



Risicanalyser av nya innovativa fasadsystem för energieffektivisering av miljonprogrammets byggnader, Etapp I



Risicanalyser av nya innovativa fasadsystem för energieffektivisering av miljon- programmets byggnader

Etapp I

Lars Olsson, RISE

Carl-Eric Hagentoft, Chalmers



Energimyndighetens projektnummer: 38859-1

E2B2



Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 byggentreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknikkonsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

Riskanalys av innovativa fasadsystem för miljonprogrammet är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av *RISE Research Institutes of Sweden* och har genomförts i samverkan med *SBUF, Saint Gobain Byggprodukter, Paroc, Soleed Sweden, Sto Scandinavia, Projektgrupp*.

Idag saknas det analysverktyg för att bedöma nya och innovativa fasadsystem. I det här projektet ska man utveckla ett beräkningsverktyg för att bättre kunna analysera nya fasadsystem för energieffektivisering och fuktsäkerhet inför renovering av miljonprogrammets byggnader. Projektet har utvecklat generella metoder för utveckling av robusta, rationella och kostnadseffektiva fasadsystem och design principer för dessa. Fasadsystemen ska medföra en lägre energianvändning. I projektet har analysmetoder kombinerats med laboratorie- och fältmätningar.

Stockholm, Datum 17 december 2017

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Tekniskt-Naturvetenskapliga Universitet i Trondheim, Norge

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



Sammanfattning

Det saknas idag pålitliga teoretiska riskanalysverktyg för att bedöma hur regnläckage påverkar fuktsäkerheten hos nya fasadlösningar och renoveringslösningar. Om man enbart förlitar sig på dagens teoretiska analyser så innebär det stora risker i form av bland annat fuktrelaterade skador, inomhusmiljöproblem och att kraven på energieffektiviseringen inte nås. Det har bland annat saknats indata för slagregnsinträngning, uppgifter om funktion hos tätningslösningar och variationer i utförande för att kunna göra tillräckligt relevanta analyser.

Resultatet från detta forskningsprojekt bidrar till ökad kunskap och förståelse för slagregnsinträngning och dess mekanismer. Huvudslutsatsen från studierna är att det är mer regel än undantag att det läcker vid anslutningar mellan fasad och fasaddetaljer oberoende av fasadtyp, material, ventilerat eller oventilerat etc. Dessutom visar studierna att betydande inläckage kan förväntas även i ytterst små och osynliga otätheter vilket gör det svårt eller omöjligt att okulärt bedöma om montage av anslutningsdetaljer blivit täta. Vanligtvis uppkommer inläckage punktvis. Översiktligt handlar det om flödesmängder på 0,01-0,05 l/min för ett punktläckage, som motsvarar ungefär upp till 2 % av vattenbelastningen per längdmeter fasad. Resultaten avser fackmässigt utförda fasader med fasaddetaljer. Teoretiska modeller har tagits fram för beräkning av slagregnsinträngning genom små defekter i fasaden som ger ett stöd för en realistisk riskanalys.

Nyckelord: Fasadlösningar, regn, slagregn, läckage, defekter, fukt, riskanalys, energieffektivisering



Summary

There is a lack of reliable tools required to determine the risk of moisture damages due to rain intrusion in renovation concepts of façades. This will as a result lead to the use of façade concepts that are associated with large risk for moisture related damages and indoor air quality problem. Even the energy efficiency goals will not be met. So far, sufficient data set for rain intrusion and performance of water tightness measures have been lacking. The results from this study contribute to the phenomenological understanding of the mechanism behind rain intrusion. The main conclusion is that façades as a rule are always leaking at various joints, independently of the type façade material used, or if the façade is ventilated or non-ventilated. Even a minor defect leaks considerable amounts of rainwater and they are not visible for the naked eye. The leakages are occurring at point locations i.e. they are not distributed equally over the facade surface. Generally, the point-leakages are in the range of 0.01-0.05 l/min. This corresponds to approximately 2% of the rain load per meter facade. This has been observed in facades installed by professionals. Within this reported study, theoretical models for estimating the rain intrusions through small defects in the façade surface have been established to support more realistic risk analyses.

