



Bilden visar hur en byggnad med putsade, enstegstätade regelväggar kan se ut.
Bilden är tagen i samband med en provning på laboratorium.

Putsade regelväggar

Ingemar Samuelson, Anders Jansson

Abstract

External thermal insulation composite system walls

During the last few decades well-insulated, rendered, unventilated and undrained stud walls have been very popular in Sweden. Unfortunately, this structure has shown itself to be sensitive to moisture. Experience from surveys of more than 800 buildings shows that the problem is that moisture enters the structure - for example, at joints, poor connections to windows and doors, or at fixing studs - wetting the materials inside the stud wall and causing mould growth. The damage is never visible on the surface of the wall, but is hidden within the wall. The only way to detect the damage is to measure the moisture conditions inside the wall.

A national survey has been carried out in order to determine the extent of the problem and any connection to local climates, orientation of the building (i.e. points of the compass), frequency and direction of driving rain, design of joints, connections, type and thickness of plaster, and insulation material (mineral wool or cellular plastic) etc. At the same time, a number of mock-ups of rendered stud walls of existing and new designs have been tested in the laboratory, complemented by computer simulations of heat and moisture conditions in the walls.

Finally, guidelines for protection of existing walls, remediation of damaged walls, and suggestions for three alternative designs in new walls under construction have been drawn up.

Key words: ETICS, EIFS, moisture damage, mould

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2009:16
ISBN 978-91-86319-00-7
ISSN 0284-5172
Borås 2009

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	5
Sammanfattning	9
Summary	13
Förord	17
1 Bakgrund	19
2 Beskrivning av konstruktioner och detaljer	21
2.1 Principiell utformning och material i putsade, enstegstätade regelväggar	21
2.1.1 Puts	21
2.1.2 Isolering som putsbärare	22
2.1.3 Vindskyddsskiva	22
2.1.4 Reglar med mellanliggande isolering	23
2.1.5 Luft- och ångtätning	23
2.1.6 Invändig skiva	23
2.2 Känsliga detaljer	24
2.2.1 Fönster och dörrar	25
2.2.2 Balkonger och skärmtak	26
2.2.3 Infästningar för markiser, ventilationsdon, stuprör, lampor med mera	27
2.2.4 Plåtdetaljer	28
2.3 Fuktsäkerhet hos olika konstruktioner	29
2.3.1 Tunnputs, expanderad polystyren, EPS, gipsskiva med kartong, träreglar	29
2.3.2 Tjockputs, mineralull, gipsskiva med kartong, träreglar	30
2.3.3 Tjockputs, mineralull, fukttålig skiva, stålreglar	30
3 Omfattning av putsade, enstegstätade regelväggar i Sverige	31
3.1 Uppskattning av volym	31
3.2 Uppskattning av antal byggnader	32
4 Principer för regn- och vindskydd vid en- och tvåstegstätning	33
4.1 Allmänna principer	33
4.2 Putsad, enstegstätad regelvägg	34
4.3 Putsad, tvåstegstätad regelvägg	34
4.4 Fuktsäkerhetsprojektering	34
5 Möjliga orsaker till fuktskador i putsade, enstegstätade regelväggar	37
5.1 Fuktigt eller redan skadat material har byggts in från början.	37
5.2 Vatten har trängt in i väggen under byggtiden	37
5.3 Det har bildats kondens inne i väggen under bygget	38
5.4 Regnvatten har läckt in genom otätheter vid anslutningar, genomföringar och infästningar	39

5.5	Läckage genom otäta fönster och dörrar	39
5.6	Läckage direkt genom puts och isolering.	39
6	Konsekvenser av uppfuktning	41
6.1	Påväxt av mikroorganismer	41
6.1.1	Rötsvampar	41
6.1.2	Mögel- och blånadssvampar	42
6.1.3	Bakterier	42
6.2	Missfärgning	42
6.3	Hållfasthetsförlust	42
6.4	Elak lukt	42
6.5	Ohälsa	42
7	Skadeinventering	45
7.1	Ritningsgranskning	45
7.2	Okulär kontroll och syn	45
7.3	Indikationsmätning	45
7.4	Friläggning	46
7.5	Skadebild och val av mätpunkter	47
7.6	Tolkning av mätvärden	47
7.6.1	Val av gränser	48
7.6.2	Avvikelse från förväntat värde	48
8	Resultat av inventeringsarbetet	49
8.1	Undersökta byggnader	49
8.2	Inventeringar i ett slumpmässigt urval av bebyggelsen	58
8.3	Inventering i byggnader med tjockputs på mineralull	61
8.4	Kommentar till resultat från inventeringar	62
9	Beräkningar	65
9.1	WUFI	65
9.2	Resultat från beräkningar	66
9.2.1	Uttorkning av inbyggd fukt	66
9.2.2	Olika relation mellan utvändig/invändig isolering	66
9.2.3	Risk för sommarkondens	69
9.2.4	Uttorkning av fukt i väggar med olika putssystem	71
9.2.5	Kommentar till beräkningsresultat	73
10	Laboratorieundersökningar	75
10.1	Provförfarande vid SP	75
10.2	Resultat	76
10.3	Laboratorieprovningar vid SINTEF Byggeforsk i Trondheim	79
10.4	Kommentar till resultat från laboratorieprov	79
11	Åtgärder i redan byggda hus	81
12	Konstruktioner under utveckling	83
12.1	Putsad, tvåstegstätad, dränerad regelvägg	83
12.2	Putsad, tvåstegstätad, ventilerad regelvägg	85
12.3	Modifierad, putsad, enstegstätad regelvägg	86
12.4	Fuktsäkra detaljer	87
12.5	Kostnader	92
13	Kvalitetssäkring vid nybyggnad	93

14	Uppföljning av fuktförhållanden i byggda hus	95
14.1	Mätinstrument och metodik	95
14.2	Mätresultat	95
14.3	Kommentarer	95
15	Skötsel och underhåll	97
16	Referenser	99

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att:

1. Göra en kartläggning av omfattningen av fuktskador i putsade, enstegstätade väggar. Hur många byggnader har byggts med denna konstruktion, hur många av dem har drabbats av skador, var finns de skadade byggnaderna och vad beror skadorna på?
2. Utvärdera konstruktionen med avseende på fuktsäkerhet.
3. Ta fram lämpliga åtgärder för redan byggda, skadade väggar. I detta arbete har ingått att formulera lämplig inventeringsmetodik för att bedöma omfattningen av skador och att, i samverkan med branschen, ge förslag till åtgärder, både i lämplig omfattning och med lämpliga metoder och material.
4. Ge förslag till fuktsäkra konstruktioner.

Inventering av skadeförekomst

Resultaten från inventeringarna visar att det förekommer fuktskador och högt fuktinnehåll i många byggnader. Andelen skadade hus är hög både i det slumpmässiga urvalet av byggnader och i hela undersökningsmaterialet.

Skador förekommer i byggnader i Södra, Östra och Västra Sverige men inte i Norra Sverige. Skador förekommer i alla väderstreck.

De flesta skador har orsakats av att vatten har trängt in vid otätheter. Redan små sprickor och otätheter kan ge skador. Anslutningen mellan fönster och vägg, infästning av stuprör och lampor, genomföringar vid balkonger och skärmtak är exempel på detaljer som har varit svåra att få täta.

Flera detaljer har varit bristfälligt projekterade. Det har varit svårt att utföra dem på ett bra sätt. Andra har varit bristfälligt eller felaktigt utförda. Anslutningar mot fönster har i många fall saknat fogband trots att sådana skulle ha funnits. I några fall har det även läckt in vatten genom otäta fönsterkonstruktioner.

Åtgärder i redan byggda väggar

Ett råd till den fastighetsägare som har ett hus med putsad, enstegstätad träregelvägg är att om man har eller misstänker att man har problem med väggen bör man låta genomföra en inventering. En sådan inventering utförs av skadeutredare med kunskap om mätteknik och hur resultaten skall tolkas.

Om inga tecken på uppfuktning eller skada upptäcks vid en sådan inventering, kan väggen lämnas men bör följas upp. Dock skall eventuella, synliga otätheter åtgärdas på ett hållbart sätt.

Om det finns enstaka indikationer på uppfuktning och skador och dessa är lokaliserade i närheten av detaljer som är otäta kan åtgärden begränsas till lokala, skadade partier. Skadat material skall bytas och detaljer skall tätas på ett hållbart sätt (till exempel med tvåstegstätning, som innebär att vatten som kommer in skall ledas ut). Därefter bör väggen följas upp med kontinuerliga kontroller.

Förekommer det omfattande tecken på fukt och skador vid inventeringen behöver hela väggen byggas om.

Beräkningar

Nya väggkonstruktioner håller på att utvecklas. Detta sker bland annat genom beräkningar av fukt och temperatur i väggar med olika uppbyggnad.

Resultaten från beräkningarna visar att

- En vägg med expanderad polystyren, EPS som putsbärare som utsätts för läckage av regnvatten får beräkningsmässigt högre relativ fuktighet på vindskyddsskivan än en vägg med mineralull vid samma belastning.
- En omfördelning av värmeisoleringen i väggen med mera isolering på vindskyddsskivans utsida innebär torrare klimat för denna skiva. Detta gäller både under normala förhållanden och om den utsätts för läckage av regnvatten.
- Det finns risk för sommarkondens på vindskyddsskivan i soligt läge om putsen mätts med fukt. Med sommarkondens menas att fukt som vandrar från putsskiktet och inåt i väggen när solen värmer väggen kan höja fuktinnehållet och till och med orsaka kondens.

Laboratorieprovningar

Vid provningar i full skala på laboratorium har regntätheten hos olika väggssystem och olika detaljlösningar kontrollerats vid olika regn- och vindbelastning. Provingarna har visat att det går att få väl fungerande väggar i laboratoriemiljö om detaljerna utförs så att vatten som kommer in också leds ut. Det betyder att det går att utföra dessa väggar så att de klarar de belastningar som de kommer att utsättas för. Förutsättningen är att arbetet som har lett till bra resultat på laboratoriet också går att utföra på en byggarbetsplats. Där behövs kvalitetssäkring.

För att ett fasadsystem som har fått goda resultat vid laboratorieprovningen också skall uppnå hög kvalitet på en färdig vägg skall

- säkerställande av acceptabla fuktvärden ske genom fuktmätning av underlag före arbetets påbörjande.
- montage av fönster och genomföringsdetaljer kvalitetssäkras.
- systemdokumentation som arbetsanvisningar, checklistor och egenkontrollplaner följas.
- det visas t ex genom beräkningar att fukt som kommer in i väggen hinner torka innan skadlig uppfuktning sker.
- valda materials beständighet vara dokumenterad.
- arbetet utförs av utbildad personal.

Konstruktioner under utveckling

I rapporten diskuteras tre konstruktionsprinciper för putsade regelväggar som, med väl genomtänkta och rätt utförda detaljer, alla har visats kunna fungera vid provning i laboratorium. Om väggarna byggs på samma sätt, framför allt med kvalitetssäkrade detaljlösningar, i verkliga hus kan de alla ge önskad funktion. För detta krävs bra detaljer, robusta material och väl utfört arbete.

I dagsläget finns det inte tillräckliga erfarenheter och uppföljningar från fullskaletester eller användning i verkliga projekt för generella rekommendationer inför nybyggnad.

Företagen som är representerade i projektgruppen har alla valt olika systemlösningar för att hantera alltifrån projektering till genomförande. Gemensamt är dock att alla arbetar med någon av de här beskrivna lösningarna.

Tre väggprinciper med puts på regelväggar är under utveckling och representerar olika vägar för att få fuktsäkra konstruktioner.

- Tvåstegstätad, dränerad vägg med tåliga material och väl utförda detaljer
- Tvåstegstätad, dränerad och ventilerad vägg med tåliga material och väl utförda detaljer.
- Modifierad, enstegstätad vägg med tåliga material och väl utförda detaljer.

Summary

The aim of the project was:

1. To survey the extent of moisture damage in rendered, unventilated and undrained stud walls. How many buildings have been constructed using this type of wall make up, how many of them have been affected by moisture damage, where does this damage occur and the causes behind it?
2. Analyse the construction with respect to moisture resistance
3. Suggest suitable remedial action for moisture damaged walls already constructed. A suitable method for methodically analysing the extent of moisture damage has been included in this work, and with the help of the building industry, suggest the extent of suitable remedial actions, methods and materials.
4. To give suggestions for moisture safe construction

Survey of the extent of moisture damage.

The results of the surveys show that there is a high occurrence of moisture damage and high moisture content in many buildings. The number of moisture damaged houses is high in both the random choice of the buildings and in the whole investigation material.

Damage has occurred in south, east and west Sweden, but not in the north. Damage has occurred in all points of the compass.

Most of the moisture damage has been caused by water leakage through untight connections. Even small cracks and holes can lead to moisture damage. The joint between the window and the wall, drainpipe and lamp fixings plus voids for balcony and screen roofing supports are all examples of details that are difficult to make watertight.

Many details have been poorly designed, making them difficult to construct in a correct manner. Deficient or wrong construction has occurred in others. The joint water barrier around the windows has in many cases been missing when it should have been used. Water leakage has also occurred in some cases through deficiencies in the window construction itself.

Remedial action for as built walls

One piece of advice to all owners of buildings with rendered, unventilated and undrained stud walls is to get the façade checked if there is a suspicion of, or there are problems with it. A survey should be carried out by a damage investigator with knowledge of measurement technique and how the results should be interpreted.

If there are no indications of high moisture content or damage during the survey, then no action is required, however, follow up surveys are advisable. Any cracks/holes visible to the eye shall be tightened using a method with known durability.

If there are indications of damage or high moisture penetration locally around any details or services, then the remedial action can be confined to around just these locations. Damaged materials shall be exchanged and, again, the remedial action needs to be of a durable method, for example, in a two stage tightened wall construction, any water that leaks in, must be able to run out again. Continuous follow up checks should be carried out thereafter.

If extensive damage and high moisture content are found during the survey of the wall, then it will need to be rebuilt.

Calculations

New methods of wall construction are in the process of development. This is being carried out by, amongst others, calculations of moisture content and temperature in walls of different construction types.

The results from the calculations show that:

- When a wall with expanded polystyrene (EPS) as the exterior insulation is exposed to leakage of rain water, then it has a higher relative humidity at the wind barrier sheet than for a wall using mineral wool with the same rainfall loading.
- A redistribution of the heat insulation in the wall, with more insulation at the outside of the wind barrier sheet, leads to a dryer climate for the sheeting. This is valid for both normal conditions and when exposed to rain water leakage.
- There is a risk for summer condensation on the wind barrier sheet in direct sunshine if the rendering is saturated in moisture. Summer condensation means that the moisture from the plaster rendering is driven inwards into the wall warmed by the sun, which can increase the internal moisture content and lead to condensation.

Laboratory tests

Full scale water tightness tests have been carried out in the laboratory of different wall systems with varying detail solutions, to see how they performed under different rain and wind loading. The tests have shown that it is possible to construct a wall in a laboratory environment that functions correctly if the details are constructed so that if any water leaks in, it can flow out again. This means that these walls can cope with the loadings they will be exposed to in the field. The conditions that have led to good results in the laboratory need to be reciprocated out on the building site, and for this a quality assurance system is required.

In order for a facade system that has shown good results in the laboratory to reach a high quality as built wall, then the following need to be adhered to:

- The guarantee of acceptable moisture content of the underlying structure before work commences
- Window and service detail installations shall be quality assured
- System documents such as method statements, check lists and self checking plans shall be used
- Proof, by means of calculations for example, that moisture that does leak into the wall can dry out sufficiently before any damage can be caused
- Documentation of the durability/properties of the chosen materials.
- Work to be carried out by trained people.

Construction types under development

Three different construction principles for timber framed plaster rendered walls have been discussed in the report. All these, when the details have been well executed, have shown good results when tested in the laboratory. If they are built on site in the same way, with above all a quality assurance system in place for the details, then they can give the desired function for house construction. Good detailing, robust materials and well executed work are what is required for this to function.

At the present time there is not sufficient experience, information from follow up testing or use in actual on site projects to give any general recommendations before any new building is undertaken.

The companies represented in the project group have all chosen different system solutions, in order to carry out everything from planning to construction. Everybody, however, is working with some of the following descriptions of solutions

Three principles for timber framed plaster rendered wall construction is still in the development stage and they represent different ways of moisture safe constructions.

- Two stage tightened, drained wall with durable materials and well executed details.
- Two stage tightened, drained and ventilated wall with durable materials and well executed details.
- Modified single stage tightened wall with durable materials and well executed details.

Förord

NCC och FoU-Väst sökte under våren 2007 finansiering hos SBUF till ett branschgemensamt forskningsprojekt om fuktsäkerheten i putsade, enstegstätade regelväggar. Projektet beviljades i juni 2007. Projektet har letts av en projektgrupp med deltagare från branschen. SP har varit utförare av projektet.

Syfte

Syftet har varit att:

1. Göra en kartläggning av omfattningen av fuktskador i putsade, enstegstätade regelväggar. Hur många byggnader har denna konstruktion, hur många har drabbats av skador, var finns de skadade byggnaderna och vad beror skadorna på?
2. Utvärdera konstruktionen med putsade, enstegstätade regelväggar med avseende på fuktsäkerhet.
3. Ta fram lämpliga åtgärder för redan skadade, putsade väggar. I detta arbete har ingått att formulera lämplig inventeringsmetodik för att bedöma omfattningen av skador och att, i samverkan med branschen, ge förslag till åtgärder, både i lämplig omfattning och med lämpliga metoder och material.
4. Ge förslag till fuktsäkra konstruktioner.

Projektgrupp

Ingemar Samuelson, SP, projektledare
Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier, projektkoordinator
Fredrik Gränne, NCC
Charlotte Svensson Tengberg, Skanska Sverige AB
Rolf Jonsson, Wäst-Bygg
Bertil Tunbratt, Puts och Mur
Claes Dalman, Peab
Hans Ahlm, JM
Stefan Kanda, Maxit AB
Per Karnehed, Sto Scandinavia AB
Johnny Kellner, Veidekke
Kristina Mjörnell, SP
Anders Jansson, SP

Projektarbetet har följts av en referensgrupp med deltagare från entreprenörer och materialtillverkare. Referensgruppen har lämnat värdefulla synpunkter på arbetet.

Laboratoriemätningar på SP har genomförts av Börje Gustavsson, Roger Davidsson, Mikael Bengtsson, Richard Dawson och Lars Olsson, SP.

Agneta Olsson-Jonsson, SP, har ställt samman insänt inventeringsmaterial och har även ritat figurerna i rapporten.

Hans Sandqvist har ritat figurerna 2.2 och 2.3

Richard Dawson har översatt sammanfattningen till engelska.

1 Bakgrund

Fuktskador har upptäckts i hus med putsade, enstegstätade regelväggar. Skador har uppstått inne i välisolerade regelväggar som utvändigt isolerats med styrencellplast eller styv mineralull direkt mot en yttre skiva av kartongklädd gips, spånskiva eller kryssfäner. Utanpå isoleringen finns puts. Mot den varma insidan sitter vanligtvis en luft- och ångspärr i form av en 0,2 mm PE-folie. Denna konstruktion har visat sig vara känslig för fukt. (Jansson, Samuelson, Mjörnell 2007).

Systemet med puts på isolering utvecklades i Tyskland under 1950 och 1960-talen för att användas som tilläggsisolering av befintliga murade hus. I samband med energikrisen i början av 1970-talet tilläggsisolerades även många svenska hus av lättbetong eller tegel på detta sätt. Man fick mycket goda erfarenheter av systemet. (Elmarsson 1979).

I Nordamerika började man under 1970-talet att isolera träregelväggar med puts på cellplastisolering. Systemet, som kallas EIFS, Exterior Insulation Finishing System, började under slutet av 1980-talet ifrågasättas eftersom man fick fuktskador i väggarna (Hickman 2004). Efter de erfarenheter man fått genom omfattande utredningar monteras nu ett kontinuerligt luft- och vattenavvisande stomskydd på regelkonstruktioner, s.k. house wrap. Detta yttre membran skall säkerställa att inläckande vatten dräneras ut. Membranet appliceras utanpå stommen men innanför den yttre isoleringen. Med denna konstruktionsutformning hamnar tryckfallet över membranet och vädertätningarna i fasaden utsätts för lägre vattenbelastning än traditionellt utförda enstegstätade konstruktioner.

Även i Sverige, och i andra länder i Europa, började man på 1980-talet att använda putssystem på regelväggar vid nybyggnad. På det sättet fick man en välisolerad, kompakt vägg med utvändigt puts. I Europa kallas systemet för ETICS, External Thermal Insulating Composite System.

De senaste åren har man upptäckt omfattande skador i byggnader med putsade, enstegstätade regelväggar. I åtskilliga undersökta objekt har mycket högt fukttillstånd samt påväxt av mögel och bakterier upptäckts på den yttre kartongklädda gipsskivan, kryssfänerskivan eller spånskivan. Mikrobiell tillväxt sker när materialet utsätts för ett tillräckligt högt fukttillstånd under en längre tid. Det kan finnas flera förklaringar både till de höga fuktvärdena och till att tillväxt sker. Mest sannolikt är att fukten har tillförts genom att vatten har läckt in genom bristfälligt utförda anslutningar och andra otätheter i fasaden i samband med slagregn.

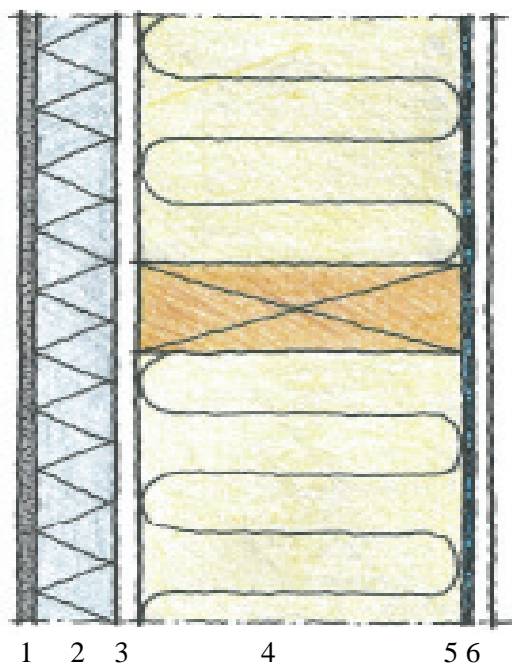
Fukt som tillförs genom otätheter vid genomföringar kan vara orsak till fuktskador. Detta har även uppmärksammats i Tyskland (Künzel, Zirkelbach 2008).

2 Beskrivning av konstruktioner och detaljer

En yttervägg skall ha många egenskaper och funktioner. Väggens skall skydda mot nederbörd och vindtryck, tillåta uttorkning, värmeisolera, ljudisolera, skydda mot brandspridning, klara vindlaster, vara beständig och motståndskraftig över tiden med avseende på fukt, värme, kyla, UV-ljus och mikrobiell påväxt. Nedan beskrivs material och konstruktioner i putsade, enstegstätade regelväggar.

2.1 Principiell utformning och material i putsade, enstegstätade regelväggar

Utanpå en välisolerad regelvägg sätts en vindskyddsskiva och utanpå denna fästs isolering som putsas.



Figur 2.1 En putsad enstegstätad träregelvägg kan vara uppbyggd med följande material:

1	utvändig puts som kan ha olika tjocklek och olika fuktegenskaper
2	putsbärare av styv isolering av expanderad polystyren, EPS eller mineralull som limmas eller fästs mekaniskt mot skiva (3)
3	vindskyddsskiva av gips, kryssfänér, mineralfiber eller annat material
4	reglar med mellanliggande värmeisolering
5	luft- och ångtätning, ofta polyetenfolie 0,2 mm
6	invändig skiva, ofta gips

2.1.1 Puts

Puts är ett sammanfattande begrepp för behandling av murverk för skyddande och förskönande syfte. Puts är ett generellt begrepp för en fasadbehandling som ger ett heltäckande skikt med minsta tjocklek 2 mm. (Rätt murat och putsat 2005).

Putsbruk är berett av bindemedel, tillsatser, sand och vatten. Putsbruk indelas i olika klasser efter de bindemedel som ingår och viktproportionerna i bruksblandningen. Putsbru-

kens sammansättning, tjocklek och appliceringsteknik varierar inom vida gränser. (Rätt murat och putsat 2005).

Normalputs är benämning för ofärgad, oorganisk puts. Skikt med en tjocklek upp till 8 mm benämns tunnputs och skikt över 8 mm benämns utstockning eller tjockputs. Tunnputs är avsett för skikt på 2 – 8 mm. Normalputs kan användas för grundning, utstockning och även ytskikt, vilket dock är mindre vanligt. I allmänhet avslutas arbetet med målning med putsfärg. (Rätt murat och putsat 2005).

Polymerputsbruk har organiskt bindemedel. Dessa putser används främst som ytskikt. (Rätt murat och putsat 2005).

Putsskiktets fukttekniska egenskaper kan variera inom vida gränser. För att beskriva funktionen hos putsskiktet i en vägg räcker det inte med att bara ange skiktets tjocklek. Följande tekniska egenskaper är även viktiga.

- Ånggenomgångsmotstånd, s/m
- Vattenupptagning, kg/m², 1h resp 24 h
- Slagtålighet
- E-modul
- Frostbeständighet

2.1.2 Isolering som putsbärare

Putsen appliceras på styv isolering av EPS-cellplast eller mineralull. Dessa material har goda värmeisoleringsegenskaper och är också lämpliga som underlag för puts. Som framgår av tabell 2.1 är ånggenomsläppligheten ca 10 gånger större hos mineralull än hos styrencellplast, EPS.

EPS och mineralull har båda egenskapen att inte suga vatten kapillärt. Vatten kan emellertid under vissa förutsättningar (beroende på vald densitet) rinna genom materialen. I sådana fall kan isoleringen fungera dränerande, vilket kan vara positivt, men samtidigt kommer en viss mängd vatten att hållas kvar i materialet och måste torka ut genom diffusion.

Tabell 2.1 Ånggenomsläpplighet hos isolermaterial som putsbärare

Material	Ånggenomsläpplighet (m ² /s)	Ånggenomgångsmotstånd för ett skikt på 5 cm (s/m)
Styrencellplast, EPS	0,9 – 1,4 * 10 ⁻⁶	35 000 - 55 000
Mineralull	10 – 20 * 10 ⁻⁶	2 500 - 5 000

2.1.3 Vindskyddsskiva

Vindskyddsskivan kan bestå av gips med kartong som ytmaterial, gips med annan yta än kartong, kryssfänér, spånskiva eller mineralbaserad skiva. Vanligast i hus som har byggts de senaste åren är gipsskiva med kartong. I nyproduktion används numera oftast fukttåliga och mögelresistenta skivor.

Olika material har olika egenskaper. Tabellen 2.2 anger egenskaper för några skivmaterial.

Tabell 2.2 Några egenskaper för skivor som har använts som vindskydd.

Material	Ånggenomgångsmotstånd s/m	Värmeegenomgångsmotstånd m ² .K/W	Mögelresistens	Kapillär-sugande förmåga
Gipsskiva 9 mm med kartong	2 700 – 3 500	0,05	Dålig	God
Gipsskiva 9 mm med kartong, fungicidbehandlad	2 700 – 3 500	0,05	God	God
Gipsskiva 12,5 mm med glasfiber	2 700 – 3 500	0,06	God	Relativt god
Kryssfanér 13 mm	30 000 – 80 000	0,09	Dålig	God
Mineralfiberskiva, Minerit® Windstopper 4,5 mm	18 000		God	Relativt god

Av tabell 2.2 framgår att ånggenomgångsmotståndet skiljer sig ganska mycket mellan olika material. Gipsskivor är relativt ångöppna jämfört med övriga. Även skivornas mögelresistens och kapillär-sugande förmåga skiljer sig åt vilket har betydelse om de blir utsatta för fukt.

2.1.4 Reglar med mellanliggande isolering

I detta skikt finns merparten av väggens värmeisolering. De flesta väggar har träreglar med mellanliggande mineralull, men även andra material förekommer. Ibland använder man stålreglar istället för trä och det förekommer även andra isoleringsmaterial än mineralull. Det är vanligt med korsande reglar för att minska köldbryggor.

