesielt egnet til fuger med varierende fugebredde og ujevn overflate i smyget (Byggforskserien 573.107, 2003). Byggforskserien 573.107 oppgir for øvrig at en fugebredde på minimum 5

mm er nødvendig for å oppnå god skumming. Ulempen ved fugeskum er den porøse strukturen som suger vann innover i fugen slik at fukt kan transporteres innover i veggen (Stensgård, 2021). Videre kan store eller gjentatte bevegelser føre til at PUR-skum sprekker opp (Byggforskserien 573.107, 2003). Det er ikke mulig å etterjustere elementer etter påføring av fugeskum, og dermed er fugeskum uegnet for tetting av monteringsfugen rundt skyvedører og annet som kan kreve etterjustering (Byggforskserien 573.107, 2003).

Selvklebende tape kan også benyttes som tetting, men kun på glatte flater, og kvaliteten kan variere (Byggforskserien 573.102, 2001). En prosjektrapport om ulike tettelsesløsninger av monteringsfugen rundt vindu med hensyn til regntetthet utført av SINTEF Byggforsk beskriver tilstrekkelig regntett tetting med tape som utfordrende (Skogstad og Asphaug, 2012). Dette gjelder spesielt i hjørner ved bruk av ikke-tøyelig tape, da dette vanskeliggjør sammenhengende påføring av tapen. Prosjektrapporten viser også til at løsningen passer best på uttrukkede elementer slik at tapen får tilstrekkelig klebeflate til karm.

Butyltape er en type tape med mange bruksområder. Butyltape kleber godt til de fleste overflatematerialer, deriblant glass, tre, aluminium og plast (Trex, udatert). Fra dialog med Jørgen Young i Isola fremkommer det at "Bitumen og butyl er i utgangspunktet fra samme kjemiske familie av hydrokarboner" og at selve butylen er "en syntetisk gummi som inneholder olje". Young forklarer videre at "heften til butyl avhenger av temperatur ved påføring" og at tilføring av varmluft vil øke heften. Romtemperatur er ofte tilstrekkelig. Påføring av trykk, for eksempel ved hjelp av rulle, vil forbedre heften. Videre hevdes det at heften ofte øker over tid.

Om butyltapes heft mot PVC forklarer Young at "PVC inneholder mykgjørere og disse er som regel ikke kompatible med hydrokarboner" og at konsekvensen ofte blir at mykgjørere, eller myknere, "trekkes ut av PVC-folien slik at den blir sprø".

2.7 Konsekvenser av utettheter

Til tross for forsøk på tetting vil det kunne forekomme lekkasjer i form av regn- og luftlekkasjer. I forbindelse med vinduer, dører og liknende elementer vil regnlekkasjer kunne ta tre ulike former: oppfukning av elementet, lekkasjer gjennom elementet og lekkasjer i veggen (SINTEF, 2016). Sistnevnte vil være kritisk siden lekkasjer i veggen ikke nødvendigvis blir oppdaget før betydelige råteskader har oppstått.

Råte betegner nedbrytning av organisk materiale forårsaket av soppangrep (Store norske leksikon, 2020). I bygningssammenheng ses dette i relasjon til reduksjon i trevirkes bæreevne (Byggforskserien 720.082, 2007). Råtesopp trives i trevirke med høyt fuktinnhold og ved relativt høye temperaturer, dermed antas fremtidens ventede klima legge til rette for økt forekomst av råtesopp (SINTEF, 2009).

Enkelte typer råtesopp kan under riktige forhold spre seg raskt og forårsake stor nedbrytning av trevirke (Byggforskserien 720.085, 2007). Ekte hussopp, den mest alvorlige typen råtesopp, kan spre seg til tørt trevirke og krever umiddelbar utbedring. Det er vanskelig å oppdage soppangrep, og skadeomfanget er ofte stort når det først avdekkes. Ved fare for gjenoppfukning anbefales utskiftning

av råteskadet trevirke, noe som både er dyrt og lite bærekraftig.

Regnlekkasjer og medfølgende fuktskader kan være svært omfattende og ressurskrevende, men også luftlekkasjer har konsekvenser for byggets totale funksjonalitet. Sett fra et bærekraftsperspektiv vil luftlekkasjer føre til forhøyet energiforbruk og sløsing av ressurser som følge av varmetap (Byggforskserien 474.624, 2014). Uønskede lekkasjer vil også hindre bygg i å oppnå ønsket energieffektivitet.

2.8 Takbelegg, taktekning og takfolie

Under tettingen til terrasseskyvedører vil det normalt ligge et takbelegg. Byggforskserien 544.204 (2008) definerer takbelegg som en ”fellesbetegnelse for fleksible, vanntette sjikt av asfalt, plast eller gummi”. Et eksponert takbelegg kalles taktekning og et innbygd takbelegg kalles membran (Optimera, 2016).

Asfalttakbelegg som takbelegg

Asfalttakbelegg er en typisk taktekning, men kan også trekkes inn i konstruksjonen som en membran (Byggforskserien 544.203, 2011). Det finnes ulike typer asfalttakbelegg, men felles for de alle er en impregnert stamme belagt med bitumen på hver side. Bitumen er et petroleumbasert produkt som mykner opp ved oppvarming (Byggforskserien 544.203, 2011). Bitumen kan reagere med myknerholdige materialer på samme måte som butyl. Myknervandring, eller migrering, oppstår, og bitumen trekker myknere fra et materiale som så blir sprøtt (Protan, udatert). PVC-folier og fugemasser kan inneholde myknere.

Takfolie som takbelegg

Takfolier er plast- eller gummibaserte vanntette sjikt, vanligvis benyttet på flate, kompakte tak (Byggforskserien 544.202, 2011). Takfolier er typisk laget av termoplastiske eller elastomere materialer. Termoplastmaterialer har plastiske egenskaper og kan formes ved høy temperatur, og så beholde formen etter avkjøling (Byggforskserien 544.202, 2011). Polyvinylklorid, PVC, er et termoplastmateriale, og kan være mykt eller hardt avhengig av myknerinnholdet (Parma Plast AS, udatert). Myk PVC-folie kan inneholde opptil 40 % myknere (Byggforskserien 544.202, 2011). Folier av termoplastmaterialer som polyolefiner, CPE og kloret polyeten, CPE, inneholder ikke myknere.

Elastomere materialer har elastiske egenskaper (Byggforskserien 544.202, 2011). Butylgummi, IIR, og Etenpropen-dienmonomer, EPDM, er elastomermaterialer. EPDM er en samlebetegnelse for sammensetninger av etenpropen og dienmonomere, og takfolier av denne typen materialer inneholder ikke myknere. Takfoliene kan være homogene eller bestå av flere sjikt av ulike materialer.

2.9 Terrasser og balkonger

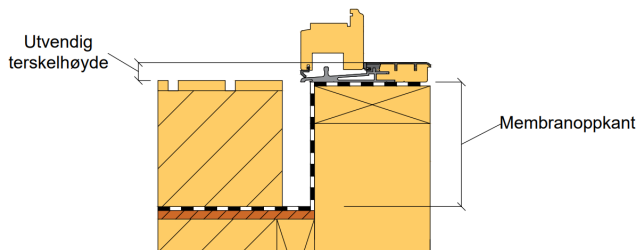
Terrasser kan defineres som uteoppholdsplasser på terreng inntil en bygning eller på tak, mens balkonger er uteplasser med uteluft under (Byggforskserien 361.501, 2020).

Felles for terrasser og balkonger er at de vil samle opp nedbør, og vannet må dreneres vekk. For

terrasser over oppvarmede rom vil normalt et innvendig, varmt nedløp være ønskelig (Byggforskserien 361.501, 2020). Dette er fordi temperaturen i konstruksjonen, og dermed terrassedekket, avtar utover fra oppvarmet rom, som kan føre til isdannelse slik at smeltevann demmes opp og danner et vannspeil. Utvendig drenering i renner er mulig, men i klima med lave temperaturer kan vann fryse i nedløpet (Andenæs mfl., 2020). Balkonger med et vanntett sjikt, for eksempel av takbelegg, fliser eller betong, kan også utføres med innvendig drenering. Ved innvendig drenering vil terrassen eller balkongen ha fall inn mot veggen.

Dersom uteplassen har et vanntett sjikt er det viktig at dette monteres med oppkant til dørterskler (Byggforskserien 361.501, 2020). Kombinert med takoverbygg som reduserer regnbelastning på terskelen anbefaler Byggforskserien oppkant på minst 50 eller 150 mm ved henholdsvis moderat og stor slagregnpåkjenning (Byggforskserien 523.733, 2019). Uten takoverbygg bør oppkanten være på minst 150 mm (Byggforskserien 544.204, 2008). Uten oppkant vil dørterskel og vanntett sjikt ligge i samme høyde slik at vann kan legge seg inntil terskel og fuge. Vindtrykk kan da presse dette vannspeilet gjennom lekkasjepunkter i fugen.

Det stilles krav til trinnfri adkomst til terrasser og balkonger i bygninger med krav om tilgjengelig boenhet og byggverk med krav om universell utforming jamfør TEK17 § 12-11 (3). Dette begrenser nivåforskjell mellom terskel og dekke til maksimalt 25 mm. For å kunne oppnå tilstrekkelig oppkant på det vanntette sjiktet, samtidig som kravet til trinnfri adkomst ivaretas, må enten tilstøtende gulv heves eller vanntett sjikt inntil dørterskel senkes. Dette kan oppnås gjennom et oppføret og tilstrekkelig åpent utegulv, gjerne av tremmer, eller en nedsenket renne. Da kan terskel og dekke ligge i samme høyde samtidig som oppdemming av vann inntil fuge unngås (Byggforskserien 523.733, 2019). Terskelhøyde og membranoppkant illustreres i Figur 2.2.



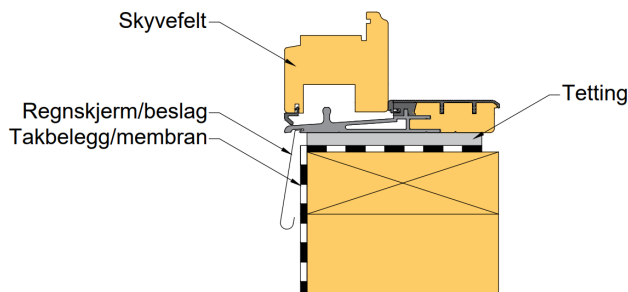
Figur 2.2: Illustrasjon av membranoppkant og (utvendig) terskelhøyde. Terskelfigur: NorDan, 2021a.

2.10 Skyvedører

Med skyvedører menes her dører hvor åpning skjer ved at et dørblad skyves til siden. Den skyvbare delen kalles "skyvefeltet". Til terrasser og balkonger er det vanlig at skyvedøren utformes som en vindusdør, altså at skyvefeltet og fastfeltet hovedsakelig består av glass. I Byggforskserien defineres en vindusdør som "dører med samme grunnkonstruksjon, tetthet, isolasjonsevne og klimapåkjenning som et vindu" (Byggforskserien 533.242, 2016).

En prinsippskisse for innsetting av skyvedører ved terskel er vist i Figur 2.3. Skyvefeltet lig-

ger ytterst og hviler på hjul som igjen hviler på terskelen. Tettingen i monteringsfugen fungerer som lufttetting, og beslaget utenfor virker som en regnskjerm som begrenser regnbelastningen på monteringsfugen.



Figur 2.3: Prinsippkisse for innsetting av skyvedør ved terskel (terskelfigur: NorDan, 2021a).

Vekten er en utfordring ved skyvedører med glassfelt. Pilkington oppgir at deres floatglass har en densitet på 10 kg/m^2 ved en tykkelse på 4 mm, som tilsvarer en densitet på $2\,500 \text{ kg/m}^3$ (Pilkington Floatglas AB, 2021). For å oppfylle minimumskrav i TEK17 § 14-3 må dører og vinduer ha U-verdier under $1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, og da kreves normalt tolags ruter (Byggforskserien 571.954, 2016). Lavere U-verdier vil kreve dører med tre lag glass. Den høye vekten fører til at underlaget må være svært stabilt samtidig som vekten gjør døren uhåndterlig ved innheising.

For å sikre trinnfri atkomst, som kreves på boenheters inngangsplan og i publikumsbygg i henhold til TEK17 § 12-11 (3), må dører ha en trinnfri terskel. TEK17 § 1-3 krever en terskel på maksimalt 20 mm, eller opptil 25 mm med skråskåren kant på maksimalt 45 grader, for at terskelen skal være trinnfri. Dette betyr at den tunge skyvedøren skal hvile og rulle på en tynn terskel som enkelt kan deformeres om den ikke er tilstrekkelig understøttet.

En utfordring for tettingen i monteringsfugen er at bruk av døren skaper vibrasjoner. Åpning og lukking av døren fører hele dørens vekt langs en skinne slik at ujevnheter skaper vibrasjoner. Tettingen må være elastisk nok til å kunne ta opp disse vibrasjonene uten at den slites ut.

2.11 Innsetting av skyvedører i henhold til Byggforskserien

I Byggforskserien vises en rekke forslag til hvordan dører skal settes inn og hvordan tettingen av monteringsfugen skal utføres. Et utvalg relevante anvisninger dekkes her.

533.242 Vindusdører. Typer og egenskaper (2016)

Anvisningen gir en introduksjon til vindusdører, både sidehengslede og skyvedører. Punkt 424 *Terskel* nevner at overgangen mellom dekke og terskel er utsatt og henviser til 520.415, 525.304 og 526.411 for mer informasjon (Byggforskserien 533.242, 2016). 520.415 *Beslag mot nedbør* beskriver ikke dører spesielt og anvisningen beskrives derfor ikke i oppgaven. 525.304 og 526.411 beskrives senere.

For innsetting i vegg henviser anvisningen til 523.721 *Innsetting av ytterdører*, men det spesifi-

seres ikke om dette gjelder både slag- og skyvedører (Byggforskserien 533.242, 2016).

523.721 Innsetting av ytterdører (2016)

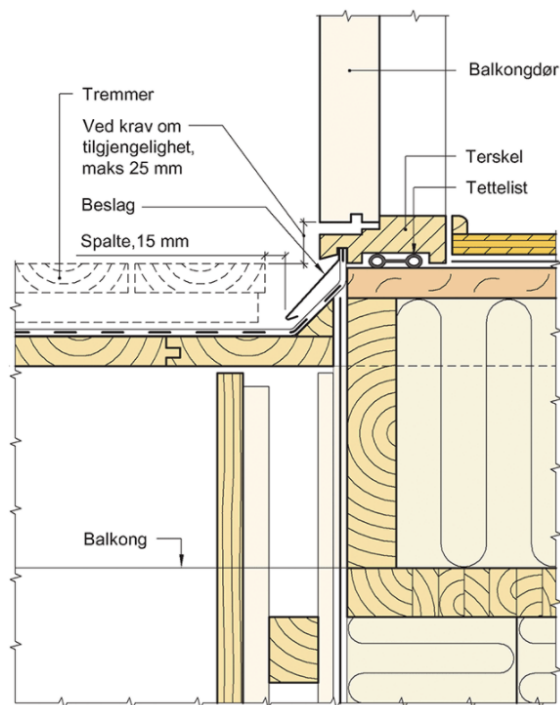
Om innsetting av ytterdører sier 523.721 at de, med unntak av vindusdører, bør være beskyttet mot direkte nedbørspåvirkning, at de bør monteres før utvendig kledning, og at veggåpningen bør være 20 mm større enn dørkarmen slik at det er plass til en minst 5 mm og helst omtrent 10 mm monteringsfuge (Byggforskserien 523.721, 2016).

Anvisningen nevner at den tar utgangspunkt i slagdører, men at de samme prinsippene gjelder for skyvedører (Byggforskserien 523.721, 2016).

For innsetting av ytterdører generelt beskriver Byggforskserien at terskelen kan legges direkte på gulvkonstruksjonen med gummitettelist eller svillemembran som bør dekke hele terskelens bredde (Byggforskserien 523.721, 2016). Anvisningen nevner at klosser bør benyttes dersom underlaget ikke er i vater.

Fugetetting bør foregå i to trinn atskilt med en drenert luftspalte. Byggforskserien foreslår dekkbord som regnskjerm og fugemasse, tape, vindsperreremse eller tettelist som utvendig lufttetting på sider og topp (Byggforskserien 523.721, 2016).

Under terskel foreslås tettelist som hovedløsning, og fugemasse dersom terskelen står på klosser (Byggforskserien 523.721, 2016). Beslag vil virke som regnskjerm. 523.721 viser to forslag til løsning ved terskel. Dør til balkong eller terrasse vises i Figur 2.4. I figuren avsluttes takbelegg i beslagsporet i terskelen. Denne løsningen forutsetter at takbelegget er tynt.



Figur 2.4: Dør til balkong/terrasse (fig. 34 b, Byggforskserien 523.721, 2016).

523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk (2018)

523.721 gjelder innsetting av dører generelt og henviser til 523.701 for innsetting av vindusdører.

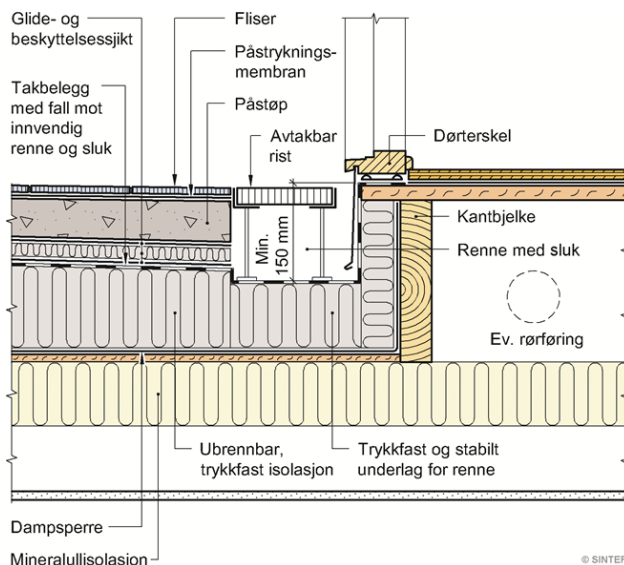
Regntetting av vinduer sikres med dekkbord og beslag foran et minst 10 mm dypt hulrom (Byggforskserien 523.701, 2018). Hulrommet må være luftet og drenert. Utvendig lufttetting må utføres slik at eventuelt vann som treffer tettingen renner ned på vannbrettbeslaget.

Utvendig lufttetting av monteringsfugen rundt vinduer i vegger av bindingsverk kan bestå av fugeskum, fugemasse, fugebånd, tape, eller strimler av vindsperremateriale som klemmes (Byggforskserien 523.701, 2018).

Anvisning 523.702 *Innsetting av vindu i mur- og betongvegger* gjelder andre veggtyper, men tilsvarer ellers 523.701. Anvisningene nevner ikke dører.

525.322 Isolert, kompakt terrasse med trebjelkelag (2018)

I denne anvisningen består tettingen under terskel av en tettelist som anbefalt i 523.721. Takbelegget føres oppunder terskel som vist i Figur 2.5.



Figur 2.5: Dør til balkong/terrasse (fig. 61 c, Byggforskserien 525.322, 2018).

Figuren viser at terskelen står på en utkraget plate understøttet av uspesifisert isolasjon. Selv med trykkfast isolasjon vil ikke denne løsningen gi god nok understøtte for terskelen (Raugstad og Strid, 2021).

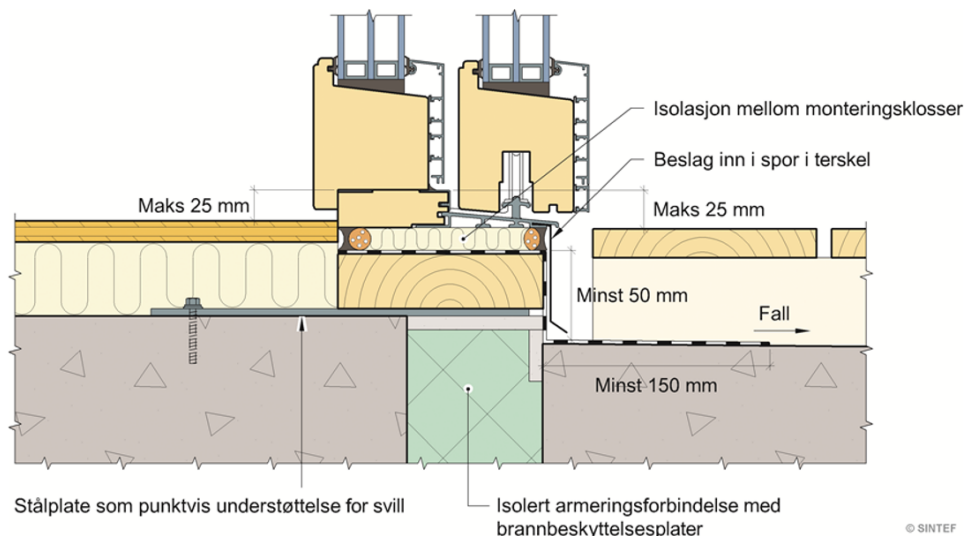
525.324 Isolert, luftet takterrasse med trebjelkelag (2011)

Denne anvisningen bruker samme tettelse som 525.322. Tettelist legges mellom membran og terskel.

523.733 Fuktsikre dørterskler til balkonger og svalganger med betongdekke (2019)

Anvisningen beskriver dørterskler til balkonger og svalganger med betongdekke. Betongdekker er vanntette sjikt og tettelse løsningene bør også kunne gjelde terrasser.

Figur 2.6 viser tetting under terskel. Tettingen består av to fugestrenger inntil bunnfyllingslister som ligger oppå et takbelegg. Døren må ha ”stabil understøttelse i hele terskelens bredde” og ”klosses opp etter leverandørens anvisning” (Byggforskserien 523.733, 2019).

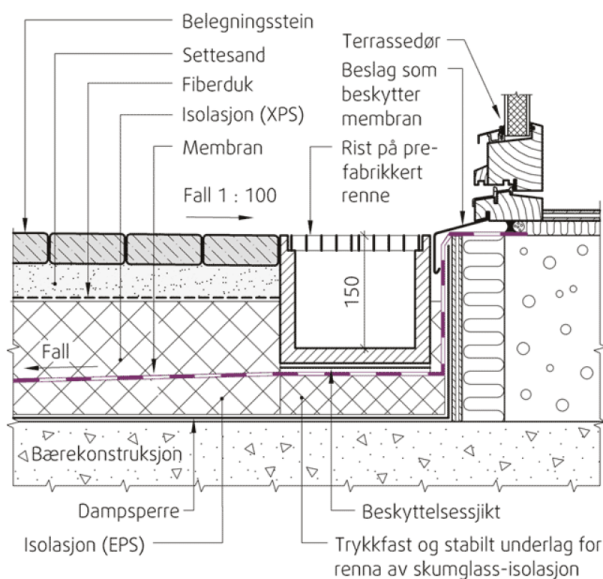


Figur 2.6: Dør til balkong/terrasse (fig. 35, Byggforskserien 523.733, 2019).