Key words: Façade solutions, rain, driving rain, leakage, defects, moisture, risk analysis, energy efficiency



INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
2	GENOMFÖRANDE	9
2.1	RESULTAT AV LABORATORIETEST AV REGNSTÄTHET FÖR MER ÄN 100 FASAD- OCH VÄDERSKYDD.	9
2.2	EXPERIMENTELLA STUDIER AV REGNLÄCKAGE I FYRA FASADSYSTEM MED FÖNSTER	9
2.3	LABORATORIESTUDIE AV INLÄCKAGEMÄNGDER I SJU OLIKA OTÄTHETER I FASAD EXPONERAD FÖR SLAGREGN OCH VATTENSTÄNK	11
2.4	FÄLTFÖRSÖK	12
2.5	REGNINLÄCKAGE OCH DESS MEKANISMER I FASADER	13
2.6	RISKANALYSVERKTYG	14
3	RESULTAT	15
4	DISKUSSION	16
5	PUBLIKATIONSLISTA	17
6	REFERENSER	19



1 Inledning och bakgrund

Lägenheterna som byggdes i det så kallade miljonprogrammet mellan 1965 och 1975 förbrukar i regel mycket energi. Många av husen är idag i stort behov av renovering och fasadernas allmänna tillstånd behöver förbättras avseende utseende, fuktsäkerhet mm. Det är en utmaning för byggbranschen att samtidigt med renoveringen göra dessa bostäder energieffektiva. Väl genomtänkta tekniska lösningar i form av moduler med byggelement och kassetter kan effektivisera ombyggnaderna. Som resultat kan U-värdet minskas rejält och komforten inomhus öka. För att genomföra detta på ett rationellt och ekonomiskt sätt lanseras olika fasadsystem på marknaden. Samtidigt som en lansering av nya system i stor skala kan ge stora positiva effekter, finns potentiellt också stora risker. Hur beprövad och testad är tekniken? Fungerar fasadsystem som utvecklats i andra länder i Sverige där kanske både byggtadition och klimat är annorlunda? Hur robust är tekniken för variationer i materialegenskaper, toleranser och belastningar? Vilka system passar till olika befintliga byggtkniker?

Det är relativt vedertaget att vatten kan läcka in i fasader särskilt vid slagregn i kombination med brister eller naturliga sprickor i fasad eller otätheter vid anslutningar och genomföringar i fasad. Däremot var det först år 2007 som problem med inläckage i putsade enstegstätade fasader med regelväggar, s.k. ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems), blev allmänt känt i Sverige. Det visade sig att betydande inläckage uppkom, även vid små och relativt osynliga otätheter, ofta vid fönster och balkonganslutningar etc. Detta har föranlett ett ökat behov av ny kunskap om mekanismerna som medverkar till inläckage och mer data om regntäthet vid anslutningar och genomföringar i fasader. Inom ramen för forskningsprojektet har därför flera riktade studier om slagregntäthet och inläckageflöden i svenska fasader genomförts.

Fukt som tränger in i fasader och bakomliggande isolering reducerar dess isoleringsförmåga. Förutom ökad värmeledning i material kräver förångningen av vattnet ytterligare energi. Fukten skapar också problem med beständighet vilket kan resultera i att livslängden minskar, vilket då bidrar med ytterligare försämrad energieffektivitet i ett livscykelperspektiv. Uteluft som tränger in i fasadsystemet genom otätheter, t ex orsakad av vindpåverkan, leder också till en försämrad energieffektivitet. Det kan dock för vissa lösningar med ångtäta fasadmateriäl vara nödvändigt med en viss ventilation för att torka ut inträngande regnvatten. Balansen mellan dessa olika processer för uppfuktning och uttorkning avgör totalt den tekniska lösningens energieffektivitet.