2.1.5 Luft- och ångtätning

Som regel har dessa väggar en invändig 0,2 mm polyetenfolie som skall ge luft- och ångtätethet åt väggen. Det förekommer även andra material. Placeringen av skiktet kan vara som i figuren 2.1, direkt innanför den invändig gipsskivan, eller mellan korsande reglar för att få ett utrymme för elinstallationer. Lufttätheten runt genomföringar, vid anslutningen till innerväggar och bjälklag samt vid fönster och dörrar är kritiska områden. Otäthet vid dessa detaljer medför risk för vatteninträning vid slagregn. Ett bra sätt att uppnå lufttäthet runt dörrar och fönster är att en bottningslist och mjukfog appliceras invändigt mot karmen.

2.1.6 Invändig skiva

Funktionen för den invändiga skivan är att ge ett lämpligt ytskikt med avseende på utseende, möjlighet att sätta upp inredning, rörelser, brandskydd, akustik med mera. Vanligtvis används gipsskiva med kartong.

2.2 Känsliga detaljer

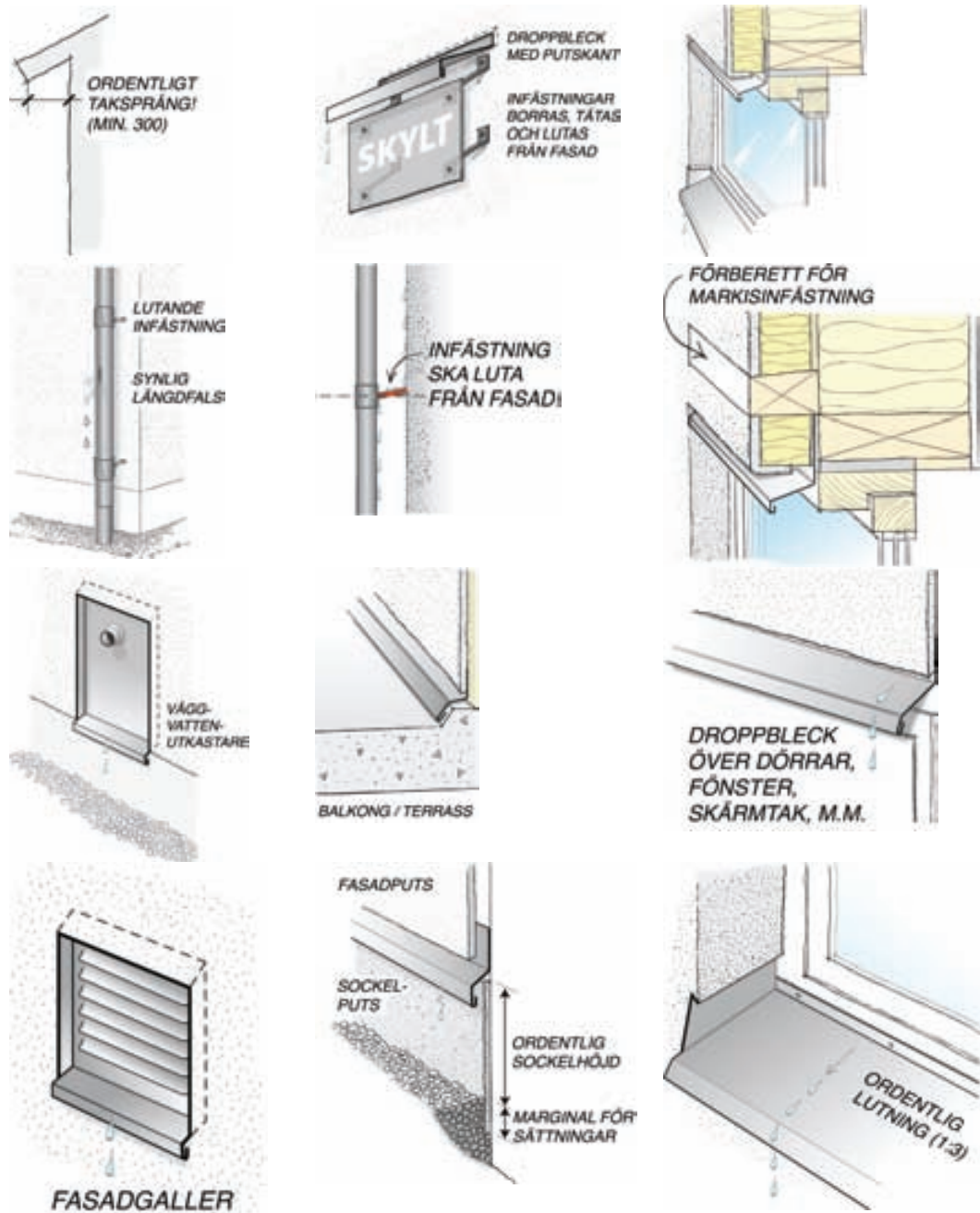


Figur 2.2 Skissen visar att det finns många känsliga detaljer i fasaden

Många detaljlösningar som skall hindra regnvatten att tränga in i väggkonstruktionen är känsliga. Montageanvisningar är olika beroende på vilka material och produkter som förekommer i väggarna. Brister kan förekomma vid sidoanslutningar till balkonger, fönster, dörrar, solskyddsinfästningar, skärmtaksinfästningar, elskåp och ventilationsdon med mera.

Enligt monteringsanvisningarna för fasader med expanderad polystyren, EPS som putsbärare skall fogbandstättningar monteras mellan cellplastskivorna och infästningar som t ex fönster och dörrar. Fogbanden är en typ av svällband som skall hindra vatten att tränga in i konstruktionen.

För fasader med mineralull som putsbärare är det extra viktigt att monteringsanvisningarna för hur tätning av detaljer skall utföras är tydliga. I de flesta fall förekommer endast instruktioner om friskärning av putsen mot t ex fönsterkarmen eller andra detaljer. Friskärningen innebär att det alltid är en öppen springa mellan puts och anslutningsdetaljen för att putssiktet ska kunna röra sig fritt i förhållande till anslutande material. Det är generellt svårare att i praktiken få en fullgod vädertätning med fogband mot ett eftergivligt material som mineralull jämfört med t ex EPS.



Figur 2.3 Detaljer som är känsliga för läckage.

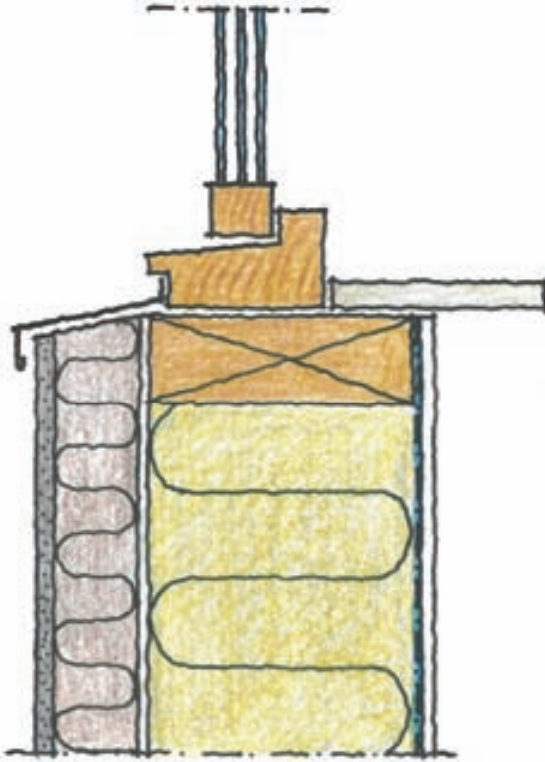
2.2.1 Fönster och dörrar

Karibottenstycket i fönster har i vissa fall två olika spår där fönsterblecket ska monteras och tätas med mjukfog i det ena. Det andra spåret används då inte utan bildar istället en kanal som kan leda in vatten i konstruktionen trots att vädertätning och mjukfog monterats på ett korrekt sätt.

Aluminiumklädda träfönster som har en aluminiumram som monteras utanpå träkarmen med snäppfästen är inte alltid täta mot slagregn. Vatten tränger in mellan aluminiumbeklädnaden och träkarmen och leds sedan ut i sidled i väggen. Sammanfogningen i hörnen av dessa aluminiumbeklädnader utförs normalt inte heller på ett slagregnståligt sätt.

Infästningen av fönsterblecken respektive tröskelblecken sker ofta med skruv cc 200 eller spik cc 100 mm. Om godstjockleken i träet som finns tillgänglig för mekanisk infästning av plåten i karmbottenstycket är liten kan det innebära att infästningen i praktiken spräcker karmbottenstycket och på så sätt ökar risken för fuktrinrängning vid slagregn.

Om fästbleck saknas är det svårt att få en stabil infästning av plåtblecket vilket försvårar vädertätningen mot putsen på isolering och andra anslutande material.

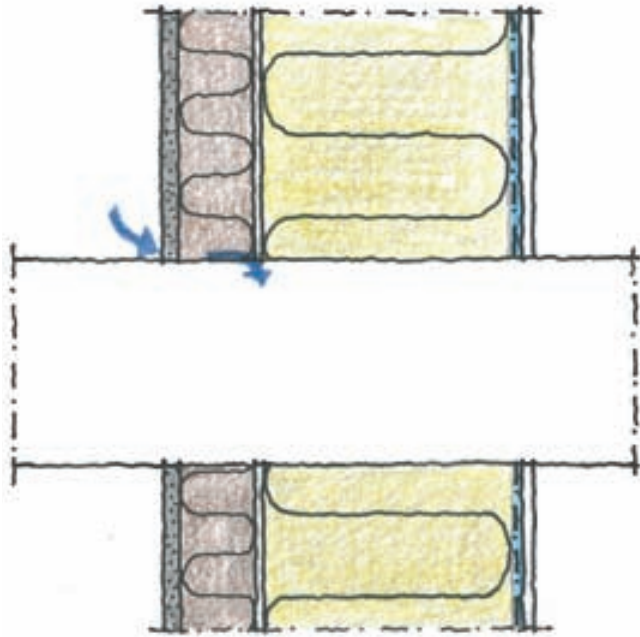


Figur 2.3 Om vatten läcker in genom fönstret eller vid fönsterblecket är det stor risk för att det tar sig in i väggen och fuktar upp gipsskivan och regeln.

2.2.2 Balkonger och skärmtak

Bärande balkar för balkonger och skärmtak går genom hela väggen och skall utföras så att vatten inte kan ledas in i konstruktionen. I normala fall har dessa genomföringar tätats utvändigt med plastisk fogmassa som med tiden riskerar att spricka och släppa in vatten.

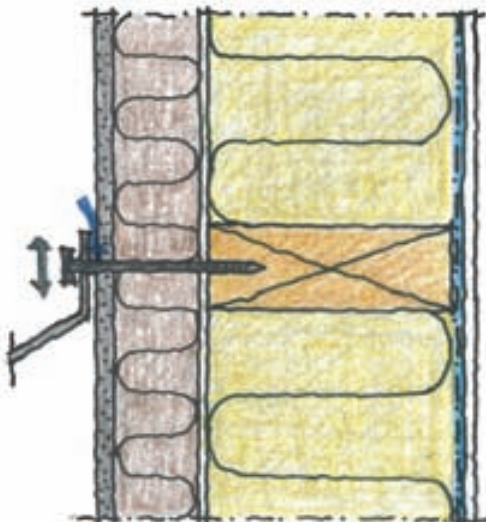
Genom att anbringa vattenutledande tätskikt eller plåt i anslutning till genomföringen kan anslutningen utföras tvåstegstätad.



Figur 2.4 Genomföringar för balkonger och skärmtak är svåra att få täta. Särskilt är tätheten svår att få vid vertikala ytor där kan vatten komma in.

2.2.3 Infästningar för markiser, ventilationsdon, stuprör, lampor med mera

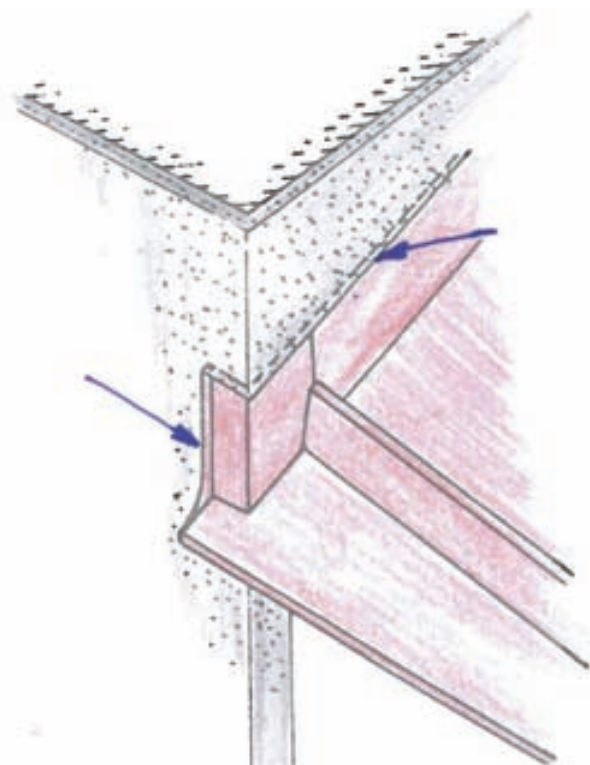
Infästningar för stuprör och ytterbelysning görs i reglarna eller i särskilda infästningsklossar. Om infästning görs i efterhand, t ex vid montering av markiser i en redan byggd vägg, är risken stor att infästningen inte blir tät och att detta leder till otätheter vid mjukfogar och framtida läckage.



Figur 2.5 Skissen visar en infästning för t ex en markis i en regel. Det gängade fästelementet kommer att röra sig när vinden tar tag i markisen. Risken är stor att detta leder till otäthet och läckage.

2.2.4 Plåtdetaljer

Plåtdetaljer utförs vanligen med 0,6 mm plåt. När plåten formas för att t ex. göra puts-gavlar bockas den och överskottsplåt viks runt antingen bakåt eller åt sidan. Görs detta omvik bakåt mot karmbottenstycket, blir det ett område med tre lager plåt som i vissa fall kan försvåra utförandet av en slagregnstålig tätning mellan fönsterbleck och karm. Omvikningen blir heller inte lufttät. Vid kontinuerlig vattenbegjutning kan vatten penetrera vid uppviken i innerhörnerna av plåtblecket.



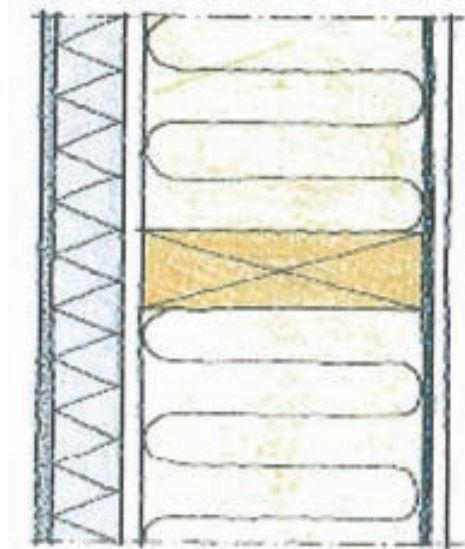
Figur 2.6 Exempel på plåtdetalj vid anslutning mellan vägg och tak. Pilarna visar känsliga punkter där läckage kan ske. Figuren är hämtad ur Hus-AMA 98

Om puts-gavlar utförs felaktigt och plats saknas för fogband eller andra vädertätningar kan det få till följd att putsisolering monteras utan att denna brist korrigeras. Tidspress, okunskap etc. har gjort att denna viktiga detalj ibland försummas och när putsen väl har applicerats är det svårt att kontrollera utförandet vid en slutbesiktning.

2.3 Fuktsäkerhet hos olika konstruktioner

Putsade, enstegstätade väggar har byggts på olika sätt och med olika materialkombinationer. Nedan ges några exempel på konstruktioner som förekommer. För varje konstruktion ges även en bedömning av risken för fuktskador.

2.3.1 Tunnputs, expanderad polystyren, EPS, gipsskiva med kartong, träreglar

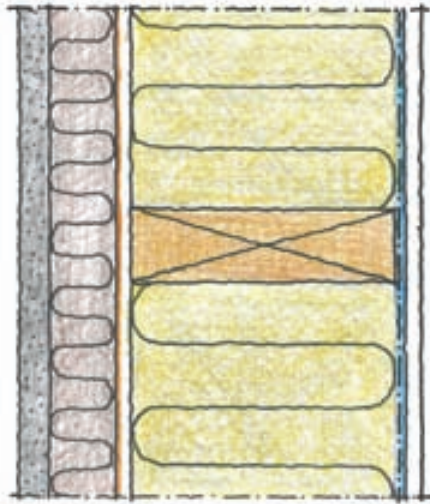


Figur 2.7

Riskbedömning:

- Om fukt kommer in till gipsskivan tar det tid innan fukten torkar vilket kan leda till mögeltillväxt och röta.
- Vid läckagestället kommer fukttinnehållet att vara högt en längre tid i samband med läckage

2.3.2 Tjockputs, mineralull, gipsskiva med kartong, träreglar

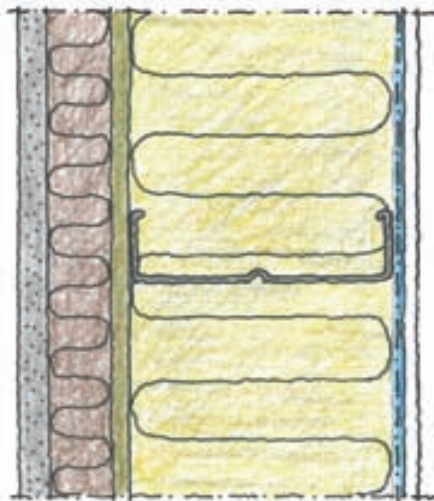


Figur 2.8

Riskbedömning:

- Fukt som kommer in till gipsskivan kan torka ut relativt fort genom mineralullen och tjockputsen.
- Vid läckagestället kommer dock fukttillståndet att vara högt en längre tid i samband med läckage och där finns risk för mögeltillväxt och röta.

2.3.3 Tjockputs, mineralull, fukttålig skiva, stålreglar



Figur 2.9

Riskbedömning:

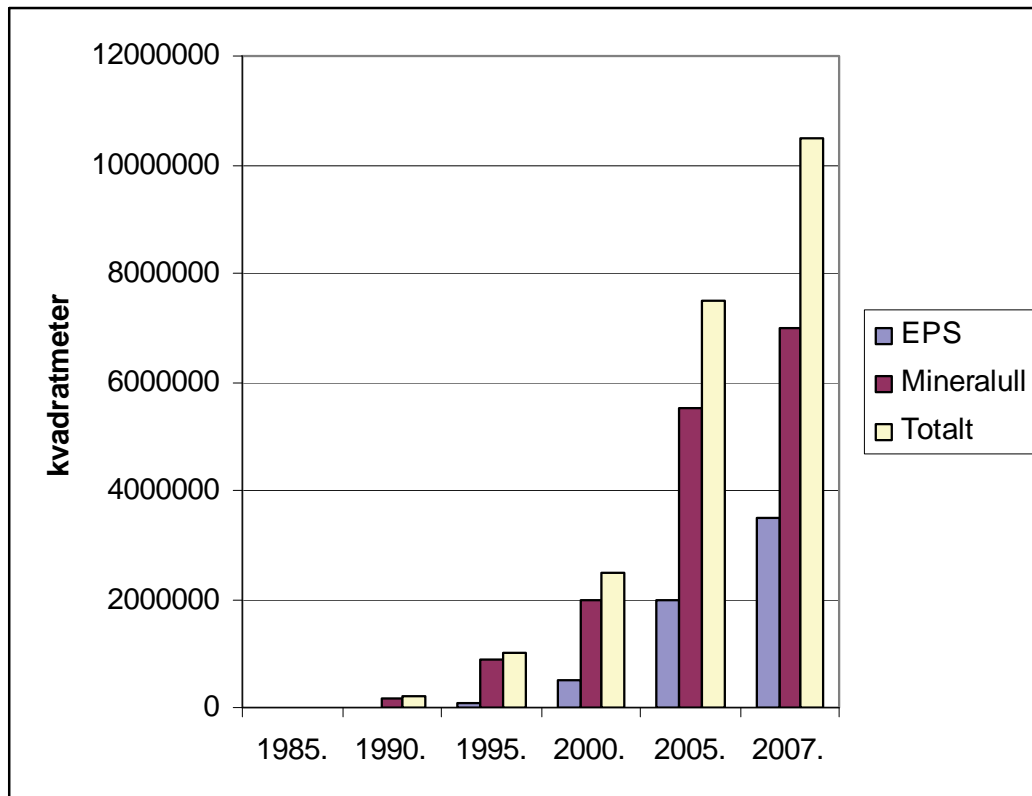
- Fukt som kommer in till den fukttåliga skivan kan torka ut relativt fort genom mineralullen och tjockputsen.
- Vid läckagestället kommer dock fukttillståndet att vara högt i samband med läckage. Risken för skador är dock liten eftersom materialen i väggen är fukttåliga.

3 Omfattning av putsade, enstegstätade regelväggar i Sverige

För att få en uppfattning om hur många byggnader som har denna konstruktion har vi vänt oss till leverantörer av olika putssystem. Vi har bitt om uppgifter om hur mycket man har sålt under olika tidsperioder och deras uppfattning om hur mycket som har levererats till enstegstätade regelväggar.

3.1 Uppskattning av volym

En grov uppskattning framgår av figur 3.1 som anger hur många kvadratmeter putsade, enstegstätade regelväggar som totalt har uppförts. Uppskattningen har gjorts av företrädare för putsleverantören Sto Scandinavia AB (Karnehed 2008). Av figuren framgår att mineralull är den vanligaste putsbäraren. Det har inte gått att få någon uppfattning om hur många kvadratmeter som har putsats med olika putssystem (t ex hur mycket som är tjockputs eller tunnputs).



Figur 3.1 Uppskattning av antal kvadratmeter nyproduktion av putsade, enstegstätade regelväggar med isolering av mineralull respektive styrencellplast, EPS. Figuren anger ackumulerade värden.

Av figur 3.1 framgår att merparten, ca 7 miljoner m² av totalt 10,5 miljoner m² odränerade regelväggar som har byggts fram till och med 2007 har en yttre, putsbärande isolering av mineralull. På Västkusten och i Skåne förekommer styrencellplast, EPS oftare än mineralull.

3.2 Uppskattning av antal byggnader

Om man antar att den totala volymen nyproducerade enstegstätade regelväggar fram till och med 2007 är ca 10,5 miljoner m² (enligt figur 3.1) och om ett genomsnittligt, typiskt småhus har ca 160 m² väggyta och ett typiskt flerbostadshus har ca 1300 m² väggyta (JM 2009) kan antalet byggnader uppskattas.

En uppskattning av totala antalet byggnader med denna väggkonstruktion är 60 % småhus och 40 % flerbostadshus ger ett totalantal på ca 17 000 byggnader. Av dessa är 10 000 småhus och 7000 flerbostadshus.

En uppskattning av andelen småhus istället är 80 % mot 20 % för flerbostadshus ger totalantalet byggnader 27 000. Av dessa är i så fall 22 000 småhus och 5 000 flerbostadshus.

Med dessa antaganden tycks antalet byggnader med enstegstätade regelväggar vara av storleksordningen 15 000 - 30 000. Antalet flerbostadshus är i storleksordningen 5 000 - 7 000 och antalet småhus 10 000 - 22 000.

Om andelen hus med mineralull respektive expanderad polystyren, EPS är lika för småhus och flerbostadshus och om 7 000 000 av 10 500 000 m² utgörs av mineralull och resten av EPS kan det röra sig om följande antal byggnader:

Tabell 3.1 Uppskattning av antal byggnader med olika fasadsystem.

	Hus med mineralull	Hus med cellplast, EPS	Totalt
Småhus	7 000 – 14 500	3 000 – 7 500	10 000 – 22 000
Flerbostadshus	3 500 - 4 500	1 500 – 2 500	5 000 – 7 000
Totalt	10 500 – 19 000	4 500 – 10 000	15 000 – 30 000

Tabell 3.2 Uppskattning av antal lägenheter med olika fasadsystem. Uppskattningen bygger på antagandet att varje flerbostadshus har 20 lägenheter.

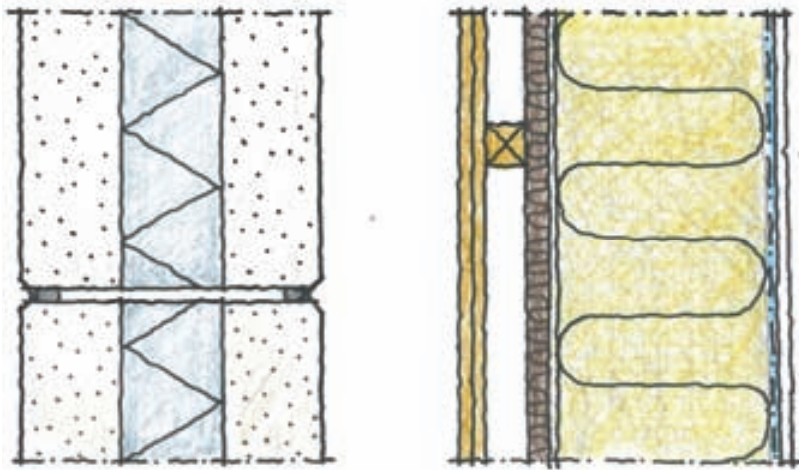
	Lägenheter med mineralull	Lägenheter med cellplast, EPS	Totalt
Småhus	7 000 – 14 500	3 000 – 7 500	10 000 – 22 000
Flerbostadshus	70 000 – 90 000	30 000 – 50 000	100 000 – 140 000
Totalt	77 000 – 105 000	33 000 – 60 000	110 000 – 160 000

I beräkningen ovan har antagits att alla hus som har byggts med putsade, enstegstätade regelväggar är bostadshus men det förekommer även kontorshus med denna konstruktion. Det är oklart hur många sådana som har byggts.

4 Principer för regn- och vindskydd vid en- och tvåstegstätning

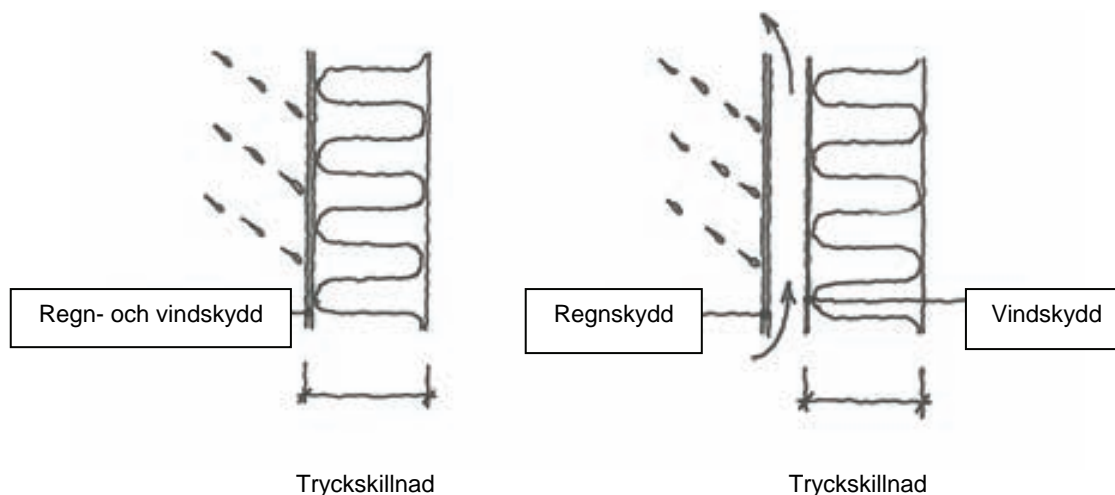
4.1 Allmänna principer

I homogena väggar av lättbetong eller tegel och i sandwichväggar brukar regntätning och lufttätning finnas i samma skikt i väggens yttre del. Väggarna är tätade enligt den så kallade enstegsprincipen. Skulle vatten läcka in kan det ge en lokal uppfuktning vid otäta detaljer och anslutningar, t ex vid elementskarvar. Läckage i sådana väggar brukar inte leda till fuktskador inne i konstruktionen. I och med att väggarna består av material som i viss mån kan tåla fukt blir skadorna av begränsad omfattning. I en enstegstätad träregelvägg kan fukten däremot orsaka skador inne i väggen.



Figur 4.1 Två exempel på ytterväggar med olika principer för regn- och vindskydd. Till vänster en enstegstätad sandwichvägg och till höger en tvåstegstätad vägg med träpanel.