523.733 viser ytterligere tre terskelløsninger, men de har alle samme tettelse under terskelen.

525.304 Terrasse på etasjeskiller av betong for lett eller moderat trafikk (2007)

Tettelse under terskel i denne anvisningen bruker også fugemasse og bunnfyllingslist oppå takbelegg. Detaljløsningene virker å anta at døren kun festes i stenderne på hver side siden terskel er såpass lite understøttet i dybden, som vist i Figur 2.7.



Figur 2.7: Dør til terrasse (fig. 621 a, Byggforskserien 525.304, 2007).

526.411 Utkraget trebalkong (2010) og 526.413 Understøttet trebalkong (2010)

Anvisningene viser blant annet balkonger med vanntette sjikt. Her settes terrassedøren inn som i Figur 2.4, med klosser, bunnfyllingslister og fugemasse.

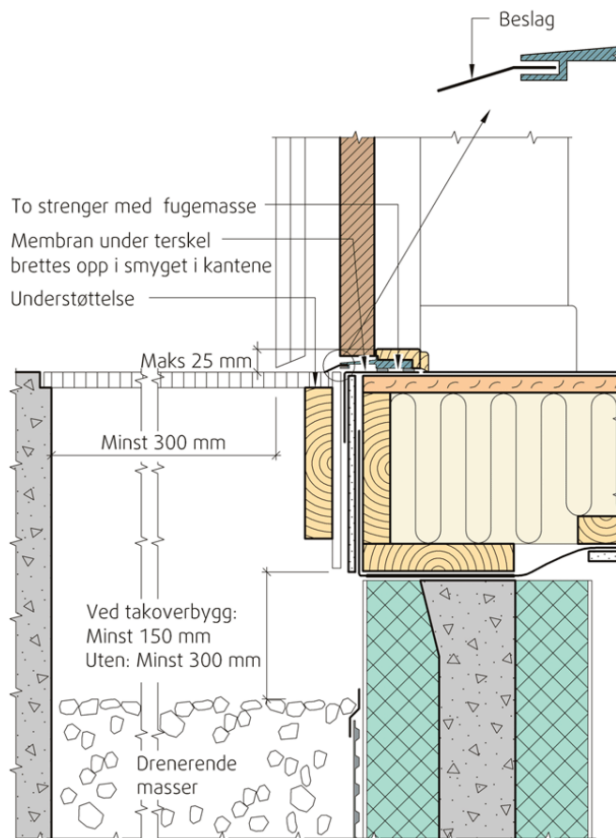
544.204 Tekking med asfalttakbelegg eller takfolie. Detaljløsninger (2008)

Denne anvisningen viser en detalj for dørterskel. Her brukes også klosser, bunnfyllingslist og fugemasse. Det spesifiseres også at beslagsporet i terskelen fylles med fugemasse, og at beslaget holdes fast av kantbordene slik at takbelegget ikke punkteres av eventuell fastskruing av beslaget.

523.731 Trinnfritt inngangsparti for småhus av tre. Tekniske løsninger (2010)

I denne anvisningen beskrives fuktsikring under dørterskel. En membran må legges under dørterskelen og ha oppbrett mot stenderne (Byggforskserien 523.731, 2010). Det nevnes også at beslaget kun festes i terskelen slik at eventuell bevegelse i andre konstruksjonselementer ikke drar beslaget løs.

I alle detaljtegningene som viser en dør er det lagt to fugestrenger, vist i Figur 2.8, på membranen. Membranen beskrives brettet opp i smyget på én av tre tegninger (Byggforskserien 523.731, 2010). Membranoppbrett i smyget illustreres med egne figurer.



Figur 2.8: Trinnfritt inngangsparti (fig. 34 a, Byggforskserien 523.731, 2010).

Figuren viser ikke en terrasse eller balkong, men er aktuell da den viser innsetting av en dør med fugestrenger uten bunnfyllingslist og tilhørende klossing.

3 Metode

3.1 Dokumentstudie

En rekke byggforskanvisninger ble studert for å danne en oversikt over hvilke løsninger Byggforskserien anbefaler for tetting under terskler og for å avdekke eventuelle svakheter. Anvisninger som gjaldt innsetting av ytterdører eller oppbygning av terrasser og balkonger ble valgt ut. Detaljløsninger ble vektlagt. Undersøkte anvisninger er:

- 533.242 Vindusdører. Typer og egenskaper (2016)
- 523.721 Innsetting av ytterdører (2016)
- 523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk (2018)
- 523.702 Innsetting av vindu i mur- og betongvegger (2018)
- 525.322 Isolert, kompakt terrasse med trebjelkelag (2018)
- 525.324 Isolert, luftet terrasse med trebjelkelag (2011)
- 523.733 Fuktsikre dørterskler til balkonger og svalganger med betongdekke (2019)
- 525.304 Terrasse på etasjeskiller av betong for lett eller moderat trafikk (2007)
- 526.411 Utkraget trebalkong (2010)
- 526.413 Understøttet trebalkong (2010)
- 544.204 Tekking med takbelegg (2008)
- 523.731 Trinnfritt inngangsparti for småhus av tre. Tekniske løsninger (2010)

Hovedhensikten med dokumentstudien var å kartlegge tetteløsninger for skyvedører anbefalt i Byggforskserien, og om anbefalingene er i konflikt med resultatene fra forsøkene.

3.2 Ustrukturert intervju

Det ble utført flere ustrukturerte intervjuer underveis, deriblant på møter i forkant av, og underveis under, laboratorieforsøkene. Møtene involverte representanter fra NorDan, Isola, Norgeshus, SINTEF og NTNU.

NorDan, Isola og Norgeshus utførte flere forsøk etter egne anvisninger og metoder. Underveis ble det tatt notater og stilt spørsmål til utførende tilknyttet utførelse og oppsett. Det var ingen forberedelse av spørsmål i forkant, og alle spørsmål ble stilt spontant, men erfaringer underveis ga grunnlag for videre spørsmål. Norgeshus stilte med to erfarne tømrere, som svarte på spørsmål tilknyttet valg av løsning og montering. Utførelse ble dokumentert med notater og bilder.

I forbindelse med utførte forsøk ble hendelser og resultater diskutert underveis, deriblant lekkasjepunkter, årsaker til lekkasjer og eventuelle forbedringer. Involverte var representanter fra NorDan, Isola, Norgeshus, SINTEF og NTNU. Også dette ble det tatt notater av underveis. Alle sitater og påstander benyttet i masteroppgaven ble godkjent i ettertid.

3.3 Forsøksoppsett

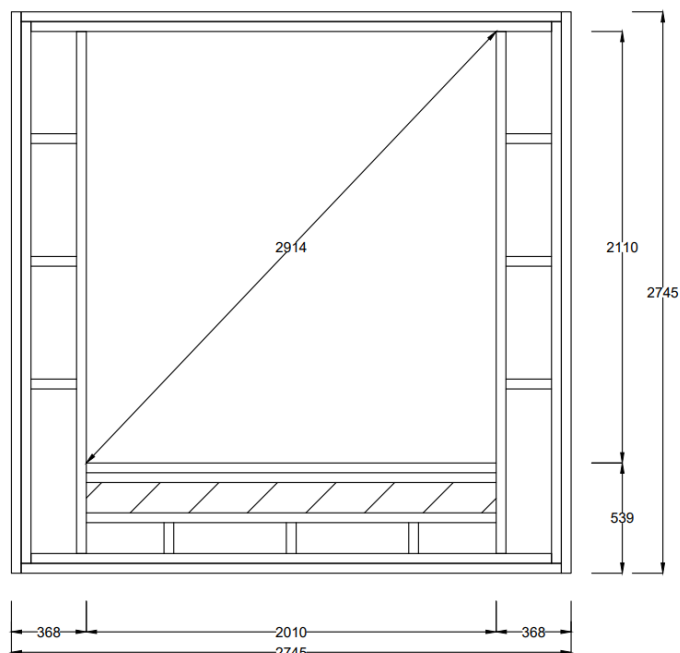
Tresjablong

En tresjablong, vist i Figur 3.1, ble bygget for å simulere en bindingsverksvegg med en balkong med vanntett sjikt. C24-konstruksjonsvirke på 48x98 mm ble brukt ytterst, og C24-konstruksjonsvirke på 48x148 på resten av sjablongen. Doble stendere er ikke benyttet på hver side av åpningen til døren, men klosser er lagt inn for å forbinde ytre og indre stendere. Denne forbindelsen motvirker vridning av stenderne og sørger for avstiving. Montering ble utført med skruer og supplementert med trelim langs den ytterste delen av sjablongen mellom 48x98- og 48x148-trevirket, og på begge ender av alle stenderne.



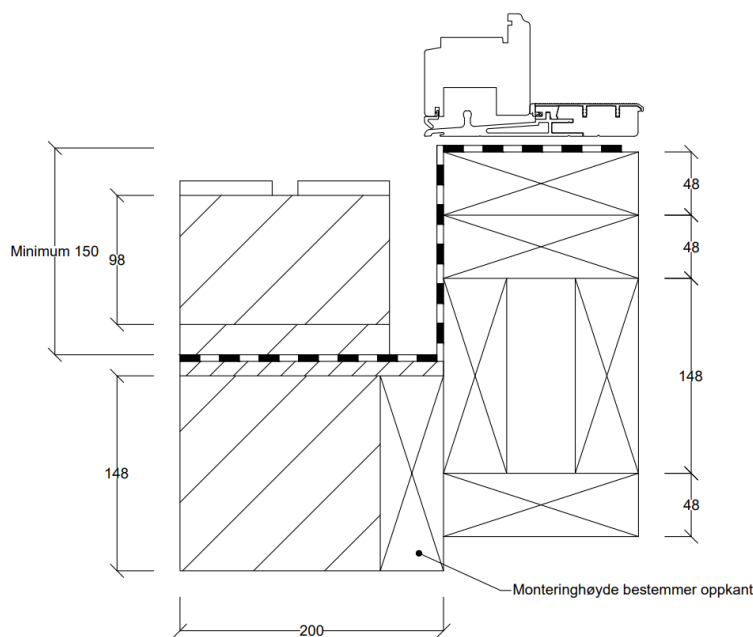
Figur 3.1: Tresjablong med åpning til dør innsatt i stålsjablong.

Mål på tresjablongen er oppgitt i Figur 3.2. Åpningen tilsvarer skyvedørens ytterdimensjoner pluss 20-22 mm. De tre korte stenderne under døren står henholdsvis i midten og 650 mm ut fra midten. Avstanden skulle tilsvare en senteravstand på 600 mm, men ble 650 mm på grunn av feilmerking. Dette har ikke hatt noen observerbare konsekvenser. Ytre diagonal mål ble kontrollert underveis, men ikke diagonal mål av selve åpningen. Kontroll etter ferdigstilling viste at åpningen var 2 mm høyere på én side. Losholten var ikke fullstendig i vater, men skyvefeltet trillet ikke i noen retning i ulåst stilling.



Figur 3.2: Arbeidstegning til tresjablong.

Oppsettet av veggkonstruksjon og simulert terrasse vises fra siden i Figur 3.3. En dobbel losholt under døren muliggjorde utskiftning av øvre losholt om denne skulle bli ødelagt, for eksempel ved demontering av asfaltmembran. Losholtene hvilte på en boks med to kantbjelker, hvorav den ytterste simulerte kantbjelken i et bjelkelag. Boksen sørget dessuten for stabilt underlag for skyvedøren, og ga god mulighet til å skru fast terrassen i ønsket høyde.



Figur 3.3: Forsøksoppsett fra siden.

Terrassens bæring skjedde via bjelker i underkant skrudd fast til en avstivende plate, og terrassen var i praksis en utkraget balkong. Den avstivende platen fungerte også som underlag for taktekkingen. Terrassetremmene hvilte på bjelker med påskrudde klosser som var tilpasset for å oppnå ønsket nivåforskjell mellom tremmer og terskel.

For å gi bedre avrenning under terskel kan losholten skråskjæres slik at membranen får et fall og vann dermed ikke blir liggende inntil terskel. Dette ble ikke gjort for å gi større vannbelastning i forsøkene.

Gjennom forsøkene var membranoppkanten på minimum 150 mm. En liten sikkerhetsmargin førte til at membranoppkanten lå mellom 150 og 160 mm. Terrassebordene var senket slik at løsningen ikke er universelt utformet. De senkede terrassebordene gir større sprutbelastning på tettingen under terskel.

Overgangen mellom tresjableng og stålsjableng ble fuget med akrylfugemasse, som vist i Figur 3.4, for å sikre tett overgang og unngå irrelevante lekkasjepunkter.



Figur 3.4: Overgang mellom tre- og stålsjableng.

Vindsperran av type Tyvek FireCurb Soft ble montert slik at skjøten ble vertikal og med omlegg på minimum 20 cm. Skjøten ble tapet med Tyvek vindsperrtape. Diagonalene innenfor åpningen til døren ble snittet og vindsperran ble brettet inn. Overflødig materiale ble kuttet av slik at vindsperran lå som i Figur 3.5. Vindsperran ble stiftet fast til sjablongen, men stiftene ble ikke dekket til med tape før Forsøk 2. Ny vindsperre ble lagt før Forsøk 3 og igjen før Forsøk 4. Vindsperran ble lagt med horisontal skjøt i Forsøk 3.



Figur 3.5: Sjablong i luftskap.

På utsiden ble vindsperren tapet med sølvtape til stålsjablongen, først langs nedre kant, så sidene, så toppen. Hjørnene ble forsterket med diagonal tape.

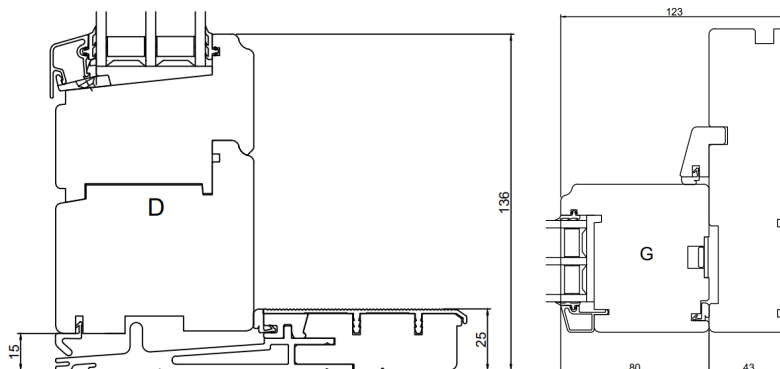
Skyvedør

Døren som benyttes er en ND NTech Skyvedør fra NorDan tilsvarende Figur 3.6, med 3-lags glass og vekt på 200 kg. Døren er 1988 mm bred og 2088 mm høy. Produktet leveres ferdig malt med hvit akrylmaling. Utsiden av døren er kledd i aluminium. Døren har fire skruehull på hver side, samt ett oppe og nede. Skruehullene i sidene og i toppen har karmankere til justering. Nedre skruehull ble ikke benyttet i forsøkene siden skruen ville gjennomhullet membranen. Dette er ikke i henhold til NorDans monteringsanvisning for terskel (NorDan, 2022a).



Figur 3.6: 2-fløyet skyvedør fra NorDan (NorDan, 2022b).

Et snitt av terskelen og en sidekarm vises i Figur 3.7. Terskelen har to beslagspor, men ingen beslag ble benyttet i forsøkene. Sidekarmen har to avrenningsspor og tettingen ble lagt mellom disse slik at det ytterste sporet var eksponert.



Figur 3.7: Vertikalsnitt (venstre) og horisontalsnitt (høyre) av 2-fløyet skyvedør fra NorDan (NorDan, 2021b).

Løsninger og produkter

Tabell 1 viser produkter som ble benyttet i forsøkene. To ulike tettelister ble benyttet i forsøkene, et U- og et B-Profil. U-profilet fantes allerede i laboratoriet og ble derfor brukt. B-profilet er i utgangspunktet et dobbelt D-profil, men blir ikke delt og fungerer derfor som et B-profil.

Det ble kun benyttet vindsperre på rull i forsøkene ettersom at dette allerede fantes i laboratoriet. Fordi hensikten med forsøkene kun var å teste monteringsfugen ble ikke vindsperreplater anskaffet og brukt i noen av forsøkene.

Tabell 1: Relevante produkter benyttet i laboratorieforsøkene.

Produkttype	Produsent	Produktnavn	Kommentar	Bruk
Vindsperre	Isola	Tyvek FireCurb Soft		All vindsperre. Beskyttelse av topplekt.
Vindusrim		Isola vindusrim med klebekant		Beskyttelse av topplekt. Spor til membran.
Vindsperre- tape		Tyvek Tape	Klebestoff av modifisert akryl	Tetting i topp- og sidekarm. Taping av skjøter.
		WiFlex Tape	Klebestoff av modifisert akryl	Tetting i topp- og sidekarm. Taping av skjøter.
		FlexTett Vindusrim 100	Klebestoff av butyl	Tetting i topp-, bunn- og sidekarm.
Sølvteip	Nashua	Nashua Tape 357	Polyetylen	Taping av overgang til stålsjablone.
Takfolie	Bauder	Bauder Thermofol U 15	PVC	Vanntett sjikt.
Fugemasse	Bostik	Bostik H760 Seal'N'Flex Pro Seal	Blanding	Tetting i bunnkarm.
	Tec7	Tec7 fugemasse	MS polymer	Tetting av utetthet under terskel.
	Würth	MS 40 hvit		Tetting i topp- og sidekarm.
Tettelist		U-profil*	Neopren	Tetting i bunnkarm.
		B-profil*	EPDM	Tetting i bunnkarm.

* Produktnavn ikke tilgjengelig, dermed beskrivende produktnavn angitt.

Tabell 2 viser de ulike forsøkene og deres respektive løsninger som ble testet.

Tabell 2: Løsninger benyttet i de ulike forsøkene.

Forsøk	Vanntett sjikt	Toppkarm	Sidekarmer	Bunnkarm	Annet
1	PVC takfolie	Vindsperretape		Tettelst av neopren	Fugemasse i utett hjørne.
2	PVC takfolie	Vindsperretape		Fugemasse	Butylbånd på klemløker. Vindsperre over topplekt.
3	Ingen	Flexnett			Vindusrims under terskel.
4	PVC takfolie	Bunnfyllingslist og fugemasse		Tettelst av EPDM	Butylbånd under klemløker. Vindsperre over topplekt.
5	PVC takfolie	Bunnfyllingslist og fugemasse		Tettelst av EPDM og fugemasse	Butylbånd under klemløker. Vindsperre over topplekt. Uten terrasse.
6	PVC takfolie	Bunnfyllingslist og fugemasse		Tettelst av EPDM og fugemasse	Butylbånd under klemløker. Vindsperre over topplekt.

3.4 Testmetode

Testing av luft- og regntetthet ble utført i henhold til NS-EN 1026 og NS-EN 1027, som beskrevet i 2.1.4, med enkelte avvik.

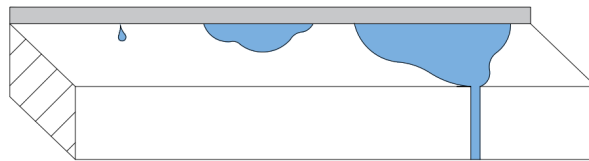
For det første ble testing av lufttetthet ikke initiert med trykkpulser. For å forhindre plutselig ødeleggelse av svake eller defekte produkter brukes trykkpulser normalt ikke i laboratoriet. En gradvis trykkøkning gjør det mulig å stoppe testen på lave trykk dersom produktet ikke ser ut til å tåle hele testen.

Når det gjelder regntetthet ble prosedyren i NS-EN 1027 fulgt i de fire første forsøkene. I siste forsøk ble dysenes plassering senket for å redusere regnpåkjenningen på irrelevante, men lekkasjeutsatte, områder. Kun én rad med dyser ble benyttet.

Videre var det variasjoner i endelig trykkpåkjenning basert på testkonstruksjonenes prestasjon. Dette gjaldt for svært dårlige eller gode tetteløsninger, for å oppnå tilstrekkelig synlige resultater, altså lekkasjer, fra alle testkonstruksjoner. På denne måten var det også mulig å skille de beste løsningenes prestasjoner fra hverandre.

Underveis i testingen ble det tatt notater og bilder av relevante funn. Lekkasjers karakter kan være vanskelig å beskrive med ord, men for regnlekkasjer ble det i hovedsak benyttet tre former for å beskrive lekkasjene angitt i økende størrelse: dråpe, lekkasje og vannstrøm, illustrert i Figur 3.8. ”Dråpe” representerer én enkel dråpe, en ”lekkasje” betegner en samling av dråper som utgjør et

større vannvolum, mens en ”vannstrøm” er en lekkasje med såpass stort volum at vannet renner kontinuerlig inn i konstruksjonen.



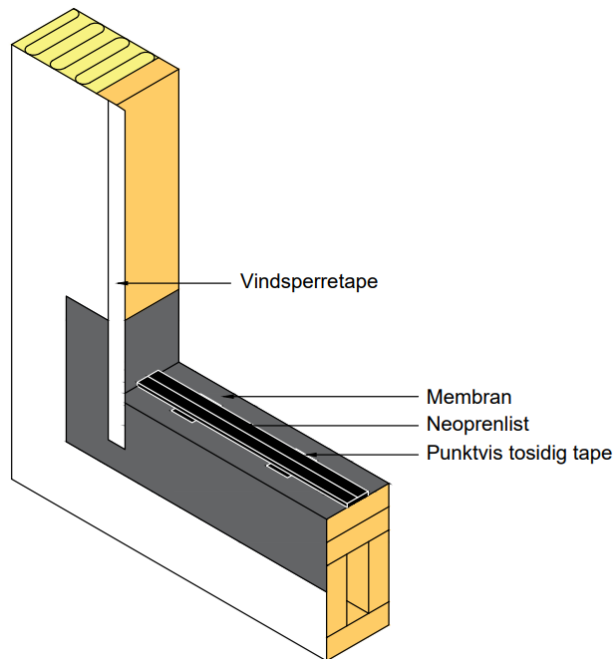
Figur 3.8: Størrelsesbegreper brukt om regnlekkasjer, i økende størrelse fra venstre mot høyre, henholdsvis dråpe, lekkasje og vannstrøm. En uspesifisert tettelsesning illustreres i grått.