För att bedöma energieffektiviteten i nya fasadsystemlösningar måste också fuktsäkerheten analyseras och beaktas. För bedömning av det verkliga utfallet i en verklig byggnad och för att säkerställa så goda resultat som möjligt måste hela byggprocessen hanteras väl. För fuktsäkerheten beskriver ByggaF ett utmärkt sätt att kvalitetssäkra processen (Mjörnell, Arfvidsson 2012). Detta projekt utgör en viktig komplettering till denna metod, nämligen att säkerställa att konstruktionslösningen i sig är rimligt fuktsäker.

Vid ombyggnad ligger vanligtvis fokus på förbättring av husets energiprestanda samt på genomförandet av renoveringen. Fuktsäkerhetsprojektering känns däremot utmanande för många dels eftersom den kräver expertkunskap inom fukt dels att det saknas pålitliga teoretiska riskanalysverktyg.



Det saknas som nämnts pålitliga teoretiska riskanalysverktyg för att bedöma hur regnläckage påverkar fuktsäkerheten och energieffektiviteten hos nya fasadlösningar och renoveringslösningar. Om man enbart förlitar sig på dagens teoretiska analyser så innebär det risker för bland annat fuktrelaterade skador, inomhusmiljöproblem och att kraven på energieffektiviseringen inte nås. Det har bland annat saknats indata för slagregnsinträngning, spridning av vatten i vägg, kvarvarande vattenmängder i dräneringsspalter, uppgifter om funktion hos tätningslösningar och variationer i utförande för att kunna göra tillräckligt relevanta analyser. Studierna i detta forskningsprojekt är ett bidrag till ökad kunskap och förståelse, både praktiskt och teoretiskt om slagregnsinträngning och dess mekanismer samt variationer i montage.



2 Genomförande

Forskningsprojektet har genomförts med experimentella metoder med olika typer av labbförsök med simulerat slagregn för hela fasadelement, fältmätningar samt i riktade mindre labbänksförsök. Mekanismerna för regngennomträngning har också analyserats teoretiskt och modeller har tagits fram som stöd för riskanalyser av fasadsystem.

Nedan redovisas kort de olika undersökningarna som har genomförts.

2.1 Resultat av laborietest av regntäthet för mer än 100 fasad- och väderskydd.

Under åren 2007 till 2012 utförde SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (numera RISE) mer än 100 provningar av slagregntäthet hos fasadlösningar för kunders räkning. Fasaderna bestod av puts på isolering s.k. ETICS (External Thermal Insulation Composite System) men även andra fasadtyper såsom träpanel, fibercementskivor, betong, puts på fibercementskiva, sandwichpaneler av metall samt vindskydd och stomskydd.

Inom ramen för detta projekt har de 100 tidigare gjorda provningarna analyserats i detalj. Resultatet visar att det läckte i mer än 90% av provobjekten och i ungefär 50% av alla fasaddetaljer. Sämst resultat erhöles vid fönsteranslutningar samtidigt som fönsteranslutningar är den vanligaste detaljen i fasader. Resultaten visar att det är väldigt svårt att göra fasader helt regntäta framförallt med förekommande fasaddetaljer. Det gäller även för ventilerade fasader med tryckutjämnande luftspalt. Stomskyddet har därför en viktig roll att förhindra inläckage att tränga vidare in till stommen. Resultat från separata provningar av vindskydd eller stomskydd visade på liknande resultat som för fasadbeklädnad.

Sammanfattningsvis kan sägas att inläckagen oftast uppträdde punktvis och mängderna uppskattades till 0,01-0,05 l/min, i den punkt som läckte mest för respektive vägg. Studien pekar på att det är näst intill omöjligt att avgöra en fasads regntäthet utan att testa den. Och det är inte heller möjligt att bestämma regntätheten hos fasaddetaljer genom enbart ritningsgranskning.