I en yttervägg med fasad av träpanel och med isolering mellan regler skiljs regntätning och vindskydd åt med en luftspalt, dvs tvåstegstätning. Fasaden fungerar som en regnkappa utanpå den värmeisolerande och lufttätande delen av väggen. Innanför luftspalten finns ett yttre vindskydd. Detta är inte en lufttätning av konstruktionen utan skall förhindra att kall uteluft blåser in i isoleringen och försämrar den värmeisolerande förmågan. Väggens lufttätning erhålls med hjälp av ett inre tätskikt, ofta en plastfolie. Denna tvåstegstätning gäller för ett snitt utan fönster, dörrar, öppningar eller genomföringar.



Figur 4.2 Principer för regn- och vindskydd vid enstegs- och tvåstegstätning.

Att ha en luftspalt i ytterväggen gör att det blir i princip samma lufttryck inne i luftspalten som utanför. Lufttrycksdifferensen sker till övervägande del innanför luftspalten. Syftet med att ta upp tryckdifferensen längre in i väggen är att det inte finns fritt rinnande regnvatten där. Luftspalten kan också fungera som dräneringsspalts för vatten som eventuellt tränger in. Även i en tvåstegstätad vägg måste detaljer och genomföringar utföras på ett genomtänkt sätt. Fukt som kommer in i väggen kan annars ge skador. Men omfattningen av skadorna inne i den tvåstegstätade väggen blir lokal, fukten kan i viss mån torka ut mot den ventilerade spalten.

4.2 Putsad, enstegstätad regelvägg

En putsad, odränerad regelvägg är utformad enligt enstegsprincipen. Det betyder att om vatten rinner utefter putsen fram till en spricka eller otäthet kan vindtrycket pressa in vatten trots att sprickan är liten. Detta ställer stora krav på väggen. Det får inte finnas otätheter där vatten kan förekomma och tätningen måste fungera hela tiden. Små otätheter kan ge stora läckage. Hela tryckfallet tas i den enstegstätade väggen av det yttre skiktet av fasaden. Plåtdetaljer, tätningar vid anslutningar osv utsätts för ökande belastning ju tätare fasaden blir. Läckage vid otätheter innebär att vatten tränger in punktvis i väggen. Om den enstegstätade regelväggen är utförd med goda uttorkningsegenskaper och/eller dränerande funktion kan skador begränsas.

Drivkraften för uttorkning av inträngande vatten blir även sämre ju bättre isolervärde väggkonstruktionen har. Under vinterhalvåret är den relativa fuktigheten i utomhusluften hög, ofta över 90 %, vilket innebär att skillnaden i ånghalt mellan stommens utsida och uteluften är liten.

4.3 Putsad, tvåstegstätad regelvägg

En regelvägg med en utvändigt putsad skiva utanför en luftspalt är en tvåstegstätad regelvägg. Fuktmässigt fungerar den i princip som en ventilerad regelvägg med fasad av träpanel.

4.4 Fuktsäkerhetsprojektering

En byggnadsdel skall, med hänsyn till fuktförutsättningarna, utformas och utföras så att skador inte kan ske. Det betyder att konstruktionen i första hand skall skyddas så att fukt

inte kan tillföras från nederbörd, från fuktig inneluft, från läckande rör eller från fukt under byggtiden. I andra hand skall konstruktionen utformas så att fukt som ändå kommer in skall kunna ta sig ut genom dränering, ventilation eller uttorkning genom öppna material innan skador sker.

I en fuktsäker vägg är material och tätskikt anpassade så att vattnet leds ut med hjälp av vattentäta skikt eller torkar genom ångöppna material innan skada uppstår.

Med hjälp av beräkningar eller mätningar på väggar i laboratorium eller i fält kan man undersöka väggens känslighet för tillförd fukt och dess förmåga att transportera bort fukt.

5 Möjliga orsaker till fuktskador i putsade, enstegstätade regelväggar

Det finns flera tänkbara förklaringar till fuktskador i putsade, enstegstätade väggar. Dessa skadeorsaker är naturligtvis generella för de flesta väggkonstruktioner, men konsekvenserna kan bli allvarliga i en vägg med begränsade uttorkningsmöjligheter.

1. Fuktigt eller redan skadat material (material med påväxt av mikroorganismer) har byggts in från början.
2. Vatten har trängt in i väggen under byggtiden.
3. Det har skett kondens inne i väggen under byggtiden.
4. Regnvatten har läckt in i den färdiga väggen genom otätheter vid anslutningar, genomföringar och infästningar.
5. Regnvatten har läckt in genom plåtanslutningar vid fönster och dörrar eller genom otäta fönster- eller dörrkonstruktioner.
6. Läckage av regnvatten har skett direkt genom puts och isolering.

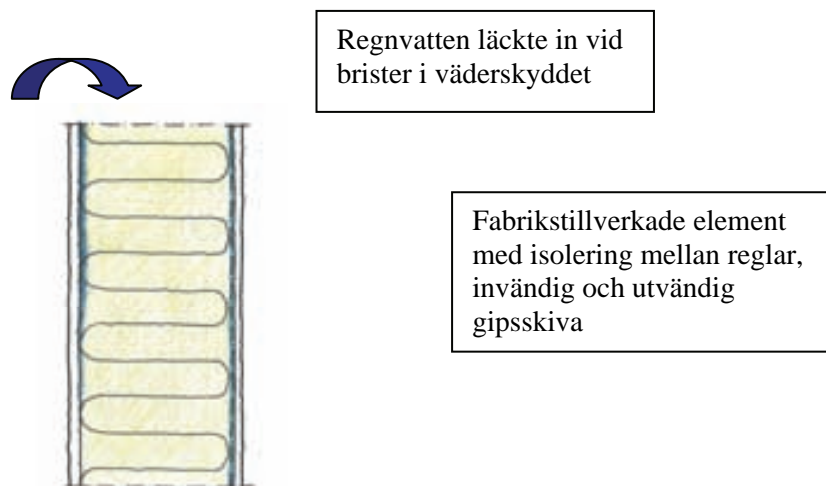
5.1 Fuktigt eller redan skadat material har byggts in från början.

Tidigare skadefall visar att det förekommer skador på gipsskivor. Skadorna har orsakats av fukt som har torkat vid undersökningstillfället. Skadorna kan ha skett redan under byggskedet. Det förefaller emellertid inte sannolikt att synligt skadat (möjligt) material har byggts in i väggarna från början. Däremot kan materialet ha varit så pass fuktigt vid uppförandet att det har lett till tillväxt inne i väggen. Att fuktigt material som byggs in i väggarna kan utgöra en risk för skador exemplifieras av beräkningen i avsnitt 9.2.1.

5.2 Vatten har trängt in i väggen under byggtiden

Om arbetsplatsen eller materialen inte skyddas under byggtiden kan det medverka till att skador uppstår. Denna förklaring var huvudorsaken till de uppmärksammade skador som inträffade i Hammarby Sjöstad 2000-2001.

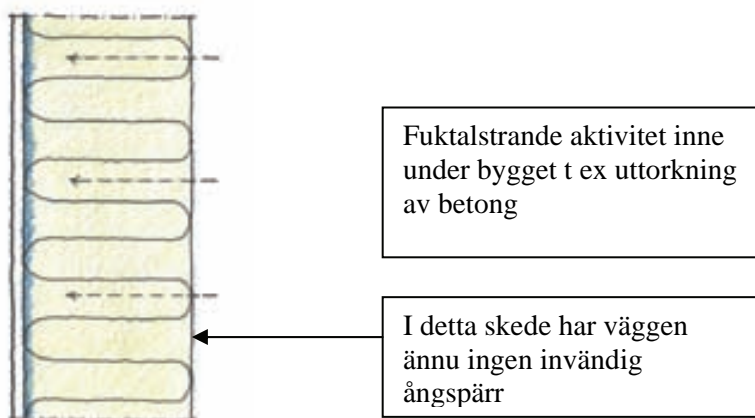
I samband med att bostadshus uppfördes på Sickla Udde i Hammarby Sjöstad under sommaren och hösten 2000 inträffade det kraftiga regn som fuktade upp och orsakade omfattande fukt- och mögelskador i framför allt bristfälligt väderskyddade ytterväggar. Fuktskadorna upptäcktes under vintern 2000-2001 och då hade uppfuktning av reglar inne i ytterväggarna i vissa fall lett till omfattande påväxt av mögel och blånad. (Samuelson, Wånggren 2002).



Figur 5.1 Skadorna i några bostadshus i Hammarby Sjöstad berodde på att regnvatten kom in i ytterväggselementen. Dessa var förtillverkade på fabrik med utvändig gipsskiva mellanliggande isolering, tätskikt och invändig gipsskiva. I samband med uppförandet trängde vatten in i väggarna vilket ledde till tillväxt av mögel och blånad.

5.3 Det har bildats kondens inne i väggen under bygget

När husen uppförs på så sätt att ytterväggarna byggs utifrån och in med utvändig gipsskiva som väderskydd och därefter isolering mellan reglar kan fukt, som alstras i samband med t ex uttorkning av betongstomme och bjälklag, kondensera mot den kalla gipsskivan innan den invändiga plastfolien monterats. Detta ger i så fall en jämn uppfuktning av gipsskivan.



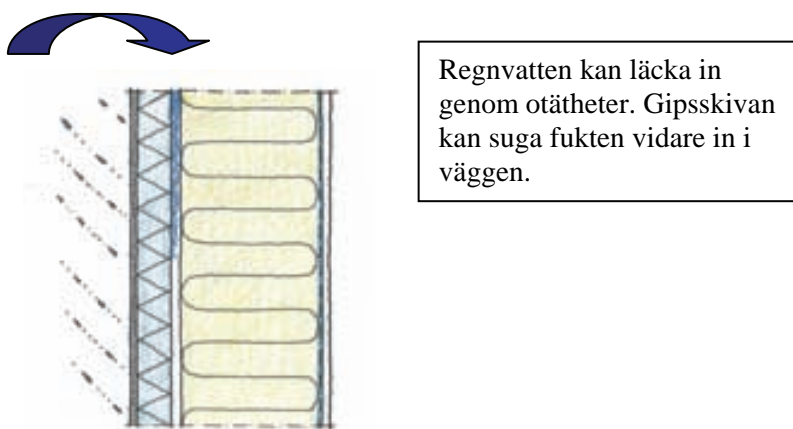
Figur 5.2 Om väggens insida är öppen utan ångspärr kan fukt diffundera genom isoleringen och kondensera mot gipsskivan.

Sannolikt har detta fenomen förekommit i större eller mindre omfattning i många byggen som vintertid har uppförts på detta sätt. I samband med skadebesiktning syns i många fall spår av vatten på gipsskivans invändiga yta. Mängden fukt som kan kondensera är olika stor beroende på vilken aktivitet, dvs fuktbelastning och temperatur, som råder inne under denna tid, varaktigheten av denna aktivitet och på temperaturen ute.

5.4 Regnvatten har läckt in genom otätheter vid anslutningar, genomföringar och infästningar

Att regnvatten läcker in genom otätheter kan vara en vanlig skadeorsak. Vatten tränger in till gipsskivan, spånskivan eller kryssfänerskivan som suger fukten vidare in i väggen. I de fall man har limmat cellplastisoleringen mot skivan och använt en tandad spackelspade för att föra på limmet kan vattnet följa limsträngarna. Vatten kan även läcka direkt in i isoleringen mellan reglarna.

Om fukt kommer in i väggen måste den torka genom diffusion ut genom isolering och puts. Om konstruktionen är utförd så att uttorkning går alltför långsamt, kan skador uppstå.



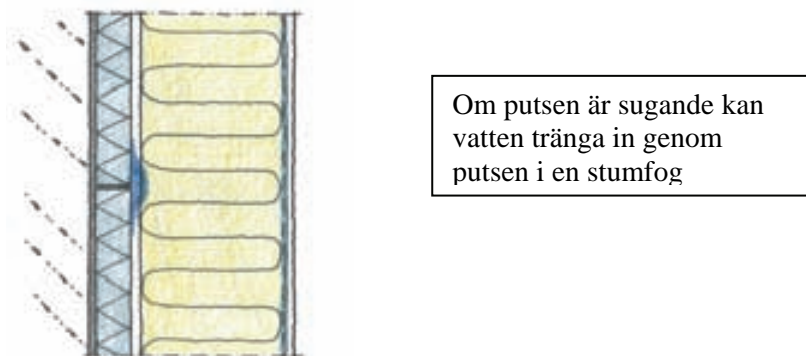
Figur 5.3 Läckage vid otäta detaljer är en stor risk till att fukt kommer in i väggen.

5.5 Läckage genom otäta fönster och dörrar

Otätheter i anslutning mellan sidostycken och bottenstycken i fönsterkarm kan leda till läckage direkt in i väggen.

5.6 Läckage direkt genom puts och isolering.

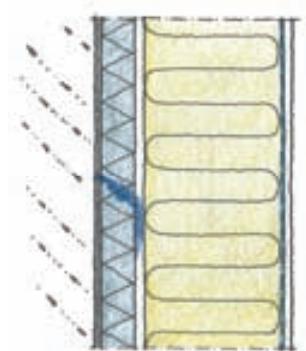
Fuktrinträngning kan ske vid stumfog där isolerskivorna har skarvats utan överlapp. Fukt kan ta sig in genom putsen in till gipsskivan. Det förekommer stumfogar särskilt i hörn där glipor mellan anslutande skivor i vissa fall kan vara stor. Dessa glipor har fyllts med putsbruk som leder in vatten till känsliga delar i innanförbyggande konstruktion.



Figur 5.4 Fuktinträngning vid stumfog

Fukt kan även tränga in genom både puts och isolering. Detta är ingen vanlig skadeorsak men den har förekommit i några fall utan att synliga brister eller fel i utförandet har kunnat noteras. (Jansson, Davidsson 2008).

Putsens tekniska egenskaper försämras om den under byggtiden utsätts för frost eller vattenbegjutning. Bindemedel kan lakas ur och de hydrofoberande egenskaperna påverkas märkbart. Detta kan vara förklaring till några av de skadefall som har skett.



Figur 5.5 Fukt läcker in genom både puts och isolering.

6 Konsekvenser av uppfuktning

Om fuktkänsliga material utsätts för fukt över kritiska värden under tillräckligt lång tid påverkas materialen vilket kan leda till skador. Temperaturen påverkar risken för tillväxt. Vid låga temperaturer, under fryspunkten, sker ingen tillväxt alls men vid högre temperaturer ökar risken för tillväxt och vid rumstemperatur har de flesta organismer optimala tillväxtbetingelser. För gipsskivor med ytskikt av kartong som fuktas upp och hålls vid en temperatur av 10 – 20 °C sker tillväxt av mikroorganismer inom dagar eller veckor och detsamma gäller för obehandlat trä (Johansson, P et al 2005). Eftersom stommens utsida och vindskyddsskivan har en temperatur som ofta överstiger 10 °C kan inläckande vatten leda till skador.

Frågan är vilken roll det spelar för regelväggens funktion om dessa skador uppstår. Det är inte sannolikt att väggens bäringhet äventyras på kort sikt förutom i extrema fall. Däremot finns det risk för att dessa skador på sikt kan påverka innemiljön.

Tills kunskapen om sambandet mellan fuktskador och ohälsa har ökat tillämpas försiktighetsprincipen. Fuktskador och mögelpåväxt inne i en byggnadsdel som kan påverka innemiljön skall inte accepteras. Boverkets Byggregler BBR 2008 är tydliga och kräver följande: ”Byggnader skall utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa.” (BBR 2008).

En isolering har inte avsedda termiska egenskaper då materialet är fuktigt. Värme läcker snabbare genom ett fuktigt material jämfört med ett torrt.

6.1 Påväxt av mikroorganismer

Lämplig temperatur och hög relativ fuktighet under tillräckligt lång tid leder till tillväxt av mikroorganismer. Tillväxt under gynnsamma förhållanden stoppas upp om klimatet ändras men fortsätter när det blir gynnsamt igen.

Till mikroorganismer räknas röt-, mögel- och blånadssvampar, bakterier och alger. Mikroorganismer finns i naturen och sporer sprids i luften. Man måste alltid räkna med att sporer fastnar på materialytor. Uppstår lämpliga temperatur- och fuktförhållanden, t ex i samband med en fuktskada, kan sporererna gro och sen kan tillväxt ske. (Johansson 2006, Hallenberg, Gilert 1993)

6.1.1 Rötsvampar

Rötsvampar bryter ner cellulosa och i vissa fall även lignin i trä och orsakar därmed hållfasthetsnedsättning i virke. Andra svampar, och även bakterier, kan under mycket fuktiga förhållanden orsaka sk mjukröta, soft rot, i virket med hållfasthetsförsämring som följd. Rötsvamparna kräver högt fuktinnehåll, normalt en fuktkvot > 0,28 kg/kg i trä för att gro och växa till.

6.1.2 Mögel- och blånadssvampar

Mögel- och blånadssvampar har välutvecklat mycel och fruktkroppar som ibland syns för blotta ögat. De breder ut sig på ytan med hyfer och fruktkroppar och producerar stora mängder sporer. Blånadssvampar kräver att den relativa fuktigheten är större än ca 85 % för att tillväxa och mögelsvampar ca 75 %. Det bör dock noteras att det krävs lämplig temperatur och lång tid vid dessa värden på kritisk relativ fuktighet för att tillväxt skall ske.

Om svamparna har fått växa i rätt miljö bildas fruktkroppar. Dessa fruktkroppar är ofta millimeterstora och färgade. De mögel- och blånadssvampar som förekommer i fuktskadade byggnader tillhör ett stort antal arter. Framför allt påträffas släktena *Aspergillus*, *Ceratocystis*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Stachybotrys* och *Trichoderma*. Mögelsvamparna finns i ytskiktet hos materialen. Blånadssvampar tränger djupare in i veden.

6.1.3 Bakterier

Actinomyceter är en stor grupp av jordbakterier. Actinomyceternas tillväxt liknar den hos svampmycel och bildar på motsvarande sätt mycel, som dock oftast är omöjliga att se utan förstoring. Actinomyceter kräver ca 75 – 80 % RF för tillväxt och har i allmänhet måttliga näringskrav, men gynnas av rik kvävetillgång. Många arter kan dessutom leva anaerobt, dvs utan tillgång till syre. Actinomyceter, framför allt av släktet *Streptomyces*, är kända som alstrare av unken luft, exempelvis källarlukt.

6.2 Missfärgning

Den tillväxt som sker på gipsskivor och träreglar kan så småningom leda till missfärgningar. Missfärgningar bör analyseras. Det som ser ut som påväxt kan vara nedsmutsning och tvärt om.

6.3 Hållfasthetsförlust

Angrepp av röta leder till materialnedbrytning och så småningom till hållfasthetsförlust.

6.4 Elak lukt

Både mögel och bakterier kan alstra lukt vid sin tillväxt. Lukten sätter sig i porösa material och kan finnas kvar även efter det att tillväxten har avstannat.

6.5 Ohälsa

En del personer som vistas i fuktskadade byggnader upplever besvär, medan andra som vistas i samma miljö är helt besvärsfria. Besvären uppträder då personen vistas i byggnaden och minskar eller försvinner då han/hon lämnar den.

Mikroorganismernas betydelse i detta sammanhang är inte klarlagd. Från andra miljöer, (t ex hantering av möjligt spannmål), vet man att en hög halt svampsporer i inandningsluften (i en halt av 10 miljoner sporer/m³ och högre) kan orsaka lungförändringar och i vissa fall feber. Dessa besvär förväntas inte uppkomma vid vistelse i fuktskadade byggnader där halten av sporer i luften brukar vara några hundra per m³, dvs av samma stor-

leksordning som i miljöer utan fuktproblem och ofta lägre än vad som kan uppmätas utomhus under sommar och höst.

En uppfuktning av ett organiskt material inne i väggen kan leda till påväxt av mögel och bakterier och i vissa fall även röta. I byggnaden råder vanligtvis ett svagt invändigt undertryck vilket kan leda till att flyktiga ämnen, lukt och partiklar från den mikrobiologiska tillväxten kan komma in genom otätheter i väggen och nå innemiljön.

I oktober 2008 hölls en nordisk workshop i Landskrona för att belysa risken för ohälsa vid exponering för mikroorganismer i byggnader. Om mögel och andra mikroorganismer växer på invändiga ytor kommer innemiljön att påverkas. Om tillväxten sker inne i väggarna som oftast ses i svenska byggnader och som fallet är med den enstegstätade, putsade regelväggen är förhållandena mer oklara. Vid workshopen bedömdes det vara nödvändigt att klargöra hur innemiljön påverkas. Förslag till ytterligare forskningsinsatser diskuterades och sammanfattas i en rapport till Formas (AMM-rapport 44/2009, Stridh, Andersson, Gunnarsson (eds)).

7 Skadeinventering

SP har ställt samman en handledning för hur skadeutredning skall gå till (Jansson, Samuelson 2007).

En skadeinventering innebär följande.

- Granskning av ritningar för att klarlägga om inventering av eventuell fukt inne i väggen är möjlig genom utvändig mätning
- Okulär kontroll av utförandet av känsliga detaljer
- Kontrollmätning utifrån eller inifrån (i undantagsfall)
- Friläggning för att kontrollera om synlig tillväxt av mikroorganismer har skett
- Tolkning av mätvärden

7.1 Ritningsgranskning

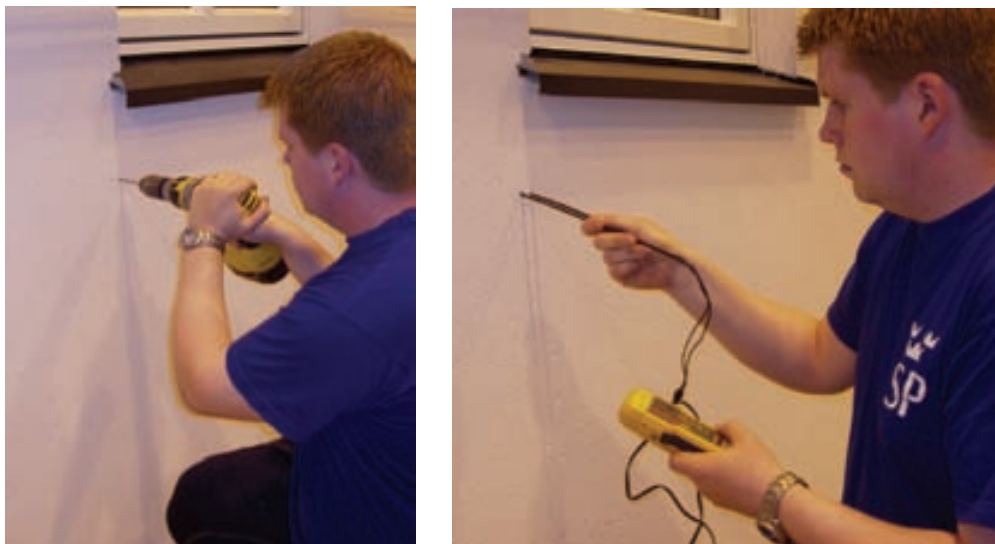
Av ritningar framgår vilka material som har använts och vilka konstruktionsdetaljer som kan vara tveksamma. Det kan emellertid i många fall vara svårt att få tag på aktuella detaljritningar.

7.2 Okulär kontroll och syn

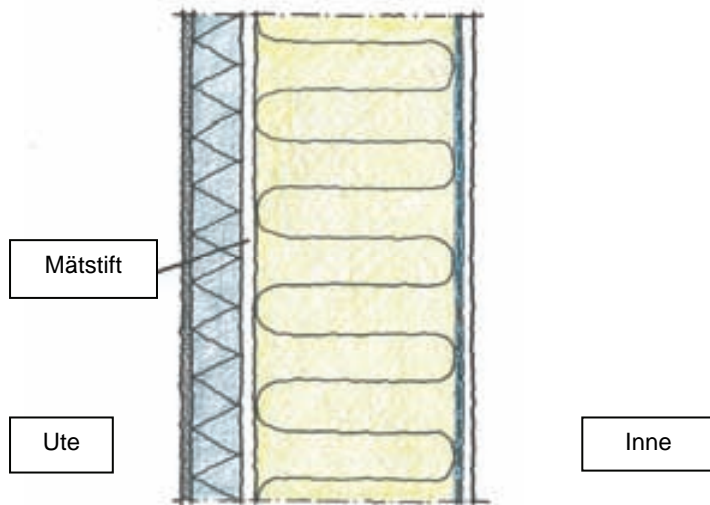
Vid anslutningar och genomföringar undersöks detaljutförandet och eventuell förekomst av sprickor. Vid tveksamma detaljer görs kontrollmätningar.

7.3 Indikationsmätning

Indikationsmätningar i skivan innanför puts och yttre isolering av expanderad polystyren eller mineralull utförs med hjälp av fuktkvotsmätare på följande sätt.



Figur 7.1 Håltagning genom putsen och mätning genom att långa isolerade stift trycks in snett uppåt genom isoleringen.

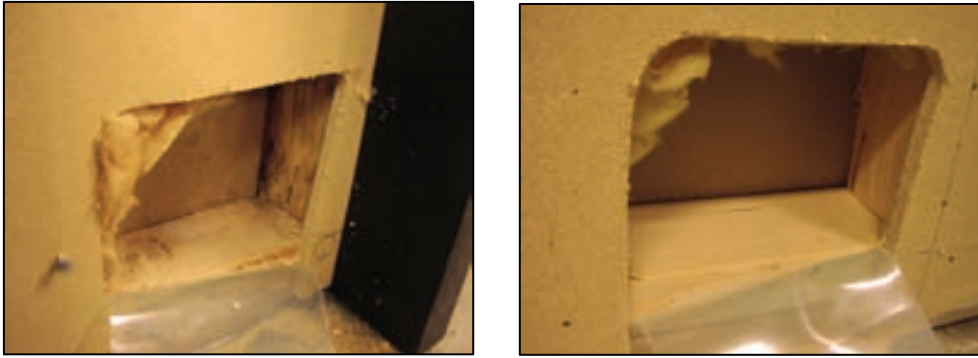


Figur 7.2 Skiss över hur mätningen i väggen går till.

De mätvärden man erhåller vid mätning på detta sätt kan tolkas som materialets fuktkvot (kg/kg) om materialet är spånskiva eller kryssfaner. Men om man mäter i gipsskiva med kartong anger mätvärdet inte gipsskivans fuktkvot utan är endast en indikation på fukt. Mätvärdet kan emellertid tolkas, med avseende på skaderisk, ungefär på samma sätt som en mätning i spånskiva eller kryssfaner. Kartongen tar upp fukt på samma sätt som trä. Gipsskivor med kartong och träskivor som lagras i fuktigheter i det hygroskopiska området ger ungefär samma mätvärde.

7.4 Friläggning

Det är lämpligt att komplettera indikationsmätningarna med att frilägga väggen lokalt. Detta är aktuellt när man vill verifiera de gjorda mätningarna. Friläggning kan utföras genom att insidan av väggen sågas upp (ca 400 x 400 mm) både där man misstänker skador och där man inte gör det (som referens). Plastfolien och isoleringen tas bort så att vindskyddet och träregelverket blir åtkomligt för fuktmätning, okulär kontroll samt eventuell provtagning för mikrobiologisk analys för verifiering av att tillväxt har skett. Samtidigt som fuktmätningar utförs i träreglar och skivor noteras mikrobiell lukt eller andra emissioner. Konstruktionen återställs efter utförda mätningar, provtagningar och kontroller. Motsvarande friläggning av konstruktionen går även att utföra utifrån under förutsättning att man vid behov monterar väderskydd och att putsskiktet kan återställas.



Figur 7.3 Friläggning sker oftast inifrån. Då kan både reglarna och den yttre skivans insida kontrolleras. Friläggning kan lämpligen göras både där man förväntar att det kan finnas en skada som i bilden till vänster och där man inte gör det (som referens) som i bilden till höger.

7.5 Skadebild och val av mätpunkter

Inläckning av vatten brukar, enligt SPs erfarenheter, ske vid brister och otätheter vid anslutningar eller infästningar. Särskilt omfattande brukar inläckagen genom dessa otätheter bli om fasaden har ett väderutsatt läge. Ibland är otätheterna tydligt synliga, ibland är de små men kan ändå medverka till avsevärda läckage in i väggen vid vindtryck. För att ta reda på var man bör starta med mätningar bör man därför först göra en okulär besiktning och leta efter fel och brister framför allt vid detaljer och genomföringar.