De ulike typene lekkasjer kan selvfølgelig variere i størrelse, men prinsippene er som vist på figuren. Størrelsen på lekkasjene er ikke så viktig, siden det hovedsakelig er lekkasjens lokasjon i tettelsesningen som er interessant. Områdene hvor lekkasjene oppstår avslører typiske sårbare punkter som må vektlegges i utarbeidelsen av nye og mer fuktsikre tettelsesninger.

3.5 Forsøk 1: Tetteliste og tape

Oppsett og montering

Det første forsøket ble utført for å teste tresjablongen og testrutinen slik at dette var klart til Isola og Norgeshus skulle sette opp sine løsninger. Løsningen er tatt fra fra byggforskanvisningen om innsetting av ytterdører (523.721) og bestod av en sveiset membran av PVC takfolie, en tetteliste av neopren under bunnkarm og tape over sidekarmer og toppkarm for å slippe å fuge og dermed unngå fugerester som må fjernes. Løsningen er skissert i Figur 3.9.



Figur 3.9: Skisse av tetteløsningen i Forsøk 1.

Siden PVC-en ikke er elastisk eller formbar ble den klippet til i hjørnene, og så ble en lapp sveist på så membranen kunne brettes opp i smyget. Sveisens omleggsbredde var på minst 10 cm for å sikre tilstrekkelig tett sveis. Biter av trevirke ble skrudd sammen til et hjørne for å få sveiset membranen til riktig geometri. På denne måten ble det ingen skader på vindsperren festet til tresjablongen. Resultatet av sveisen ble som vist i Figur 3.10. Membranen ble lagt løst oppå tresjablongen og den faste delen av den simulerte terrassen, og randene ble ikke dekket til eller festet. Oppkanten fra det vanntette sjiktet til terskel ble som planlagt 150 mm.



Figur 3.10: Varmluftsvæiset membran av PVC.

Tettelisten av neopren ble tapet fast på fem jevnt fordelte steder med biter av butylbånd for å

unngå forskyving eller vregning ved innsetting av dør. Neoprenlisten er vist i Figur 3.11.



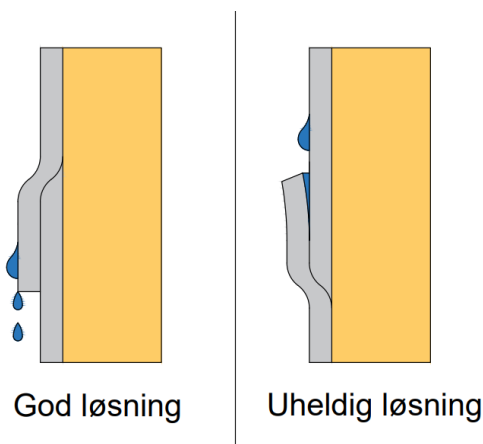
Figur 3.11: Tetteliste av neopren benyttet i Forsøk 1.

Innheisingen av døren ble gjort med kran fra tresjablongen innside. Døren ble plassert i flukt med innsiden av tresjablongen, som vist i Figur 3.12, og var altså trukket ut i vegglivet. Dørens posisjon ble først låst i bunnen ved hjelp av de nedre karmankrene i sidekarmene, og deretter justert i vater med de øvre karmankrene. Når skyvedørens posisjon var i lodd og i vater ble døren skrudd fast. Skruehullet i terskelen ble som nevnt ikke benyttet for å unngå gjennomhulling av membranen.



Figur 3.12: Dør i sjablong sett fra innsiden.

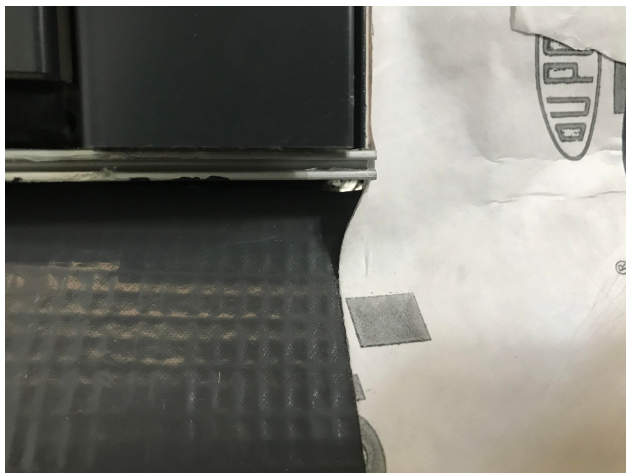
Tape som skulle tette i topp- og sidekarmer ble påført, først på sidene og så i toppen. Dette forsegler tapens skjøter på tvers av vannstrømmens retning som illustrert i Figur 3.13.



Figur 3.13: Skjøting av tape så vann renner over.

På sidene ble tapen påført helt ut til aluminiumskledningen på døren, mens i toppen ble tapen lagt nede i dreneringssporet i trevirket slik at dette ikke skulle dekkes over. Dette ga lite heftflate for tapen. I hjørnene nede fikk ikke tapen kontakt med tettelisten som lå lenger innenfor.

For å tette en synlig glippe, vist i Figur 3.14, ble TEC7-fugemasse påført i nedre høyre hjørne fra utsiden. Fugen ble lagt samme dag som testing og fikk ikke tid til å herde da fugemassen har herdetid på 24 timer ved 6 mm fugetykkelse.



Figur 3.14: Synlig glippe i nedre høyre hjørne sett fra utsiden.

Vertikale og horisontale klemlekter ble skrudd fast direkte i tresjablongen uten ekstra tetting bak. Vann kunne altså trenge gjennom skruehull. I høyre hjørne førte uheldig montering til gjennomhulling av membran 3 og 12 cm over membran på terrasse. I venstre hjørne var første gjennomhulling i en høyde på 19 cm, men dette ville gitt lekkasjer under membranen, ikke mellom terskel og membran.

Den øvre, løse delen av terrassen ble lagt løst oppå den faste delen og skjøvet inntil klemlektene. Siden døren var trukket ut ble den horisontale avstanden fra tremmer til terskel på omtrent 2 cm. Den vertikale avstanden varierte fra 1,5 til 2 cm som følge av krumning i trevirket.

Testing av lufttetthet

Oppsettet i Forsøk 1 ble testet for lufttetthet for å få en indikasjon på forventede lekkasjepunkter. Forsøksprosedyren ble utført i henhold til NS-EN 1026, foruten de tre initierende trykkpulsene. Røykpenn ble benyttet under påføring av negativt trykk for å synliggjøre lekkasjepunkter i konstruksjonen. Ved positivt trykk ble det kjent etter luftstrømninger med hånden. Eventuelle lekkasjer ble notert ned og markert på illustrasjon av testkonstruksjonen, og trykktap-målinger ble registrert digitalt fra trykk-kammeret.

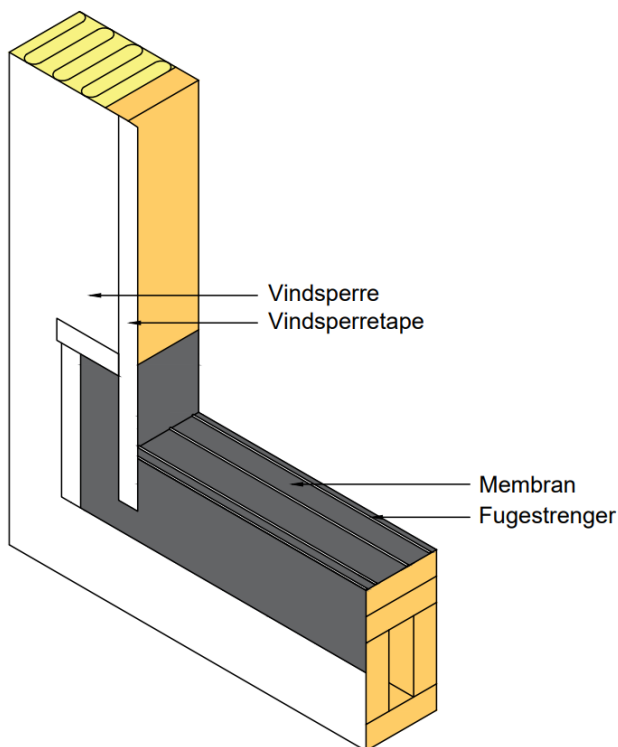
Testing av regntetthet

Testing av regntetthet av Forsøk 1 ble utført i henhold til NS-EN 1027. Under testing av regntetthet ble det kontinuerlig utført visuelle inspeksjoner for å lokalisere eventuelle lekkasjer. Relevante funn ble tatt bilde av, notert ned og markert på tegning av tresjablongen. Regntesten ble avbrutt ved 200 Pa. Etter regntesting ble døren heist ut og sjablongen ble visuelt inspisert for å finne lekkasjepunkter.

3.6 Forsøk 2: Fugemasse og tape (Norgeshus)

Oppsett og montering

Forsøk nummer to ble utført av Norgeshus med løsningen vist i Tabell 2 og Figur 3.15, altså med fugemasse under terskel og vindsperretape i topp og på sidene. Tetting mellom tre- og stålsjablong ble utbedret. Takfolien av PVC og vindsperren brukt i Forsøk 1 ble brukt på ny i Forsøk 2. Stiftehull i vindsperren ble tapet over med vindsperretape. Vindsperren hadde rester av vindsperretape fra Forsøk 1, dermed ble tape i Forsøk 2 påført mot både vindsperre og vindsperretape.



Figur 3.15: Skisse av tetteløsningen i Forsøk 2.

Fugemassen var av type Bostik H760 Seal'N'Flex Pro Seal, medbrakt av Norgeshus. Produktoversikten på hjemmesiden til Bostik kaller den en "universell fugemasse for tetting av konstruksjons- og ekspansjonsfuger" og nevner spesielt bruk på fasader (Bostik, 2022a). Det tekniske databladet nevner PE, PP, PC, PMMA, PTFE, myk plast, neopren og bituminøse underlag som uegnede (Bostik, 2022b) og fugemassen vil muligens ikke fungere over tid i denne løsningen. Fugemassen ble brukt ukritisk i forsøket da langtidsvirkninger ikke ville påvirket resultatet.

Tre fugestriper ble lagt på takfolien, vist i Figur 3.16, før døren ble satt inn. Én fugestripe ble lagt i hver ytterkant av terskelen og én på midten. Fugestrengene ble påført med varierende tykkelse, mellom 0,5 og 3 mm. Etter innsetting av døren ble en fugestreng lagt i forkant under terskel. Tretremmene, den øvre delen av den simulerte terrassen, måtte løftes av for å komme til med fugepistolen.



Figur 3.16: Fugestrenger under terskel av varierende tykkelse.

Ved innheising ble døren løftet inn av ni mann uten kran og satt ned på takfolien, så bikket inn. Plasseringen i vegglivet ble justert i flukt med innsiden av stenderne ved hjelp av brekkjern. Justeringen førte til at fugemasse ble skvist ut under terskel ved høyre innvendige hjørne som vist i Figur 3.17. Måling etterpå viste at døren var trukket ut slik at avstanden fra smyget til aluminiumskledningen på døren var $20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.



Figur 3.17: Fugemasse presset ut som følge av innsetting av dør og påfølgende justering av plassering i veggliv. Intakte fugestrenger før innsetting vises til høyre.

Døren ble først skrudd fast i toppen før den ble justert til vater. Siden døren da ikke kunne forskyves i toppen måtte forskyvning skje i bunnen, langs fugemassen. I toppen ble karmankrene for korte og døren måtte derfor kiles. Døren sto ikke i lodd etter første forsøk og dørens posisjon måtte derfor justeres igjen.

Overgangen fra dør til vindspærre ble tapet. Tapen ble festet i karmen innenfor dreneringsspolet og til vindspærren. Sidekarmene ble tapet først, fra toppkarm og ned på takfolie. Toppkarm ble så tapet, og hjørnene oppe ble forsterket for å sikre tette hjørner ved å klippe til en tapebit som vist i Figur 3.18. Merk at denne biten dekket over avrenningsspolet i dørkarmen. Fugemasse ble også påført i de forsterkede hjørnene for ekstra sikring.



Figur 3.18: Tilklippet tapebit, vist til høyre, brukt til å forsterke hjørner i Forsøk 2.

I det høyre innvendige hjørnet ble tape forsøkt brettet opp mot terskelens underkant og fugemasse dratt over tapen som vist under i Figur 3.19. Dette ble kun gjort i ett av hjørnene.



Figur 3.19: Fugemasse og tape i hjørne.

Takfoliens rander ble teipet inn mot vindsperren for å forhindre lekkasjer inn bak takfolien. Klemleker ble påført butylbånd og skrudd fast i tresjablongen. Butylbåndet har som hensikt å forhindre lekkasjer gjennom skruehull. For å simulere kledning og hindre oppsamling av vann på lekter ble en vindsperremse tapet over topplekt.

Testing av regntetthet

Testing av regntetthet ble gjort i henhold til NS-EN 1027. Forsøket ble stoppet ved 600 Pa. Visuelle inspeksjoner ble kontinuerlig utført for å avdekke lekkasjer. Notater og bilder ble tatt, men ettersom det var rundt ti personer tilstede under testingen, i kontrast til tre under Forsøk 1, ble det utfordrende å holde oversikt.

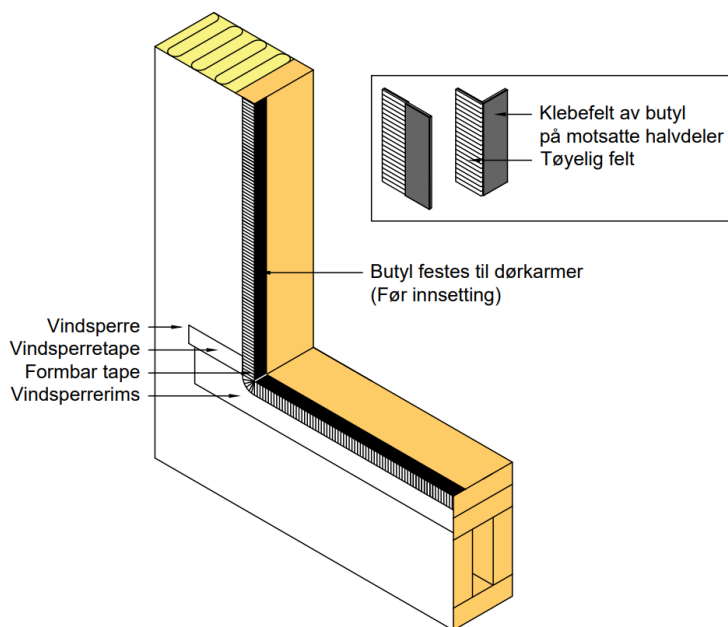
De som var tilstede var representanter fra NorDan, Isola, Norgeshus, SINTEF og NTNU.

Etter demontering ble det foretatt fuktmålinger i dreneringssporene i sidekarmene. Fuktmåleren var av typen med to pinner som slås inn i treverket. Nøyaktigheten av fuktmålingene var ukjent, men verdiene ble kun brukt for å se relative forskjeller.

3.7 Forsøk 3: FlexTett (Isola)

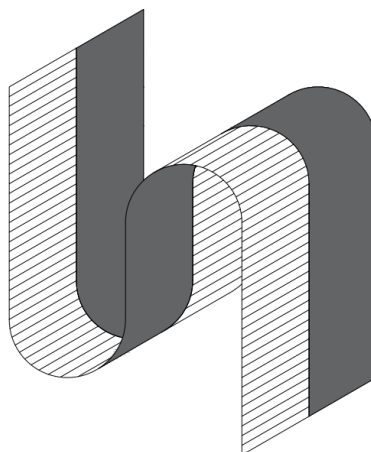
Oppsett og montering

Det tredje forsøket ble utført av Isola og baserte seg på en mansjettløsning av deres eget produkt FlexTett Vindusrims 100, en fleksibel og formbar vindusrims med butyl. Tetteløsningen er illustrert i Figur 3.20. Oppsettet fra Forsøk 2 måtte demonteres før det var mulig å teste en ny løsning. Restmateriale fra fugemasse, tape og butylbånd ble skrapet og pusset av. Aluminium på dørterskel ble vasket med white spirit for å fjerne limrester og fugemasse, og så vasket med rødsprit for å fjerne fett fra white spiriten. Vindspærren fra Forsøk 1 og 2 ble byttet ut.



Figur 3.20: Skisse av tetteløsningen i Forsøk 3.

FlexTetten brukt i forsøket hadde en butylstripe på halve oversiden og på motsatt underside, som vist i Figur 3.21. Den ene halvdel av produktet er armert med fiber så den ikke er formbar.



Figur 3.21: FlexTett med butylbånd på motsatte sider.

Løsningen baseres på at FlexTett påføres kontinuerlig rundt dørkarmene som en mansjett før døren settes inn. Skyvedøren ble lagt horisontalt ned på et bord for montering og den armerte delen av FlexTetten ble påført rundt dørkarm, som vist i Figur 3.22. Tapen ble påført fra høyre sidekarm og med klokken for å sikre at vannet rant over skjøten. Etter påføring ble FlexTetten rullet godt med håndrulle for å stimulere aktivering av butylen gjennom oppvarming. Dette er også nødvendig for å sikre tilstrekkelig og kontinuerlig heft. Plasten som dekket over den andre butylremsen forble på under innheising.



Figur 3.22: Skyvedør lagt ned i arbeidshøyde for å tilrettelegge for montering. FlexTett påført innenfor dreneringsspor.

FlexTett under terskel ble påført slik at spor til vannbrettbeslag var tilgjengelig, vist i Figur 3.23. Siden butylbåndet ble påført skyvedøren før innsetting var det enkelt å påføre det med presisjon helt inn bak dreneringsporene på dørkarmene.



Figur 3.23: FlexTett under terskel med fri tilgang til vannbrettbeslagspor.

Døren ble løftet inn i åpningen i sjablongen av ni mann, og siden FlexTettens beskyttende plastlag fortsatt hang på kunne dørens posisjon justeres fritt.

Døren ble plassert rett på losholt uten membran. Heftflaten til FlexTetten, altså vindspærren, ble dermed helt jevn og uten høydesprang som følge av membranens tykkelse.

Plastlaget som dekket den gjenværende butylremsen ble tatt av, og butylen ble påført mot vindspærren. Også her ble det rullet godt med håndrulle. Det ble lagt fokus på utbretting av hjørner og forhindring av dannelse av folder i tettingen. Dette ble gjort ved å begynne utbrettingen av FlexTetten på midten av hver lengde og brette ut mot hvert av hjørnene.

FlexTettens innebygde kreppeform tillater kontinuerlig, krum tetting i hjørnene, slik at det er mulig å unngå skjøter i utsatte områder.

Som alternativ til takfolie under terskel ble en Isola vindusrims med klebekant festet langs vindspærren i forkant av terskelen, som vist i Figur 3.24. Ideen med denne løsningen er at takfolie kan legges inn bak vindusrimsen, slik at FlexTetten og takfolien ikke er i direkte kontakt. Om denne løsningen fungerer er utenfor oppgavens omfang og angår ikke selve monteringsfugen. Overgangen mellom vindspærre og vindusrims ble tapet over med vindspærretape og delvis dekket med FlexTett. Dette forhindret at innfestingen av vindusrimsen ble direkte utsatt for vann.



Figur 3.24: Vindusrims lagt i forkant av terskel, under FlexTett.

Butylbånd ble lagt bak de ytre vertikale klemlektene, men ikke de indre som klemte over FlexTetten. Det samme gjaldt den øvre horisontale klemlekten. FlexTetten antas å tette på samme måte som butylbånd, dermed ville ekstra butylbånd blitt overflødig ved overlapp med FlexTett.

Under montering ble topplekten skrudd inn og så skrudd ut og flyttet på. Dette førte til åpne skruehull i vindsperran under klemlekten. Videre ble en skrue i venstre innerste klemlekt glemt slik at ett punkt hadde mindre klem.

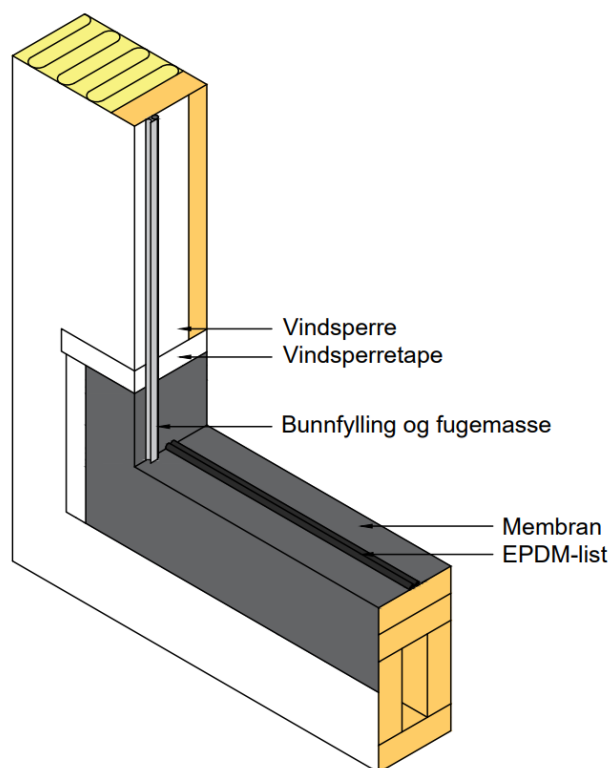
Testing av regntetthet

Det ble kun utført testing av regntetthet for Forsøk 3. Testingen ble utført i henhold til prosedyre beskrevet i NS-EN 1027, men det ble påført mer trykk enn beskrevet i standarden for å fremkalle lekkasjer. Testingen endte omsider på 1050 Pa.

3.8 Forsøk 4: Tetteliste og fugemasse

Oppsett og montering

Siden Forsøk 1 ikke ga tettelisten en real sjanse ble forsøket utført på nytt, men nå med fugemasse som tetting på topp- og sidekarm istedenfor tape, slik som beskrevet i Byggforskserien 523.721 (2016) og som illustrert i Figur 3.25

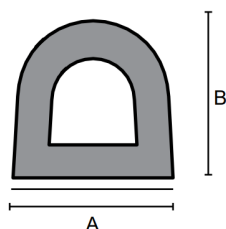


Figur 3.25: Skisse av tetteløsningen benyttet i Forsøk 4.