2.2 Experimentella studier av regnläckage i fyra fasadsystem med fönster

Fyra fasadsystem har studerats avseende regntäthet och inläckagemängder. För att förstå betydelsen av montage har olika montage också studerats. Det var tre olika fasadsystem såsom ett ventilerat med fasad av kompositkivor, ett oventilerat med fasad av betong utan vindskydd/stomskydd samt två fasader med puts och stomskydd.

Testfasaderna var uppdelade i tre sektioner. En sektion monteras av utbildad personal enligt anvisningar och de övriga två monterades antingen med brister från fältundersökningar eller av utbildad personal.



Figur 1. Foton av olika fasadsystem (a-d) som exponerats för slagregn i klimatkammare.

Resultatet från denna delstudie visade att det inte var möjligt att åstadkomma ett helt regntätt fasadskikt vid fönsterdetaljer, i något av de fyra fasadsystemen, trots ett mycket noggrant montage med tätningsmaterial. Däremot visar resultaten att om det finns bakomvarande tätningslösningar eller skikt som kan leda ut vatten eller är regntäta så uppvisar kombinationen att det är möjligt att få det regntätt totalt sett. Det förefaller således att traditionellt byggande utan att säkerställa andra hinder/stomskydd riskerar inläckage till bakomliggande konstruktionsdelar. Vidare konstaterades



att inläckagen var små och osynliga varför de antagligen var svåra att undvika under montaget, vilket kan vara en förklaring till varför det inte uppkommit någon tydlig resultatskillnad mellan de olika sektionerna. Inläckagen uppträdde slumpmässigt men inläckagemängderna var generellt sett något mindre där det fanns tätningar. Det fanns å ena sidan ett samband mellan dålig tryckutjämning över fasadskiktet och ökat inläckageflöde men å andra sidan uppkom det i flera fall betydande inläckage utan tryckskillnad. Detta konstaterande, att det läcker in utan vindtryck, har också gjorts i andra laborierstudier (Lacasse, 2003, Olsson, 2015, Sahal & Lacasse, 2004).

2.3 Laborierstudie av inläckagemängder i sju olika otätheter i fasad exponerad för slagregn och vattenstänk

Studien har avgränsats till laborieförsök med sju otätheter vid olika fasaddetaljer som skapats i ett fasadelement. Syftet med försöken har varit att ta fram mer kunskap, kvantifiera och ta fram mer data på inläckageflöde för flera olika geometrier på hål, slitsar och utformningar vid fasaddetaljer samt för olika material, förklara mekanismer och krafters medverkan till inläckage samt formulera en ansats till teoretiska modeller. Fasaden var uppbyggd av en träregelstomme med fasadmaterial av vattenavstötande gipsbaserade skivor. Alla skivskarvar och övriga anslutningar och genomföringar var noggrant tätade. Otätheterna har valts med utgångspunkt från erfarenheter från tidigare laborie- och fältundersökningar och har begränsats till relativt små eller ytterst små otätheter. Totalt har över 100 försök genomförts.



Figur 2. Vänster: Väggelementets framsida med olika detaljer och otätheter. Höger: Väggelementets baksida med uppsamlingstrattar och skålar.



Resultatet från denna delstudie visade bland annat att andel inläckageflöde för flera vanliga diskreta otätheter var ungefär 2% av påförd vattenregnbelastning på 1,22 l/min,m. Vattenbelastningen bedöms kunna motsvara kraftigt slagregn som rinner längs fasaden på slagregnsutsatta flervåningsbyggnader. Mätningarna visade överlag att betydande vattenmängder på 0,03 l/min per otäthet läckte in kontinuerligt vid kraftig regnbelastning, även i relativt små osynliga otätheter som bedöms vara vanligt förekommande i fasader. Dessutom hade vindtrycket ingen betydelse alls för flera otätheter. I de fall vattnet riskerar att ansamlas lokalt eller koncentrerat i väggen skulle resultaten kunna användas som punktbelastning i tvådimensionella eller i framförallt tredimensionella fuktberäkningar. Om inläckaget förväntas spridas inne i väggen behöver spridningen göras känd för att kunna göra korrekta beräkningar.