Mätningar bör utföras i anslutning till och ca 150 mm under aktuella otätheter. I vissa fall är det också lämpligt att mäta på större avstånd från otätheter, särskilt om det finns konstruktionsdetaljer som syll eller bjälklagsanslutning där fukten kan samlas. Detaljer som bör kontrolleras och indikationsmätas är balkonginfästningar, fönster, fönsterbleck, dörrar, plåtdetaljer, skärmtaksinfästningar, solskyddsinfästningar, krönplåtar m m. Dessutom bör mätningar göras i några punkter som inte är i närheten av infästningsdetaljer eller anslutningar för att kontrollera om läckage även kan ha skett genom ett till synes intakt putsskikt.

7.6 Tolkning av mätvärden

Tolkning av uppmätta mätvärden gäller för mätningar i mätbara material t ex gipsskiva med kartong, kryssfaner, spånskiva m m. Indikationsmätningar kan inte tolkas på samma sätt i cementbaserade skivor eller i gipsskivor utan kartong men värden som är högre än vad som är förväntat visar att fukt har kommit in. Observera också att den nedre gränsen för vad som är ett förväntat mätvärde skiljer sig åt beroende på hur konstruktionen ser ut och vid vilken årstid som mätningen görs. Alla mätningar bör jämföras med något slags referensvärde som mäts på en ren fasadyta i väderskyddat läge, till exempel under takfot. Mot bakgrund av diskussionen under 7.3 anges inte mätvärdet som "fuktkvot" om mätningen inte gäller rent trä.

Indikationsvärden som uppmätts till $\leq 0,15$ kan vara normala och förväntade. Vid dessa värden bedöms ingen tillförsel av fukt ha skett under den senaste tiden.

Fuktindikation i den yttre skivan som uppmätts till $\geq 0,20$ är förhöjt för aktuell konstruktion och innebär, vid långvarig exponering, dessutom en risk för tillväxt av mikroorganismer på träbaserade material. Dessa förhöjda fuktindikationer visar att det finns ett tillskott av fukt mot vad som normalt kan förväntas, ju högre mätvärde desto tydligare tillskott av

fukt. Uppmätta fuktindikationer på $\geq 0,28$ är kraftigt förhöjda och motsvarar för rent trä en relativ fuktighet på 100 %.

Fuktindikation mellan vad som är förväntat och vad som är förhöjt, dvs värden mellan 0,15 och 0,19, har en tendens till förhöjning mot vad som kan förväntas för aktuell konstruktion. Detta innebär att konstruktionen har fått ett tillskott av fukt under senare tid eller att konstruktionen håller på att torka ut efter en tidigare kraftigare uppfuktning. Även dessa värden kan indikera att skador har inträffat eller att det finns risk för framtida skador eftersom de visar att fukt kan komma in i väggen.

Vid bedömning av indikationsvärden bör varje värde som avviker från förväntat tolkas som att fukt kan komma in. Om detta har lett till skador eller kommer att leda till skador säger mätningen ingenting om.

Om inga indikationsvärden avviker från vad som är förväntat behöver det inte betyda att väggen är utan skador. Om mätningen har gjorts efter en period med torrt och varmt väder kan fukten i gipsskivan och reglarna ha torkat eller omfördelats i väggen. Det är därför lämpligt att genomföra indikationsmätningarna i anslutning till att väggen har utsatts för regn och blåst.

7.6.1 Val av gränser

De siffervärden som har valts som gränser för hur mätvärdena kan tolkas förklaras i tabell 7.1.

Tabell 7.1 Motiv för gränserna 0,15 och 0,20 vid tolkning av mätvärden.

0,15	Detta är ingen entydig gräns på vad som kan förväntas. Vid mätning i skyddade delar av fasaden kan värdet på det förväntade fuktinnehållet vara allt från 0,08 till upp mot 0,13 – 0,15. Värdet beror på utetemperatur och solstrålning före och i anslutning till mätningen.
0,20	Om materialen varaktigt* utsätts för fuktighet över detta värde är risken stor för tillväxt av mikroorganismer. Detta är heller ingen entydig gräns, värden på 0,17 – 0,22 brukar förekomma.

7.6.2 Avvikelse från förväntat värde

Varje mätvärde som avviker från förväntat värde indikerar att fukt kan komma in. Om denna fukt har lett till eller kommer att leda till skador får utredas genom friläggning.

* Med varaktigt menas att risken för tillväxt beror av fuktighet, temperatur och tid. Vid temperaturer över ca 15 °C kan tillväxt ske på mögelkänsliga material inom några veckor.

8 Resultat av inventeringsarbetet

SP har ställt samman en handledning för hur skadeutredning enligt kapitel 7 skall gå till (Jansson, Samuelson 2007). Cirka 50 skadeutredare från hela landet har tagit del av denna handledning vid informationsträffar på SP, och skadeutredarna har rapporterat resultaten till SP när inventeringarna har genomförts.

Vid inventeringen noterar skadeutredaren sina iakttagelser. Det gäller utförandet av detaljer och anslutningar, puts-skiktets tjocklek samt material i putsbärare och vindskydd. I detta sammanhang benämns puts med tjocklek < 20 mm som ”tunnputs”.

De resultat och den sammanfattning som redovisas här gäller inventeringar som har genomförts av dessa skadeutredare eller av personal från SP. För varje byggnad redovisas samtliga mätvärden från fasader samt en sammanfattande bedömning som skadeutredaren har gjort. Skadeutredaren har mot bakgrund av mättningsresultat och, i förekommande fall, resultatet från friläggning av konstruktionen gjort en bedömning av behovet av åtgärder. Om skadeutredarens bedömning är att minst en fasad i byggnaden behöver byggas om anges att byggnaden är ”skadad”. Detta är en grov uppskattning men ger en indikation på problemens omfattning. Enstaka indikationer på fukt i väggen, som var för sig kan behöva åtgärdas genom lokala ombyggnader, räknas i denna bedömning inte som en ”skadad” byggnad.

Inventeringarna har i de allra flesta fall genomförts på uppdrag av eller i samråd med ägaren. Dessa inventeringar, som redovisas i avsnitt 8.1, utgör därför inget statistiskt genomsnitt av bebyggelsen. Byggnaderna har undersökts efter att ägaren har beställt undersökningen. Orsaken till att ägaren vill göra detta kan vara tecken på skador eller en allmän oro men den är inte klarlagd.

Inventeringar har även gjorts på ett antal byggnader som har valts ut för att utgöra ett statistiskt genomsnitt av bebyggelsen. Undersökningarna i dessa byggnader har genomförts med medel från detta projekt (SBUF). Undersökningarna har genomförts av personal från SP eller av annan utbildad personal efter att ägarna har accepterat att undersökning genomförs. Dessa inventeringar redovisas i avsnitt 8.2.

8.1 Undersökta byggnader

Resultaten i detta avsnitt avser samtliga inventeringar som har redovisats till SP. Då merparten av dessa har utförts på uppdrag av byggnadernas ägare utgör de inte ett statistiskt tvärsnitt av bebyggelsen. Resultaten skall ses som en beskrivning av fukt och skador i ett stort antal byggnader, inte typiskt för den totala byggvolymen.

Det totala antalet byggnader som undersökts är 821. Av dessa är 671 enbostadshus, 149 flerbostadshus och ett kontorshus.

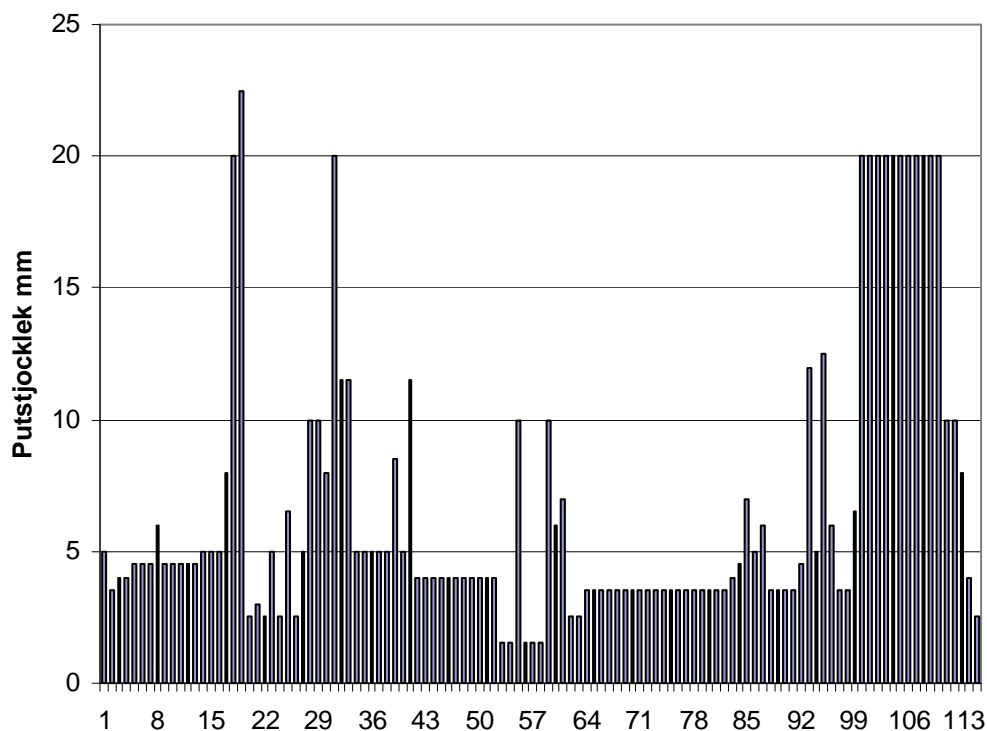
Det finns i resultaten två möjligheter att bedöma skadeomfattningen. Skadeutredaren har å ena sidan själv gjort bedömningen (*skadad byggnad*) på plats om minst en fasad behöver byggas om. Å andra sidan har skadeutredaren även redovisat mätvärden från *indikationsmätningar* i stor mängd som visar att fukt har kommit in i väggarna, fukt som kan leda till skador. Båda dessa informationer bör användas vid en totalbedömning av skadeomfattningen i byggnader.

Tabell 8.1 Resultat från inventering av fuktskador i byggnader (juni 2009) indelat efter läget i landet. En byggnad bedöms i detta sammanhang vara skadad om minst en fasad behöver byggas om. Sammanställningen bygger inte på ett tvärsnitt av bebyggelsen.

	Hela Sverige	Södra Sverige	Västra Sverige	Östra Sverige	Norra Sverige
Antal byggnader	821	315	372	129	5
Antal byggnader med skador	448 (55 %)	172 (55 %)	222 (60 %)	54 (42 %)	0

Tabell 8.2 Resultat från inventering av fuktskador i byggnader (juni 2009) indelat efter dels materialet i putsbäraren (expanderad polystyren EPS eller mineralull) dels tunnputs (< 20 mm) eller tjockputs. En byggnad bedöms i detta sammanhang vara skadad om minst en fasad behöver byggas om.

	EPS	Mineralull	Tunnputs (< 20 mm)	Tjockputs (≥ 20 mm)
Antal byggnader	752	63	793	28
Antal byggnader med skador	427 (57%)	20 (32%)	446 (56%)	2 (7%)



Figur 8.1 I 115 av 147 inrapporterade inventeringar av enskilda hus eller grupper av hus har skadeutredaren noterat vilken tjocklek putsskiktet har haft. Om skiktet varit <20 mm har putsen kallats "tunnputs".

I tabellerna 8.3, 8.4 och 8.5 visas skadeutredarnas egna noteringar om vilka synliga otätheter som förekommer i de undersökta byggnaderna (tabell 8.3), information om påväxt av mikroorganismer inne i väggarna i de fall detta har undersökts (tabell 8.4) och utredarens sammanlagda bedömning av vad som har orsakat skadorna i det aktuella fallet (tabell

8.5). Tabellerna är en sammanställning av 151 utredningsrapporter som omfattar totalt 821 byggnader.

Tabell 8.3 Synliga otätheter som förekommer i de undersökta byggnaderna enligt utredarens noteringar. Otätheterna har noterats eftersom de har bedömts kunna medverka till att vatten kan komma in.

Detalj där otätheter förekommer	Antal byggnader där resp otäthet förekommer	%
Fönsteranslutning	253	31
Fönsterbleck	432	53
Dörranslutning	294	36
Skärmtakinfästning	93	11
Balkonginfästning	192	24
Elgenomföring	121	15
Infästning för markis	204	25
Otäthet vid ventil	188	23
Putsprickor i ytan	200	25
Otätt vid plåtdetaljer	89	11
Stuprörsinfästning	139	17
Takanslutning	158	20
Övriga fel vid altan, trappor, elskåp, takstegar m m	306	38
Inga otätheter funna	5	1

Tabell 8.4 visar att det förekommer riklig, synlig påväxt inne i väggarna i de flesta av de byggnader där man frilagt konstruktionen för kontroll. Skälet till undersökningen har varit att man har önskat fastställa om tillväxt av mikroorganismer har skett, dels vid fuktindikation dels där fuktindikation saknas. Detta förfaringssätt föreslås i handledningen för skadeundersökningen.

Tabell 8.4 I ett antal byggnader (106 av totalt 821) har man frilagt väggarna och undersökt förekomst av mikroorganismer inne i konstruktionen.

	Antal byggnader
Riklig, synlig påväxt förekommer i konstruktionen	104
Påväxt förekommer inte vid provställen	2

Bildserien i figurerna 8.2 – 8.16 visar bildexempel på otätheter vid synligt felaktiga detaljer där regnvatten har kommit in och orsakat uppfuktning och skador i väggarna. Observera att defekter i de flesta fall inte är lika tydliga för ögat som på bilderna. Vid bilderna finns även det värde som skadeutredaren mätte upp i samband med besiktningen. Detta värde visar förhållandet vid detta tillfälle. Om detta har lett till skador inne i väggen måste kontrolleras genom friläggning.

Tabell 8.5 Utredarnas bedömning av vad som har varit den huvudsakliga orsaken till skador. Bedömningen gäller hela objektet dvs varje objekt kan omfatta flera byggnader.

Huvudsaklig skadeorsak	Antal byggnader	%
Läckage vid fönster	230	28
Fönstret har läckt	2	0
Läckage där fogband saknas	21	3
Otätt vid fönsterbleck	232	29
Otätt vid dörranslutning	292	36
Skärmtak	109	13
Balkonginfästning	121	15
Infästning för markis	209	26
Läckage genom puts och isolerskarvar vid hörn	54	7
Läckage genom puts och isolering mitt på väggyta	96	12
Otätt vid plåtdetaljer	95	12
Ej utfört enligt monteringsanvisningar	41	5
Övrigt. Otätt vid elgenomföring, altan, elskåp, stuprörsinfästning, takstege, takanslutning	201	25



Figur 8.2 Exempel på otäthet vid en infästning i en fasad med tjockputs på mineralull. Indikationsmätning i gipsskivan under infästningen 0,20.



Figur 8.3 Exempel på otäthet vid ett plåtbleck i en fasad med tunnputs på EPS. Indikationsmätning i gipsskivan 0,99.



Figur 8.4 Otätheter i anslutningen mellan fönsterbleck och puts i fasad med tunnputs på cellplast. Indikationsmätning strax under: 0,87.



Figur 8.5 Otäthet i anslutningen mellan puts och sockel i en vägg med tjockputs på mineralull. Indikationsmätning: 0,20.



Figur 8.6 Otät anslutning mellan puts och trä i en fasad med tjockputs på mineralull. Indikationsmätning 0,27.



Figur 8.7 Otät anslutning mellan friskluftsventil och puts i fasad med tjockputs på mineralull. Indikationsmätning: 0,20.



Figur 8.8 Spricka i hörn över fönster i fasad med tunnputs på mineralull. Vatten rann ut ur sprickan.



Figur 8.9 Spricka vid fönster som orsakat omfattande läckage in i en fasad med tunnputs på mineralull. Rötskador.



Figur 8.10 Spricka i tunnputs på cellplast som orsakade läckage in till gipsskivan. Vatten rann in genom sprickan och genom isoleringen och blötte upp gipsskivan 10 minuter efter att fasaden utsatts för vatten.



Figur 8.11 Först efter omfattande tätning med mjukfog stoppades läckage in i väggen i fasad med tunnputs på cellplast. Väggen var då redan allvarligt rötskadad.



Figur 8.12 Otäthet vid dörr i fasad med tunnputs på cellplast, fuktindikation i gipsskivan 0,59.



Figur 8.13 Otät infästning av solskydd sedd från ovan (mätvärde i gips under infästning 0,39). Fasaden har tunnputs på EPS.



Figur 8.14 Otäthet vid fönsterbleck i fasad med tunnputs på cellplast. Mätvärde i gipsskivan under fönstret 0,51.



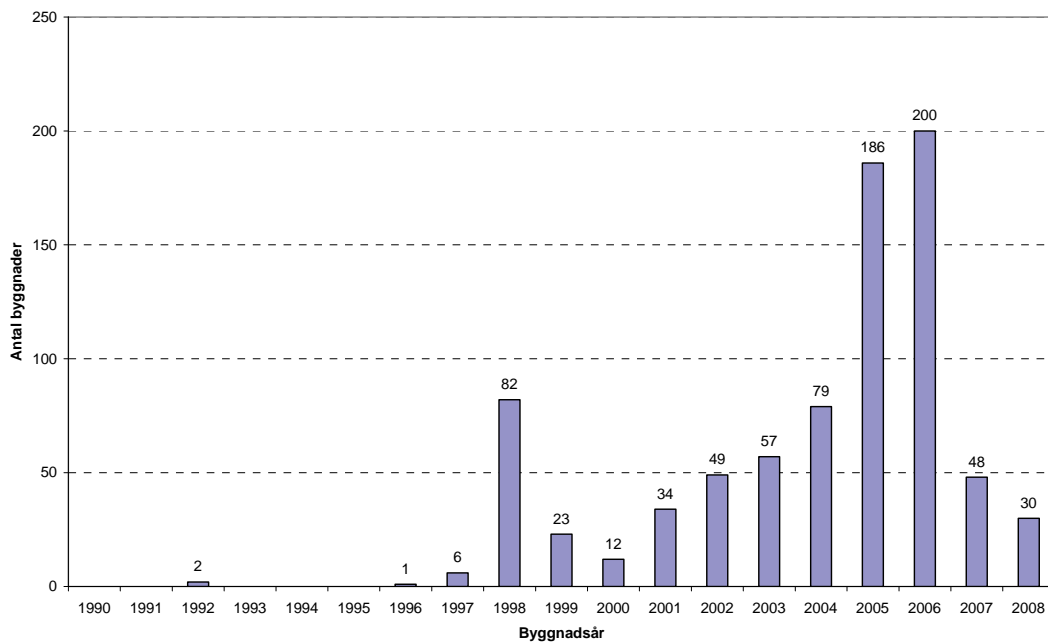
Figur 8.15 Knappt synlig otäthet vid fönster i fasad med tunnputs på cellplast. Mätvärde i gipsskivan under fönstret 0,45.



Figur 8.16 Otäthet vid fönsterbleck i fasad med tunnputs på cellplast. Mätvärde i gipsskivan under fönstret 0,65.



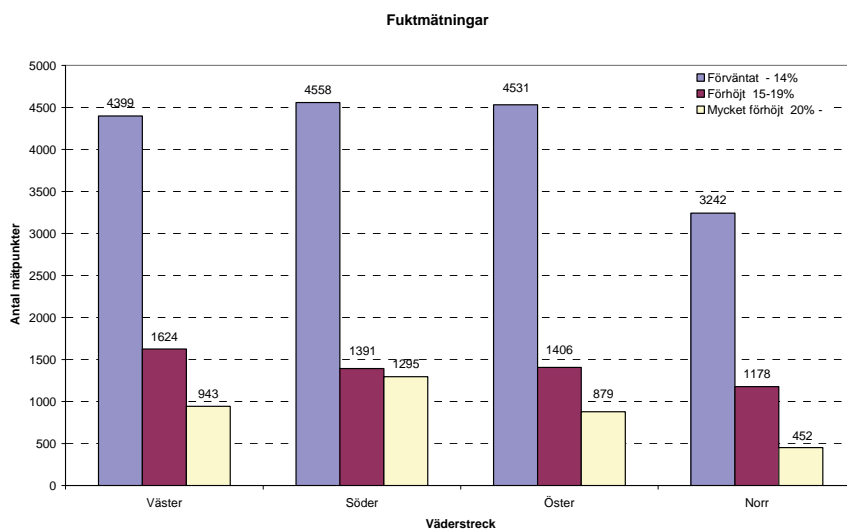
Figur 8.17 Ett till synes felritt utförande i en vägg med tunnputs på cellplast. Trots detta mättes en fuktindikation på 0,99 under fönsterblecket.



Figur 8.18 Byggnadsår för de inrapporterade, inventerade byggnaderna i juni 2009.

Figur 8.18 visar att de inventerade byggnaderna är relativt unga. De allra flesta var yngre än 10 år då inventeringen gjordes.

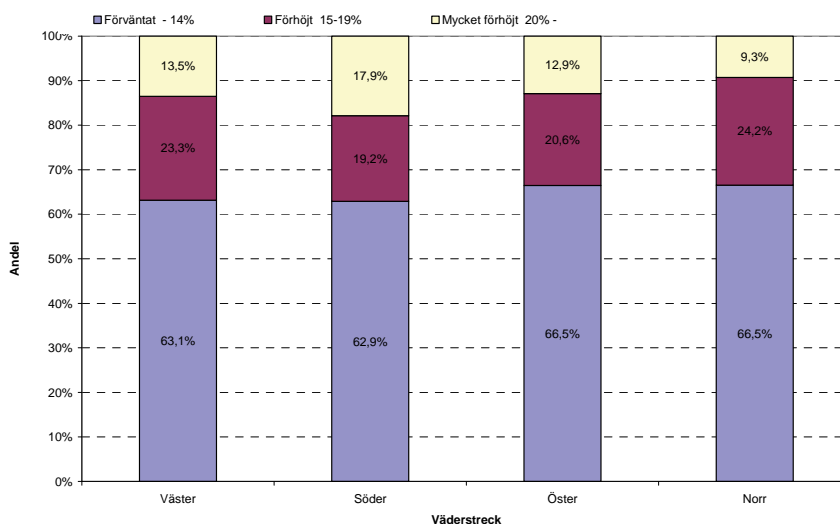
I figuren 8.19 visas samtliga uppmätta värden fördelade på väderstreck. Eftersom byggnaderna är belägna i olika delar av Sverige är förhärskande slagregnsriktning olika. På Västkusten och i Skåne är söder och väster mest utsatta, på Ostkusten är det öster som är mest utsatt.



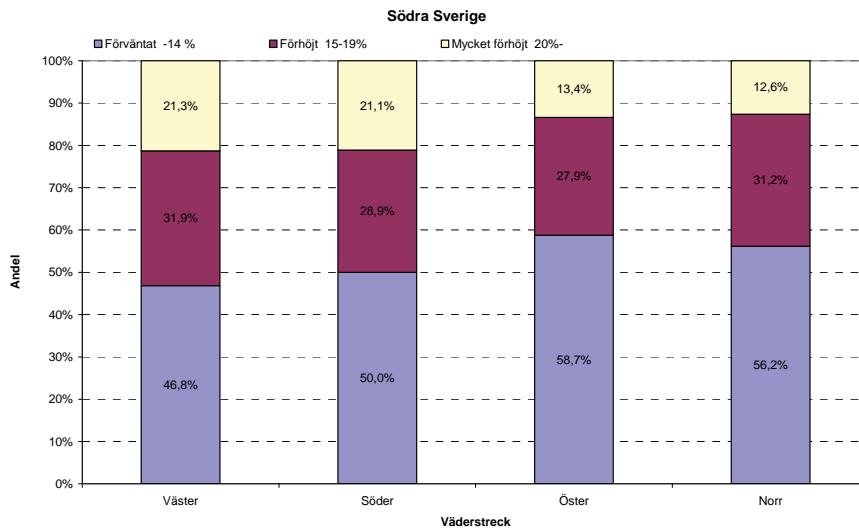
Figur 8.19 Resultat från fuktmätningar fördelade på väderstreck. Figuren visar en sammanställning av samtliga inrapporterade mätvärden i juni 2009, fördelade på normala < 0,15, förhöjda 0,15 – 0,19 och mycket förhöjda värden >0.19.

Figur 8.19 visar att det sammantaget förekommer fuktindikationer i alla väderstreck. Fasader som är väderutsatta har mer fuktindikationer än de som är skyddade. De flesta byggnader som har inventerats ligger i Skåne eller på Västkusten och där är söder och väster förhärskande vindriktningar. För byggnader på ostkusten är det andra förhärskande vindriktningar. Det kan noteras att det för många byggnader förekommer höga fuktindikationer i alla väderstreck.

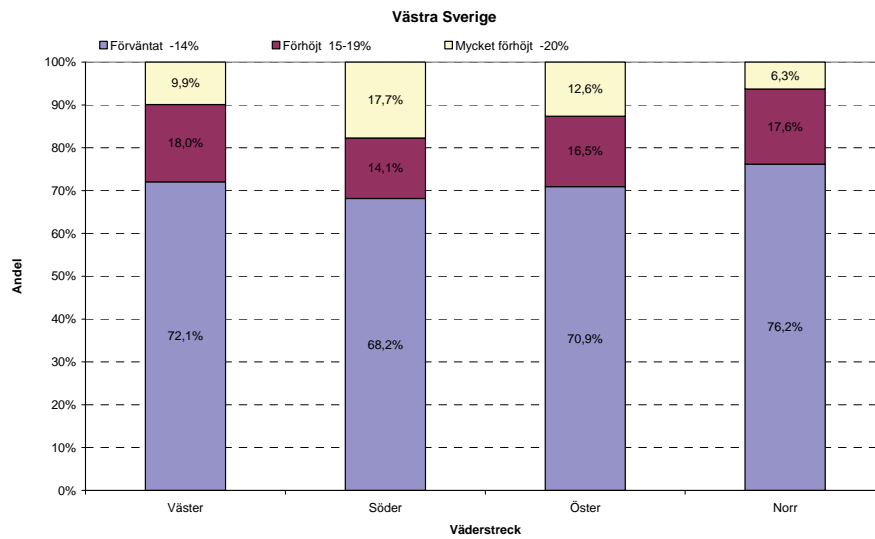
Figureerna 8.20 – 8.23 visar procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för samtliga byggnader, för byggnader från södra, västra och östra Sverige respektive.



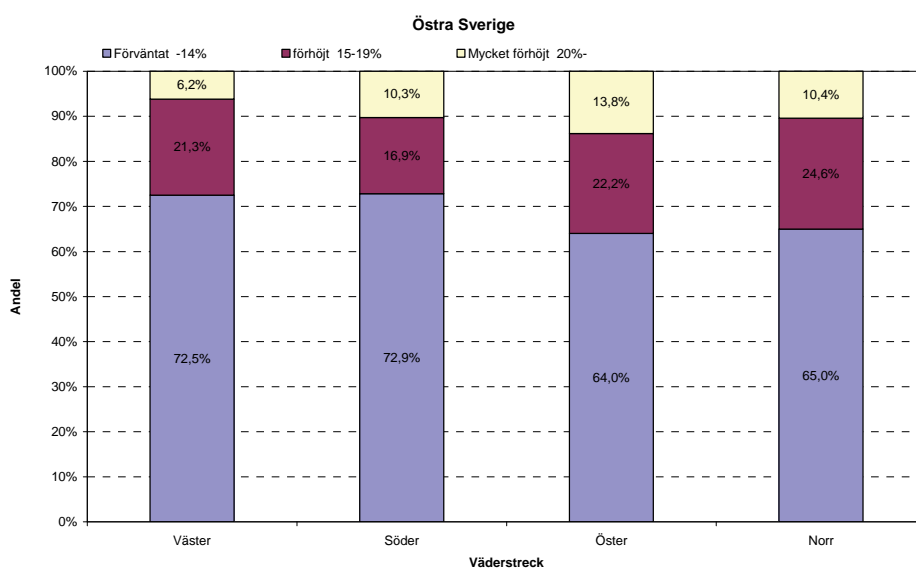
Figur 8.20 Procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för samtliga byggnader.



Figur 8.21 Procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för byggnader i södra Sverige.



Figur 8.22 Procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för byggnader i västra Sverige.



Figur 8.23 Procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för byggnader i östra Sverige.

8.2 Inventeringar i ett slumpmässigt urval av bebyggelsen

SP har med hjälp från Boverket undersökt ett slumpmässigt urval av byggnader. Ägarna till dessa byggnader har tillåtit att vi, på projektets bekostnad, har fått göra indikationsmätningar i fasaderna. Däremot har undersökningarna inte kompletterats med friläggning.