Ny vindsperre og membran ble montert til Forsøk 4. Membranen ble sveiset direkte på tresjab-

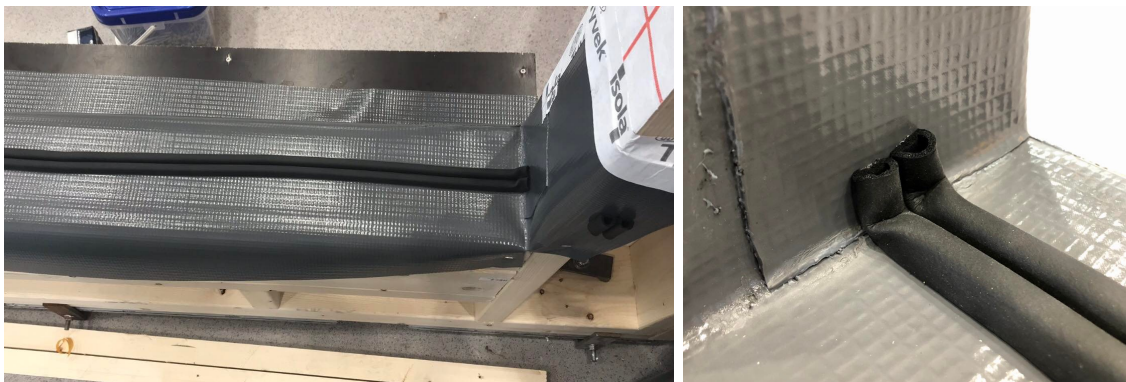
longen ikledd vindspærre, noe som førte til at varmluften lagde hull i vindspærren. Disse hullene ble tettet med Tyvek vindspærretape på utsiden før membranen ble lagt på plass og stiftet til terrassen. Membranens rander ble tapet inntil sjablongen med vindspærretape hele veien, fra bunnen og opp, slik at det ikke skulle komme vann inn under eller bak membranen. Membranen ble børstet fri for støv og partikler før tettelisten ble satt på for å sikre god heft.

Tettelisten var et dobbelt D-profil av EPDM fra Ingeniørfirmaet Gummi og Maskinteknikk AS. Profilet var som vist i Figur 3.26 og leveres som to sammenhengende D-profiler med selvklebende underside. Tettelisten i forsøket hadde høyde B på 21 mm og bredde A på 15 mm. Tettelisten er betydelig smalere enn det som illustreres i Figur 2.4, men etter å ha lett hos to byggevareforhandlere, to dørforhandlere og Gummi og Maskinteknikk var dette listen som liknet mest. Gummi og Maskinteknikk tilbød også visse B-profiler, men disse måtte spesialbestilles.



Figur 3.26: Tverrsnitt av tettelisten (Ingeniørfirmaet Gummi og Maskinteknikk, 2022).

Tettelisten ble plassert på membranen omtrent midt i terskelens dybde som i 523.721 (2016) og med omtrent én cm oppbrett i hjørnene, som vist i Figur 3.27. Listens selvklebende underside ble brukt til å holde listen på plass langs hele terskelens bredde fremfor biter av butylbånd som ble brukt i Forsøk 1.



Figur 3.27: Dobbelt D-profil plassert midt på membran med oppbrett i hjørnene i Forsøk 4.

Under innheisingen av døren falt den ene skruen i heisebeslaget i toppkarmen ut slik at døren falt ned på tresjablongen og tettelisten før ønsket posisjon var oppnådd. Skyvedøren ble stående i denne posisjonen, vist i Figur 3.28, frem til heisebeslaget var festet på ny, og skyvedørens posisjon kunne justeres. Etter innheising måtte skyvedørens horisontale posisjon i lysåpningen justeres ved hjelp av håndholdt jekk og brekkjern. Inspeksjon av hjørnene tydet på at listen ikke hadde blitt

forskjøvet.



Figur 3.28: Skyvedør falt ned på og klemte tettelist under innheising.

Fugemasse av typen Würth MS 40 Hvit ble lagt i side- og toppfuger. Tettingen ble utført mot tettelist med dimensjoner på 10, 16 og 20 mm. Fugebredden varierte rundt døren og ulike tettelist måtte brukes langs samme fuge. Siden fugemassen ble lagt som én streng og så jevnet ut med finger ble den tynn der fugen var bred. Dette gjaldt spesielt i toppfugen. Stedvis, spesielt nær hjørnene, var fugen så smal at det ikke var plass til å smøre ut med fingeren. Det ble dermed benyttet en treffis til å forsøke å smøre fugemassen ut, men det var utfordrende å få fugemassen smurt ut jevnt.

Som i Forsøk 1 var hjørnene en utfordring, igjen fordi tettesjiktene lå i ulike plan. Fugemasse skulle ikke stå for tetting ved terskel i forsøket og ble derfor ikke ført inn langs terskelbredden i venstre hjørne fra utsiden. I høyre hjørne ble noe fugemasse ført innover langs terskelen som vist i Figur 3.29. Denne fugemassen hadde ikke kontakt med tettelisten innenfor til tross for forsøk. Den manuelle fugepistolen fikk ikke sprøytet fugemassen inn med nok kraft og friksjon mot terskel stoppet fugemassen.



Figur 3.29: Forsøk på å forbinde fugemasse og tettelist i Forsøk 4.

Fugemassen fikk herde over en helg, fra fredag ettermiddag til mandag morgen. Som i tidligere

forsøk ble en remse med vindsperre festet over topplekt for å forhindre uinteressante lekkasjer gjennom skruer i topplekt.

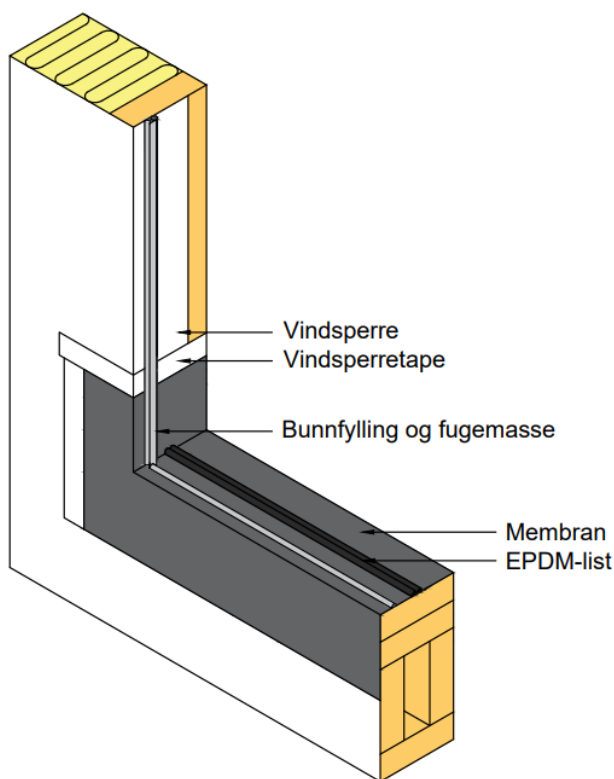
Testing av regntetthet

Forsøk 4 ble testet for regntetthet. Testen ble utført på samme måte som øvrige forsøk, men i dette forsøket ble det i tillegg benyttet et video-boroskop for å lettere kunne avdekke lekkasjer og identifisere lekkasjepunkter. Testen ble stoppet ved 600 Pa i henhold til klassifisering beskrevet i NS-EN 12208.

3.9 Forsøk 5: Fugemasse

Oppsett og montering

På grunn av manglende kontakt mellom tetting i sidekarm og bunnkarm i Forsøk 4 ble en fugestreng lagt i bunnen på utsiden av tettelisten for å binde sammen fugestrengene i de to sidekarmene, dermed ble den endelige løsningen i prinsippet som vist i Figur 3.30.



Figur 3.30: Skisse av tettelsen i Forsøk 5.

Fugestrengen overlappet med eksisterende fugemasse i sidekarmene. Samme type fugemasse, Würth MS 40 Hvit, ble benyttet i alle fuger for å sikre god heft. Det var ikke plass til å dytte inn en tettelist, og dermed ble ikke fugemassen påført mot noe underlag, men snarere klemt mellom terskel og membran. Fugemassen fikk herde i ett døgn. Systemet ble så testet på nytt. Fugestrengen

påført under terskel er som vist i Figur 3.31.



Figur 3.31: Fugemasse påført foran tettelist i Forsøk 5.

Forsøk 5 var todelt. Første delforsøk var uten tremmene, den øvre delen av terrassen, mens andre delforsøk var med tremmene samt med dysene i regnskapet flyttet omtrent 30 cm ned for å redusere belastningen på toppfugen.

Testing av regntetthet

Oppsettet fra Forsøk 5 ble så testet for regntetthet. Første delforsøk ble avsluttet ved 600 Pa og andre delforsøk ved 1050 Pa. Vann fra første delforsøk var fortsatt liggende da andre delforsøk ble påbegynt, som følge av at de to delforsøkene ble utført på samme dag, og uten utheising og demontering av oppsettet. Det gjenværende vannet kompliserte inspeksjon og tolkning av resultat fra andre delforsøk fordi det ble vanskelig å skille mellom gjenværende og nytt tilført vann.

3.10 Mindre forsøk med FlexTett

Underveis mellom de større forsøkene ble noen mindre forsøk utført. Disse forsøkene var improviserte og hadde som hensikt å undersøke og utfordre FlexTettens ytelse.

Tetthet mellom vindsperretape og kreppt del av FlexTett

Fra et økonomisk perspektiv ble det ønsket undersøkt om det var mulig å benytte seg av FlexTett kun ved terskel og litt opp på sidekarmen, og vindsperretape rundt resten av karmene. For at vann skal strømme over skjøten bør skjøten utformes som tidligere vist i Figur 3.13, spesielt når materialene er såpass tykke som FlexTett siden det øker størrelsen på flaten vannet kan bli liggende oppå. Vindsperretape vil dermed bli påført mot den krepptede delen av FlexTetten.

For å undersøke om vannførende kanaler oppstår når vindsperretape legges på den krepptede vindsperreduken i FlexTetten ble en boks laget av restmateriale. Denne boksen vises i Figur 3.32. På den lengste siden var en remse Tyvek vindsperretape festet til undersiden av en gjennomsiktig plastplate og til den krepptede delen av en FlexTett som utgjorde sideveggen av boksen. Vann ble

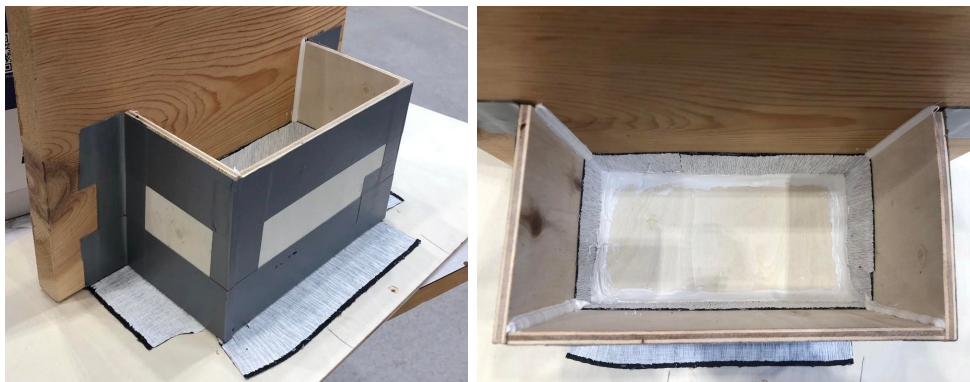
altså liggende mot overgangen der limet på vindsperretapen lå på FlexTettens kreppe duk. Kun små vannmengder ble påført.



Figur 3.32: Oppsett for å teste heft mellom vindsperretape og FlexTett.

Heft mot kryssfinér

For at FlexTett skal være en langvarig løsning er det også interessant å undersøke heft mellom trevirke og butyl under konstant påkjenning av vann. En boks med tre sider og bunnplate av kryssfinér og én side av furu ble bygget. FlexTett ble lagt på innsiden av veggene og festet i bunnplaten som vist i Figur 3.33. Alle skjøter, foruten FlexTettens egne randkanter, ble tettet med fugemasse. Fugemassen fikk herde over natten før boksen ble fylt med vann for å undersøke om det kom vann gjennom FlexTettens ender, altså om det kom vann på oversiden av FlexTetten på boksens utside. Ved eventuelle lekkasjer ville dette også gi svar på FlexTettens, og butylens, oppførsel etter en fukt påkjenning. Ingen av sidene i boksen ble primet.



Figur 3.33: Oppsett for å teste heft mellom FlexTett og trevirke under kontinuerlig eksponering av vann.

Heft mot konstruksjonsvirke

For å undersøke betydningen av trevirket og virkningen av primer på FlexTettens heft ble en ny test utført. Det ble formet to skåler av FlexTett som ble festet til trevirke. For den ene skålen ble primer benyttet på trevirket i forkant av påføring. Skålene ble fylt med vann, slik at et vannbasseng

lå over der butyl er i kontakt med trevirke, som vist i Figur 3.34. Vindsperretape sikret sidekantene. Bassengene ble så fylt med vann og fikk stå over flere dager, og ble inspisert daglig. Siden vann fordamper over tid, og noe trekker inn i trevirket, ble tørkepapir lagt under passengene slik at dette ville krølles om vann rant ned. Bilder ble tatt for å kunne sammenlikne tørkepapiret før og etter.



Figur 3.34: Oppsett for å teste heft mellom FlexTett og konstruksjonsvirke uten primer, som vist til venstre, og med primer, som vist til høyre på figuren.

4 Resultater

4.1 Byggforskseriens tettelsesninger

De anvisningene som ble undersøkt viser at Byggforskserien i hovedsak foreslår bruk av tettelist der terskel plasseres direkte på underlaget og fugemasse mot bunnfyllingslist der terskelen klosses opp. En tettelse med fugemasse på membran uten bunnfyllingslist og klossing foreslås også. Anvisningene bruker terskelløsninger som vist i Tabell 3.

Tabell 3: Tettelse under terskel i diverse byggforskanvisninger.

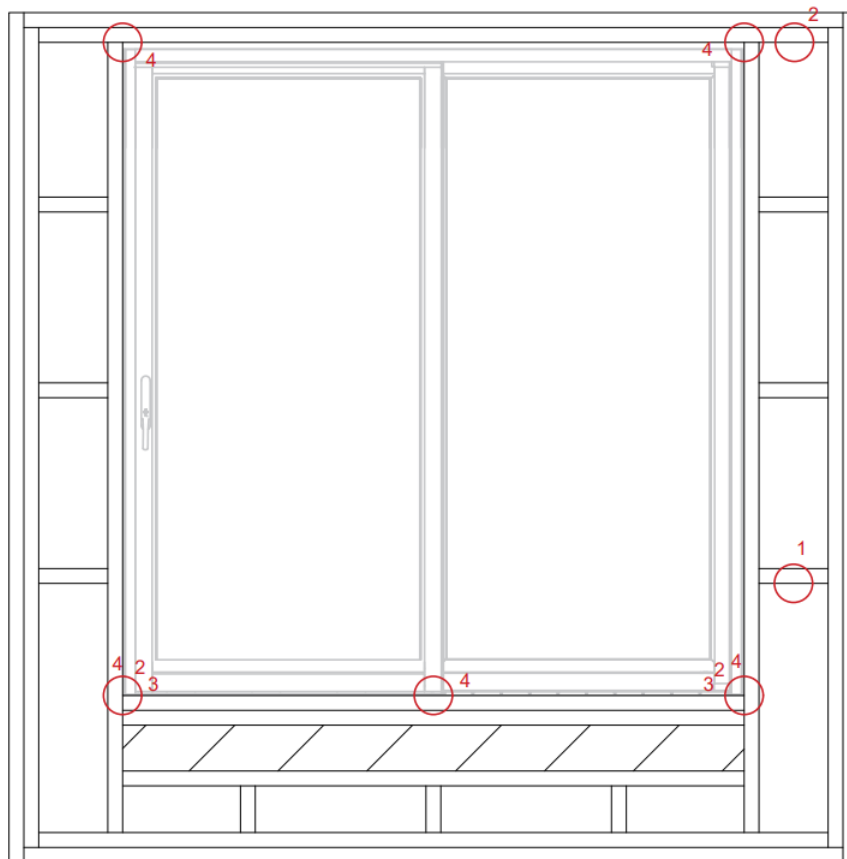
Anvisning	Tema	Tettelse under terskel	Understøtte
523.721	Innsetting av ytterdører	Tettelist innenfor/på membran (henviser til 523.701 og 523.702 for innsetting av vindusdører)	Kantbjelke og bjelkelag
523.701	Innsetting av vindu (bindingsverk)	Ingen egen løsning for nedre vinduskarm.	Klosser, bæring i stendere
523.702	Innsetting av vindu (mur, betong)	Ingen egen løsning for nedre vinduskarm.	Klosser, bæring i stendere
525.322	Kompakt terrasse (bjelkelag)	Tettelist på membran	Bjelke, eventuelt kantbjelke og bjelkelag
525.324	Luftet terrasse (bjelkelag)	Tettelist på membran	Kantbjelke og bjelkelag
523.733	Dørterskler til balkong/svalgang	Fugemasse på membran	Klosser på svill
525.304	Etasjeskiller for lett/moderat trafikk (betong)	Fugemasse på membran	Varierer, ikke hele terskelens dybde
526.411	Utkraget trebalkong	Fugemasse innenfor membran	Kantbjelke og bjelkelag
526.413	Understøttet trebalkong	Fugemasse innenfor membran	Kantbjelke og bjelkelag
544.204	Tekking med takbelegg	Fugemasse på membran	Bindingsverk
523.731	Trinnfritt inngangsparti (småhus)	To strenger med fugemasse på membran	Bjelkelag eller ringmur

4.2 Forsøk 1: Tettelist og tape

En oppsummering av lekkasjer fra Forsøk 1 er som gitt i Tabell 4 og omtrentlig plassering er som vist i Figur 4.1. Lekkasjene er observert, og beskrevet sett, fra skyvedørens innside.

Tabell 4: Resultater fra testing av regntetthet for Forsøk 1.

Nummer på figur	Trykk [Pa]	Innenfor testområde	Lekkasje
1	0	Nei	Vannlekkasje gjennom vindsperre mellom vertikale stendere.
2	50	Ja	Vannlekkasje på overside av membran i begge nedre hjørner, samt vannstrøm fra høyre øvre hjørne mellom vertikale stendere.
3	50	Nei	Vannlekkasje på underside av membran i begge nedre hjørner.
4	200	Ja	Vann strømmer ut i begge nedre hjørner, samt ut og ned fra begge øvre hjørner. Vannstrøm ut fra midten av terskel.



Figur 4.1: Plassering av lekkasjer i Forsøk 1 beskrevet i Tabell 4.

Testing av lufttetthet

Ved testing av lufttetthet var luftstrømmer følbare i hjørnene nede ved 50 Pa. Ved negativt trykk på 400 Pa ble røyk trukket inn gjennom hjørnene i dørproduktet, samt tettingen i de nedre hjørnene.

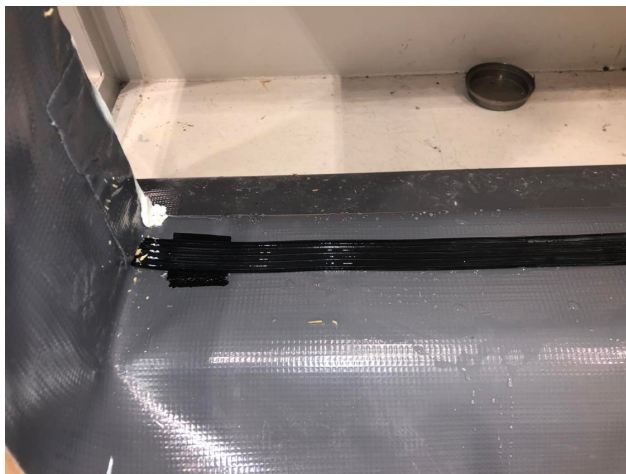
Luftlekkasjene var lavere for positivt trykk enn negativt trykk.

Testing av regntetthet

Testing av regntetthet viste store lekkasjer i begge nedre hjørner. Lekkasjer gjennom skruehull i vindsperre og muligens tape i overgangen fra vindsperre til stålsjablone oppstod også, men disse var utenfor testfeltet.

Demontering og inspeksjon

Demontering viste at i venstre hjørne, der det ble påført fugemasse for å tette et synlig lekkasjepunkt, var det ikke kontakt mellom tettelist og fugemasse, som vist i Figur 4.2. Fugemassen hadde ikke kommet langt nok inn til å oppnå kontakt med tettelisten. Hjørnet hadde i praksis ingen tetting og vann kunne renne uhindret forbi, og opp på, tettelisten. Tettelisten hadde heller ikke kontakt med oppbrettet membran mot sidekarmene.



Figur 4.2: Påført fugemasse mangler kontakt med tettelist i venstre nedre hjørne i Forsøk 1, sett fra innsiden.

Demonteringen viste også at tettelisten hadde vrent seg utover, som vist i Figur 4.3. Vrengningen skjedde ved en tapebit, og listen har blitt delvis dratt av tapen. Vann ble observert både under og over listen der den var vrent, og vann hadde blitt demmet opp på utsiden og innsiden av listen.



Figur 4.3: Tettelist vrent utover omtrent ved midten av terskel i Forsøk 1.

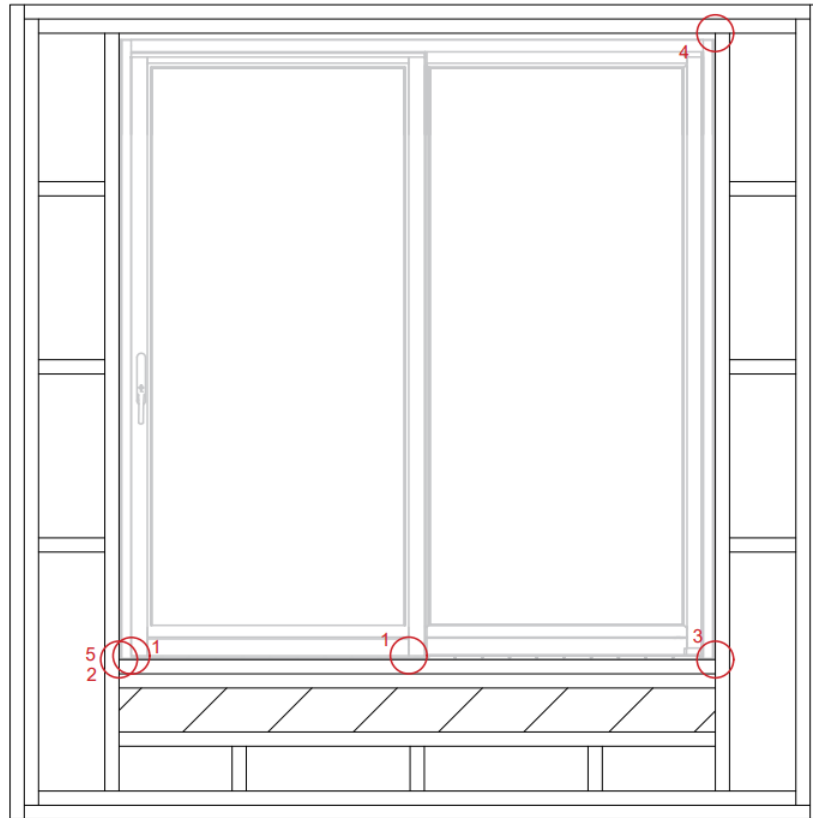
Utover dette viste Forsøk 1 at testmetoden virket å fungere med døren i tresjablongen.