Ytterligare slutsatser var att en lägre vattenbelastning kan ge en betydligt större procentuell andel inläckageflöde än i jämförelse med högre vattenbelastning. Resultaten visar i flera fall att ju större vindtryck desto mer inläckage. Dock fanns det undantag där inläckaget ökade relativt lite eller inte alls med ökat vindtryck. Däremot krävs det alltid en viss vindhastighet (ger upphov till vindtryck) för att regndropparna ska kunna träffa fasaden, förutom vid stänk från droppande vatten. I de fall vindtrycket hade någon betydelse var det ofta stor skillnad i inläckageflöde mellan med och utan vindtryck. Däremot var det relativt små skillnader i inläckageflöde inom 75–600 Pa tryckskillnad, alltså så länge det fanns en tryckskillnad så hade storleken på tryckskillnaden förhållandevis liten betydelse. Mätningarna visade att enbart vattenstänk kan ge upphov till inläckage. Därmed kan konstateras att det inte behövs något slagregn alls för att inläckage ska inträffa. Vidare innebär det att inläckage kan ske i stort sett varje gång det regnar eller droppar vatten från snösmältning eller från kondens, under förutsättning att det finns detaljer i fasaden som både skapar och medverkar till stänk. Otätheterna och detaljernas utformning har stor betydelse för inläckageflöde samt hur belastningsgraden kombineras för regn, vind och vattenstänk.

2.4 Fältförsök

Inom detta projekt har mätningar av regngensomslag, initierade inom tidigare projekt (WoodBuild and Wood Frame Buildings of the Future Buildings) kunnat utökas så att längre tidsserier kunnat fångas upp till slutet av 2015. Dessa utökade mätningar gjordes i tre byggnader i Helsingborg och en i Växjö.

Vid fältmätningarna har det inte varit möjligt att studera hela väggytan avseende inläckage utan detta har varit begränsat till några valda fasaddetaljer. Vid dessa detaljer har sensorer placerats ut och täckt en yta på 5x40 mm. Trots detta indikerar mätningarna att i fem av totalt sju hus läckte regnvatten in under år 2009 till 2011. De förlängda mätningarna, fram till och med år 2015, visar att regnläckagen fortsätter. Ingen skillnad avseende regninträngning kan noteras mellan ventilerad eller oventilerad fasadlösning. Besiktning på plats visar inga uppenbara fel eller avvikelser från gängse byggpraktik.

Vi kan observera att läckagen uppträder när fyra villkor uppfylls samtidigt; defekter i fasaden, vindriktning direkt mot fasad, kraftigt regnfall (2,5 mm per timme eller mer) och hög vindhastighet (större än 5 m/s). Eventuellt kan läckage även ske vid mindre kraftigt regn och lägre vindhastigheter. Detta har dock inte varit möjligt att utröna med säkerhet utifrån de mätningar som gjorts.

Mätningar samt resultat från andra undersökningar bekräftar att läckage vid fönster, anslutningar och andra detaljer i fasaden är ganska vanligt. Det är också tydligt att de använda lösningarna för

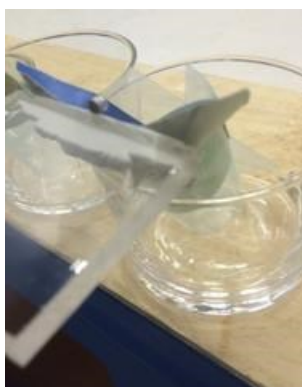


genomföringar, skarvar och anslutningar inte har kvalitetsgranskats avseende slagregnstäthet. De flesta existerande produkterna tillverkas och testas inte för att uppnå heltäckande funktionssäkerhet.