Tabell 8.6 Resultat från inventering av fuktskador i ett slumpmässigt urval av byggnader (juni 2009) indelat efter läget i landet. En byggnad bedöms i detta sammanhang vara skadad om minst en fasad behöver byggas om. Tabellen omfattar 26 rapporter om totalt 37 byggnader.

	Hela Sverige	Södra Sverige	Västra Sverige	Östra Sverige	Norra Sverige
Antal byggnader	37	2	12	21	2
Antal byggnader med skador	7 (19 %)	0	5 (42 %)	2 (10 %)	0

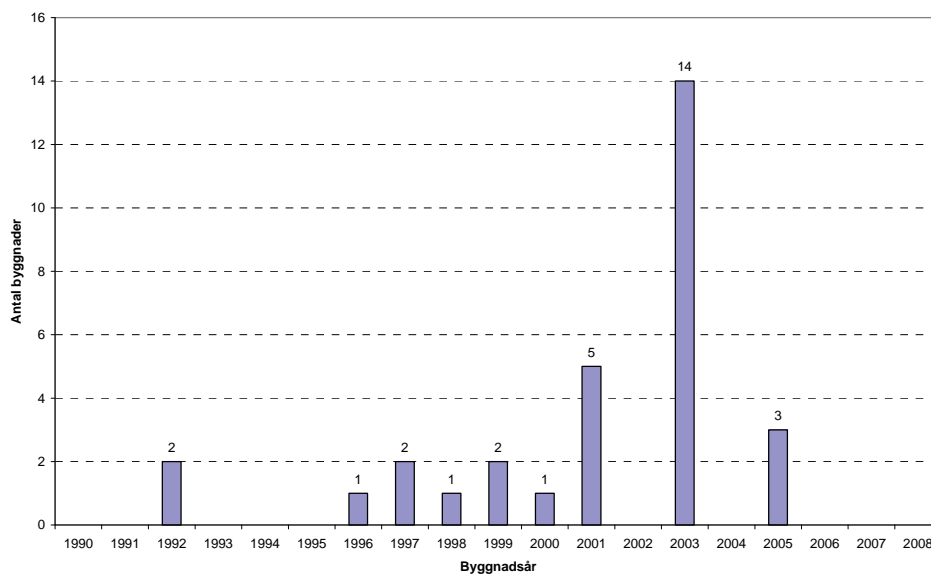
Av totalt 71 byggnader som ingår i det slumpmässiga urvalet var fyra lokaler, många har av olika anledningar inte tillåtit mätningar och 8 har rapporterat att man redan har gjort inventeringar som visat att byggnaderna var skadade. Av dessa 8 byggnader ligger sex i Södra Sverige, en i Östra Sverige och en i Västra Sverige. Om även dessa 8 byggnader läggs in i tabellen fås tabell 8.6A

Tabell 8.6A Resultat från inventering av fuktskador i ett slumpmässigt urval av byggnader (juni 2009) indelat efter läget i landet. En byggnad bedöms i detta sammanhang vara skadad om minst en fasad behöver byggas om. I tabellen har 8 skadade byggnader lagts till enligt ovan.

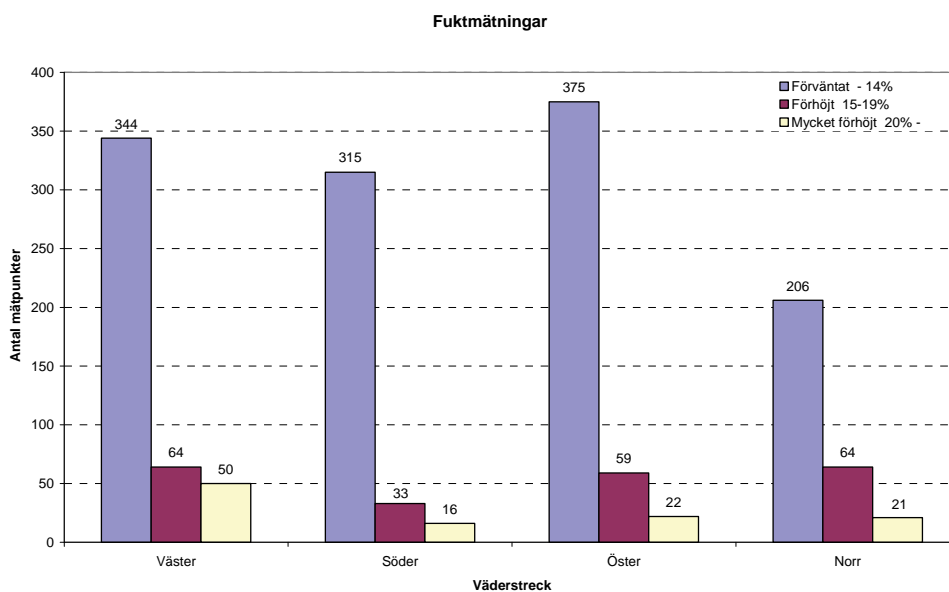
	Hela Sverige	Södra Sverige	Västra Sverige	Östra Sverige	Norra Sverige
Antal byggnader	45	8	13	22	2
Antal byggnader med skador	15 (33 %)	6 (75 %)	6 (46 %)	3 (14 %)	0

Tabell 8.7 Resultat från inventering av fuktskador i ett slumpmässigt urval av byggnader (juni 2009) indelat efter materialet i putsbäraren (expanderad polystyren, EPS eller mineralull). En byggnad bedöms i detta sammanhang vara skadad om minst en fasad behöver byggas om.

	EPS	Mineralull	Tunnputs	Tjockputs
Antal byggnader	21	10	31	6
Antal byggnader med skador	4 (19 %)	2 (20 %)	5 (16 %)	2 (33 %)



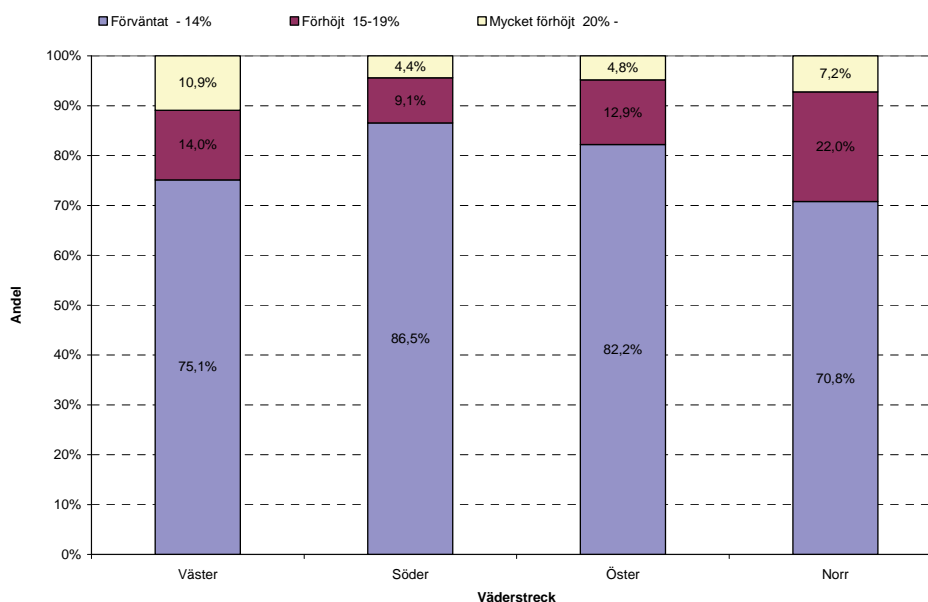
Figur 8.24 Byggnadsår för de inventerade slumpmässigt utvalda byggnaderna



Figur 8.25 Resultat från fuktmätningar i de slumpmässigt utvalda byggnaderna fördelade på väderstreck. Figuren visar en sammanställning av inrapporterade mätvärden i juni 2009, fördelade på normala, förhöjda och mycket förhöjda värden.

Figur 8.25 visar att det förekommer fuktindikationer i alla väderstreck. Fasader som är väderutsatta har mer fuktindikationer än de som är skyddade. Det kan noteras att det för flera byggnader förekommer höga fuktindikationer i alla väderstreck.

Figur 8.26 visar procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för de slumpmässigt utvalda byggnaderna.



Figur 8.26 Procentuell fördelning av mätresultat för olika väderstreck för de slumpmässigt utvalda byggnaderna.

8.3 Inventering i byggnader med tjockputs på mineralull

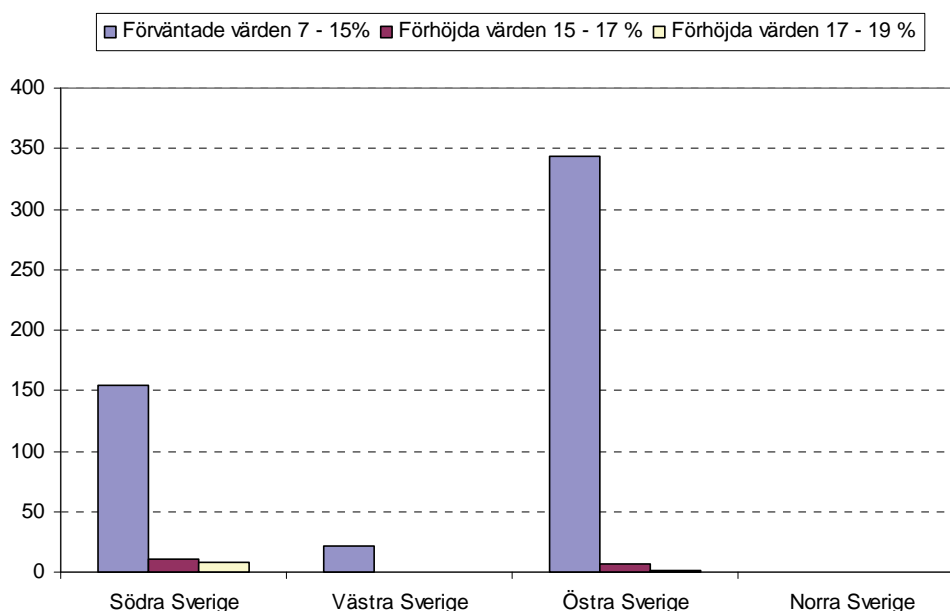
Maxit har låtit Anticimex inventera 29 byggnader med tjockputs på mineralull i landet. Byggnaderna skall enligt uppgift vara byggda från 1980-talet fram till år 2001. De flesta är byggda 1997 – 2001. För sex av byggnaderna saknas byggår. Inventeringen genomfördes under våren 2008.

I tabell 8.8 och figur 8.27 visas resultatet av inventeringen. Undersökningen har innefattat indikeringsmätning utifrån i anslutning till känsliga punkter men ingen friläggning av konstruktionerna (Anticimex 2008).

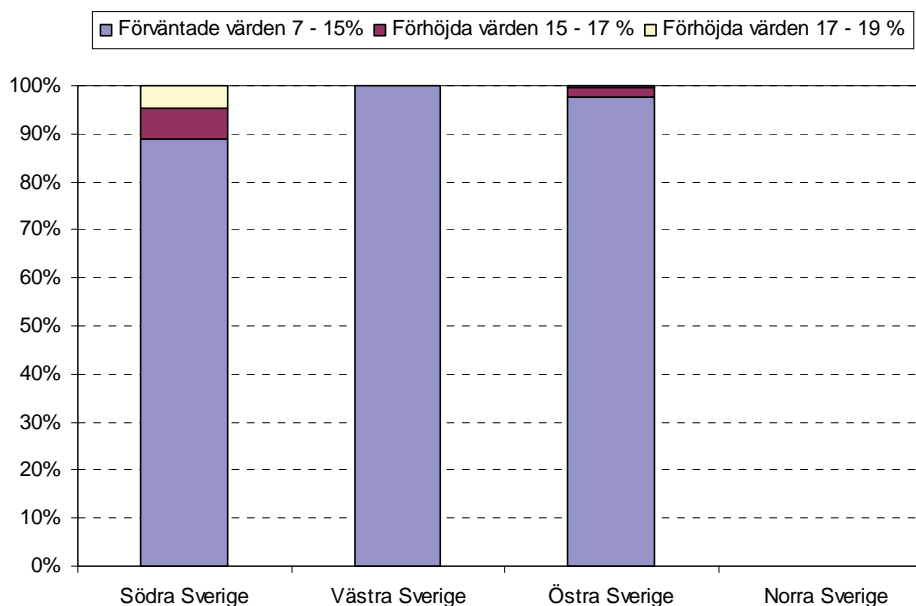
Tabell 8.8

	Hela Sverige	Södra Sverige	Västra Sverige	Östra Sverige	Norra Sverige
Antal byggnader	29	11	2	16	0
Antal byggnader med skador	0	0	0	0	0

Tabellen visar att ingen av de 29 undersökta byggnaderna vid inventeringen har haft förhöjda värden i en omfattning som skadeutredaren har bedömt som skada. Vid inventeringen av de 29 byggnaderna gjordes indikationsmätningar i sammanlagt 547 mätpunkter. Av dessa var 520 (95 %) förväntade. I figur 8.25 nedan visas mätta värden och i figur 8.26 procentuell fördelning av förväntade och förhöjda värden för byggnader i Södra, Västra och Östra Sverige.



Figur 8.27 Uppmätta värden vid Maxits undersökning av väggar med tjockputs på mineralull.



Figur 8.28 Procentuell fördelning av uppmätta värden vid Maxits undersökning av väggar med tjockputs på mineralull.

8.4 Kommentar till resultat från inventeringar

Resultaten från inventeringarna visar att det förekommer fuktskador och högt fukttinnehåll i många byggnader. Andelen skadade hus är hög både i det slumpmässiga urvalet av byggnader och i hela undersökningsmaterialet. Skador förekommer i byggnader i Södra, Östra och Västra Sverige men inte i Norra Sverige. Skador förekommer i alla väderstreck.

Inventeringen av fukt och fuktskador i väggar görs av en kunnig besiktningsperson som väljer mätplatser både där det kan misstänkas att vatten har läckt in och på referensställen där förhållandena bedöms som normala. Inventeringen kan dock aldrig ge en heltäckande bild av hur skadad väggen är. Av praktiska skäl är antalet mätplatser begränsat. En tydligare och bättre bild av förhållandena, både fukt och skador, syns först när fasaden fri-läggs.

Det bör noteras att en okulär inventering av fasadernas ut- och insida inte kan ersätta inventering genom mätning. Skadorna syns inte i de allra flesta fall. Det som syns är otätheter som skulle kunna leda till läckage och skador.

Sättet att genomföra inventeringen har både för- och nackdelar. Genom att mäta från utsidan av väggen behöver man inte ha tillträde till lägenheter utan kan göra mätningar utefter hela fasaden. När man är på plats på fasaden kan man även göra en okulär kontroll av detaljer och mäta i anslutning till fel och brister som upptäcks.

Att mäta i den yttre gipsskivan, kryssfänerskivan eller träregeln ger svar på om det vid mättillfället finns avvikelser som pekar på att fuktillförsel har skett. Ett mätvärde som är högre än vad som är förväntat visar att fukt har kommit in i väggen och håller på att torka. Ett riktigt högt mätvärde visar dessutom att det är risk för att det finns eller kan utvecklas en skada i väggen. Ett lågt mätvärde visar emellertid inte att väggen är felfri. Låga mätvärden kan aldrig fria en fasad från risken för att den har skadats eller kommer att skadas. Uttorkad fuktskada eller påväxt inne i väggen kan inte inventeras på detta sätt. Fukt inne i väggen torkar så småningom, särskilt om vädret är torrt och varmt. Klimatet före mätningen, om det har varit regnigt och blåsigt eller soligt och varmt, kan vara avgörande för

om man får indikationer på fukt i väggen eller ej. Likaså spelar materialen i väggen in. En vägg med mineralull som putsbärare torkar snabbare än en vägg med expanderad polystyren. En vägg med ånggenomsläpplig puts torkar fortare än en vägg med ångtät puts.

När den utvändiga mätningen kompletteras med partiell friläggning av konstruktionen får man en bättre uppfattning om både omfattningen av skador och skadehistorien. Friläggningen kan göras antingen inifrån och då får man en bra bild av eventuella skador på reglarna och på den yttre skivans insida eller utifrån och då får man en uppfattning om påväxt på skivans utsida. Det vanliga är att friläggning görs inifrån för att inte göra hål i fasaden. Friläggningen ger även svar på om gamla skador förekommer i väggen. Oavsett om man öppnar inifrån eller utifrån kan man skära ut en bit av gipsskivan och kontrollera båda sidor.

Av figur 8.18 framgår att nästan alla inventerade byggnader har varit yngre än 10 år vid tidpunkten för inventeringen. Orsaken till detta kan vara att fastighetsägaren har en förhoppning om att eventuella skador inne i väggarna skall kunna ersättas av försäkring. Figuren visar att många hus var nästan 10 år gamla när de undersöktes och orsaken kan ha varit denna. En fastighetsägare som har ett hus som är äldre än 10 år måste själv stå för kostnaden för eventuella byggnadstekniska åtgärder. I ett läge då fastighetsägaren inte har några tecken på att det finns skador inne i väggarna är det sannolikt att han avstår från att inventera.

De flesta inventerade byggnader i sammanställningen i kapitel 8.2 har expanderad polystyren, EPS, som yttre isolering och är putsade med tunnputs. Orsaken till detta är sannolikt att de flesta av inventeringarna har genomförts i Skåne och på Västkusten och där är EPS vanlig som putsbärare och tunnputs vanligt som putssystem.

I Maxits undersökning i avsnitt 8.3 ingår 29 byggnader med tjockputs på mineralull. I denna undersökning förekommer endast få förhöjda mätvärden.

Av tabell 8.5 framgår skadeutredarens bedömning av vad som varit den huvudsakliga orsaken till att vatten har kommit in i väggen. I de allra flesta fall har man angivit läckage vid fönster- och dörranslutningar eller otätheter vid fönsterbleck som den främsta skadeorsaken. Det är där som många felaktiga detaljerna finns. Andra vanliga skadeställen är vid genomföringar för balkonger, skärmtak, ventilationsdon och markiser.

I många fall där inläckage har konstaterats har man inte använt fogbandstätningar. Istället har man putsat direkt mot aktuella detaljer eller tätat känsliga detaljer med en utvändigt mjukfog.

9 Beräkningar

Det finns många beräkningsprogram som kan användas för att förutsäga temperatur- och fuktillstånd i byggnadsdelar. Program finns i en och två dimensioner och för beräkning av temperaturfördelning även i tre dimensioner. Programmen kan vara stationära och icke stationära. I nedanstående tabell finns några program som kan användas för att beräkna temperatur och fuktförhållanden i byggnadsdelar.

Program	Beskrivning	Kontakt	Tillgänglighet
HAM-tools	Icke stationärt och flerdimensionellt beräkningsprogram för kopplad värme-, fukt- och luftströmning. Programmet kan hantera både strömning i material, ventilerade utrymmen och komplexa system	Angela Sasic, Byggnadsfysik CTH	Gratis från www.ibpt.org Tillgång till programmet Matlab är dock ett krav
PI200	Endimensionellt beräkningsprogram för värme och fukt	Byggnadsfysik SP	
WUFI	En- och tvådimensionellt beräkningsprogram för värme och fukt	Jesper Arfvidson, Byggnadsfysik LTH	Kommersiellt program

Under senare år har framför allt beräkningsprogrammet WUFI kommit till användning. Av det skälet beskrivs WUFI mera noggrant nedan samt redovisas några resultat.

9.1 WUFI

Beräkningsprogrammet WUFI (Wärme Und Feuchte Instationär) är utvecklat vid Fraunhofer Institut für Bauphysik i Holzkirchen i Tyskland. Programmet finns i endimensionell och tvådimensionell version och man kan beräkna icke stationära fukt- och temperaturtillstånd under varierande yttre förutsättningar. Programmet inkluderar fukttransport på grund av diffusion och på grund av kapillärsugning och tar hänsyn till fuktkapaciteten hos materialen. Programmet kan emellertid inte simulera lufrörelser och luftströmning i konstruktioner.

Man kan i programmet även lägga in källor och sänkor inne i konstruktionen för både temperatur och fuktighet. En fuktkälla inne i konstruktionen kan simulera läckage av regnvatten vid en genomföring som fuktat upp t ex gipsskivan. En fuktsänka kan simulera dränering.

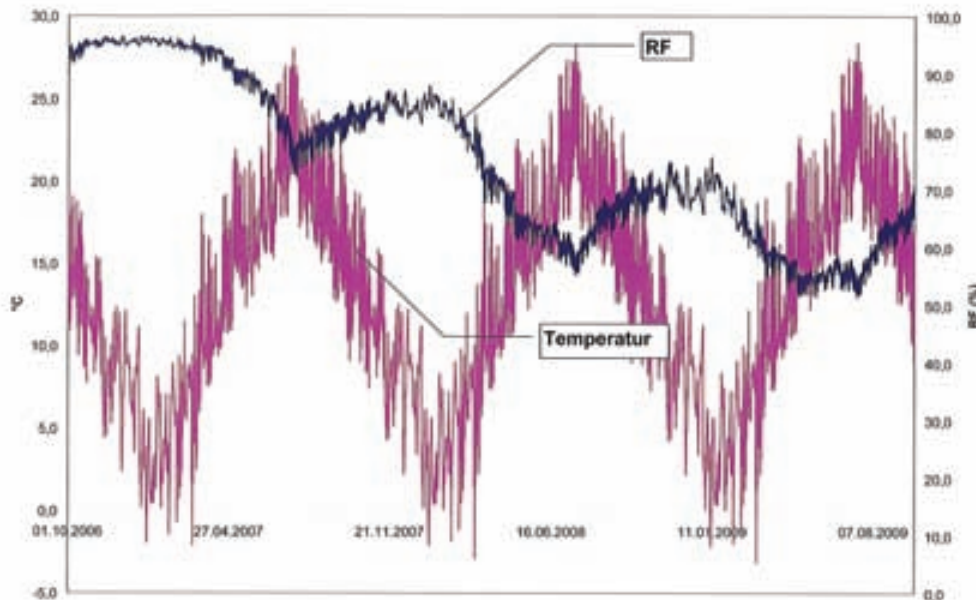
Programmet är särskilt lämpat för parameterstudier. Genom att variera tjocklek, ingående material, uttorkningsklimat, geografiskt läge osv får man ett bra underlag för att bedöma olika konstruktioner och olika materialval.

WUFI-bio är ett hjälpprogram för att bedöma risken för påväxt av mikroorganismer i de beräkningar som man genomför. WUFI-bio tar hänsyn till risken för tillväxt med hänsyn till temperatur, relativ fuktighet och varaktighet.

9.2 Resultat från beräkningar

9.2.1 Uttorkning av inbyggd fukt

I figur 9.1 visas beräknad temperatur och relativ fuktighet i gipsskivan i en vägg med tunnputs på utvändig isolering av EPS (Blom, Kvande, Lisö 2006). I exemplet har alla ingående material antagits vara i jämvikt med 90 % RF vid inbyggnad. För trä innebär detta en fuktkvot på 0,22 – 0,25. Beräkningen är gjord med beräkningsprogrammet WUFI, se kap 8, och klimatet gäller för Oslo. Resultatet visar att den relativa fuktigheten i gipsskivan, under dessa beräkningsförutsättningar, är högre än kritiskt värde för tillväxt av mikroorganismer (vilket är ca 85 % RF), under mer än ett år. Beräkningen visar således att material som är fuktigt redan vid inbyggnad kan medverka till uppkomst av skador trots att fukten torkar med tiden. Motsvarande beräkning för en vägg som istället för EPS har mineralull som putsbärare visar en betydligt snabbare uttorkning.

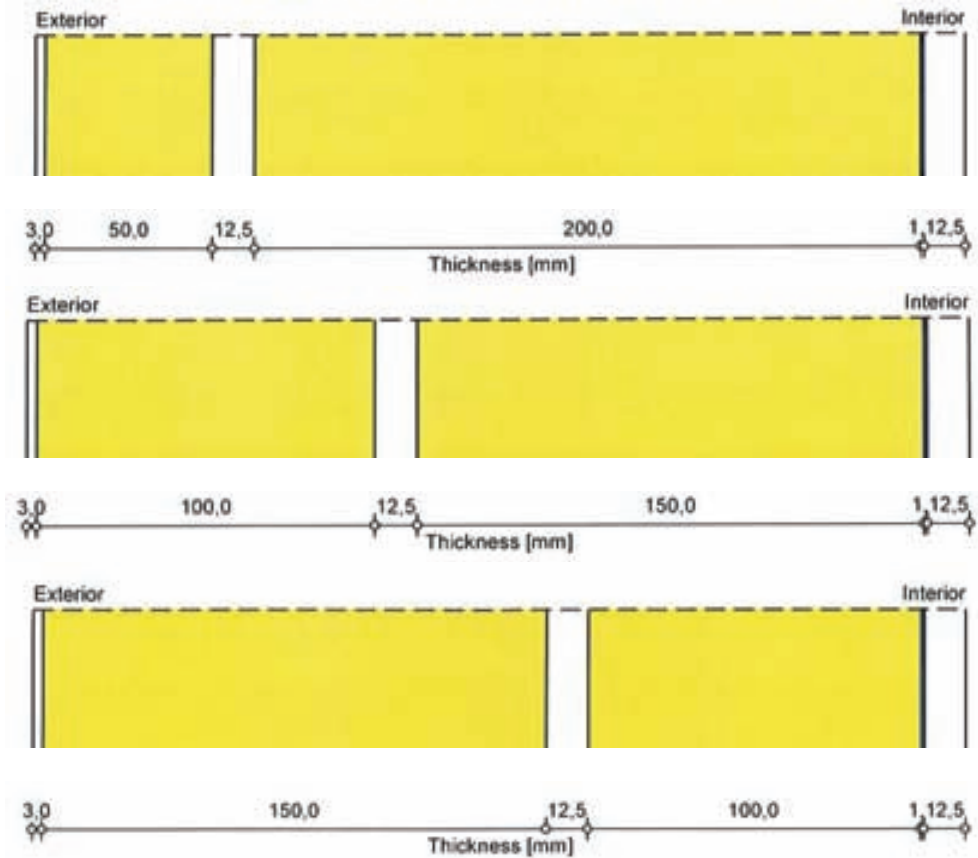


Figur 9.1 Beräkning med hjälp av WUFI-programmet av temperatur och relativ fuktighet i gipsskivan i en vägg som är utvändigt isolerad med EPS. Vid beräkningens start är alla material i jämvikt med 90 % RF.

9.2.2 Olika relation mellan utvändig/invändig isolering

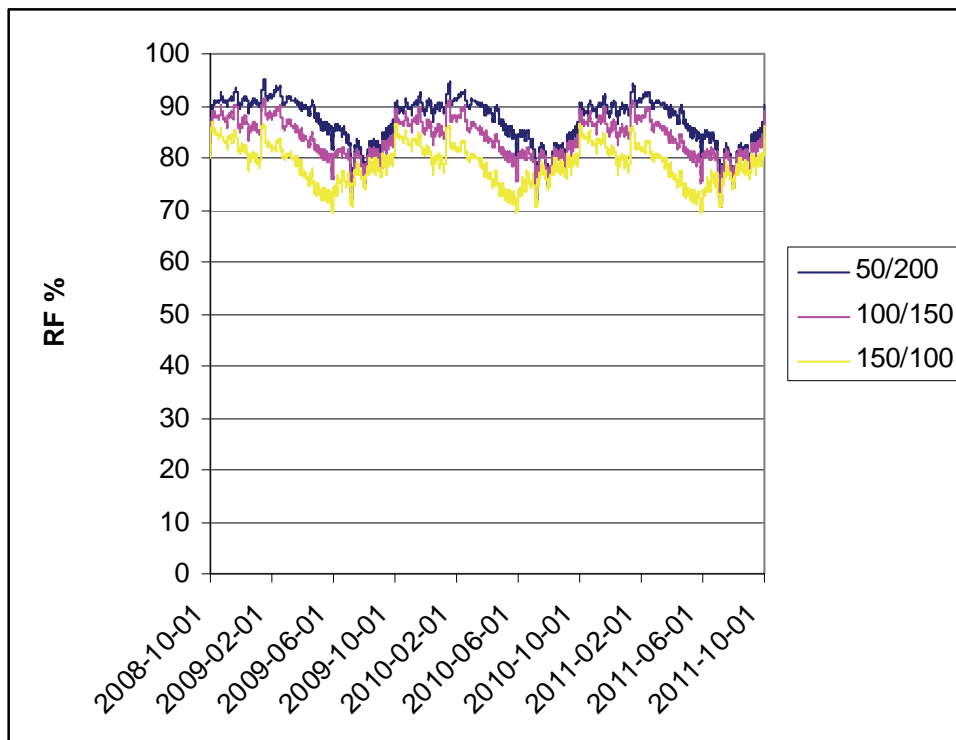
Beräkningar är gjorda för att belysa möjligheterna att genom förändringar i konstruktionen skapa fuktsäkrare, enstegstättade väggar. Beräkningarna är gjorda för olika förutsättningar bl a för olika fördelning av utvändig och invändig isolering. I dessa beräkningsfall är den totala mängden av värmeisolering alltid lika med 250 mm (Samuelson 2008).