4.3 Forsøk 2: Fugemasse og tape (Norgeshus)

Et kort sammendrag av relevante resultater fra Forsøk 2 er som vist i Tabell 5, og lekkasjens plassering er illustrert i Figur 4.4. Lekkasjene er observert, og beskrevet sett, fra skyvedørens innside.

Tabell 5: Resultater fra testing av regntetthet for Forsøk 2.

Nummer på figur	Trykk [Pa]	Innenfor testområde	Lekkasje
1	50	Nei	Vannlekkasje gjennom skyvedør i overgang mellom skyve- og fastfelt, samt i overgangen fra skyvefelt til karm.
2	100	Nei	Tydelige luftlekkasjer på underside av membran i venstre hjørne.
3	200	Ja	Vann oppdaget i høyre nedre hjørne, på overside av membran.
4	250	Ja	Lekkasje mellom tape og karm i øvre høyre hjørne. Vann renner ned til nedre høyre hjørne.
5	450	Ja	Vannlekkasje i venstre nedre hjørne, på overside av membran.



Figur 4.4: Plassering av lekkasjer i Forsøk 2 beskrevet i Tabell 5.

Testing av regntetthet

Under testingen ble flere lekkasjer oppdaget. I selve dørproduktet, der skyvefelt og fastfelt i døren møtes, var det lekkasjer både i topp og bunn allerede fra 50 Pa. Denne lekkasjen eskalerte i løpet av testen til den var som i Figur 4.5.



Figur 4.5: Betydelige lekkasjer i dørprodukt i Forsøk 2.

I de nedre hjørnene på oversiden av membranen var det små lekkasjer fra 200 Pa, og i høyre hjørne fra innsiden kom tilsynelatende vannet fra under terskelen. Lekkasjen er som vist i Figur 4.6.



Figur 4.6: Rennende vann fra hjørne i Forsøk 2.

Ved 250 Pa ble lekkasjer oppdaget i høyre øvre hjørne. Vannet rant videre ned langs sidekarmen og bidro til eksisterende vannstrøm i høyre nedre hjørne.

Demontering og inspeksjon

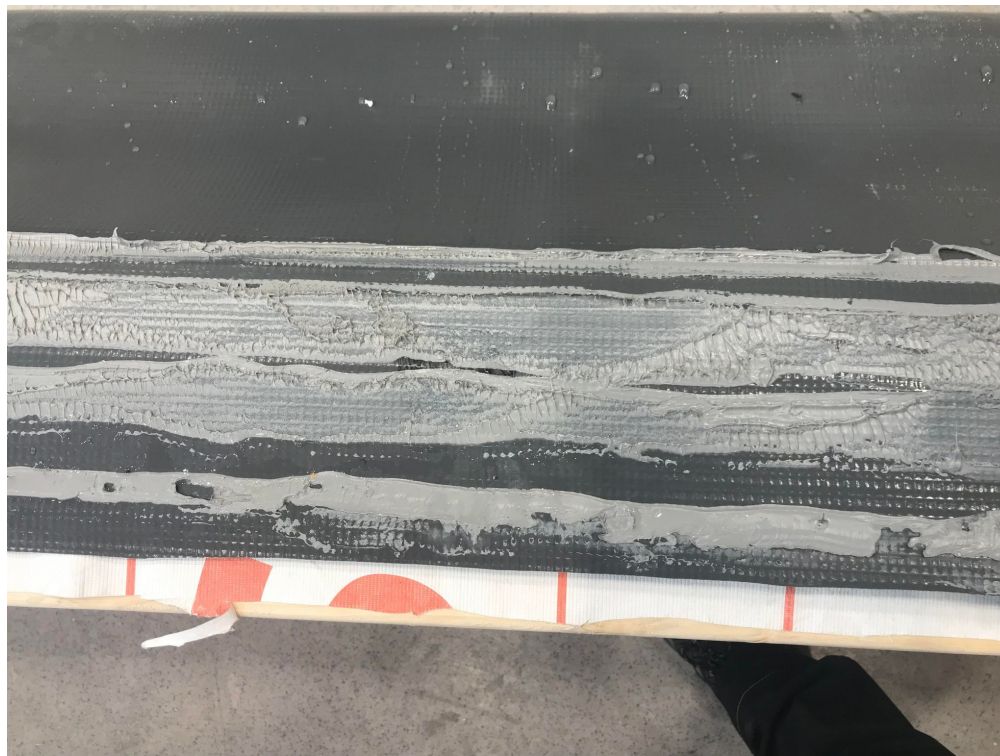
Det ble målt fuktnivåer som tydet på lav fuktighet i sidekarmene og noe høyere i toppkarmen. På høyre side fra innsiden ble det tatt målinger på 14 %, 11,9 % og 10 % fuktinnhold, med lavere verdier mot toppen. Nede ved venstre hjørne ble det målt 11,6 %, mens 27 % ble målt i sporet oppe. Ved en lekkasje i tresjablongen ble det målt 36 %.

Etter demontering viste det seg at dreneringsporet oppe i dørkarmen var tapet over i hjørnene, men åpent ellers. Det viste seg også at fugemassen hadde blitt komprimert såpass at den liknet maling, som vist i Figur 4.7.



Figur 4.7: Fugemasse har blitt komprimert og dratt utover i Forsøk 2.

Vann ble observert mellom de innerste fugestrengene som vist i Figur 4.8.



Figur 4.8: Vann mellom innerste fugestrenger i Forsøk 2.

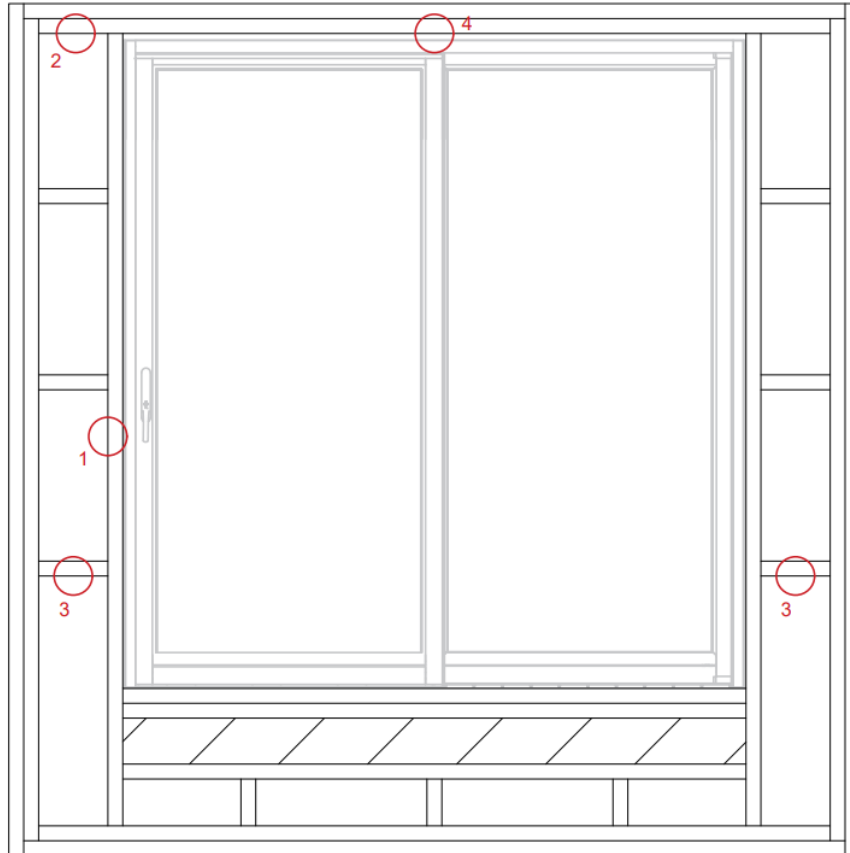
Sluttresultatet ble at tettingen sviktet ved 450 Pa.

4.4 Forsøk 3: FlexTett (Isola)

Lekkasjer fra testing av regntetthet i Forsøk 3 oppsummeres i Tabell 6. Lekkasjene er observert og beskrevet sett fra skyvedørens innside, og er lokalisert som vist i Figur 4.9.

Tabell 6: Resultater fra testing av regntetthet for Forsøk 3.

Nummer på figur	Trykk [Pa]	Innenfor testområde	Lekkasje
1	250	Nei	Vannlekkasje langs venstre vertikale stender.
2	300	Nei	Vannlekkasje i venstre øvre hjørne, mellom vertikale stendere.
3	450	Nei	Vann i begge nedre hjørner fra lekkasjer mellom vertikale stendere.
4	1050	Ja	Vannlekkasje mellom tape og karm på overkarm. Noen vandrdåper synlig på toppen av dørkarm.



Figur 4.9: Plassering av lekkasjer i Forsøk 3 beskrevet i Tabell 6.

Testing av regntetthet

Ved 250 Pa ble vannlekkasjer langs de venstre vertikale stenderne oppdaget som i tidligere forsøk, men igjen var disse utenfor testfeltet. Samme type lekkasjer forekom ved 300 og 450 Pa også, men her gjaldt det venstre øvre hjørne, mellom de to vertikale stenderne, og tilsvarende i de to nedre hjørnene. Ved 1050 Pa begynte vann å trenge gjennom butylen ved toppkarmen som vist i Figur 4.10. Disse lekkasjene var innenfor testfeltet.



Figur 4.10: Vann presses inn gjennom butylen i Forsøk 3.

Demontering og inspeksjon

Stedvis pågående avriving av butylen til FlexTetten festet til toppkarmen ble oppdaget etter forsøket, som vist i Figur 4.11.



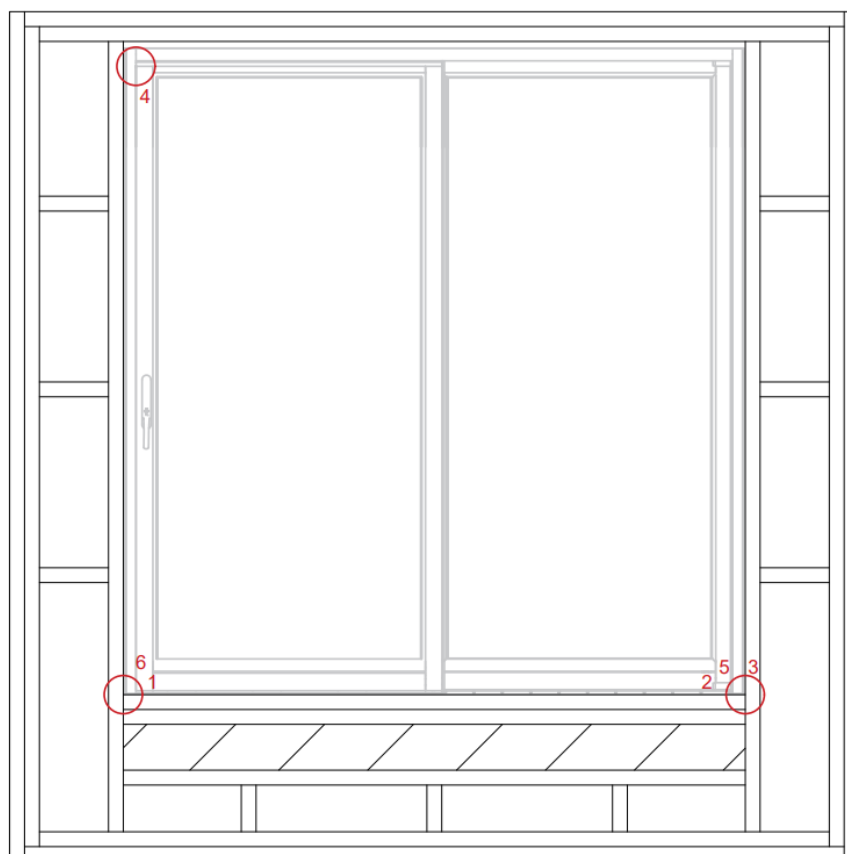
Figur 4.11: Glippe i butyl i Forsøk 3.

4.5 Forsøk 4: Tettelst og fugemasse

En oppsummering av lekkasjer fra Forsøk 4 er vist i Tabell 7, og omtrentlig plassering er gitt i Figur 4.12. Lekkasjene er observert og beskrevet sett fra skyvedørens innside.

Tabell 7: Resultater fra testing av regntetthet for Forsøk 4.

Nummer på figur	Trykk [Pa]	Innenfor testområde	Lekkasje
1	50	Ja	Tydelige luftlekkasjer mellom membran og dørterskel i venstre nedre hjørne.
2	100	Ja	Vannlekkasje gjennom fuge i høyre nedre hjørne. Vann demmet opp mellom fuge og tettelist.
3	150	Ja	Vannet demmet opp mellom fuge og tettelist i høyre nedre hjørne "bobler".
4	150	Nei	Vannlekkasje i øvre venstre hjørne mellom dørblad og karm.
5	450	Ja	Vannstrøm over tettelist i høyre nedre hjørne.
6	600	Ja	Vannstrøm på overside av membran i venstre nedre hjørne.



Figur 4.12: Plassering av lekkasjer i Forsøk 4 beskrevet i Tabell 7.

Testing av regntetthet

Allerede ved 50 Pa var det mulig å kjenne tydelige luftlekkasjer på oversiden av membranen i nedre venstre hjørne, og ved 100 Pa kom første vannlekkasje. Vannlekkasjen kom gjennom fugemassen i nedre høyre hjørne, og ble dermed demmet opp mellom fugemasse og tettelist. Ved 150 Pa begynte dette oppdemmede vannet å boble, enten som følge av tilført luft- eller vannstrøm, og ved 450 Pa hadde det utviklet seg til kontinuerlig vannstrøm. Ved 600 Pa kom det omsider tilsvarende vannmengde på overside av membran i venstre nedre hjørne. Da var det vannstrøm i begge nedre hjørner.

Inspeksjon

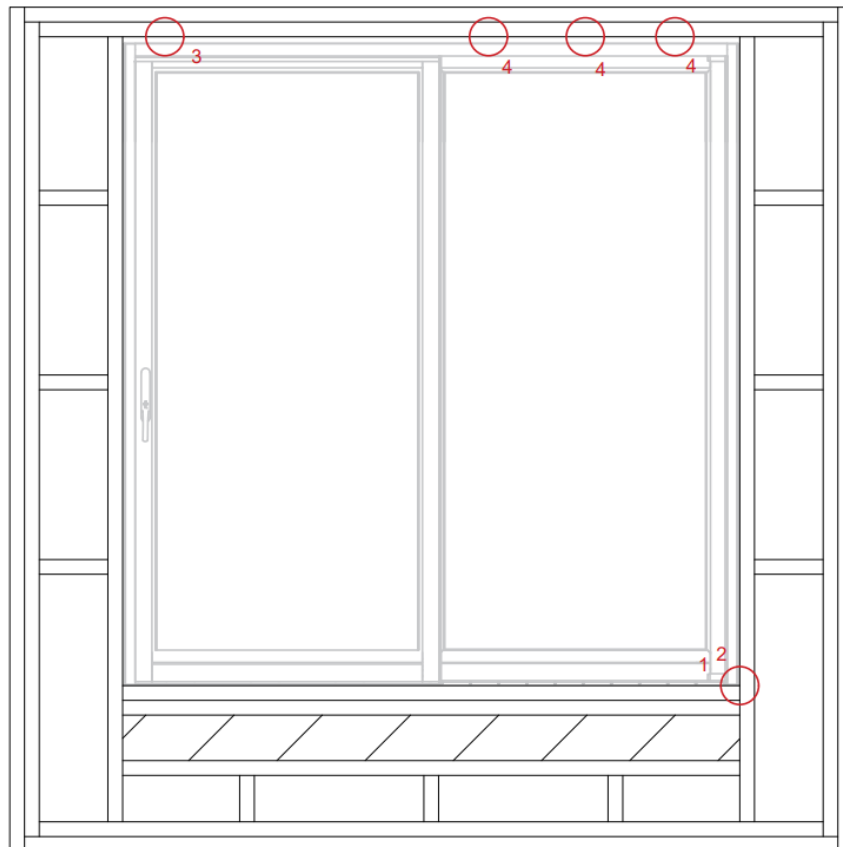
Lekkasjene fra regntestingen var lokalisert i hjørnene, mens resten av dørterskelens bredde i hovedsak var tørr.

4.6 Forsøk 5: Fugemasse

En oppsummering av lekkasjer fra første og andre delforsøk i Forsøk 5 er gjengitt i henholdsvis Tabell 8 og 9, og lekkasjene er lokalisert som vist i Figur 4.13 og 4.14. Lekkasjene er observert, og beskrevet sett, fra skyvedørens innside.

Tabell 8: Resultater fra testing av regntetthet for Forsøk 5, første delforsøk.

Nummer på figur	Trykk [Pa]	Innenfor testområde	Lekkasje
1	0	Ja	Én vanndråpe observert i høyre nedre hjørne, mellom fugemasse og tettelist.
2	250	Ja	Svak luftstrøm i høyre nedre hjørne på overside av membran.
3	450	Ja	Vanndråpe oppdaget på toppkarm, ca. 10 cm ut fra venstre øvre hjørne.
4	600	Ja	Vannlekkasje flere steder bak fuge på toppkarm. Vannet renner videre ned til høyre nedre hjørne. Vannstrøm over tettelist og ut fra høyre nedre hjørne. Vann ligger mellom tettelist og fuge fra høyre hjørne og ca. til midten av terskel.



Figur 4.13: Plassering av lekkasjer i Forsøk 5, første delforsøk, beskrevet i Tabell 8.

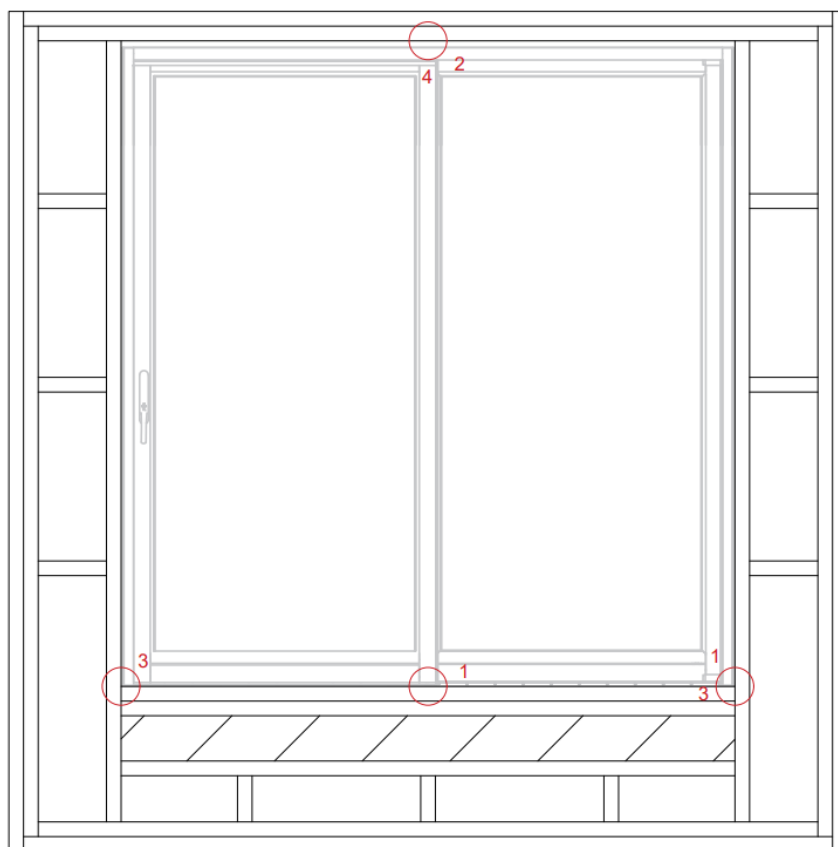
Testing av regntetthet, første delforsøk

Allerede ved 0 Pa ble det oppdaget en enslig vanndråpe mellom fugemasse og tettelist i høyre nedre hjørne. Det ble diskutert, uten noen konklusjon, om denne kan ha vært liggende fra forrige forsøk ettersom det ikke ble foretatt noen demontering mellom Forsøk 4 og Forsøk 5. Ved 250 Pa var det mulig å kjenne en svak luftstrøm i høyre hjørne på overside av membran. Det var ingen antydning til økning i den enslige vanndråpens volum.

Ved 450 Pa kom den første vannlekkasjen gjennom monteringsfugen. Dette var en vanndråpe som ble funnet omtrent 10 cm inn på toppkarm fra venstre øvre hjørne. Ved 600 Pa ble flere vanndråper funnet spredt utover langs fugen i toppkarmen. Lekkasje ble etterhvert såpass store at de dannet en vannstrøm fra toppkarm og ned sidekarmen til høyre nedre hjørne. Dette førte til en vannstrøm over tettelisten, og vann la seg langs tettelisten omtrent til midten av terskelens bredde.

Tabell 9: Resultater fra testing av regntetthet for Forsøk 5, andre delforsøk.

Nummer på figur	Trykk [Pa]	Innenfor testområde	Lekkasje
1	0	Ja	Vannspeil i venstre nedre hjørne og langsmed tettelist fra tidligere testing.
2	250	Ja	Vannlekkasje gjennom toppfuge, omtrent midt på toppkarm.
3	450	Ja	Tydelige luftlekkasjer i begge nedre hjørner, på overside av membran.
4	600	Ja	Vannstrøm fra lekkasjer i toppfuge renner ned til høyre nedre hjørne, og videre over tettelist.