2.5 Regninläckage och dess mekanismer i fasader

I studien har det genomförts enkla fenomenologiska försök av dynamiska effekter, statisk balans och flödesmängder. Försöken har lett till grundläggande inblick i delar av inläckageprocessen och dess mekanismer.

De riktade försöken har genomförts med tre olika typer av skivor såsom fibercementskiva, polykarbonatskiva och rostfri stålplåt. Skivorna representerar olika fasadmaterier. Fibercementskiva är fuktabsorberande och har hög ytenergi. Polykarbonatskiva har låg ytenergi och är inte fuktabsorberande. Polykarbonatskiva ska representera kompositmaterial, fasader med färgbehandling, impregnerat material eller plastbeläggningar på metall. Rostfritt stål ska representera material med hög ytenergi (exempelvis metalliska material) och samtidigt material som inte är fuktabsorberande. Hål och slitsar skapades i skivornas nedre del. Direkt under flera hål eller slitsar har utstickande detaljer monterats för att simulera utstickande detaljer och ojämnheter, s.k. dämmen, vilka är vanliga i verkliga fasaddetaljer.



Figur 3. På bilden syns ett dämma monterat i underkanten av ett hål i polykarbonatskiva (observera att polykarbonatskivan är transparent). Bakom skivan syns uppsamlingssskålar.

Mätningarna i försöken visar att det egentligen bara var i de uppåtriktade hålen som inläckage inte uppkom för fibercementskiva utan vindtryckskillnad, vid 0 Pa. När det gäller polykarbonatskiva så krävdes det en vindtryckskillnad på ungefär 30 Pa för att inläckage skulle uppkomma i ett horisontellt hål på 4 mm. Däremot krävdes det ingen vindtryckskillnad alls för det nedåtriktade hålet på 4 mm.

I diskreta otätheter, dvs små hål utan dämma, erhöles inläckageflöden på ungefär 1% av påförd vattenmängd som mest. Däremot var det ganska tydligt att små hål med dämma generellt sett gav ett betydligt högre inläckageflöde (2%) av påförd mängd, men det uppkom även högre andel inläckageflöde (3%) vid större storlek på dämma. Resultaten styrker tidigare försök på verkliga



fasaddetaljer i fullskala. I dessa försök har övervägande andel mätningar gjorts vid 2,9 l/min,m och pulserande vindtryck. Det finns en del mätningar som visar på högre andel inläckage av påförd vattenmängd vid lägre påförd mängd och pulserande vindtryck, varför en del av dessa resultat kan vara något underskattade. Baserat på denna och tidigare studier så uppskattas inläckageflödet till 2% av påförd vattenmängd vid fasaddetaljer (dämme) och 1% för sprickor och hål utan dämme (schablonvärden).

Mätningarna visar att dämme, ökad storlek på hål samt hål som lutar nedåt har lika stor eller i vissa fall större betydelse än vindtrycksskillnaden. Dessutom visade flera mätningar att vindtrycket inte bidrog alls till ökat inläckageflöde. Samtidigt visade flera andra mätningar att vindtrycket kan ha väldigt stor betydelse på inläckageflödet särskilt i horisontella hål i material med låg ytenergi eller i hål vinklade uppåt.

I denna studie har det speciellt framkommit att; vattnet som rinner nedåt på fasaden, rännilar, utövar en tryckkraft in i hål, storleken på dämme, nivåskillnaden mellan inlopp och utlopp hos hål, materials ytenergi kan förklara och styrka en hel del av de resultat som erhållits tidigare i forskningsprojektets delstudier med detaljer och fasader i full skala.

2.6 Riskanalysverktyg

Projektet har tagit fram modeller för riskanalys avseende regninträngning baserat på vädersekvenser, storlek och placering av defekter i fasad samt dess orientering (Hagetoft C-E., Olsson, L., 2017).