Genom att omfördela isoleringen så att gipsskivan hamnar varmare, längre in i väggen blir den generellt sett torrare och har större möjlighet att torka ut. Detta gäller framför allt för fallet med mineralullsisolering som är mera öppen för ångdiffusion än EPS.

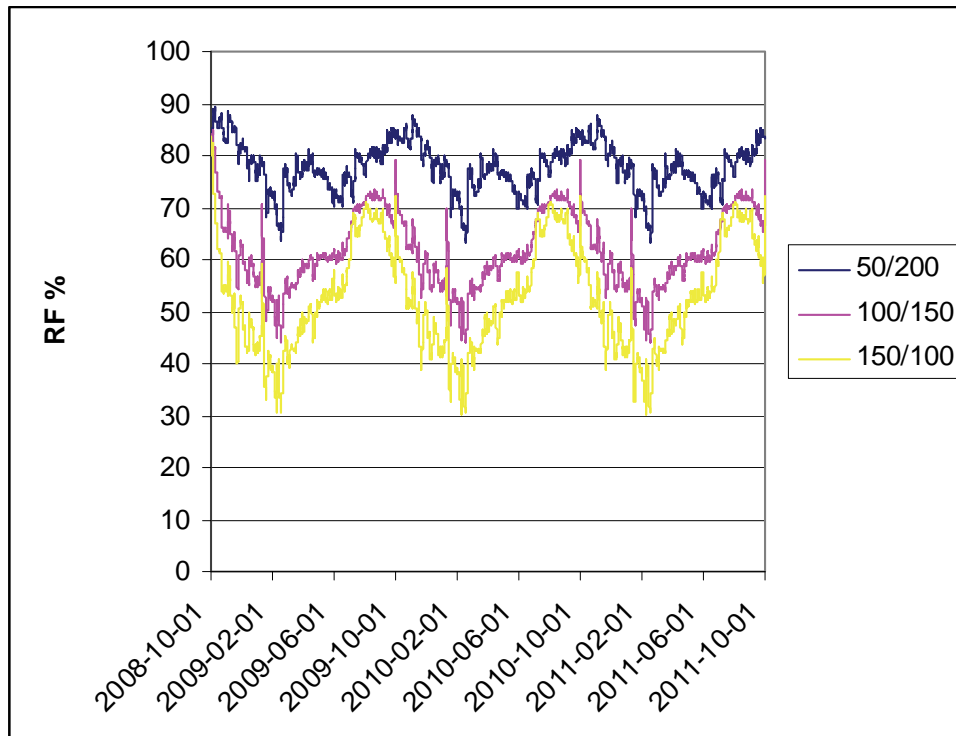


Figur 9.2 Figuren visar konstruktioner med olika fördelning av utvändig och invändig isolering (50/200, 100/150, 150/100 resp) för vilka beräkningar har genomförts. För alla beräkningsfall är den totala isoleringstjockleken 250 mm.

I figur 9.3 och 9.4 nedan visas resultat från beräkning av den relativa fuktigheten på gipsskivan vid de tre olika beräkningsfallen som beskrivs i figur 9.2. Figur 9.3 visar fuktigheten i en vägg med expanderad polystyren som putsbärare, figur 9.4 en vägg med mineralull. För båda figurerna gäller att man i beräkningen har tillfört fukt på gipsskivan i en omfattning av 1 % av slagregnmängden. Genom att i beräkningen tillföra en viss mängd fukt får man en uppfattning av konstruktionens fukttålighet. Om en liten tillförd fukt-mängd beräkningsmässigt ackumuleras i väggen innebär det att väggen är känslig för fukt. Valet av 1 % av slagregnmängden bygger på erfarenheter från USA (BSR/ASHRAE 160P)



Figur 9.3 Beräknad RF på gipsskivan. Tjockputs på EPS. Beräkningen är gjord med en fukttilförsel på gipsskivan av 1 % av slagregnmängden.



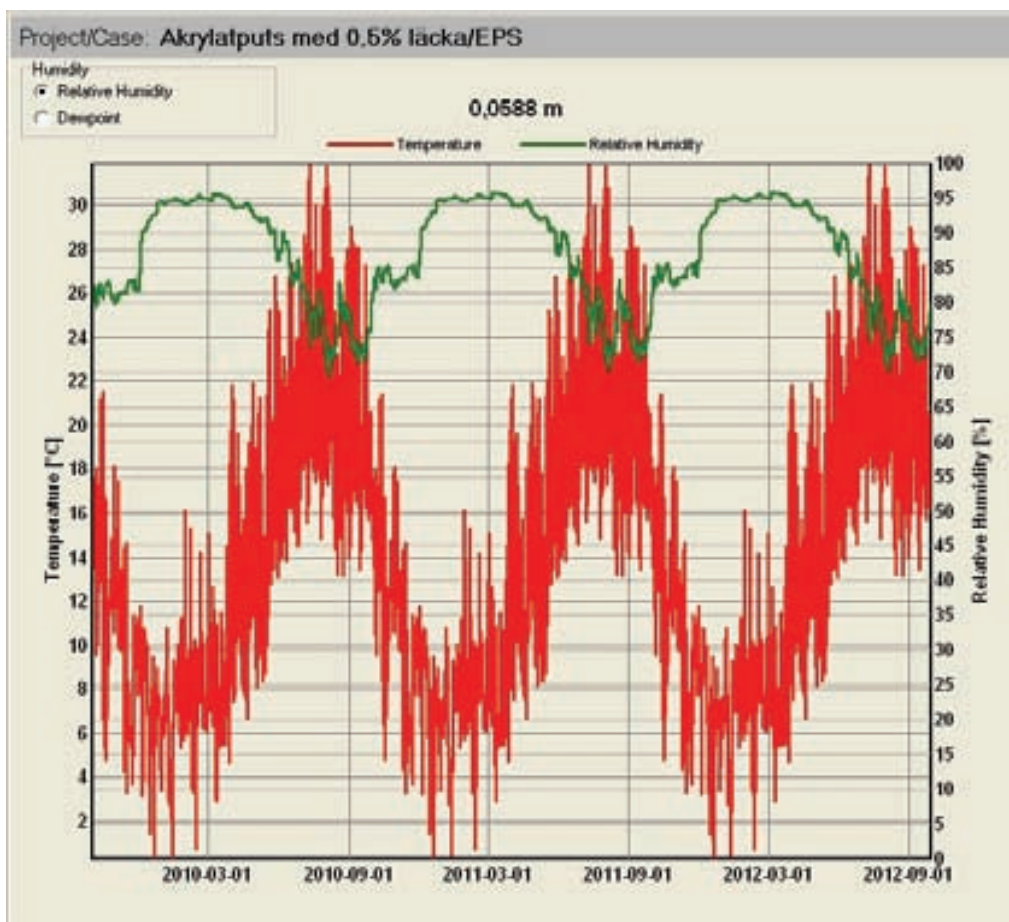
Figur 9.4 Beräknad RF på gipsskivan. Tjockputs på mineralull. Beräkningen är gjord med en fukttilförsel på gipsskivan av 1 % av slagregnmängden.

9.2.3 Risk för sommarkondens

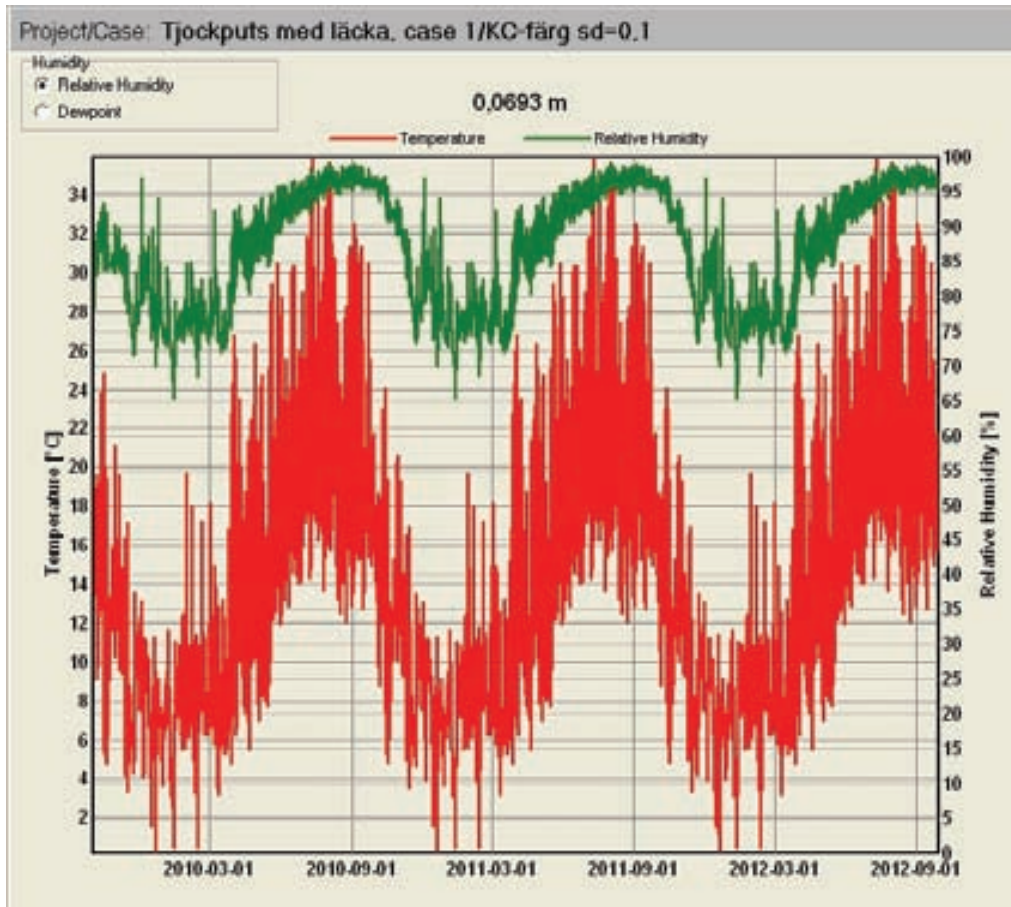
Per Karnehed har utfört WUFI-beräkningar för en 15 m hög fasad i utsatt läge i Lund för att undersöka risken för sommarkondens. Sommarkondens inträffar när solen skiner på en fuktig fasad och fukten drivs in i konstruktionen. Detta kan leda till kondens mot täta skikt inne i väggen. Följande förutsättningar har gällt vid beräkningarna:

- 15 m hög byggnad i sydvästläge i Lund
- Inläckande vatten på utegipsen antas vara 0,5 % av total slagregnmängd
- Konstruktionerna har haft följande konstruktion: puts, 50 mm isolering, utegips, isolering mellan reglar, plastfolie, gipsskiva
- Beräkningar har genomförts under tre års tid

I figurerna 9.5 och 9.6 visas exempel på beräkningsresultat.



Figur 9.5 Temperatur och relativ fuktighet på gipsskivans utsida under tre års simulering. Beräkningen avser en konstruktion med akrylatputs på expanderad polystyren.



Figur 9.6 Temperatur och relativ fuktighet på gipsskivans utsida under tre års simulering. Beräkningen avser en konstruktion med tjockputs på mineralull.

I tabell 9.1 visas en sammanfattning av beräkningsresultat för olika beräkningsfall.

Cementfritt spackelbruk	Akrylatputs	EPS	RF > 75 % nästan hela tiden
	Akrylatputs	Stenull	RF > 75 % mer än halva tiden
	Silikonhartsputs	EPS	RF > 75 % nästan hela tiden
	Silikonhartsputs	Stenull	RF > 75 % mer än halva tiden
Tunnputs, KC- bruk 6 mm	Akrylatputs	EPS	RF > 75 % nästan hela tiden
	Akrylatputs	Stenull	RF < 75 % mer än halva tiden
	Silikonhartsputs	EPS	RF > 75 % nästan hela tiden
	Silikonhartsputs	Stenull	RF < 75 % en stor del av tiden
Traditionell tjockputs 20 mm	Akrylatputs	Stenull	RF > 75 % hela tiden
	Akrylatputs	Stenull	RF > 75 % hela tiden
	KC-färg, ljus	Stenull	RF > 75 % hela tiden
	Kalkfärg, ljus	Stenull	RF > 75 % hela tiden
Hydrofoberad tjockputs 20 mm	Genomfärgad	Stenull	RF > 75 % mer än halva tiden
	KC-puts, ljus	Stenull	RF > 75 % nästan hela tiden

(Karnehed 2009)

9.2.4 Uttorkning av fukt i väggar med olika putssystem

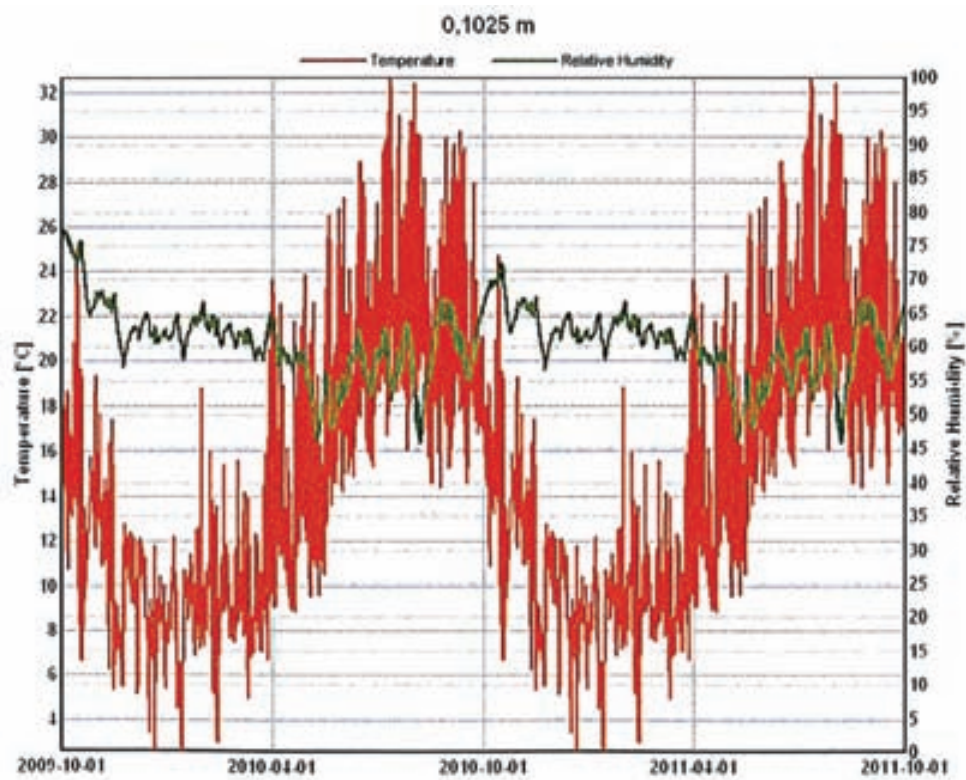
Maxit AB har genomfört WUFI-simulering av olika väggkonstruktioner i Lund-klimat. Konstruktionerna har följande uppbyggnad:

- Vägg typ A: Serpomin-systemet med 80 mm mineralull utanpå vindskyddsskiva Glasroc och 170 mm mineralull mellan stålreglar, plastfolie och invändig gipsskiva.
- Vägg typ B: Serporoc-systemet med 80 mm mineralull utanpå vindskyddsskiva Glasroc och 170 mm mineralull mellan stålreglar, plastfolie och invändig gipsskiva.

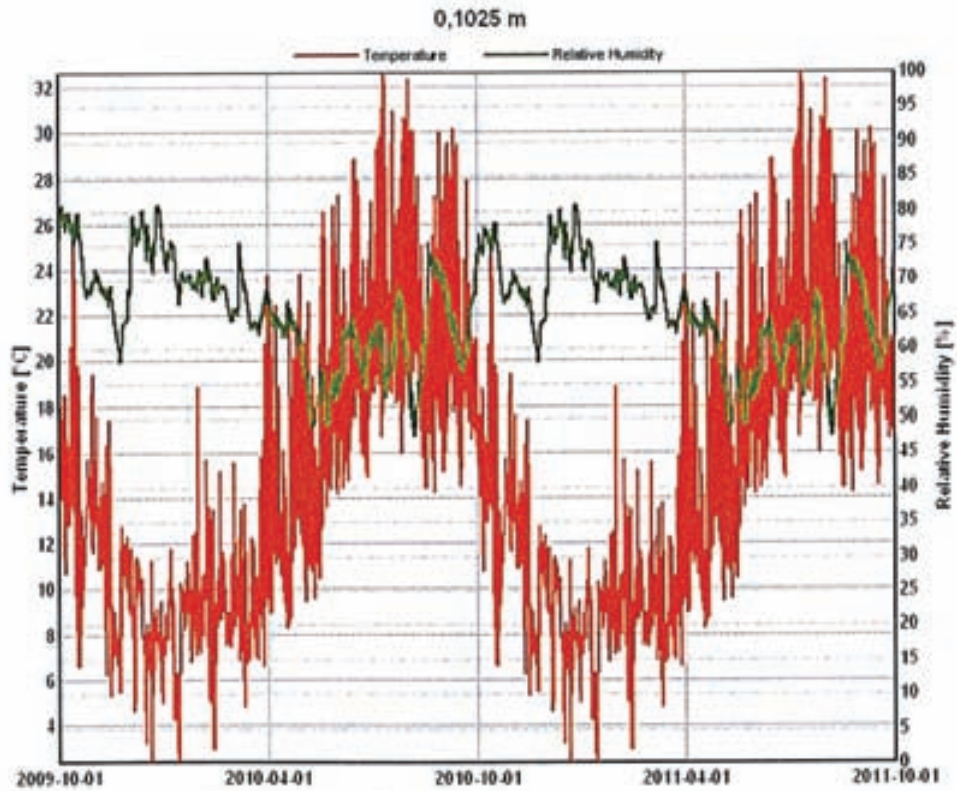
Följande beräkningsförutsättningar har gällt:

- För båda väggkonstruktionerna har simuleringen innefattat ett vattenläckage mot Glasroc-skivans utsida på 0, 0,5 och 1,0 % av det slagregn som träffar fasaden.
- Beräkningarna är gjorda för vägg mot sydväst.
- Byggnadens höjd är 10 m.
- Beräkningsresultaten visas i figurerna 9.7 – 9.10 nedan.

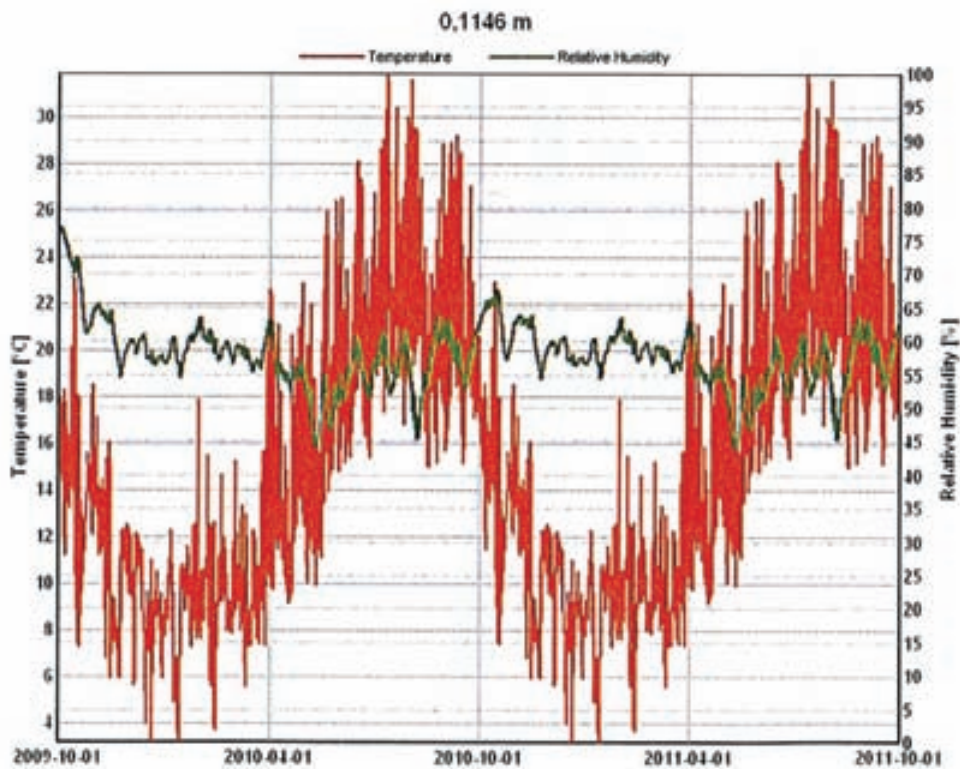
(Capener 2009)



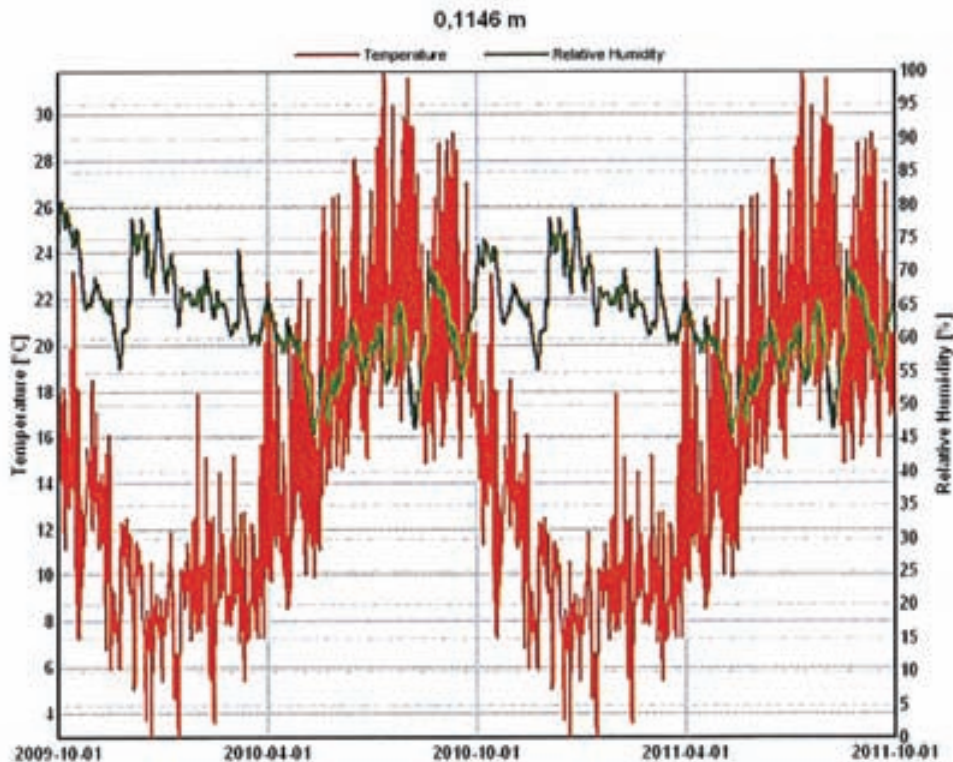
Figur 9.7 Serpomin-systemet utan läckage av slagregn. Figuren visar temperatur (röd kurva) och relativ fuktighet på Glasrocskivans insida under två års simulering



Figur 9.8 Serpomin-systemet med 1,0 % läckage av slagregn. Figuren visar en viss förhöjning av relativ fuktighet på Glasrocskivans insida



Figur 9.9 Serporoc-systemet utan läckage av slagregn. Figuren visar temperatur och relativ fuktighet på Glasrocskivans insida under två års simulering



Figur 9.10 Serporoc-systemet med 1,0 % läckage av slagregn. Figuren visar en viss förhöjning av relativ fuktighet på Glasrocskivans insida

9.2.5 Kommentar till beräkningsresultat

Med hjälp av beräkningar, som här med beräkningsprogrammet WUFI, kan man bedöma funktionen hos olika, alternativa konstruktioner. Programmet är mycket användarvänligt. När man har programmet på sin dator är det bara att börja räkna. Man kan bygga upp konstruktioner och utsätta dem för varierande klimat. När beräkningen av fukt- och temperaturtillstånd är klar, och det tar bara några sekunder, kan man snabbt kontrollera om materialen har torkat eller fuktats upp och om kritiska värden, t ex för mögeltillväxt, har överskridits. På så sätt får man en snabb bild av vad som är kritiskt och vad som är gynnsamt. Det finns emellertid skäl att varna för en övertro på resultaten från beräkningen.

I de här redovisade beräkningarna visas uttorkning av inbyggd fukt i figur 9.1 samt effekten av att omfördela värmeisoleringen i väggen. I figurerna 9.3 och 9.4 visas beräknad RF på gipsskivan vid olika konstruktioner och med en fuktillförsel på gipsskivan av 1 % av slagregnmängden. Denna fuktmängd antas i programmet vara jämnt fördelad i gipsskivan, dvs programmet tar inte hänsyn till att vatten i en verklig konstruktion fuktas upp lokalt. I en verklig vägg kommer således läckagen att ge fuktvärden över kritiskt värde på de ställen där vatten kommer in. Vad beräkningen visar är olika konstruktioners principiella möjlighet att torka.

Resultaten från beräkningarna som redovisas i figur 9.3 och 9.4 visar att

- En vägg med expanderad polystyren som putsbärare har beräkningsmässigt hög relativ fuktighet på gipsskivan. En vägg med mineralull fuktas också upp men torkar snabbare. Vid 50 mm utvändigt isolering hamnar gipsskivan beräkningsmässigt i ett

klimat nära det kritiska (om skivan har kartong som ytskikt). För övriga fall visar beräkningen torrare värden.

- En omfördelning av värmeisoleringen i väggen med mera isolering på gipsskivans utsidan innebär varmare och torrare klimat för gipsskivan. Detta syns både för en vägg med expanderad polystyren och för en vägg med mineralull.

Innan den kunskap som redovisas i figurerna 9.2 – 9.4 används och konstruktionerna ändras så att merparten av isoleringen hamnar utanför gipsskivan måste emellertid många frågor besvaras. Är det över huvud taget möjligt att ha så tjocka skikt av utvändig isolering? Går det att praktiskt bygga sådana konstruktioner, särskilt i höga hus? Kan anslutningarna mot fönster och fönsterinfästningar utföras på säkert sätt och ökar eller minskar risken för läckage vid genomföringar? Kan det bli andra problem än fuktproblem med hänsyn till t ex väggens lufttäthet, brandsäkerhet eller arbetarskydd?

Beräkningen av risken för sommarkondens som redovisas i figurerna 9.5 och 9.6 och i tabell 9.1 visar att sådan risk föreligger för många av de undersökta konstruktionerna. Det betyder att material inne i väggen måste tåla en sådan uppfuktning. Det är intressant att notera att de två figurerna 9.5 och 9.6 är fasförskjutna mot varandra. I en vägg med tunnputs och EPS blir det fuktigt på vintern men torkar på sommaren. I en vägg med tjockputs och stenull blir det torrt på vintern och fuktigt på sommaren.

Maxits beräkning av fukt i väggar med olika putssystem som redovisas i figurerna 9.7 – 9.10 visar att de valda systemen tillåter fukt att torka.

10 Laborieundersökningar

10.1 Provförfarande vid SP

Vid laborieundersökningar vid SP byggs väggar i ramar med måtten 3*3 m. I väggarna finns två fönster samt genomföringar för bjälklagsinfästning, skärmtak, belysning och ventilationsdon samt infästning av stuprör. Avsikten med provningen är att undersöka tätheten mot slagregn.

Väggarna utsätts för vattenbegjutning samtidigt som tryckskillnaden mellan ute och inne successivt ökas. Eventuella läckage mäts i strategiskt placerade mätpunkter samt noteras okulärt och fotograferas.