Figur 4.14: Plassering av lekkasjer i Forsøk 5, andre delforsøk, beskrevet i Tabell 9.

Testing av regntetthet, andre delforsøk

Allerede ved 0 Pa var det synlig vannspeil i venstre nedre hjørne, samt langsmed tettelist i halve terskelens bredde. Dette var lekkasjer fra tidligere testing.

Ved 250 Pa ble første vannlekkasje oppdaget gjennom toppfuge, omtrent midt på toppkarm. Ved 450 Pa var det ingen nye vannlekkasjer, men det var en tydelig luftlekkasje på overside av membran

i begge nedre hjørner. Ved 600 Pa ble lekkasjene fra toppfuge såpass store at en vannstrøm fra toppkarm og ned til høyre nedre hjørne oppstod. Vannet la seg, som i første delforsøk, langsmed tettelist i terskelens bredde. Ingen nye lekkasjer oppstod, selv ikke ved trykkøkning til 1050 Pa, men eksisterende lekkasjer ble større.

Demontering og inspeksjon

Ved demontering viste det seg at fugemassen langsmed terskel var stedvis uherdet. I hjørnene hadde tettelisten mistet heft, og klebet ikke lenger opp i hjørnene, som vist i Figur 4.15.



Figur 4.15: Tettelist har mistet all heft i hjørnet. Forsøk 5, andre delforsøk.

4.7 Mindre forsøk med FlexTett

Tetthet mellom vindsperretape og kreppt del av FlexTett

Som vist i Figur 4.16 rant vann gjennom overgangen mellom vindsperretape og den krepptede delen av FlexTetten. Lekkasjene forekom umiddelbart etter påføring av kun små vannmengder.



Figur 4.16: Vanndråper renner fritt gjennom overgangen mellom FlexTett og vindsperretape.

Heft mot kryssfinér

Boksen bestående av fugemasse og FlexTett hadde betydelige lekkasjer som vist i Figur 4.17. Siden lekkasjene så ut til å komme fra hjørnene var det vanskelig å avgjøre om de kom gjennom butylen eller fugemassen. Ingen bobler ble observert i vannet.



Figur 4.17: Lekkasje under kortsiden av boks under prøving av FlexTett mot kryssfinér.

Etter noen runder med påfylling av vann og avrenning gjennom utettheter mistet butylen heft mot bunnplaten som vist i Figur 4.18. Butylen på bunnplaten kunne løftes av uten motstand, og butylen fikk ikke tilbake heftegenskapene etter uttørking.



Figur 4.18: FlexTett løsnet i hjørnet som følge av vannpåkjenning under testing mot kryssfinér.

Heft mot konstruksjonsvirke

Etter å ha stått over natten hadde vannivåene sunket i begge bassengene, men ved sammenlikning av bilder før og etter var det ingen tegn til lekkasjer ved inspeksjon av papirbitene under bassengene. Vannstanden hadde ikke sunket betydelig og begge bassengene virket lekkasjefrie.

5 Diskusjon

5.1 Utfordringer knyttet til innsetting og tetting av monteringsfuge

Arbeidet med prosjektoppgaven ”Fuktsikker terrassedørinnsetting” (Raugstad og Strid, 2021) avdekket en rekke utfordringer knyttet til innsetting og tetting av monteringsfugen rundt tunge skyvedører. Ved hjelp av litteratursøk, intervjuer og dokumentstudier, samt dialog med eksperter, utførende og leverandører, ble det avdekket at de kritiske detaljene ofte ikke beskrives og at utførende selv får ansvaret for detaljprosjekteringen. Når innsettingen av skyvedøren ikke er planlagt fra begynnelsen, kan innsettingen og tettingen av monteringsfugen bli unødvendig vanskelig og dårlig utført.

En stor utfordring knyttet til innsetting av tunge skyvedører er nettopp at de er tunge. Dersom døren løftes inn for hånd er det vanskelig å oppnå tilstrekkelig presisjon til å plassere den riktig i åpningen, og med kran vil takutstikk og andre konstruksjonselementer komme i veien slik at døren ikke kan heises helt inn. Det er dermed svært sannsynlig at dørens plassering må justeres etter innheising mens den står på tettesjiktet, og da kan tettingen ødelegges. Justering har vært nødvendig etter alle fire innheisinger i forbindelse med forsøkene.

Et fokus for prosjektoppgaven var monteringsanvisninger fra skyvedørprodusenter, og i disse var det lite informasjon om hvordan tettingen burde utføres (Raugstad og Strid, 2021). Inntrykket var at monteringsanvisningene generelt ikke tok for seg noe utenfor selve døren. Fra et møte med NorDan kom det frem at de ikke kan gi en universell tettemetode og at prosjekterende har ansvaret for dette mens leverandøren kun har ansvaret for selve dørproduktet.

Litteratursøk har vist en stor mangel på litteratur knyttet til tetting under terrassedører (Raugstad og Strid, 2021; Andersen, 2020). I kombinasjon med svakheter i Byggforskserien og monteringsanvisninger som ikke tar for seg tetting, fører dette til et mangelfullt grunnlag for detaljprosjektering. Siden kunnskapsgrunnlaget er såpass lite, vil detaljprosjektering få varierende kvalitet der prosjekterendes kompetanse er helt avgjørende. I verste fall kan utførende få tegninger som ikke kan brukes.

Erfaring fra alle forsøkene understreker viktigheten av at døren står riktig plassert. Lekkasjene gjennom dørproduktet varierte veldig i forsøkene og kunne være betydelige. Gitt at skyvedøren i forsøket er representativ så er skyvedører sårbare for skjevheter, og lekkasjer gjennom overganger i skyvedører vil forekomme dersom de ikke står i lodd og vater.

Et annet viktig moment som kom frem gjennom forsøkene var viktigheten av å undersøke at materialene som brukes fungerer med hverandre. I Forsøk 2 ble en fugemasse, uegnet til bruk på PVC, benyttet på en membran av PVC. I dette tilfellet ble materialenes kompatibilitet undersøkt i forkant av montering, men det er ikke sikkert at kompatibiliteten hadde blitt undersøkt på en byggeplass preget av tidspress. Det er heller ikke sikkert at fremdriften hadde blitt satt på vent for å kjøpe en annen type fugemasse. FlexTetten var også uegnet til bruk på PVC, noe som ble løst på en alternativ måte ved bruk av vindusrims, men også her var problemstillingen kjent før montering. Det er uvisst hvor enkelt det kunne blitt fikset dersom taktekker allerede hadde montert

PVC-membranen inn under terskel. Ved møte mellom ulike fagfelt kan det være mangelfull kommunikasjon, og det er ikke sikkert at taktekker og tømmer har kommunisert til hverandre hva slags type membran og tettemidler som skal brukes.

5.2 Svakheter i løsninger i Byggforskserien

Fra dokumentstudien fremkommer to hovedløsninger for tetting under dørterskler i Byggforskserien: tettelist og fugemasse. Løsningen med tettelist brukes der døren har understøttelse langs hele terskelbredden, mens fugemasse mot bunnfyllingslist brukes der døren klosses opp, og fugemasse legges rett på membran uten bunnfyllingslist i én anvisning.

Grunnet skyvedørers unike lastoverføring hvor all bæring foregår på terskel, i motsetning til slagdører hvor dørbladet henger i sideveggen, vil klosser måtte plasseres med lav senteravstand. Terskelen er tynn for å opprettholde universell utforming og vil derfor ha begrenset styrke. Spennet mellom klosser må dermed være kort for å unngå deformasjoner i terskel. I anvisning 523.733 nevnes det at døren, tegnet som en skyvedør, ”må klosses opp etter leverandørens anvisning” (Byggforskserien 523.733, 2019). Dette forutsetter at leverandørens anvisning beskriver hvordan døren skal klosses, inkludert maksimal senteravstand, men dette er ikke alltid oppgitt (Raugstad og Strid, 2021). Det kan dermed være stor usikkerhet tilknyttet klossing.

Merk at Byggforskserien 523.721 *Innsetting av ytterdører* anbefaler en rekke ulike tettelsesløsninger for sidekarm, men kun tettelist for terskel. Byggforskserien sine løsninger vil altså ha en overgang fra ett tettemateriale til et annet. Denne overgangen var problematisk i Forsøk 1, 2 og 4, og førte til lekkasjer.

Byggforskseriens undersøkte anvisninger beskriver heller ikke utforming av tettelsesløsninger i hjørner i monteringsfugen. Som forsøkene bekreftet er hjørner spesielt utsatte for lekkasjer, og manglende instruksjoner om utførelse vil være kritisk. Det er flere årsaker til at hjørnene er sårbare. For det første innebærer hjørner tilstøtende flater og dermed komplisert geometri, slik at tettemateriale må tilpasses hjørnenes form. Ikke alle tettematerialer er like fleksible og formbare, og de kan være vanskelige å forme etter hjørnets geometri. Uten instruksjoner om utførelse i hjørnet vil det dessuten være vanskelig for utførende å vite om tettelister og liknende skal brettes opp i, eller kun avsluttes mot, hjørnet. Videre baseres Byggforskseriens tettelsesløsninger på bruk av ulike tettematerialer i ulike fuger, som skal kombineres og forbindes i hjørnene. At ulike tettematerialer skal forbindes kompliserer ikke bare utførelse, men også valg av materialer fordi materialene må ha god heft til hverandre. Det vil også være usikkerhet tilknyttet oppnåelse av god heft - selv ved riktig valg av materialer - da det ikke oppgis hvordan materialene skal kombineres, noe som kan føre til improviserte og mangelfulle løsninger.

5.2.1 Forsøk 1: Tettelist og tape

I Forsøk 1 ble tape benyttet som tetting i topp- og sidekarmer, og en tettelist ble lagt under terskel. Dette er løsninger foreslått i 523.721 *Innsetting av ytterdører*.

Testing av lufttetthet viste at luftlekkasjene var lavere for positivt trykk enn negativt trykk, noe

som tyder på at det skyldtes utettheter i tape fordi tape vil presses tett av trykk.

Terskel

Forsøk 1 viste, utover store lekkasjer på grunn av dårlig utførelse, at innsetting av skyvedører kan føre til vregning av tettelisten under terskel. Tettelisten ble festet før skyvedøren ble satt inn, og ble punktvis limt fast. Eventuell festing av tettelist mens døren hang i luften ville medført stor klemfare. Ved demontering viste det seg at tettelisten hadde vregt seg utover, noe som tyder på at vregningen skjedde under innheisingen av skyvedøren da den ble satt inn fra konstruksjonens innside. En annen årsak kan ha vært etterjustering av dørens posisjon i vegglivet på tvers av tettelistens lengderetning. Begge disse mulige årsakene ville vært vanskelig å unngå, og i forsøket var dette nok til at tettelisten ble revet av limet og vregt.

Når listen vreges kan kanaler gjennom tettingen oppstå, slik at vann kan trenge forbi. Listen kan ha vregt seg lettere siden den ikke var limt langs hele terskelens bredde, men siden vregningen oppstod ved og på en tapebit, er det uvisst om lim langs hele bredden hadde hjulpet. Det kan for øvrig hende at tapebitene hevet tettelisten med et par millimeter punktvis, slik at disse områdene ble ekstra utsatt for avriving. Det ble ikke forsøkt å feste tettelisten til dørterskelen før innsetting, men dette ville ikke forhindre friksjon mot tetting ved innheising og justering.

Hjørner

En annen utfordring som forsøket belyste, var at tettingen foregår i ulike plan. Tettelisten lå innenfor vindspærresjiktet og da innenfor tapen. Tettingen i bunnen og på sidene hadde ingen forbindelse og frie vannstrømmer forbi endene av tettelisten oppstod. Denne problemstillingen bør nevnes i Byggforskserien.

Lekkasjer oppstod også i de øvre hjørnene. Dette skyldes antakeligvis mangelfull taping av hjørnene. Tett utførelse av hjørnene viste seg vanskelig ved bruk av ikke-formbar tape, og andre materialer ble heller ikke benyttet til forsterkning.

5.2.2 Forsøk 2: Fugemasse og tape (Norgeshus)

Forsøk 2 benyttet fire strenger fugemasse, tre som ble lagt før døren ble løftet inn og én etter, og tape i topp- og sidekarmer.

Terskel

Løsningen fra Forsøk 2 brukte ikke bunnfyllingslist og klossing og tilsvarer derfor løsningen i Byggforskserien 523.731. Siden eventuell bunnfylling vil klemmes flat av døren vil det ikke være noe å fuge mot etter innheising. Derfor må fugemasse påføres før døren plasseres.

Forsøket viste at løsninger med fugemasse under terskel uten klossing - ikke overraskende - klemmer fugemassen flat. Justering av døren maler fugemassen utover slik at det er vanskelig å forutsi hvor tettingen vil ligge til slutt og om tettingen er kontinuerlig. Sideveis justering vil dra fugemasse vekk fra én side, altså vekk fra ett hjørne. Justering i dybden vil flytte tettesjiktet. Selv om fugemassen dekker hele terskelen og er tett, vil tykkelsen være neglisjerbar. En flatere fugemasse kan

miste heft (Byggforskserien 520.406, 2003). Strekkevnen til fugemassen vil også bli neglisjerbar. Selv om døren presser ned på fugemassen er det ikke sikkert at fugen forblir tett over tid. Byggforskserien 573.104, tab. 61 anbefaler minimum 3 mm bredde og dybde ved bruk av fugemasser. Dette oppfylles ikke når fugebredden klemmes sammen under skyvedøren.

Selv om vann la seg mellom de sammenklemte fugestrengene kom vannet trolig fra hjørnene og ikke gjennom fugemassen. Mest sannsynlig har vann trengt inn i hjørnene og videre innover i tettingen via kanaler i fugemassen. Disse kanalene har blitt dannet gjennom utsmøring av de fire fugestrengene. Det er også mulig at vannet rant av døren da den ble tatt ut etter forsøket, men vann ble ikke observert på fugemassen så dette er usannsynlig.

Selv om fugemassen selv kan ha vært tett bør det bemerkes at forsøket ble utført under konstant temperatur og over kort tid slik at deformasjon i konstruksjonen fra befuktning og tørking, temperaturendringer eller setninger ikke oppdages. Deformasjon fra vind vil også oppstå, og glasset i skyvedøren bulet ut med anslagsvis 2-4 cm under forsøket. Selv om terskelen ikke vil oppleve like store deformasjoner som midten av glassfeltet vil det fremdeles være noe deformasjon langs fugen. Fugemassen vil strekkes og kan revne eller slippe taket som følge av deformasjonene.

Forsøket viste også at selve dørproduktet er sårbar for lekkasjer. Lekkasjene i døren tyder på at den ikke stod helt i vater og lodd, som var vanskelig å oppnå. Det er altså ikke bare monteringsfugen som er sårbar for feil. Selve dørproduktet krever nøyaktig innsetting og etterjustering for å være tett.

Hjørner

At Norgeshus sin løsning sviktet ved 450 Pa var overraskende da den brukte flere fugestrenger enn Byggforskserien og hadde ekstra forsterkning i alle hjørner. I kontrast til de to fugestrengene som brukes i Byggforskseriens anvisninger ble det lagt fire fugestrenger, hvorav én av dem ble påført etter skyvedøren var satt inn. Tape ble lagt på sidekarmen først og så forsterket med både tape og fugemasse i hjørnene slik at skjøtene lå med vannretningen som vist i Figur 3.13.

Likevel kom lekkasjer i høyre nedre hjørne over membran allerede fra 200 Pa. Hjørnet der fugemasse går over til tape var et svakt punkt selv med ekstra tetting, god utførelse og nøyaktig arbeid. Dette viser at det skal mye til for at en løsning med fugemasse ved terskel og tape på topp- og sidekarmen utføres regntett, selv under ideelle forhold uten tidspress.

Det bør nevnes at 450 Pa er mer enn de 300 Pa SINTEF anbefaler for vindsperrer, som i likhet med monteringsfugen skal være beskyttet av en regnskjerm. Oppgaven tar ikke stilling til hva monteringsfugen bør tåle, men lekkasjer ved 200 Pa er et åpenbart problem.

Det ble oppdaget at dreneringssporet var dekket over i de øvre hjørnene, men dette burde være uproblematisk ettersom at dreneringssporene ellers var utildekket, slik at eventuelt vann som kom inn bak tapen i hjørnene fikk renne ut igjen i dreneringssporene i sidekarmene.

5.2.3 Forsøk 4: Tettelst og fugemasse

Forsøket benyttet tettelst under terskel og fugemasse rundt karmen ellers.

Til tross for at tetteløsningen i Forsøk 4 hadde mange likheter med den i Forsøk 1, var det

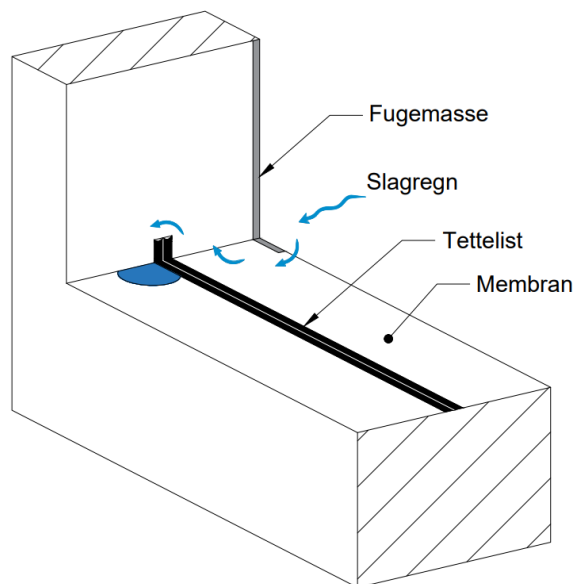
stor forskjell i prestasjon. Forsøk 1 måtte stoppes etter 200 Pa fordi lekkasjene ble for store, mens Forsøk 4 ble stoppet ved 600 Pa da lekkasjene gjorde det uinteressant å fortsette, snarere enn at lekkasjevolumet fremtvang det. Det kan være flere ulike årsaker til at resultatene ble så forskjellige som de ble, men det ligger nok hovedsakelig i utførelse og robusthet av løsningen. Fra tidligere forsøk var det blitt oppdaget noen tips og triks, som bruk av butylbånd bak klemlister, og det var dermed mulig å unngå lekkasjer utenfor testområdet.

Terskel

I Forsøk 4 ble ikke tettelisten vrent ved innheising eller justering av døren. Her var tettelisten festet med lim langs hele terskelbredden, og tettelisten i seg selv virket tett. Vann ble demmet opp foran og bak, men dette vannet kom fra lekkasjer i hjørner, ikke gjennom listen.

Hjørner

Hjørnene var et svakt punkt med både luft- og vannlekkasjer. Dette kom av manglende kontakt mellom tettelist og fugemasse. De to lå ikke i samme plan og tettesjiktet ble diskontinuerlig. Vannet strømmet forbi enden av fugemassen, inn til hjørnet og over tettelisten, som vist i Figur 5.1. Dessuten manglet tettelisten heft i hjørnene og opp langs stender slik at listen kun tettet der døren klemte den ned.



Figur 5.1: Fugemasse og tettelist ligger i ulike plan, slik at vannet finner vei rundt fugemassen og over tettelist. Avstanden mellom tettelist og fugemasse er overdrevet for å fremheve problemet.

Den eneste måten å tette overgangen mellom list og fugemasse ville vært å ha dem i samme plan. For å oppnå kontakt mellom de to tettematerialene må dermed enten tettelisten flyttes langt ut, eller så må tettelisten dekke hele terskelens dybde. Førstnevnte vil føre til en svak helning i terskel innover, slik at vann renner inn mot døren. Selv om tettelisten, her av EPDM-gummi, og fugemassen hadde vært i kontakt måtte de også heftet mot hverandre. SINTEFs erfaringer

tilsier at MS-polymerer hefter til EPDM-gummi med forbehandling og polyuretaner hefter uten forbehandling, men ellers virker få fugemasser å hefte til EPDM-gummi (Byggforskserien 573.104, 2001).

En tetteløsning med list under terskel og fugemasse ellers er sårbar. Tettesjiktet kan være delt så det ligger i ulike plan, og for å løse dette må fugemassen både nå inn til, og hefte til, tettelisten. En robust overgang vil dermed avhenge av riktig materialkombinasjon og at det er mulig å legge fugemassen helt inntil tettelisten. For at utførelsen skal være mulig må skyvedøren heves ytterligere fra bunnkarm, slik at det blir mulig å komme til med fugepistol eller annet egnet redskap til å dytte inn fugemassen.

En tetteløsning med list under terskel og fugemasse ved sidekarm er sårbar. Fugemassen langs sidekarmene kan ligge i et annet plan enn tettelisten og disse materialene må kunne forbindes i hjørnene der tettelisten stopper. Fugemassen må dessuten hefte til tettelisten. En robust overgang vil avhenge av riktig materialkombinasjon og at fugemassen kan legges helt inntil tettelisten i hjørnene. Når tettelisten komprimeres under terskelen vil det være vanskelig å fuge tilstrekkelig langt inn til å oppnå kontakt mellom de to tettematerialene.

5.2.4 Svakheter i Byggforskserien

At 523.721 *Innsetting av ytterdører* henviser til 523.701 og 523.702 for innsetting av vindusdører er uheldig. Disse anvisningene gjelder innsetting av vinduer og nevner ikke vindusdører. Det er ikke tydelig om løsningene for vinduer er ment å være overførbare. 523.721 hevder at skyvedører følger samme prinsipper som slagdører (Byggforskserien 523.721, 2016), men nevner ikke de store ulikhetene i lastoverføring.

523.701 anbefaler bæreklosser under de bærende delene av karmen, altså under sidekarmene og eventuelle bærende vindusposter, samt ekstra støttekloss på midten for vinduer med bredde større eller lik 1,4 m. Om en vindusdør med skyvefelt settes inn slik vil terskelen bøyes ned av vekten over. 523.701 foreslår dessuten bruk av fugeskum, men fugeskum av polyuretan er sårbart for bevegelser og kan sprekke opp (Byggforskserien 573.107, 2003). Fugeskum som herder vil dessuten hindre etterjustering, og fordi vindusdører er sårbare om de ikke står i lodd vil manglende mulighet for etterjustering være et problem. Om 523.701 skal være anvendbar for skyvedører bør det spesifiseres at terskelen krever understøtte.