En analys av luftinträngning i och bakom fasadelement och dess påverkan på väggens totala U-värde har gjorts samt beräkningsmodeller framtagits (Hagetoft C-E., 2015).

Projektets resultat ger utmärkta förutsättningar avseende regninläckageflöde och dess modeller för att på sikt kunna göra en komplett riskanalys avseende beständighet av fasadelement och väggsystem. Riskanalysen kan utföras med befintliga flerdimensionella värme- och fuktberäkningsprogram kompletterade med de presenterade modellerna för regninträngning och Monte-Carlo simuleringar. Det generella angreppssättet finns redovisat i (Hagetoft, 2017).



3 Resultat

Huvudslutsatsen från studierna är att det är mer regel än undantag att det läcker vid anslutningar mellan fasad och fasaddetaljer oberoende av fasadtyp, material, ventilerat eller oventilerat etc. Dessutom visar studierna att betydande inläckage kan förväntas även i ytterst små och osynliga otätheter vilket gör det svårt eller omöjligt att okulärt bedöma om montage av anslutningsdetaljer blivit täta. Vanligtvis uppkommer inläckage punktvis. Översiktligt handlar det om flödesmängder på 0,01-0,05 l/min för ett punktläckage, som motsvarar ungefär upptill 2 % av vattenbelastningen per längdmeter fasad. Resultaten avser fackmässigt utförda fasader med fasaddetaljer.

Vidare visas att det hydrostatiska tryck som kan uppkomma över ett hål eller otäthet i fasad kan utgöra lika stor drivkraft som vindtryck. Dessutom är det vanligt med otätheter vid fasaddetaljer samtidigt som detaljer dämmer upp vatten vilket ökar möjligt inläckageflöde.

Den vattenbelastning (avrinningsvatten) som träffar ett hål baseras på den totala regnmängden som träffar hela fasadens höjd ovanför hålet under förutsättning att fasaden är vattenmättad eller hydrofob. Inläckaget bör ses som punktläckage och appliceras som punktbelastning i fuktberäkning särskilt om uppgifter om vattenspridning m.m. saknas i vägg, annars kan fuktbelastningen bli underskattad.

En ansats till modeller har tagits fram som stöd för riskanalyser.



4 Diskussion

Det finns stor potential för energieffektivisering i den befintliga bebyggelsen samtidigt som en stor del av bostadsbebyggelsen står inför omfattande renoveringar. Åtgärder för att öka energieffektiviteten kan dock, om det inte utformas med eftertanke, innebära en ökad risk för fuktskador med konsekvenser som negativ påverkan på inommiljöns kvalitet, kostnader för skadesanering och byte av material och ökad miljöbelastning. Hållbar renovering kräver en tillförlitlig metod för att ta hänsyn till slumpvisa variationer i väder, materialegenskaper, utförande m.fl. på rätt sätt. En typ av skador som kan uppkomma vid renoveringar och ombyggnader och ge upphov till såväl hållfasthetsproblem som hälsoproblem är inträngande av fukt i byggnaden. Detta kan resultera i höga fuktillstånd inomhus och mikrobiell tillväxt, exempelvis mögel och bakterier. Dessutom försämras isoleringen av fukt och ger ökad energiåtgång.

Denna studie ger ökad kunskap om inträngning av regnvatten. Detta ger bättre förutsättningar för en korrekt riskbedömning av alternativa renoveringsmöjligheter och i förlängningen en utveckling av bra tekniska lösningar, vilka är en förutsättning för energieffektivisering av den befintliga bebyggelsen.

Förslag på fortsatt arbete: Vattnets spridning i vägg och kvarvarande vattenmängd för dränerande fasader behöver studeras mer för att kunna göra exakta fuktsimuleringar.