Figur 10.1 Provvägg 3*3 m för regntäthetsprovning med två fönster, ett skärmtak, en lampa, en ventil och en stupörsinfästning.



Figur 10.2 Provväggens baksida med markeringar för mätpunkter i anslutning till genomföringarna.

Provningen utförs enligt SS-EN 12865 "Bestämning av ytterväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck" procedur B t o m 600 Pa. I standarden finns två sätt att prova. Procedur A är en korttidsprovning som är lämplig för konstruktioner med icke sugande mate-

rial. Provningsen tar ca en timme att genomföra. Procedur B skall användas på konstruktioner med sugande material och där man kan förvänta ett långsammare förlopp. Denna provning tar 5 - 6 timmar.

Fuktgivare (resistansmätningstrådar) för indikeringar av fukt monteras på känsliga ställen i konstruktionen i samband med uppbyggnaden, ca 100 mm under detaljer som skall kontrolleras.

10.2 Resultat

I tabell 10.1 redovisas resultat från genomförda laborieprovningar av olika system. Tabellen anger om väggen som helhet har varit tät eller ej samt vid vilka genomföringar som det har läckt. I tabell 10.2 visas några resultat där alla provade detaljer finns med och där det framgår vilka detaljer som hållit tätt och vilka som har orsakat läckage.

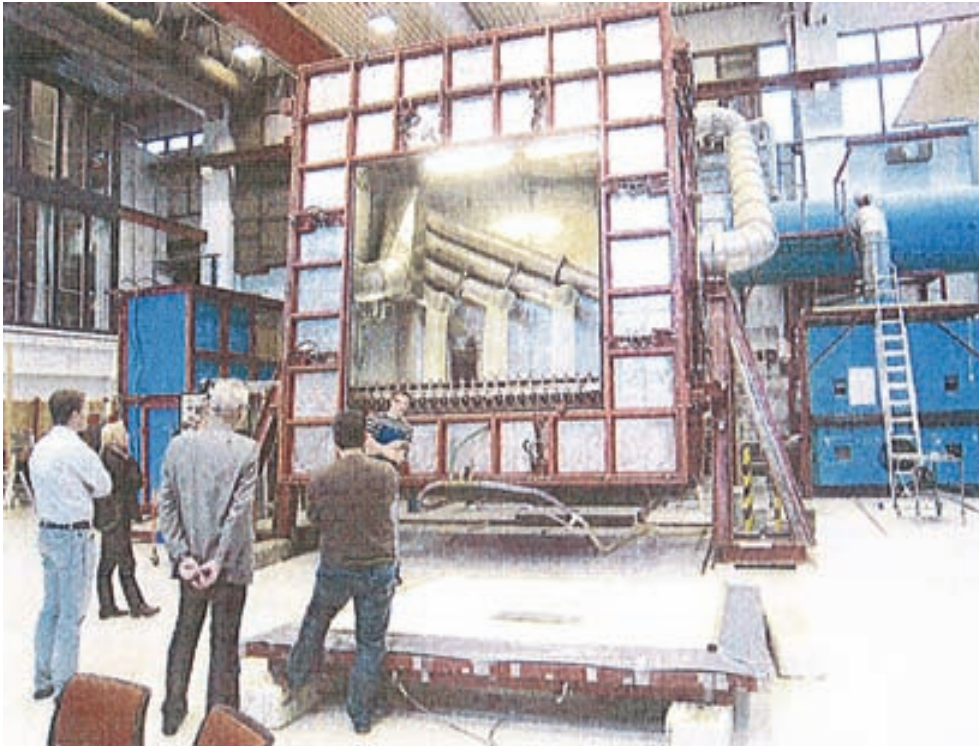
Tabell 10.1 Resultat från några genomförda laborieprovningar på väggar med olika uppbyggnad. Med system 1 menas enstegstätad vägg, system 2 tvåstegstätad, dränerad vägg och system 3 tvåstegstätad, ventilerad och dränerad vägg.

System	Puts-tjocklek mm	Putsbärare	Läckagepunkter	Kommentar
1) Puts på expanderad polystyren, EPS	7-8	Expanderad polystyren, EPS	Vid 0 Pa vid bjälklagsgenomföring, vid 150 Pa vid elanslutning till lampa, vid 150 Pa under fönsterhörn	Otätt
2) Puts på spårad expanderad polystyren, EPS med spåren vända mot vindskyddet	8-12	Expanderad polystyren, EPS	Vid 300 Pa vid syll. Det fanns fuktmarkeringar i dräneringszonen	Kraftigt läckage vid elskåp som berodde på felaktig konstruktion. Tätt i övrigt
2) Dräneringsspalts mellan mineralull och vindskydd	12-14	Mineralull	Vid 150 Pa vid syll Vid 300 Pa läckte det även vid elskåp	Kraftigt läckage vid elskåp som berodde på felaktig konstruktion. Tätt i övrigt
1) Puts på mineralull	25-30	Mineralull	Vid 0 Pa vid elskåp Vid 150 Pa under fönster Vid 300 Pa vid bjälklagsanslutning	Otätt
3) Puts på skiva, luftat system, utan inre vindskydd vid prov	5-10	Skiva	Vid 0 Pa på insidan av cementskivan under fönster Vid 150 Pa på insidan av cementskivan under elskåp	Otätt
1) Puts på mineralullsskiva	20	Mineralull	Vid 0 Pa under fönster och bjälklagsgenomföringar Vid 600 Pa under syll	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 0 Pa
1) Puts på mineralullsskiva	20	Mineralull	Vid 0 Pa under fönster, vid ventil och vid bjälklagsanslutning	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 0 Pa
1) Puts på mineralullsskiva	20	Mineralull	Vid 0 Pa vid takfot och fönster Vid 450 Pa genom ett lossnat anslutningsband som var felaktigt monterat	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 450 Pa
1) Puts på mineralullsskiva	7-10	Mineralull	Vid 150 Pa under fönster och vid bjälklagsanslutning	Otätt Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 150 Pa

System	Puts- tjocklek mm	Putsbärare	Läckagepunkter	Kommentar
3) Puts på skiva, luftat system	7-10	Skiva	Vid 0 Pa under fönster Vid 150 Pa vid syll	Otätt Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 0 Pa
3) Puts på skiva, luftat system	7-10	Skiva	Vid 600 Pa vid syll	Läckage som kan härledas till brist vid montering av bitumenpapp skedde vid 600 Pa. I övrigt tätt.
1) Puts på cellplast	8-10	Expanderad polystyren, EPS	Vid 400 Pa under fönster	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 400 Pa
3) Puts på skiva, spårad mineralull (utsidan spårad)	6-8	Skiva	Vid 0 Pa under fönster Vid 450 Pa vid bjälklagsanslutning	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 0 Pa
3) Puts på skiva, dränagezon utanför isole-ring	6-8	Skiva	Vid 450 Pa under syll Vid 600 Pa vid fönsteranslutning	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 450 Pa
3) Puts på skiva, dränagezon utanför isole-ring	5-10	Skiva	Flertal läckage uppstod, läckage-tryck och punkter framgår ej	Otätt. Isolering ej med under prov. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 0 Pa
3) Puts på skiva	3-4	Skiva	Vid 0 Pa under fönster, under fäste för markis och under fäste för stup-ränna	Otätt. Läckage som kan härledas till brister i systemet skedde vid 0 Pa
2) Puts på spårad expanderad polystyren, EPS, spåren mot vindskyddet	5-10	Expanderad polystyren, EPS	Vatten konstaterades i dränerings-spalten	Tätt. Efter provet konstaterades kvarvarande vatten i dräneringsspalten, blockerat dränage
2) Puts på spårad expanderad polystyren, EPS, spåren mot vindskyddet	10-14	Expanderad polystyren, EPS	Vatten konstaterades i dränerings-spalten	Tätt
2) Puts på dränerad stenull, dräneringen mot vindskyddet	10-14	Stenull	Vatten konstaterades i dränerings-spalten	Tätt
2) Dränerande expanderad polystyren, EPS med spåren mot vindskyddet	5-10	Expanderad polystyren, EPS	Vid 300 Pa under fönster. Fuktmarkeringar noterades även vid syll efter genomfört prov	Otätt

10.3 Laboratorieprovningar vid SINTEF Byggforsk i Trondheim

Skanska har låtit genomföra täthetsmätningar på väggelement med luftad fasad vid SINTEF-Byggforsk i Trondheim. Mätningar har genomförts enligt metod A i NS-EN 12865:2001 på tre väggar med olika fönster. Resultatet från denna provning var att alla tre väggarna var täta vid alla laststeg (SINTEF-Byggforsk 2008).



Figur 10.3 Laboratorieprovning av regntäthet vid SINTEF-Byggforsk i Trondheim.

10.4 Kommentar till resultat från laboratorieprov

De första provningarna som genomfördes på SPs laboratorium var på enstegstätade väggar med puts på expanderad polystyren, EPS och puts på mineralull. Dessa provväggar uppfördes av lokala byggare som följde vanliga typritningar och utförde arbetet på det sätt som de ansåg vara rätt. Vid provning av dessa väggar fann vi läckage vid de flesta genomföringar. Dessa prov bekräftade att undersökningen på laboratoriet kunde efterlikna de läckage som vi erfarenhetsmässigt har sett i fält.

Övriga laboratorieprov har utförts på väggar som har byggts upp av personal från företag som har utvecklat och testat sina system. Därvid har man successivt fått fram allt bättre lösningar för detaljer.

Resultaten från laboratorieprovningarna kan synas negativa när det har skett läckage i samband med de flesta proven. Men i provningarna vid SP har många olika detaljer ingått. De flesta av dem har varit täta och i de fall det har läckt in vatten har det skett i detaljer som successivt har förbättrats tills de blivit bra. Tabell 10.1 ovan visar således resultat under utveckling.

Av tabell 10.2 framgår att vissa detaljer är svårare att få täta än andra. Anslutningar vid fönster och dörrar, balkonggenomföringar och skärmtak kräver noggrannhet. För att utveckla bättre och säkrare detaljlösningar kring fönster startade ett branschgemensamt SBUF-projekt hösten 2008. Projektet skall avrapporteras under hösten 2009.

Tabellerna 10.1 och 10.2 visar att laboratorieprovningar av provväggar med alla tre systemlösningar har varit täta. Många detaljer har utvecklats efterhand. Det betyder att det är möjligt att utföra dessa väggar så att de klarar de belastningar som de kan komma att utsättas för. Förutsättningen är att arbetet som har lett till bra resultat på laboratoriet också går att utföra på en byggarbetsplats. Därför behövs kvalitetssäkring.

Provningarna vid SINTEF-Byggforsk visade att den ventilerade, tvåstegstätade fasaden var tät med tre olika inmonterade fönster.

För att ett fasadsystem som har fått goda resultat vid laboratorieprovningen också skall uppnå hög kvalitet på en färdig vägg skall

- säkerställande av acceptabla fuktvärden ske genom fuktmätning av underlag före påbörjande. Man skall inte bygga i fukt i väggen.
- montage av fönster och andra detaljer kvalitetssäkras.
- systemdokumentation som arbetsanvisningar, checklistor och egenkontrollplaner följas.
- det visas t ex genom beräkningar att fukt som kommer in i väggen hinner torka innan skadlig uppfuktning sker.
- valda materials beständighet vara dokumenterad.
- arbetet utförs av utbildad personal.

11 Åtgärder i redan byggda hus

Ett råd till den fastighetsägare som har ett hus med putsad, enstegstätad träregelvägg är att om man har eller misstänker att man har problem med väggen bör man låta genomföra en inventering. En sådan inventering utförs av skadeutredare med kunskap om mätteknik och hur resultaten skall tolkas. En lista över skadeutredare som utför inventeringar finns på www.sp.se. När inventering genomförts kan det räcka med en översyn av fasaderna om resultatet av inventeringen är gott. I andra fall kan det krävas mera omfattande åtgärder allt beroende av resultatet.

I befintliga väggar är det viktigt att säkerställa att fukt inte kan tränga in vid otäta detaljer. Vad som är otätt kan vara svårt att avgöra för den som inte är fackman. Det kan å ena sidan komma in vatten genom mycket små, knappt synliga otätheter. Å andra sidan finns det anslutningar som för en lekman ser otäta ut men som skall vara öppna. Vid fönster friskärs t ex putsen och i ett sådant fall finns det tätning längre in i väggen. En sådan friskuren detalj skall inte tätas till.

Kommer fukt in i väggen kan den i vissa fall inte torka innan det blir skador (beroende på putstyp, typ av isolering och skiva). Det gäller att hindra fukt att komma in såväl vid anslutningar t ex mellan dörr, fönster och fasad som vid infästningar av t ex balkonger, stuprör, utomhusbelysning etc.

Övergången mellan fasad och bottenplatta är ett känsligt ställe. En felmonterad fotplåt kan leda in vatten istället för att dränera bort det. Även vägghörn är känsligt vid felmontage av isolerskivor. I själva hörnet är isolerskivorna monterade mot varandra med en stumfog. Om stumfogen är alltför bred och fylld med puts kan vatten ledas in.

Det är vanligt att indikationer på högt fukttillstånd förekommer i första hand i de fasader som ligger i vindutsatt läge men inte i övriga. Det behöver inte betyda att det inte finns risk för framtida skador även på väggar i vindskyddat läge. Vid slagregn från annat håll kan skador inträffa även där. Detta bör beaktas vid beslut om åtgärder. Normalt skall man se över alla detaljer. Tabell 11.1 nedan anger principer för åtgärder i olika fall. Principerna tillämpas för väggar där man med indikerande mätningar och i förekommande fall även friläggning har konstaterat skador. De föreslagna åtgärderna syftar till att ge en långsiktigt hållbar, fuktsäker vägg.

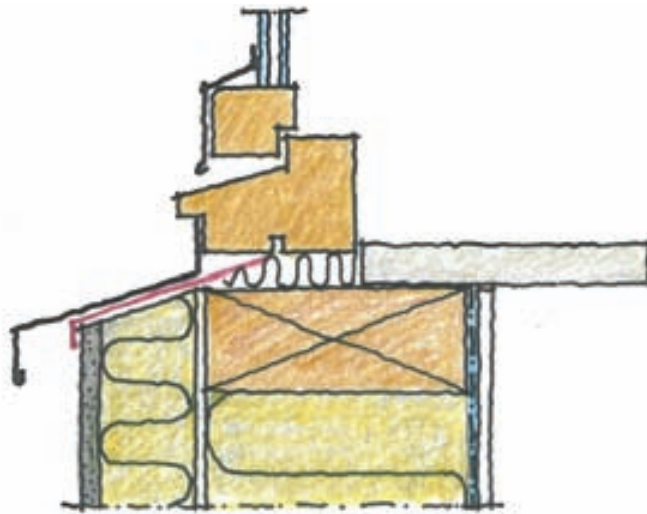
Om inga tecken på varaktig uppfuktning eller skada finns, (inga avvikande fuktindikationer och ingen synlig påväxt vid friläggning), kan väggen lämnas men bör följas upp regelbundet. Dock skall eventuella, synliga otätheter* åtgärdas på ett hållbart sätt.

Om det finns enstaka indikationer på varaktig uppfuktning och skador och dessa är lokaliserade i anslutning till detaljer som är otäta kan åtgärden begränsas till lokala åtgärder där skadat material byts och den enstegstätade fasaden återställs med fungerande detaljlösningar. Därefter bör väggen följas upp med regelbundna kontroller.

Tabell 11.1 Principer för bedömning av åtgärdsomfattning i olika fall. Åtgärder måste bedömas i varje enskilt fall.

Resultat efter genomförd skadeinventering	Åtgärdsprincip
Vägg utan tecken på varaktig uppfuktning eller skador.	Passa på att se över detaljer, täta [†] på ett hållbart sätt och följ upp.
Vägg med enstaka tecken på varaktig uppfuktning eller skador.	Frilägg lokalt vid skador. Identifiera skadeorsaken. Byt skadat material. Återställ på sådant sätt att skada inte uppstår igen. Använd fuktsäkra detaljer, infästningar och anslutningar.
Vägg med omfattande tecken på varaktig uppfuktning eller skador	Frilägg. Identifiera skadeorsaken. Byt skadat material. Återställ på sådant sätt att skada inte uppstår igen. Använd fuktsäkra detaljer, infästningar och anslutningar. Alternativt bygg om till bättre konstruktion, t ex konstruktioner som är under utveckling, se kapitel 12, med väl utförda detaljer och gott utförande.

Med fuktsäkra detaljer menas att detaljen utförs t ex tvåstegstätad så att eventuellt in-trängande vatten leds ut igen. Kring fönster och dörrar anbringas vattenutledande skikt och genomföringar utförs med lutning. Figur 11.1 visar exempel på tvåstegstätning under fönster. I avsnitt 12.4 visas några andra exempel på tvåstegstätade detaljer.



Figur 11.1 Tvåstegstätad detalj. Principiellt utförande under fönster.

[†] Vad som är otäta detaljer och hur dessa skall tätas skall bedömas av fackman

12 Konstruktioner under utveckling

I detta avsnitt diskuteras tre konstruktionsprinciper för putsade regelväggar som, med väl genomtänkta och rätt utförda detaljer, alla har visats kunna fungera vid provning i laboratorium. Om väggarna byggs på samma sätt, framför allt med kvalitetssäkrade detaljlösningar skulle de kunna ge önskad funktion även i full skala. För detta krävs väl genomtänkta detaljer, robusta material och väl utfört arbete.

I dagsläget finns det inte tillräckliga erfarenheter och uppföljningar från fullskaletester eller från användning i verkliga projekt för att kunna ge några generella rekommendationer för konstruktioner för nybyggnad.

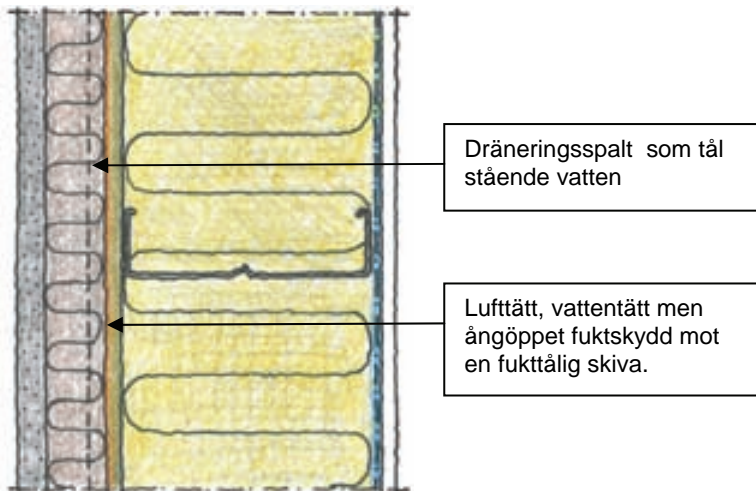
Företagen som är representerade i projektgruppen har alla valt olika systemlösningar för att hantera alltifrån projektering till genomförande. Gemensamt är dock att alla arbetar med någon av de här beskrivna lösningarna.

12.1 Putsad, tvåstegstätad, dränerad regelvägg

Konstruktionen består av puts på isolering, dräneringsspal, fuktskydd, vindskyddsskiva, värmeisolering mellan slitsade plåtreolar, tätskikt och gipsskiva. Principen är att vatten skall kunna dräneras ut i dräneringsspalten som inte är ventilerad utan bara öppen nedtill så att vatten kan rinna ut. Vindskyddsskivan skyddas med ett lufttätt och vattentätt men ångöppet fuktskydd. Detta skikt kallas i Nordamerika för ”secondary moisture barrier” eller ”second wrapping” och innebär att väggen får en slags tvåstegstätning. Om dräneringsspalten står i förbindelse med uteluften kommer en viss tryckutjämning att ske, ju mera desto bättre. Om tryckfallet vid slagregn hamnar över detta inre, lufttäta skikt minskar risken för att vatten pressas in genom yttre otätheter.

Följande punkter är viktiga för att erhålla en välfungerande väggkonstruktion:

- Risken för sommarkondens skall utvärderas i varje objekt för val av stommaterial
- Fuktskyddet skall utföras heltäckande och lufttätt även i anslutningar
- Utvändig vindskyddsskiva utförs av fukttåligt material
- Det skall finnas en vattenavledande funktion som hindrar ev vatteninträning från att nå syllen eller fönster- eller dörrkarmens ovansida
- Stor omsorg bör läggas både i projekteringsfasen och utförandefasen av plåtdetaljer och genomföringar i fasad
- Den invändiga luft- och ångspärren skall utföras lufttät



Figur 12.1 Tvåstegstätad, dränerad, regelvägg. Väggen måste utföras med detaljlösningar som innebär att eventuell inläckande fukt dräneras ut.

Eventuell fukt i dräneringsspalten kan påverka fuktinnehållet i skivan. Eftersom det lufttäta och vattentäta skiktet skall vara ångöppet kan det innebära att skivan tidvis utsätts för hög relativ fuktighet som materialet måste tåla.

Fördelar

- Konstruktionen är kompakt och ger en välisolerad vägg
- Vatten som tar sig in i det yttre isoleringsskiktet kan dräneras ut så att de inre delarna av väggen inte fuktas upp
- Eftersom det vattentäta skiktet i spalten även är lufttätt minskar risken för läckage genom otätheter i den yttre delen
- Tryckfallet i väggen tas upp av det lufttäta och vattentäta skiktet

Nackdelar

- Det vattentäta och lufttäta fuktskyddet måste appliceras och inspekteras innan väggen färdigställs. Man måste i produktionsskedet försäkra sig om att skarvar och genomföringar har samma täthet
- Fuktskyddet är inte åtkomligt för inspektion och underhåll i den färdiga väggen.
- Kvaliteten och funktionen avgörs av arbetsutförandet
- Skulle vatten ta sig in bakom skiktet blir det svårt att torka ut. Fukten måste diffundera ut
- Fukt som kommer in minskar väggens värmeisolerande förmåga. För fukt inne i väggen som torkar är den dränerande spalten inte till någon hjälp
- Den dränerande förmågan har utvärderats för väggsystem på enbostadshus. För högre byggnader har dränerande system ännu inte utvärderats i Sverige
- Ställningsinfästningar under byggskedet kan punktera det lufttäta och vattentäta fuktskyddet vid bygge i flera våningar

Erfarenheter från laboratorieprovningar

- Erfarenheter från laboratorieprovningar av vattentätethet och dräneringsfunktion är goda i Sverige liksom från Nordamerika (EIFS-väggar)

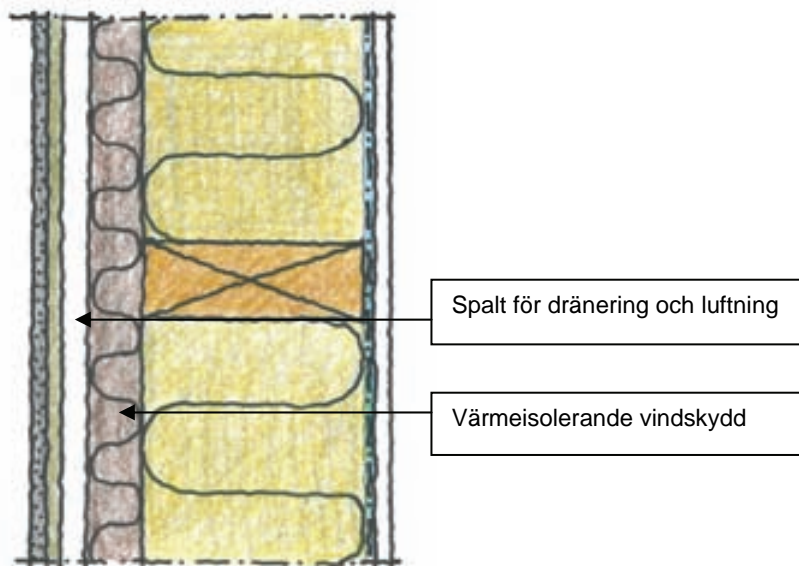
Erfarenheter från fält

- Det finns ännu inga erfarenheter från svenska fältstudier men systemet har använts i mer än tio år i Nordamerika i både småhus och flerbostadshus

12.2 Putsad, tvåstegstätad, ventilerad regelvägg

En putsad, tvåstegstätad, ventilerad regelvägg har en putsad, utvändig skiva, luftspalt, isolerande vindskydd utanpå en isolerad regelkonstruktion. Luftspalten står i förbindelse med uteluften vilket innebär att tryckfallet hamnar längre in i väggen. Följande punkter är viktiga för att erhålla en välfungerande väggkonstruktion.

- Puts och utvändig skiva skall utföras så att teknisk funktion bibehålles över tid.
- Luftspalten skall utföras så att luftväxling kan ske obehindrat. Detta sker bäst med vertikala bärreglar
- Omsorg måste ägnas åt luftningsdetaljer och ventilationsspaltens utformning.
- Utvändig vindskyddsskiva utförs av material som är vattenavvisande och mögelresistent
- Vattenavledande funktion som hindrar ev vatteninträngning från att nå syllen eller fönster- eller dörrkarmens ovansida
- Stor omsorg bör läggas både i projekteringsfasen och utförandefasen av plåtdetaljer och genomföringar i fasad
- Den invändiga luft- och ångspärren skall utföras lufttät



Figur 12.2 Tvåstegstätad, ventilerad regelvägg med puts på utvändig fuktålig skiva. Väggen måste utföras med detaljlösningar som innebär att eventuell inläckande fukt dräneras bort.

Det är av avgörande betydelse att detaljer utförs så att eventuellt inläckande vatten kan ledas ut igen utan att fukta upp väggen.

Norges Byggeforskningsinstitut/SINTEF har gjort en brandteknisk utvärdering av fasadsystemet och menar att systemet kan användas på byggnader om

- invändig vindspärr har samma brandtekniska klass som fasadskivan. I praktiken betyder det att man skall använda en obrännbar vindspärrsskiva av t ex stenull
- det inte förekommer brännbar isolering bakom vindspärren.

(Norges Byggeforskningsinstitut/SINTEF 2005)

Fördelar

- Tvåstegstätad, välisolerad vägg som innebär att regntäthet och lufttäthet skiljs åt.
- Vid en otäthet kan vattnet inte pressas in i väggen. Eventuellt läckage från regn kan dräneras ut eller torka i den ventilerade luftspalten.

Nackdelar

- Konstruktionen är något tjockare än en kompakt enstegstätad vägg.

Erfarenheter från laboratorieprovningar

- Goda

Erfarenheter från beräkningar

- Beräkningar har gjorts på tvåstegstätade väggar med träpanel. Resultaten visar att fukt som kommer in har god möjlighet att torka i luftspalten.

Erfarenheter från fält

- Erfarenheter finns av ca tio års användning av denna konstruktion för kontorshus och småhusbyggande i Sverige.
- I Norge har ventilerade väggar med utvändig puts på flerfamiljshus funnits i minst 10 år.
- I Nordamerika förekommer konstruktionsprincipen i de rekommendationer som ges för EIFS-väggar.
- I Tyskland började systemet användas i början av 1990-talet.
- Uppföljningar med mätningar har ännu inte gjorts.

12.3 Modifierad, putsad, enstegstätad regelvägg

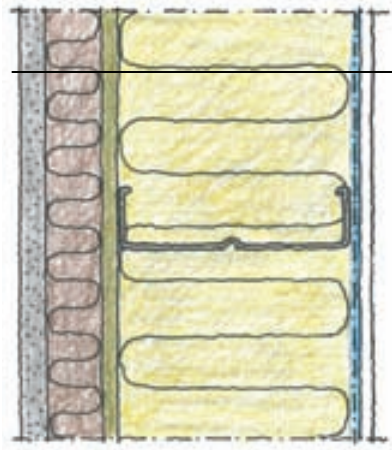
För att få en fuktsäker putsad enstegstätad regelvägg krävs att de tidigare vanligaste konstruktionerna modifieras och utvecklas, att lämpliga, fukttåliga material används och framför allt att detaljlösningarna arbetas genom så att de är fuktsäkra. Att detta är möjligt har visats vid laboratorieprovningar.

Principen för en modifierad, enstegstätad vägg som utförs kvalitetssäkrad med fukttåliga material exemplifieras av figur 12.3. Alla detaljer måste utföras så att eventuell inläckande fukt dräneras ut, se figurerna 11.1 och 11.2.