Flere anvisninger ser ut til å bruke sårbare løsninger der beslag eller membran kan ødelegges av tråkk. Byggforskserien 525.304 Fig. 621 a, vist i Figur 2.7, har et eksponert beslag festet i terskelen. 526.411 Fig. 444 b har et tilsvarende eksponert beslag som ligger over en trekantlist, men denne er uaktuell for terrasser og balkonger med vanntette sjikt. 523.721 Fig. 34 b, vist i Figur 2.4, har en trekantlist under membranen slik at membranen ikke brettes i 90 graders vinkel. Membranen og beslaget festes i samme spor i dørterskelen og kan tråkkes ut, spesielt når tremmene er tatt av for vedlikehold. Om beslag eller membran ødelegges vil tettingen under terskel bli utsatt. Løsninger der beslag ligger utover mot oppholdsplassen kan være sårbare siden de vil være mer utsatt for trafikk.

Av anvisningene som er undersøkt, er det kun 523.721 og 523.733 som nevner skyvedører, og

kun 523.733 som tar for seg hvordan skyvedører skiller seg fra slagdører. Her nevnes det kun at skyvedøren krever ”ekstra solid understøtte” og at klossing gjøres ”etter leverandørens anvisning” (Byggforskserien 523.733, 2019). Byggforskserien har altså ingen egen løsning for skyvedører og baserer seg på informasjon ikke alle leverandører oppgir. Siden forsøkene viser svakheter i løsninger i Byggforskserien, samt problemer ved å behandle skyvedører som slagdører, kan det virke som at heller ikke SINTEF har en god løsning på tetting under skyvedører.

5.3 Tiltak som kan bidra til økt regntetthet og enklere innsetting

Forsøk 3 og 5 gir innblikk i prinsipper som kan forbedre regntetthet og forenkle innsetting. Hovedprinsippene som anbefales er å ha et kontinuerlig tettesjikt uten skjøter, og tetting som monteres etter innheising.

5.3.1 Forsøk 3: FlexTett (Isola)

Forsøk 3 benyttet FlexTett som eneste tetting rundt hele skyvedøren, men uten membran.

Terskel

Forsøk 3 viste at en mansjettløsning med tape med klebefelt av butyl på to sider var svært vellykket. Løsningen var tett opp til 1050 Pa før små lekkasjer begynte å oppstå.

Tidligere forsøk viste store utfordringer ved innheising av skyvedøren, og det var tilnærmet umulig å oppnå ønsket plassering på første forsøk. Det gir risiko for forskyvning og deformasjon av fugetetting i forbindelse med justering av plassering. Det vil ikke være mulig å oppdage eventuelle skader visuelt, noe som skaper stor usikkerhet tilknyttet fugens tetthet. Disse problemene løses i Forsøk 3 ved å benytte en forhåndsmontert mansjettløsning. Ved at tapen først påføres rundt skyvedøren før innsetting vil det være mulig å visuelt kontrollere om det er noen åpenbare utettheter. Deretter settes mansjettløsningen rett inn i utsparingen, tapen påføres stenderverket, og igjen vil det være mulig å visuelt undersøke tettingen. Videre viste det seg også uproblematisk å etterjustere skyvedørens posisjon, både i veggliv og lysåpning. Dette er som følge av mangelen på løse eller utstikkende elementer som kan vrenses eller deformeres av friksjonen fra skyvedøren. Skyvedøren gled problemfritt på tapen under justering av posisjonen, og fugen ble tettet først etter døren var riktig plassert og justert. Mansjettløsningen tillater med andre ord trinnvis påføring og inspeksjon av tetting, samt etterjustering av posisjon uten tilknyttet risiko for ødeleggelse av tetting under terskel.

Siden tapen er festet inne på dørkarmene vil løsningen være fleksibel og uavhengig av dørens plassering i vegglivet. Dersom døren trekkes lenger ut kan tapen festes lenger inn på karmene. Døren kan også trekkes inn dersom tapen er bred nok.

En utfordring med løsningen er at den ikke plasserer membranen under dørterskelen. Membranen legges heller oppunder vindsperrerimsen. Denne overgangen må være robust og krever tilstrekkelig plass til å utføre arbeidet. At membranen ikke legges under terskelen, men heller brettes opp i et ”spor”, bør gi enklere montering, men dette ble ikke testet.

Mansjettløsningen kan også være utfordrende å bruke på eksisterende terrasser, spesielt om de har en PVC-membran. Siden FlexTett ikke bør komme i kontakt med PVC må ombygging planlegges nøyaktig slik at eksisterende membran kan brettes oppunder en vindsperrerims foran terskel og opp langs stendere. Eksisterende membran må i så fall skjæres til.

Hjørner

Også i hjørnene var løsningen i Forsøk 3 vellykket. Fra tidligere forsøk viste hjørnene seg problematisk på grunn av manglende kontakt mellom ulike tettesjikt i hjørnene, eller på grunn av vanskelige forhold for påføring. Siden tapen ble montert sammenhengende rundt hele skyvedøren, og med tilstrekkelig overlapp i skjøten, løses problemet tilknyttet kontakt mellom ulike tettesjikt. Løsningen er også enkel å påføre siden det tettes inntil vindspærren, ikke i fugen. Da vil fugens variable, og stedvis ekstra smale, bredde være uproblematisk ettersom at ingenting må dyttes inn og oppnå heft. FlexTetts fleksible rillestruktur gjør at sammenhengende montering i hjørnene gjøres enkelt, og uten ekstra forsterkning eller tilpasning slik som vanlig tape krever.

En fordel med at tettingen skjer utenfor monteringsfugen er at monteringsfugen kan fylles med isolasjon. Isolasjonsdytt kan redusere varmetap og gi bedre lydisolasjonsevne. Utfordringen her er at isolasjonen øker kondensrisikoen dersom tapen ikke er dampåpen.

En mulig utfordring med løsningen fra Forsøk 3 er ytelse etter gjentatt eksponering for vann. Heftprøvene mot kryssfinér viste at slik fuktpåkjønning førte til at butylen permanent mistet sin klebeevne, noe som vil være kritisk for en konstruksjon som skal være regntett i mange år. Siden heftforsøket mot kryssfinér brukte en forenklet testprosedyre bør ikke resultatene fra forsøket brukes til å konkludere hvordan FlexTetten yter over tid, men resultatene kan være interessante å undersøke videre.

5.3.2 Forsøk 5: Fugemasse

I Forsøk 5 ble fugemasse påført under terskel foran tettelist og mot bunnfyllingslist i topp- og sidekarmer.

Kun en liten endring ble gjort fra Forsøk 4 til Forsøk 5, men denne viste seg å gi store forbedringer. Begge forsøkene ble kjørt til 600 Pa, og andre delforsøk av Forsøk 5 ble også kjørt til 1050 Pa, men det var store forskjeller i både størrelsen og kilden til lekkasjene. I Forsøk 4 var det problemer med lekkasjer gjennom de nedre hjørnene, mens i Forsøk 5 kom lekkasjene fra utettheter i fugemassen i topp- og sidekarmer. Forsøk 5 var med andre ord preget av mangelfull utførelse fremfor dårlig løsning. Det kan også hende at fugemassen i karmene var preget av å ha blitt testet i flere omganger, men denne effekten er vanskelig å si noe om.

På en annen side beskriver Byggforskserien 573.104 (2001) at det finnes mange eksempler på mislykket tetting med fugemasse, noe som tyder på at tetting med fugemasse er en sårbar løsning med høye krav til utførelse. Det er med andre ord ikke sikkert at løsningen hadde blitt tett, selv med en erfaren utførende.

Terskel

Fugemassen lagt i forkant av tettelist fungerte godt og forhindre vann i å trenge inn i fugen, og overlapp mellom ny og gammel fugemasse virket å være regntett. Luftstrømmer var likevel følbare i de nedre hjørnene, men utførende var ikke faglærte og løsningen ble improvisert slik at fugemasse i forskjellige plan måtte forbindes. Dersom løsningen skulle blitt utført igjen hadde tettelist og fugemasse blitt lagt så fugemassen kunne vært kontinuerlig og i samme plan.

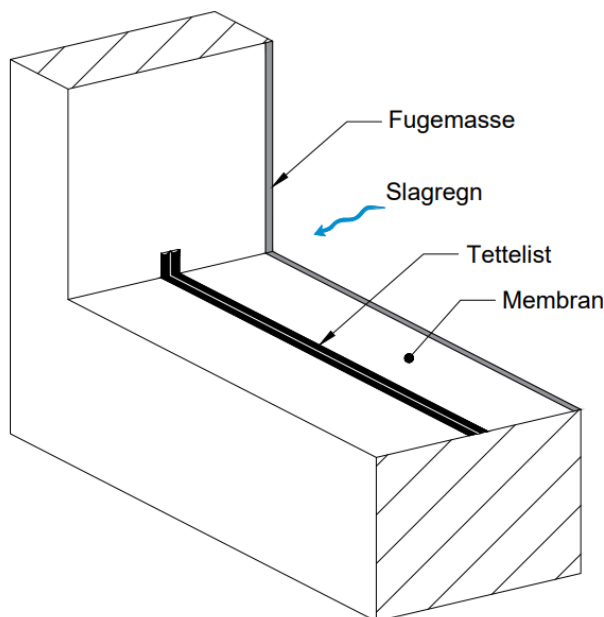
Det er flere fordeler ved å legge fugemassen i forkant fremfor under terskel, blant annet at det blir enklere å kontrollere fugemassen etter påføring, samt at utsmøring av fugen forhindres ved justering av skyvedørens posisjon. Dessuten vil ikke fugemassen måtte ”bære” døren.

Løsningen i Forsøk 5 fører dog til at tettelisten mister sin funksjon som tetting. Tettelisten fungerer heller som en svill som løfter skyvedøren slik at fugen blir bred nok til å kunne fylles med fugemasse. En smal tresvill kunne hatt samme funksjon og fungert som kontinuerlig ”klossing” langs terskelens bredde. Vanlig klossing med en bestemt senteravstand hadde hatt tilsvarende funksjon, men denne senteravstanden vil være unik for hver terskel, dør og dørvekt. Når maksimal senteravstand ikke oppgis er det umulig for prosjekterende og utførende å vite hvilken senteravstand som gir god nok understøtte. Fordelen med vanlig klossing, sammenlignet med kontinuerlig ”klossing”, er at varmetapet gjennom kuldebroer reduseres som følge av muligheten til å plassere isolasjon mellom klossene. Dersom varmetap fra kuldebroer vektlegges, vil det være gunstig å unngå klossing.

En annen svakhet med løsningen i Forsøk 5 er at fugemassen ikke legges mot bunnfylling eller annet som kontrollerer dybde og geometri av fugemassen. Dette gjør det vanskelig å forutsi fuge-dybde og kan medføre et ubalansert forhold mellom strekkraft i fugen og henholdsvis adhesjon og kohesjon til fugemassen (Sika, udatert(a)).

Hjørner

Sammenlignet med løsningen i Forsøk 4 var hjørnenes prestasjon i Forsøk 5 forbedret. Problemet med mangel på kontakt mellom ulike tettesjikt ble løst ved å gjøre fugemassen sammenhengende rundt hele skyvedøren, som vist i Figur 5.2. Dette forhindrer vann i å presses inn forbi fugemassen, og videre over tettelisten i hjørnene, og resulterte i at lekkasjene i hjørnene forsvant fullstendig, i kontrast til Forsøk 4 hvor lekkasjer oppstod i hjørnet allerede ved 100 Pa.



Figur 5.2: Sammenhengende fugemasse forhindrer vann i å trenge inn gjennom fugen. Avstanden mellom tetteliste og fugemasse er overdrevet.

Luftlekkasjer oppstod likevel i hjørnene.

Andre delforsøk av Forsøk 5 ga tilsvarende resultater. Den økte sprutpåkjenningen fra tremmen virket ikke å ha særlig betydning i dette forsøket. Lekkasje var lokalisert i topp- og sidekarmen, steder som er upåvirket av terrassetremmens tilstedeværelse. Hva slags effekt terrassetremmene og den tilhørende sprutpåkjenningen har over lang tid er ukjent, men på kort sikt har det ingenting å si for tettelsesens prestasjon. Hadde bunnfugen vært utett ville det naturligvis kommet mer vann gjennom, men for en tett løsning virker dette irrelevant.

5.3.3 Erfaringer fra forsøkene

Forsøkene har altså vist to tettemetoder med potensiale og som begge er iterasjoner av eksisterende tettelsesmetoder. Mansjettløsningen flytter tettingen ut fra monteringsfugen, og med et formbart materiale fjernes problemene med å lappe i hjørner og å sikre overganger. Løsningen med klossing langs hele terskelens bredde tilsvarer en "vanlig" fugemasseløsning med kontinuerlig understøtte langs hele terskelbredden. Da trenger ikke prosjekterende eller utførende forholde seg til en muligens ukjent maksimal senteravstand til klosser som er unik for hver skyvedør.

Hovedprinsippet bak de gode løsningene er som nevnt å ha ett kontinuerlig tettesjikt uten skjøter. Dette kan sikres ved å bruke formbare materialer i tettesjiktet, enten i form av fugemasse eller formbar tape. Det er mulig at en mansjettløsning med vindsperrerims og tape kunne gi tilsvarende resultat, men dette ble ikke prøvd. Siden vindsperrerimsen ikke er formbar vil en slik løsning kreve ekstra materiale i hjørnene. Dette materialet vil få en komplisert geometri når det brettes ut og det vil derfor bli vanskelig å få overgangen til vindsperre tett.

Det er også viktig at tettesjiktet tåler eventuell last som påføres fra terskelen. Dersom tettesjiktet

ikke tåler komprimering kan det ikke bære last fra terskelen, og når maksimal senteravstand på klossing er ukjent bør døren klosses av en svill som dekker hele terskelbredden. I forsøkene ble en gummilist brukt som svill, og selv om denne vil begrense komprimeringen av tetting foran vil den deformeres av punktlaster. Svillen bør trolig være av et solid materiale, muligens trevirke eller trykkfast isolasjon, men dette ble ikke testet. For å kunne forbinde tettingen under terskelen til innvendige tettesjikt bør svillen tåle å ligge mellom et utvendig og innvendig tettesjikt, som for eksempel en fugestreng foran og bak svill. En utfordring med en svill er at den kan virke som en kuldebro avhengig av materiale.

Et annet viktig prinsipp med løsningene er at tettingen skjer *etter* døren er plassert og skrudd fast. Erfaring fra forsøkene bekrefter at å sette inn en tung dør med millimeterpresisjon ikke går på første forsøk. Spesielt om døren løftes inn for hånd vil første oppgave være å få døren ned på et underlag slik at den står trygt, og så vil den måtte justeres sideveis og i dybden med den kraften en dør på 200 kg krever. Tetting som ble lagt inn før denne prosessen ble komprimert og utsatt for friksjon i forsøkene, og skadene ble ikke oppdaget før etter demontering. Tetting etter at døren er skrudd fast kan kontrolleres underveis og tettesjiktets robusthet kan bekreftes visuelt før tettingen bygges inn. I verste fall kan tettesjiktet utbedres uten å heise døren ut.

Forsøkene illustrerte at det er store forskjeller i hvor enkle de ulike løsningene er å påføre. Man-sjettløsningen fra Forsøk 3 kan monteres rundt dørkarm før innheising, slik at plassering av døren ved innheising ikke krever millimeterpresisjon siden tettesjiktet tåler en viss påkjenning fra forskyvning og justering. Det ble også diskutert at skyvedører kan leveres med FlexTett ferdigmontert rundt døren, slik at løsningen blir enda enklere å montere for utførende. Det tok kort tid å tape FlexTett til vindspærren og å rulle over. At FlexTett påføres utenfor monteringsfugen, som stedvis er svært smal, gir mer plass til arbeidet. Tetteløsningen var svært tett, og enklere og raskere å montere enn løsningen med fugemasse. Det må tas hensyn til at vindspærren vil delamineres om FlexTetten dras av, så utførelsen må være korrekt på første forsøk. Dette problemet gjelder tape generelt, i større eller mindre grad avhengig av typen, ettersom at det hefter til underlaget umiddelbart.

Løsningen med fugemasse og vanlig vindspærretape i Forsøk 2 var betydelig mer tidkrevende og påføring av tape krevde mye presisjon. Hjørnene ble forsterket med ekstra tape i tillegg til fugemasse, og ble fremdeles ikke tette. Påføring av fugemasse i fugene i Forsøk 4 var tilsvarende tidkrevende og måtte utføres i trange fuger. Fugemassen var dessuten utfordrende å få tett, et inntrykk som bekreftes i Byggforskseriens anvisning om fugemasser (Byggforskserien 573.104, 2001). Dersom terrassebordene hadde vært plassert før montering hadde det vært umulig å komme til med fugepistolen, så god plass til utførelse er en forutsetning.

Tankegangen bak løsningene i Forsøk 3 og 5 er at prinsippene for innsetting av skyvedører, i motsetning til hva Byggforskserien 523.721 (2016) sier, *ikke* er de samme som for slagdører. Basert på monteringsanvisninger undersøkt tidligere er maksimal senteravstand sjelden oppgitt (Raugstad og Strid, 2021). Forsøkene og løsningene har tatt utgangspunkt i at punktvis understøtte av skyvedørterskler er uaktuelt. Løsningene tar åpenbart utgangspunkt i eksisterende løsninger i Byggforskserien, men Byggforskserien ser ikke ut til å behandle terskelen som sårbar og bærende

i de undersøkte anvisningene. Byggforskserien beskriver heller ikke hjørner selv om den anbefaler løsninger der tettematerialer forbindes i hjørner.

Tankegangen for prosjektering av tetting rundt skyvedører bør følge prinsippene i Tabell 10. Om disse inngår i tankegangen bør regntettheten bli høyere og innsettingen mindre sårbar for feil. Dessuten bør utførelsen bli enklere å kontrollere slik at regntettheten blir lettere å vurdere før fugen bygges inn.

Tabell 10: Prinsipper for innsetting av skyvedører.

Bærende terskel	Skyvedøren er tung og terskelen er tynn. Terskelen vil deformeres om avstanden mellom eventuelle klosser blir for stor. Den tryggeste løsningen er å ikke bruke klosser som bæring under terskel.
Kontinuerlig tetting	Tettingen bør være uavbrutt, og bør kunne følge hele monteringsfugen inkludert hjørner. Dette kan oppnås med fleksible og formbare tettematerialer som kan følge monteringsfugen langs alle karmen.
Tetting til slutt	Døren må justeres etter innsetting. Tettingen må påføres etter døren er skrudd fast slik at innsetningsprosessen ikke ødelegger tettingen.

En utfordring som forsøkene ikke har belyst er at gode, fuktsikre løsninger krever tilstrekkelig plass for å utføre tettearbeidet. Fugemasse under terskel krever tilgang og plass til fugepistol, og en mansjettløsning krever plass til å feste tape og rulle over for god heft. Terrassen i forsøkene var ikke lang nok til å teste plassutfordringer godt, men tremmene som lå omtrent 36 mm fra veggen var tydelig i veien under montering og måtte løftes av. Tetting hadde vært tilnærmet umulig om tremmene var fastmonterte. For å gi mest mulig plass til tetting rundt skyvedører bør de settes inn tidligst mulig, og før terrassen er ferdig montert. I forsøkene ga den 150 mm høye oppkanten noe plass til tettearbeid, men siden terrassen var kort var det mulig sitte under terrassen og dermed nært inntil monteringsfugen.

5.4 Mindre forsøk med FlexTett

Selv om heftprøvene ikke var særlig elegante avdekket de ingen åpenbare feil med bruk av FlexTett, men de viste at enkelte hensyn må tas.

Tetthet mellom vindsperretape og kreppt del av FlexTett

At vann rant rett gjennom overgangen mellom vindsperretape og FlexTett viser at vindsperretape ikke klarer å tette kanalene som oppstår av FlexTettens krepptede duk. Det er viktig at eventuelle produkter som skal legges over FlexTett kan fylle disse kanalene. En løsning med FlexTett ved terskel og litt opp på sidekarm og vanlig vindsperretape ellers vil ikke ha de loddrette kanalene som

i forsøket, men selv om kanalene ligger vertikalt vil de være åpne for luft- og vannlekkasjer. Den foreslåtte løsningen kan ikke anbefales med bakgrunn i funnene i denne oppgaven.

Heft mot kryssfinér

At FlexTetten mistet all heft mot bunnplaten av kryssfinér understreker viktigheten av å kontrollere heft mot underlaget. Primet kryssfinér ble ikke undersøkt. At butylen i FlexTetten mistet heft fullstendig ved eksponering mot vann er uakseptabelt i en konstruksjon som skal være tett i mange år.

Denne testen representerte ikke realistiske forhold. Tetting rundt skyvedør vil ikke stå eksponert i et vannbasseng over lang tid.

Heft mot konstruksjonsvirke

Siden papiret under bassengene var uendret etter flere døgn er det rimelig å enten anta at bassengene ikke lakk, eller at papiret hadde tørket uten noen synlig forandring. Antakeligvis sank vannstanden som følge av fordampning, og bassengene var antakeligvis tette. Dersom de lakk var lekkasjene tilsvarende for primet og ikke-primet konstruksjonsvirke.

En mer nøyaktig avlesningsmetode, og testmetode, hadde vært nødvendig for å kunne konkludere endelig. Testen avdekket ingen åpenbare grunner til at butylbåndet ikke skulle være vanntett, og derfor ingen åpenbare grunner til at løsningen i Forsøk 3 ikke skulle fungere, gitt at butylen hefter mot underlaget.

Sammen med testen av heft mot kryssfinér understreker denne testen viktigheten ved å undersøke heft mot underlaget, helst over tid.

5.5 Usikkerheter og begrensninger ved resultater

Siden løsningene testes uten regnskjerm vil de oppleve en urealistisk stor belastning. Selv om en konservativ løsning alltid er sikrere vil det finnes en grense for hvor konservativt det er hensiktsmessig å bygge. Det er for eksempel ikke realistisk å forvente at lufttettingen alene skal tåle regnpåkjenning og 1050 Pa trykk. SINTEF bruker 300 Pa som nedre grense for vindsperre uten regnskjerm (SINTEF, 2022b), og derfor bør tettingen rundt dører ha minst tilsvarende ytelse. Da kan utvilsomt en løsning med komprimert fugemasse under terskel være regntett når beslag legges til.

Likevel er det flere krav enn bare regntetthet da fugemassen også står for lufttetting. Monteringsfugen skal også oppfylle krav til lufttetthet, og lufttetthet ble kun testet for Forsøk 1. Resultatene fra slagregntestene sier likevel noe om lufttetthet siden regnlekkasjene antyder luftlekkasjer. Materialet som står for lufttettingen bør altså kunne forventes å ha en viss ytelse i en regntest. Selv om regntesting er konservativ, vil dårlig ytelse uten regnskjerm også tyde på dårlig lufttetthet.