5 Publikationslista

OLSSON, L. 2013. Fuktmätningar i fyra trähus (SP rapport 2013:33). Borås, Sweden: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

OLSSON, L. 2014. Results from laboratory tests of wind driven rain tightness in more than 100 facades and weather barriers. 10th Nordic Symposium on Building Physics, 15-19 June. Lund, Sweden: Lund University.

OLSSON, L. 2015. Laboratoriestudie av inläckagemängder i sju olika otätheter i fasad exponerad för slagregn och vattenstänk (SP rapport 2015:36). Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

OLSSON, L. 2015. Long-term Field Measurements of Moisture in Wooden Walls with Different Types of Facades: Focus on Driving Rain Tightness. 6th International Conference on Building Physics for a Sustainable Built Environment. Turin, Italy: Energy Procedia, Vol. 78, pp. 2518-2523.

OLSSON, L. 2016. Laboratory study of driving rain resistance of four facade systems with window fittings-Experimental results of leakage flows. CESB16-Central Europe toward Sustainable Building 2016. Prague: Grada Publishing a.s. Czech Technical University in Prague.

OLSSON, L. 2016. Laboratory study of rates of inward leakage in seven different gaps in a façade exposed to driving rain or water splash. Buildings XIII – Thermal Performance of the Exterior Envelope of Whole Buildings Conference Clearwater Beach, Florida, US: ASHRAE. 18

OLSSON, L. 2017. Rain intrusion rates at facade details - a summary of results from four laboratory studies. 11th Symposium on Building Physics, 11-14 June. Trondheim, Norway: NTNU.

OLSSON, L. 2017. Rain resistance of façades with façade details: A summary of three field and laboratory studies. Journal of Building Physics, Article first published online: June 13, 2017

OLSSON, L. 2017. Regninläckage och dess mekanismer i fasader (SP rapport 2016:82). Borås: RISE Research Institute of Sweden.

Hagentoft C-E., 2015. Impact on the U-value due to airflows behind old buildings retrofitted with insulation modules attached to façades, Energy Procedia (2015) pp. 836–841, Elsevier.

Hagentoft C-E., 2017. Airflows behind insulated modules attached to façades of old buildings. Combined effects on U-value and drying out of rain water. XIV DBMC, May 2017, Ghent, Belgium.

Hagentoft C-E., Olsson, L., 2017. Rain intrusion behind insulated modules attached to facades of old buildings, A probabilistic modelling approach. Australasian, Building Simulation, November 2017, Melbourne, Australian.

Olsson L., C-E. Hagentoft, 2015 "Slagregnstäthet är viktigt vid riskbedömningar av renoveringssystem och nya fasader", *Bygg & Teknik* 8/15.



Olsson L., C-E. Hagentoft, 2017" Regninläckage och dess mekanismer i fasader ", *Bygg & Teknik* 8/17.

AUGUSTSSON, A. & ADOLFSSON, K. 2015. Fukttillstånd i olika ytterväggar med tre olika fasadsystem: En parameterstudie med Wufi. Högskolan i Borås.(Handledning av examensarbete)

Olsson L., C-E. Hagentoft, 2018. Driving rain induced water leakage through rain screen defects in façades (planeras att publiceras i en vetenskaplig tidsskrift)



6 Referenser

Mjörnell, K., Arfvidsson, J., Sikander, E., A, 2012. Method for Including Moisture Safety in the Building Process, *Int. Journal of Indoor and Built Environment*.

LACASSE, M. 2003. Recent studies on the control of rain penetration in exterior wood-frame walls. National Research Council Canada.

SAHAL, N. & LACASSE, M. 2004. Water entry function of a hardboard siding-clad wood stud wall. *Building and Environment*, 40, 1479-1491.

Hagetoft C-E. Reliability of Energy Efficient Building Retrofitting - Probability Assessment of Performance and Cost (Annex 55, RAP-RETRO). *Energy and Buildings*, 2017, Vol 155 (166-171)



Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.

E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på www.E2B2.se.