Följande punkter är viktiga för att erhålla en välfungerande väggkonstruktion:

- 20 mm putssystem utförs vattensugande och med goda uttorkningsegenskaper
- 8 – 10 mm putssystem utförs vattenavvisande och med goda uttorkningsegenskaper
- Risken för sommarkondens skall utvärderas i varje objekt
- Putsbäraren utförs av mineralull
- Utvändig vindskyddsskiva utförs av oorganiskt material som är vattenavvisande och mögelresistent
- Regelstommen bör utföras i oorganiskt material

- Vattenavledande funktion som hindrar ev vatteninträngning från att nå syllen eller fönster- eller dörrkarmens ovansida
- Stor omsorg bör läggas både i projekteringsfasen och utförandefasen av plåtdetaljer och genomföringar i fasad
- Den invändiga luft- och ångspärren skall utföras lufttät



- Puts
- Putsbärare, mineralull
- Yttre, fuktsäker skiva
- Isolering mellan stålreglar
- Luft- och ångtätning
- Invändig gipsskiva

Figur 12.3 Modifierad, putsad, enstegstätad vägg med fukttåliga material. Väggen utförs med detaljlösningar som innebär att eventuell inläckande fukt dräneras ut.

Fördelar

- Konstruktionen är kompakt och ger en välisolerad vägg.

Nackdelar

- Kvaliteten och funktionen avgörs av arbetsutförandet
- Väggens tryckfall tas av det yttre putsskiktet. Otätheter vid anslutningar kan leda till läckage

Erfarenheter från laboratorieprovningar av modifierad vägg

- Det har vid laboratorieprovningar visats att den modifierade konstruktionen med förbättrade detaljer klarar regn- och vattenbelastning.

Erfarenheter från beräkningar

- Beräkningar med programmet WUFI visar att konstruktioner med mineralull och tjockputs är mindre känsliga för att fukt samlas inne i väggen än konstruktioner med tunnputs och expanderad polystyren, EPS
- Beräkningar visar att konstruktioner med tjockputs på mineralull kan ge sommarkondens beroende på putsens egenskaper och kulör. Detta ställer särskilda krav på valet av vindskyddsskiva och reglar

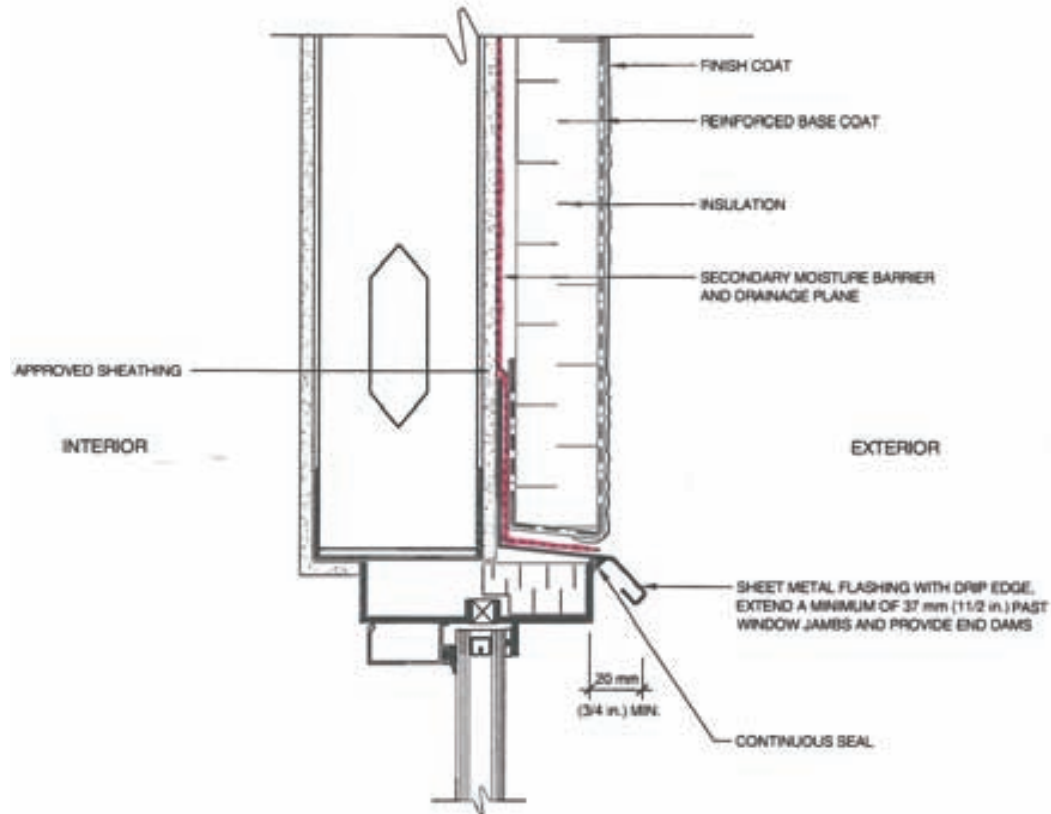
Erfarenheter från fält med modifieringar enligt ovan

- Det finns inte ännu erfarenheter från svenska fältstudier med denna modifierade vägg.

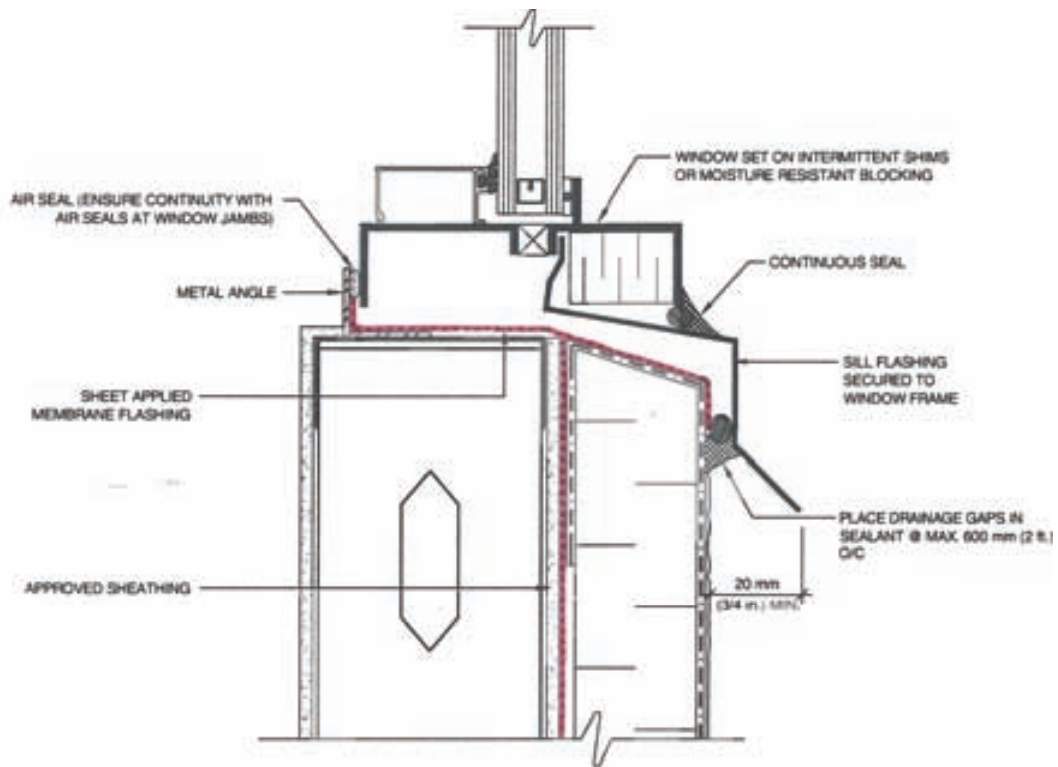
12.4 Fuktsäkra detaljer

Med fuktsäkra detaljer menas att detaljen utförs t ex tvåstegstätad så att eventuellt inträngande vatten leds ut igen. Kring fönster och dörrar anbringas vattenutledande skikt

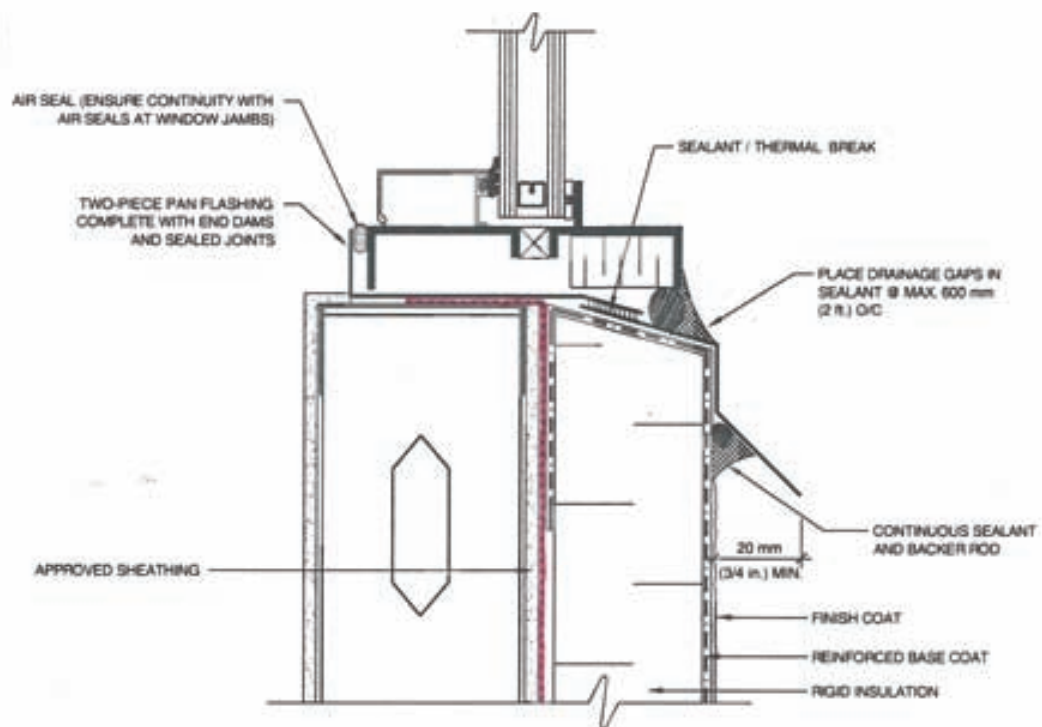
och genomföringar utförs med lutning. Figur 12.4 - 12.7 visar exempel på tvåstegstätade detaljer. Detaljerna är hämtade ur en kanadensisk bygghandledning och visar vanliga konstruktioner för nordamerikanska byggnader (CMHC 2004). I figurerna markeras de skikt som ger konstruktionerna det inre fuktskydd som i praktiken innebär tvåstegstätning. Dessa skikt skall vara vattentäta eller vattenavvisande men samtidigt släppa genom vattenånga.



Figur 12.4 Tvåstegstätad detalj. Principiellt utförande över fönster. Detaljen är hämtad från en kanadensisk bygghandledning som visar vanliga konstruktioner för nordamerikanska byggnader (CMHC 2004).

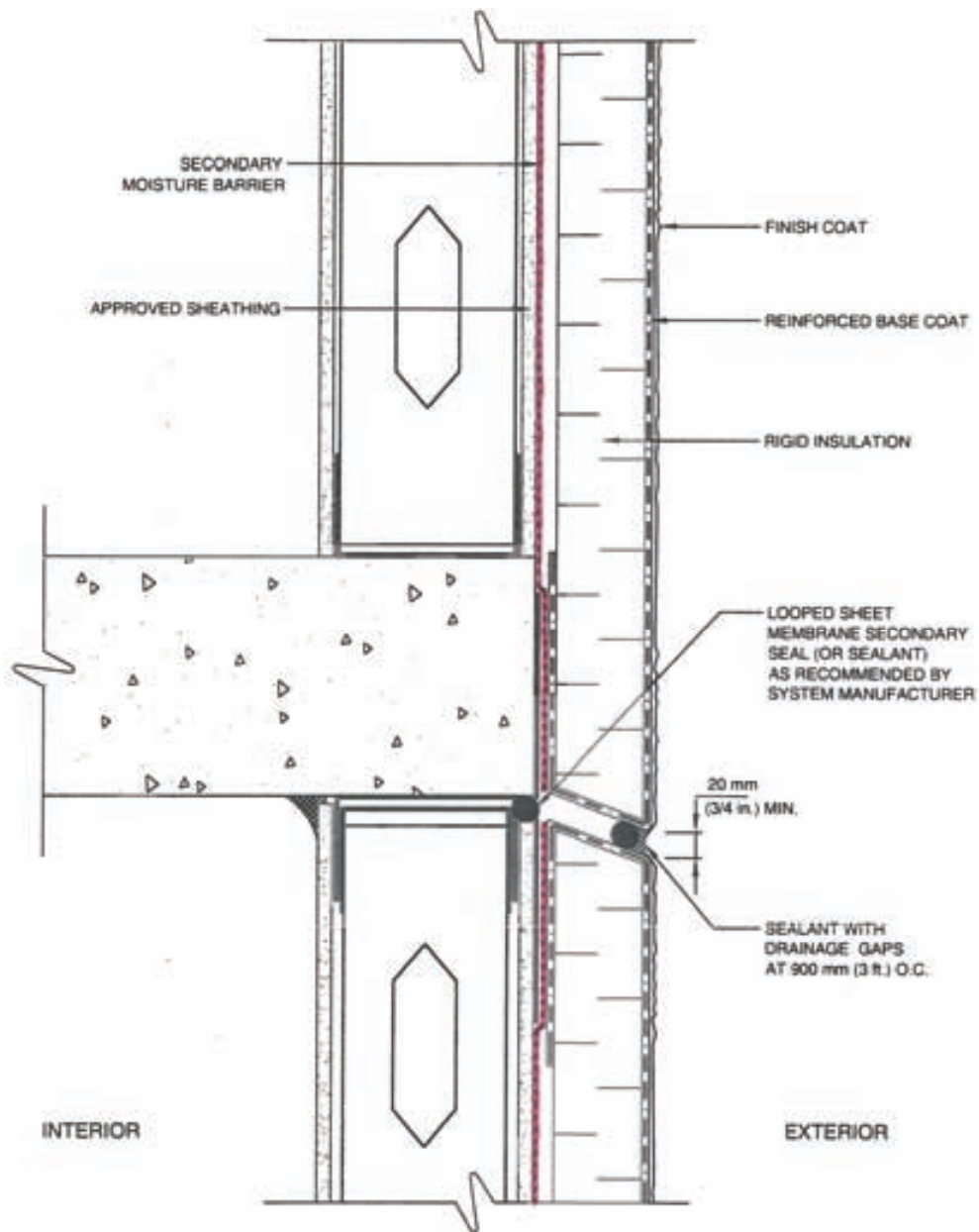


ALTERNATIVE 1 - SHEET APPLIED MEMBRANE FLASHING

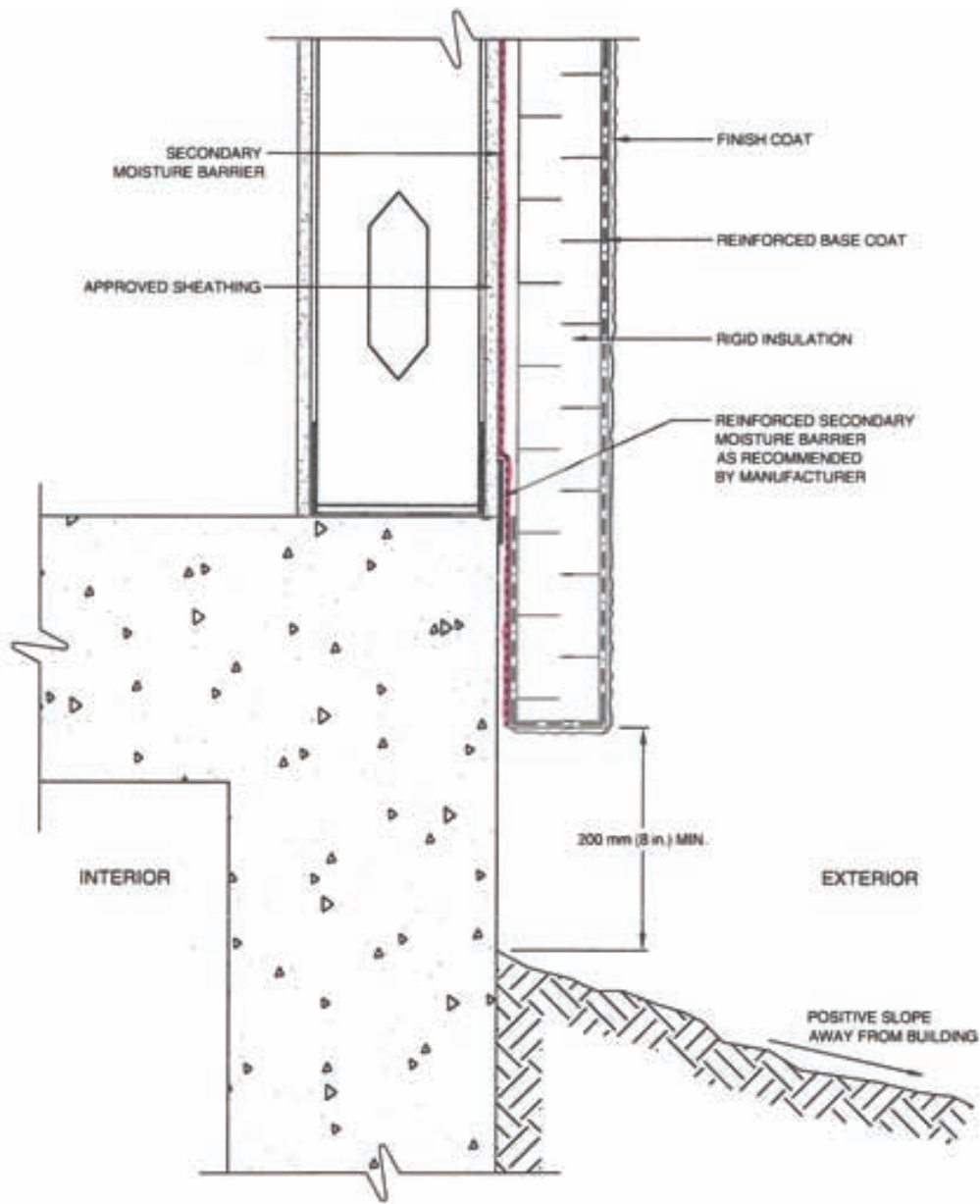


ALTERNATIVE 2 - PAN FLASHING

Figur 12.5 Tvåstegstättad detalj. Principiellt utförande under fönster. Detaljerna är hämtade från en kanadensisk bygghandledning som visar vanliga konstruktioner för nordamerikanska byggnader (CMHC 2004).



Figur 12.6 Principiellt utförande vid bjälklagskant. Detaljen är hämtad från en kanadensisk bygghandledning som visar vanliga konstruktioner för nordamerikanska byggnader (CMHC 2004).



Figur 12.7 Principiellt utförande vid anslutning till grund. Detaljen är hämtad från en kanadensisk bygghandledning som visar vanliga konstruktioner för nordamerikanska byggnader (CMHC 2004).

12.5 Kostnader

Veidekke har gjort en kostnadsjämförelse för nybyggnad mellan de tre väggalternativen i kapitel 12.1 – 12.3.

Kostnaden för fasad och BTA anges inklusive entreprenadomkostnader men utan moms.

Vid beräkningen har man använt kvoten 0.6 mellan fasad och BTA. Kostnaden kan skilja sig beroende på husets höjd och ställningskostnader.

Dränerande, tvåstegstätad konstruktion enligt 12.1.

Fasadkostnad: 2700 kr/m²

BTA: 1630 kr/m²

Tvåstegslösning som i 12.2.

Fasadkostnad: 2700 kr/m²

BTA: 1630 kr/m²

Modifierad enstegslösning enligt 12.3.

Fasadkostnad: 2300 kr/m²

BTA: 1380 kr/m²

(Kellner 2009)

13 Kvalitetssäkring vid nybyggnad

För att kunna avgöra ett fasadsystems prestanda (inklusive anslutningsdetaljer) så behöver provning och utvärdering ske. För att kunna garantera kvalitén i den löpande platstillverkningen/montaget så tillämpas särskild kvalitetssäkring av detta.

Ett fasadsystem består vanligtvis av många olika komponenter som sätts samman. Även om respektive komponent har erforderliga materialegenskaper så behöver funktionen i respektive skarvning/anslutning mellan komponenter/material/detaljer klargöras för att kunna garantera en heltäckande funktion. Dessutom måste de ingående komponenterna vara kompatibla med varandra och helst kunna monteras i förväntat uteklimat.

Av en yttervägg krävs många egenskaper/funktioner (t ex stoppa nederbörd, tillåta uttorkning om fukt oavsiktligt skulle komma in, inte orsaka brandspridning, klara vindlaster, vara beständig och motståndskraftig över tiden med avseende på fukt, värme, kyla, UV-ljus och mikrobiell påväxt) för att kunna skydda bakomvarande vägg.

Ett fasadsystem är vanligtvis en komplex produkt vilket gör att montaget kan få stor betydelse för kvalitén. Därför bör platstillverkningen ske av specialutbildade personer som kan garantera ett korrekt utförande.

Ett sätt att påvisa ytterväggens prestanda över tiden är att kvalitetssäkra t ex genom P-märkning.

Efter att fuktproblem i enstegstätade putsfasader med träregelstomme uppdagades efterfrågade flera parter i branschen kvalitetssäkring i form av P-märkningsregler för ytterväggar och fasader. Därför har SP tagit fram regler för P-märkning av system för ytterväggar och fasader (certifieringsregel 021). Se ytterligare information på www.sp.se.

Oavsett vilken konstruktion man väljer måste väggarna skyddas under uppförande så att skador inte uppstår. Det finns bra hjälpmedel för sådant kvalitetssäkringsarbete. ByggaF är en metod för fuktsäker byggprocess. Material till ByggaF finns att ladda hem på www.fuktcentrum.se.

14 Uppföljning av fuktförhållanden i byggda hus

Det är viktigt att följa upp fuktkvoten i känsliga trädetaljer samt även temperatur och relativ fuktighet i väggar som byggs nya eller byggs om. När man har valt en metod för att bygga om en tidigare skadad vägg bör man även kontrollera att resultatet blir det önskade. Detsamma gäller även för mätningar i hus med nya konstruktioner som utvärderats genom mätningar på laboratorium och genom beräkningar. Mätningarna bör göras under minst en årscykel för att verifiera gjorda beräkningar och för att säkerställa att inget oönskat inträffar under arbetets gång.

Motivet för mätningen är att få kvitto på att metoden ger det resultat som förväntas, dvs en torr, fungerande vägg.

14.1 Mätinstrument och metodik

Lämpligen mäts temperatur och RF på känsliga ställen i konstruktioner samt fuktkvot i material i närheten av känsliga punkter. Mätning av omgivande klimat kompletterar mätningarna i kritiska detaljer i konstruktionen.

Mätningar kan göras genom direktavläsning på plats, genom lagring på datalog eller genom mätning med instrument som kan fjärravläsas.

14.2 Mätresultat

Det saknas systematiska mätningar av detta slag. Enstaka mätningar har genomförts men bara i begränsad omfattning.

Mätningar har emellertid, med medel från detta SBUF-projekt, startat på två objekt i Helsingborg. Det gäller dels mätningar i renoverade, enstegstätade väggar med puts på EPS, dels i renoverade tvåstegstätade väggar. Mätningarna kom igång i maj 2009 och skall pågå under minst två år.

14.3 Kommentarer

Kostnaderna för kontrollmätning är relativt liten i förhållande till övriga kostnader. Det borde vara självklart att genomföra några mätningar per system.

15 Skötsel och underhåll

Alla fasader behöver underhållas, även putsade regelväggar. Oavsett om väggarna är tätade enligt enstegs- eller tvåstegsprincipen måste detaljer och anslutningar ses över med jämna mellanrum så att vatten inte kan komma in.

Drift- och skötselinstruktioner tas fram för aktuell väggkonstruktion. Det kan gälla kontroll av fogar vid anslutningar, kontroll av luftning av spalten eller kontroll av fukt inne i väggen. Checklistor utformas av putsleverantör för uppföljning och underhåll. Resultat vid kontroller, åtgärder m m dokumenteras och sparas.

16 Referenser

Blom P, Kvande T, Lisö KR **Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon** Norges byggforskningsinstitutt Anvisning 43 - 2006

Carl-Magnus Capener **WUFI-simulering av väggkonstruktioner** Intern Maxit AB-rapport 2009-06-05

Bengt Elmarsson, Puts på tilläggsisolering : tio experimentbyggnadsprojekt för prov av olika metoder. Byggforskningsrådet T5:1979, Stockholm

Nils Hallenberg, Elisabeth Gilert **Mikrobiologiska analyser av prover från byggnad.** SP RAPPORT 1993:19

Ann Rudd Hickman, Insurers Slapping EIFS Exclusions on Insurance Policies, International Risk Management Institute, Inc. Construction Bulletin, 3/5/2004

Anders Jansson, Ingemar Samuelson, Kristina Mjörnell **Skador i putsade träregelväggar** Bygg & Teknik 1:2007

Anders Jansson, Ingemar Samuelson **Handledning för mätning av fukt i regelväggar med putsade fasader utan luftspalt.** Byggnadsfysik, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Borås 2007-08-16

Anders Jansson, Roger Davidsson **Fuktinträngning genom puts och isolering.** Laboratorieprovningar och fältprovningar. SP Arbetsrapport 2008

Pernilla Johansson, Ingemar Samuelson, Annika Ekstrand-Tobin, Kristina Mjörnell, Per Ingvar Sandberg, Eva Sikander **Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapssammanfattning.** SP RAPPORT 2005:11

Pernilla Johansson **Mikroorganismer i byggnader. En kunskapsöversikt** SP Rapport 2006:22

Per Karnehed, STO korrespondens per e-mail 2008-04-24

Per Karnehed **WUFI-beräkningar med väderdata från Lund, 15 m upp på fasad (= utsatt läge).** Karnehed Design & Construction AB samt Sto Scandinavia AB 2009-05-22

Johnny Kellner **Kostnader för tre olika väggkonstruktioner.** Mailkorrespondens juni 2009.

Hartwig Künzle, Daniel Zirkelbach **Influence of rain water leakage on the hygrothermal performance of exterior insulation systems.** Nordic Symposium on Building Physics, Köpenhamn 2008

Agneta Olsson-Jonsson **Sammanställning av resultat från inventering av fukt i enstegstättade regelväggar.** SP Internrapport april 2009

Samuelson I, Wånggren B **Fukt och mögelskador i Hammarby Sjästad** SP RAPPORT 2002:15

Samuelson I, Mjörnell K, Jansson A **Fuktskador i putsade, odränerade regelväggar - lägesrapport oktober 2007** SP RAPPORT 2007:36

Ingemar Samuelson Enstegstätade regelväggar. Parameterstudie med hjälp av WUFI-beräkningar. SP Arbetsrapport Borås juli 2008

Stridh, Andersson, Gunnarsson **Exposure to micro organisms – scientific needs for risk evaluation. Seminar with Nordic experts, October 28-30, 2008.** AMM-rapport 44/2009, Arbets- och miljömedicinska kliniken, Universitetssjukhuset Örebro.

Exterior Insulation and Finish Systems. Best practice guide. Building Technology. ISBN 0-660-19318-3 Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) 2004. All rights reserved. Reproduced with the consent of CMHC. All other uses and reproductions of this material are expressly prohibited.

Regelsamling för byggande BBR 2008 Boverket 2008

Rätt murat och putsat. SPEF Sveriges Murnings- och Putsentreprenörförening. Svensk Byggtjänst Stockholm 2005

Sammanfattning av fuktinventerade putsfasader i Malmö, Karlskrona, Göteborg, Bålsta och Uppsala. Anticimex mätrapport 2008-09-16

Uppskattning av fasadytor i småhus och flerbostadshus. JM email 2009

www.wufi-pro.com

www.fuktcentrum.se

www.sp.se

SS-EN 12865 ”Bestämning av ytterväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck”

NBI Teknisk Godkjenning nr 2195 – 1999

Hus-AMA 98 Svensk Byggtjänst 1998

Norges Byggeforskningsinstitut **Brannteknisk vurdering av Sto Fasadesystemer**
Uppdragsrapport O 20853 Trondheim 2005-10-24

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 950 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och sex dotterbolag varav CBI, Glafo och JTI ägs till 60 % av SP och 40 % av industrin.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 Borås
 Telefon: 010-516 50 00
 Telefax: 033-13 55 02
 E-post: info@sp.se
www.sp.se

SP Energiteknik
 SP RAPPORT 2009:16
 ISBN 978-91-86319-00-7
 ISSN 0284-5172