Dersom flere forsøk skulle blitt utført, som tiden og tilgjengeligheten av testapparatene ikke tillot, burde løsningene likevel ha blitt testet for lufttetthet. Det burde da blitt testet med dekkbord over monteringsfugen siden monteringsfugen ikke er ment å være et ubeskyttet produkt, i kontrast til skyvedører og vinduer som teststandardene er ment for. Flere forsøk er alltid ønskelig, men

tresjablongen var slitt ut etter gjentatt skruing i samme hull og en ny sjablong måtte blitt bygget.

Fukt innefra har heller ikke blitt undersøkt i forsøkene. De vellykkede løsningene med mansjett eller fugemasse er antakeligvis ikke dampåpne. Konsekvensene av dette, og om skadelig kondens innefra kan oppstå, har ikke blitt vurdert.

Heller ikke andre bygningsrelaterte ytelsesaspekter som varmetap og akustikk har blitt vurdert. En fuktsikker løsning, både med hensyn til fukt innefra og utefra, oppfyller ikke nødvendigvis krav tilknyttet varmetap, akustikk og liknende. Selv om tettelsningene presterer godt med hensyn til fuktsikkerhet, vil de måtte testes videre med hensyn til andre ytelseskriterier før de kan tas i bruk.

Det er også et poeng at løsningene er montert og testet kun én gang, og i henhold til kun én teststandard. For å kunne fastslå om en løsning er vellykket eller ikke er det nødvendig å utføre samme forsøk flere ganger, og med ulike fukteksponering. Dette vil kunne avdekke lekkasjepunkter som, av ulike grunner, ikke kom frem ved tidligere tester. Dersom en tettelsning, over gjentatte forsøk og med ulike fuktpåkjenninger, forblir tett ved tilfredsstillende trykkpåkjenning vil det være en fuktsikker løsning.

6 Konklusjon

6.1 Motivasjon og funn

En økende andel av byggskader i Norge skyldes nedbørsskader, og diskontinuiteter og åpninger i bygningens klimaskjerm er spesielt utsatt for lekkasjer. Monteringsfugen rundt terrasseskyvedører har vist seg spesielt utsatt som følge av manglende tilgjengelig litteratur og sårbare eksisterende løsninger. For å unngå behovet for improviserte, og ofte mangelfulle, løsninger, ble det utført en masteroppgave med hensikt å utarbeide fuktsikre løsninger for monteringsfugen, og slik redusere fuktskader i forbindelse med innsetting av terrasseskyvedører.

Innsetting av tunge skyvedører i klimaskjermen er utfordrene. Dørene er tunge og u håndterlige, og vanlige tettelsninger påfører tettematerialer før døren løftes inn. Dørrinnheising og justering av dørens posisjon kan ødelegge tettingen, og resultatet under terskel er uforutsigbart. Dessuten kan ulike materialkombinasjoner fungere dårlig med hverandre slik at gode løsninger kan bli ødelagt over tid, for eksempel ved at det benyttes fugemasse med utilstrekkelig heft til underlaget.

Det finnes lite litteratur som kan bidra til mer robuste monteringsfuger for skyvedører og monteringsanvisninger fra leverandører dekker ikke alltid utførelse av monteringsfugen. Byggforskserien og erfaring blir ofte de eneste kildene til kunnskap for de prosjekterende, og kvaliteten på arbeidetegninger fra prosjekterende og arkitekter kan variere.

Løsningene gitt i Byggforskserien har svakheter, og løsningene kan være mangelfulle eller utilstrekkelig forklart. Anvisninger foreslår enten klossing og fugemasse, fugemasse direkte under terskel eller tettelist under terskel. Klosser må være såpass tett plassert at den tynne terskelen ikke deformeres som følge av skyvedørens høye vekt, og den maksimale senteravstanden er ikke alltid oppgitt av produsent eller leverandør. Da må prosjekterende eller utførende ta en beslutning uten et godt grunnlag. Fugemasse direkte under terskel har den ulempe at den komprimeres til langt under minste anbefalte bredde og må påføres før døren settes inn. Tettelister kan vrenses under innsetting og vil måtte forbindes med tettingen til sidekarmen, som kan ligge i et annet plan enn listen. Denne forbindelsen beskrives ikke, og heller ikke utførelse av tettelsninger i hjørner generelt. Byggforskserien anbefaler dessuten løsninger som forutsetter at tetting legges før døren settes inn, men med tunge dører vil justering bli nødvendig, og da ødelegges sannsynligvis tettingen. Hjørnene - som har vært lekkasjepunkter i forsøkene - kompliseres ytterligere ved at løsningene i Byggforskserien krever at ulike typer tettematerialer forbindes i hjørnene, uten å forklare hvordan dette skal gjøres. Det er da opp til utførende å velge materialer som hefter godt til hverandre og kombinere disse på en fuktsikker måte.

For tettelsninger med bakgrunn i Byggforskserien ble ikke monteringsfugen tett ved testing av regntetthet etter NS-EN 1027.

En løsning som kun beskriver de ulike karmene, ikke hvordan løsninger for hver karm skal forbindes, gir ikke tilstrekkelig grunnlag for utførelse. Hjørnene måtte improviseres, og det ble ikke oppnådd noen tett løsning med tettelist under terskel.

Av de fem løsningene som ble testet var det to som virket lovende: mansjettløsningen med

formbar tape fra Forsøk 3 og fugemasseløsningen med "svill" fra Forsøk 5. Disse hadde en rekke fellestrekk som kan bidra til mer robuste monteringsfuger. For det første ble klossing sett som uaktuelt under tunge skyvedører. Det vil alltid finnes en senteravstand på klossing der deformasjonene i terskelen er såpass små at de ikke påvirker tettheten, men denne avhenger av produktet og må derfor oppgis av produsenten. Dette er ofte ikke tilfellet. En løsning uten punktvis klossing vil være mer fleksibel og kan brukes uavhengig av dørproduktet. For det andre var tettesjiktet uavbrutt og uten materialendringer i de to foretrukne løsningene. Brudd og skjøter vil være sårbare for dårlig utførelse og vil kreve at materialene som skjøtes sammen har god og varig heft. Formbare materialer kan tette i hjørner uten skjøter og vil kunne tette i samme plan langs hele monteringsfugen. For det tredje ble tettingen utført etter at døren var skrudd fast. Plassering og justering av døren kan og vil ødelegge tettesjikt som er lagt på forhånd. Tetting i etterkant er tryggere og kan kontrolleres underveis. Et konkret tiltak for prosjekterende kan være å lage tredimensjonale arbeidstegninger av hjørner med kritiske overganger. En slik tredimensjonal tegning tvinger tegner til å forbinde fugene ved terskel og sidekarm, og kan dermed belyse eventuelle utfordringer utførelsen innebærer. Tredimensjonale tegninger kan også være aktuelle i Byggforskserien.

For enklere utførelse vil løsninger som påføres utenfor selve monteringsfugen være gunstige. Tape som ble påført dørkarmen etter innsetting, som i Forsøk 1 og 2, var tidkrevende siden heftflaten var liten. Påføring av fugemasse i Forsøk 4 var utfordrende siden fugebredden var varierende og stedvis for smal til å kunne presse inn en bunnfyllingslist. Mansjettløsningen i Forsøk 3 ble påført vindspærren, en stor og tilgjengelig flate. FlexTetten var enkel å påføre, godt synlig under påføring og arbeidet gikk hurtig. Fordi produktet var påført dørkarmen på forhånd var heftflaten stor og lett tilgjengelig under påføring.

Denne masteroppgaven kan kort oppsummeres til at prosjekterende bør tegne tettelsesløsningen i tre dimensjoner slik at hjørner inkluderes, huske at terskelen er tynn og bærende, ha et kontinuerlig tettesjikt i samme plan rundt hele døren, og å bruke en tettelsesløsning som kan utføres etter at døren er skrudd fast.

6.2 Videre arbeid

Tilgjengelig plass til å utføre arbeid er helt vesentlig for resultatet. Opprinnelig skulle terrassen i forsøkene være større slik at den var mer i veien for utførelse, men plassmangel i regnskapet førte til at terrassen ble kort. Forsøkene kunne ikke belyse plassutfordringer og dette bør undersøkes videre. En veiledning til hvordan tilstrekkelig plass til utførelse sikres kan bidra til bedre planlegging av utførelse, som igjen kan gi et bedre sluttresultat.

Byggbarhet under realistiske klimaforhold må også undersøkes. Ettersom at løsningene er montert og testet under kunstige og ideelle forhold kan det være problemer med løsningene som ikke har kommet til syne. Det er blant annet ukjent hvordan butyl, som er avhengig av oppvarming for å aktiveres, vil klebe mot vindspærren i minusgrader.

Tettelsesløsningene som har vist seg å være suksessfulle må dessuten testes videre med tanke på regntetthet. For å avdekke alle mulige lekkasjepunkter må løsningene monteres flere ganger og testes

på nytt, gjerne også under varierende eksponering. Dersom de forblir tette er det en indikasjon på at løsningen er enkel å montere og robust mot fuktpåkjenninger.

For at løsningene skal ha god generell byggteknisk ytelse, ikke bare god regntetthet, må de testes med hensyn til andre ytelseskrav. En god tettelsesløsning bør ikke gi unødvendig store varmetap, for stor lydinnmengning, eller risiko for kondens innefra. Løsningene må altså testes videre med hensyn til helt andre kriterier.

Avslutningsvis bør det nevnes at slike forsøk aldri vil gjenspeile de faktiske forholdene på en byggeplass. På en byggeplass vil det kunne finnes uforutsigbare forhold som påvirker både valg og utførelse av tettelsesløsning. Regn eller kulde vil kunne komplisere utførelsen og gi problemer med heft for tettematerialer, og kan motivere utførende til å skynde seg, noe som kan føre til slurv og mangelfull utførelse. På tvers av fagfelt kan det bli dårlig kommunikasjon om monteringsrekkefølge eller materialbruk. For eksempel kan terrassen ha blitt montert før terrasseskyvedøren er satt inn, og da vil det være for lite plass til utføre tettearbeidet. Det kan også hende at taktekker har montert en PVC-membran, mens tømmerer trodde en asfaltmembran skulle benyttes, og dermed ikke bragt med seg fugemasse som passer til PVC. Å finne og hente ny fugemasse vil ta tid som utførende ikke nødvendigvis har, eller tar seg tid til. Det kan også hende at utførende ikke vet at fugemassen ikke passer til bruk på PVC. Som avdekket i oppgaven hadde det vært ønskelig med en universell tettelsesløsning som er enkel å montere, hefter til alle takbelegg, kan monteres uavhengig av værforhold og som er billig. En slik løsning som også er robust er ikke funnet så det vil fremdeles måtte stilles krav til prosjekterende og utførende. Forhåpentligvis vil montering bli enklere gjennom å la seg inspirere av erfaringene og anbefalingene gitt i denne oppgaven.

Referanser

- Andenæs, E., V. Skagseth og N.S. Bunkholt (2020). “Er utvendig nedløp fra kompakte tak mulig?” I: *Byggeindustrien* 5, s. 62. URL: <https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/5e73795c8acde563c78dd035/1584626013625/Pages+from+44ts670n.pdf>. Hentet 23.02.2022.
- Andersen, Vegar (2020). “Fuktskader i tilknytning terrassedører”. Masteroppg. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Bostik (2022a). *H760 Seal’N’Flex Pro Seal*. URL: <https://www.bostik.com/norway/no/catalog/product/construction/emea/norway/product-h760-seal-n-flex-pro-sea/>. Hentet 04.04.2022.
- (2022b). *Teknisk datablad H760 Seal’N’Flex Pro Seal*. URL: https://www.bostik.com/files/live/sites/shared_bostik/files/import-norway/tds_h760_seal_n_flex_pro_seal_p0990_no.pdf. Hentet 04.04.2022.
- Bunkholt, Nora Schjøth og Tore Kvande (2020). “Mer regn, men bedre bygningsregelverk”. I: *Byggeindustrien* 19/2020, s. 22. URL: <https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/5fce75810b197a18ad13dda1/1607366020867/Byggeindustrien+NTNU+2020+19+s22.pdf>. Hentet 02.05.2022.
- Byggforskserien 361.501 (2020). *Utforming av balkonger og terrasser i boliger*. Hentet 23.11.2021.
- Byggforskserien 451.031 (2013). *Klimadata for dimensjonering mot regnpåkjennning*. Hentet 03.04.2022.
- Byggforskserien 474.511 (2021). *Fuktsikkerhet. Viktige kontrollpunkter ved prosjektering og utførelse*. Hentet 26.04.2022.
- Byggforskserien 474.624 (2014). *Luftlekkasjemåling av bygninger. Hensikt og vurdering*. Hentet 25.04.2022.
- Byggforskserien 520.406 (2003). *Fugetetting med elastisk fugemasse*. Hentet 21.04.2022.
- Byggforskserien 523.701 (2018). *Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk*. Hentet 29.03.2022.
- Byggforskserien 523.702 (2018). *Innsetting av vindu i mur- og betongvegger*. Hentet 23.05.2022.
- Byggforskserien 523.721 (2016). *Innsetting av ytterdører*. Hentet 23.02.2022.
- Byggforskserien 523.731 (2010). *Trinnfritt inngangsparti for småhus av tre. Tekniske løsninger*. Hentet 20.04.2022.
- Byggforskserien 523.733 (2019). *Fuktsikre dørterskler til balkonger og svalganger med betongdekke*. Hentet 24.03.2022.
- Byggforskserien 525.304 (2007). *Terrasse på etasjeskiller av betong for lett eller moderat trafikk*. Hentet 30.03.2022.
- Byggforskserien 525.322 (2018). *Isolert, kompakt terrasse med trebjelkelag*. Hentet 30.03.2022.
- Byggforskserien 525.324 (2011). *Isolert, luftet terrasse med trebjelkelag*. Hentet 30.03.2022.
- Byggforskserien 526.411 (2010). *Utkraget trebalkong*. Hentet 23.05.2022.
- Byggforskserien 526.413 (2010). *Understøttet trebalkong*. Hentet 23.05.2022.
- Byggforskserien 533.242 (2016). *Vindusdører. Typer og egenskaper*. Hentet 22.02.2022.
- Byggforskserien 542.003 (2020). *Totrinnsstetting mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger*. Hentet 09.02.2022.

- Byggforskserien 544.202 (2011). *Takfolie. Egenskaper og tekking*. Hentet 05.04.2022.
- Byggforskserien 544.203 (2011). *Asfalttakbelegg. Egenskaper og tekking*. Hentet 23.02.2022.
- Byggforskserien 544.204 (2008). *Tekking med asfalttakbelegg eller takfolie. Detaljløsninger*. Hentet 22.02.2022.
- Byggforskserien 571.954 (2016). *Isolerruter. Lys- og varmetekniske egenskaper*. Hentet 23.02.2022.
- Byggforskserien 573.102 (2001). *Tettematerialer for fuger. Gruppering og terminologi*. Hentet 19.04.2022.
- Byggforskserien 573.104 (2001). *Fugemasser. Egenskaper og materialvalg*. Hentet 19.04.2022.
- Byggforskserien 573.105 (2004). *Tettelister. Egenskaper og materialvalg*. Hentet 07.04.2022.
- Byggforskserien 573.107 (2003). *Fugeskum av énkomponent polyuretan. Egenskaper og bruk*. Hentet 29.03.2022.
- Byggforskserien 720.082 (2007). *Råte- og fargeskadesopp. Skadetyper og utbedring*. Hentet 25.04.2022.
- Byggforskserien 720.085 (2007). *Ekte hussopp. Bekjempelse og utbedring av skader*. Hentet 25.04.2022.
- Bygghjemme (udatert). *Slipp inn lyset*. URL: <https://www.bygghjemme.no/hus-och-bygg/dor-og-port/verandador-og-terrassedor/skyvedor-terrasse/>. Hentet 10.05.2022.
- Direktoratet for byggkvalitet (2011). *Byggesaksforskriften (SAK10) med veiledning*. URL: <https://dibk.no/regelverk/sak/1/1/1-1/>. Hentet 23.5.2022.
- (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. URL: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>. Hentet 10.2.2022.
- (2021). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. URL: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>. Hentet 10.2.2022.
- (2022). *Vedlegg 3.2. Prosjekteringsprosessen*. URL: <https://dibk.no/Templates/DIBK/Pages/Veiledninger/Print/PrintChapter.aspx?chapterId=29198>. Hentet 22.04.2022.
- Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (udatert). *Import og omsetning av elektriske produkter*. URL: <https://www.dsb.no/lover/produkter-og-forbrukertjenester/tema/import-og-omsetning-av-elektriske-produkter/#regelverk>. Hentet 29.04.2022.
- FN (2021). *Klimaendringer*. URL: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>. Hentet 08.02.2022.
- Gjør Det Selv (2021). *Finn den riktige tetningslisten*. URL: <https://gjoerdetselv.com/dor-og-vindu/tetningslister/finn-den-riktige-tetningslisten>. Hentet 19.04.2022.
- Ingeniørfirmaet Gummi og Maskinteknikk (2022). *Profiler*. URL: https://gummas.no/images/pdf_produkter/Industrigummi/Profiler_GM_compressed.pdf. Hentet 04.04.2022.
- Kyllingstad, F. (2017). *Endringer i veiledningen til FSE*. URL: <https://www.slideshare.net/TrainorAS/endringer-i-veiledningen-til-fse-frode-kyllingstad-dsb>. Hentet 30.05.2022.
- Lovdata (2021). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. URL: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>. Hentet 29.04.2022.
- Miljødirektoratet (2021). *Klimaendringer i Norge*. URL: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/>. Hentet 03.04.2022.
- NorDan (2021a). *Snittegning - ND NTech Skyvedør*. URL: <https://docs.nordan.no/download/e983cf6d-fe2e-4a45-9c15-b2c706e637a2>. Hentet 02.06.2022.

- NorDan (2021b). *Snittegning - ND NTech Skyvedør*. URL: <https://docs.nordan.no/download/b794aae8-e0ed-498e-b333-4abceb4b8bcf>. Hentet 25.04.2022.
- (2022a). *Skrue I festehull I dørterskel*. URL: <https://docs.nordan.no/download/cace428c-88c4-43c9-a51b-99c2f5fd5fa3>. Hentet 25.04.2022.
- (2022b). *Skyvedør 2-fløyet*. URL: <https://www.nordan.no/produkt/skyvedor-2-floyet/>. Hentet 25.04.2022.
- Norsk dør- og vinduskontroll (2019). *NDVK-regler*. URL: https://beta.ndvk.no/wp-content/uploads/2021/08/NDVK-Krav-til-vinduer-og-dorer_Revisjon-Mai-2019.pdf. Hentet 10.2.2022.
- Norsk klimaservicesenter (2016). *Klima i Norge 2100*. Hentet 03.04.2022.
- Optimera (2016). *Temahefte for tak*. Hentet 04.04.2022.
- Parma Plast AS (udatert). *PVC - Polyvinylklorid*. URL: <https://www.parmaplast.com/raw-materials/pvc-polyvinylklorid/>. Hentet 06.04.2022.
- Pilkington Floatglas AB (2021). *Glassfakta 2021*. Hentet 23.03.2022.
- Protan (udatert). *Protan Tekkehåndbok*. URL: https://asset.productmarketingcloud.com/api/assetstorage/1251_16669b7a-9f0b-4616-bb70-006fb2df0dbd. Hentet 05.04.2022.
- Raugstad, T. og J. Strid (2021). *Fuktsikker terrassedørinnsetting*. Vedlagt.
- Sika (udatert[a]). *Fug og lim. Fugeguide*. URL: https://nor.sika.com/dms/getdocument.get/cce025f5-0fab-3ae1-8cb9-06b2b7055343/FUGogLIM_Guide_WEB.pdf. Hentet 22.04.2022.
- (udatert[b]). *Sealing bonding. Technologies and concepts for joint sealing*. URL: <https://www.sika.com/content/dam/dms/corporate/v/glo-joint-sealing-technology-and-concepts.pdf>. Hentet 20.04.2022.
- SINTEF (2009). *Moderne trevinduer - funksjonalitet, levetid og design*. Hentet 25.04.2022.
- (2016). *Vinduer må tåle regn - gjør de det?* URL: <https://www.sintef.no/globalassets/project/nasjonalt-seminar-om-fuktskader/dokumenter/vinduer-ma-tale-regn-gjorde-det.pdf>. Hentet 25.04.2022.
- (2019). *Retningslinjer for SINTEF Teknisk Godkjenning / Vinduer av tre*. URL: <https://www.sintefcertification.no/file/index/4956>. Hentet 07.04.2022.
- (2022a). *Hva er Byggforskserien*. URL: https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien. Hentet 30.03.2022.
- (2022b). *Retningslinjer for SINTEF Teknisk Godkjenning / Undertak og vindsperrer*. URL: <https://www.sintefcertification.no/file/index/5224>. Hentet 07.04.2022.
- (2022c). *SINTEF Teknisk Godkjenning (TG)*. URL: <https://www.sintefcertification.no/PortalPage/Index/56#Hva>. Hentet 07.04.2022.
- (udatert). *Unngå byggskader ved laboratorietesting av fasaders luft- og regntetthet*. URL: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/artikkel-06-10-byggaktuelt.pdf>. Hentet 03.04.2022.
- Skogstad, Hans Boye og Ola Asphaug (2012). *Tetteløsninger rundt vindu - Regntetthet*. Hentet 21.04.2022.

- Stensgård, Søren (2021). *Unngå feil - velg riktig fugeskum*. URL: <https://gjoerdetselv.com/handverker-teknikker/murer/fuge/fugeskum-velg-riktig-fugeskum>. Hentet 21.04.2022.
- Store norske leksikon (2020). *Råte*. URL: <https://snl.no/r%C3%A5te>. Hentet 25.04.2022.
- (2021). *fuge - mellomrom*. URL: https://snl.no/fuge_-_mellomrom. Hentet 18.05.2022.
- Stortinget (2020). *Om Grunnloven*. URL: https://www.stortinget.no/no/Stortinget-og-demokratiet/Grunnloven/om_grunnloven/. Hentet 29.04.2022.
- Thue, Jan Vincent (2016). *Bygningsfysikk*. 1. utg. Bergen: Fagbokforlaget.
- Trex (udatert). *What Is Butyl Tape?* URL: <https://trexprotect.com/blog/what-is-butyl-tape/>. Hentet 21.04.2022.

