

Bilaga B. Utvärdering av WUFI-simuleringar

Beräkningar utförda med hjälp av Wufi 5.1 samt post-processorn Wufi Bio 3 vilket av många betraktas vara en utvärderingsmetod som ofta blir på den säkra sidan.

I de flesta fasadkonstruktioner förekommer transportförloppen med rinnande vatten, kapillärsugning och ångdiffusion som ofta så komplexa att de inte låter sig simuleras på ett rättvist sätt med mindre än att man tar 3 dimensioner i beaktande. De endimensionella simuleringarna som utförts i denna förstudie är därför att betrakta som överslagsmässiga beräkningar som har till syfte att visa resultat från ett antal intressanta parameterstudier.

Nio olika konstruktioner har använts vid beräkningarna, i tabellen nedan finns en sammanställning av de viktigaste parametrarna. Samtliga konstruktioner är uppbyggda på liknande sätt, se tabell B1 och figur B1. Samtliga konstruktioner samt och beräkningsresultat finns omsorgsfullt redovisade i bilagan C.

Tabell B1. Sammanställning av materialskikt i studerade fasadsystem.

	Fasad-material	Luftspalt [mm]	Stom-skydd	Isolering [mm]	Stom-skydd	Isolering PE [mm]	Isolering [mm]	
1A-1	Tegel	25	–	70	X	145	X	45
1A-2	Tegel	25	X	70	–	145	X	45
1B	Tegel	25	–	70	X	145	–	45
1C-1	Putsskiva	25	–	70	X	145	X	45
1C-2	Putsskiva	25	X	70	–	145	X	45
1D	Putsskiva	25	–	70	X	145	–	45
2	Puts 20mm	–	–	80	X	220	X	–
3	Puts 3mm	Dränerat	–	80	X	220	X	–
4	Puts 22mm	Dränerat	–	70	X	220	X	–

Konstruktion 2

Beräkningen omfattar följande väggkonstruktion utifrån räknat, (mått i mm):

- 20 Puts*
- 80 Mineralull
- - Stomskydd**
- 9.5 Vindskiva gips
- 220 Mineralull
- 0.2 Ångspärr, PE-folie
- 12.5 Gipsskiva



Figur B1. Exempel på schematisk uppbyggnad av materialskikt i ett av de studerade fasadsystemen, konstruktion 2.

Parameterstudie 1: inverkan av ånggenomgångsmotstånd

Ett stomskydd är ett skikt som appliceras i fasaden. Detta skikt har till uppgift att vara en barriär för inträngande vatten. Skiktet har även påverkan på ångdiffusionen i väggen, denna diffusion kan ha olika riktning vid olika tidpunkter. Storleken och riktningen på ångtransporten beror på faktorer såsom kvarvarande mängd byggfukt, det utvändiga klimatet samt innetemperaturen i kombination med ett invändigt fuktillskott.

Stomskydd med olika ånggenomgångsmotstånd har möjlighet att släppa genom respektive bromsa ångdiffusion. Detta kan innebära ökade eller minskande fuktrisken i konstruktionen.

Resultat 1: Diffusionstäthet hos stomskydd

De redovisade resultaten i kolumn III & IV i tabellen nedan visar risknivåerna för väggkonstruktionerna när de byggs på konventionellt sätt utan stomskydd. Resultaten från beräkningarna visar att de flesta konstruktionerna har en risk om de byggs i Bergen men samtliga är riskfria i Kiruna.

I	II	III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
		Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida
		Utan stomskydd z = 0		Med stomskydd z = 5 000		Med stomskydd z = 20 000-0		Med stomskydd z = 2 000 000-0									
1A-1	Lund	7,2	5,3	-0,2	-0,3	-0,8	-1,1	4,8	-4,0								
	Bergen	8,1	2,8	0,0	-0,4	-0,5	-1,1	6,9	-2,2								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0								
1A-2	Lund	7,2	5,3	-0,6	-0,3	-1,8	-0,9	-5,1	-2,9								
	Bergen	8,1	2,8	-1,0	-0,4	-2,3	-0,9	-6,0	-1,8								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1								
1B	Lund	2,2	0,0	1,7	0,0	7,4	0,0	18,3	0,0								
	Bergen	5,3	0,0	1,5	0,0	6,1	0,0	16,4	0,0								
	Kiruna	0,0	0,0	0,5	0,0	7,1	0,0	23,2	0,0								
1C-1	Lund	0,5	1,3	0,0	-0,1	0,1	-0,2	9,5	-0,2								
	Bergen	4,4	1,9	0,0	-0,2	0,0	-0,6	8,9	-1,3								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0								
1C-2	Lund	0,5	1,3	0,0	0,0	-0,1	-0,1	1,2	1,4								
	Bergen	4,4	1,9	-0,4	-0,2	-1,1	-0,4	-2,4	-0,7								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3								
1D	Lund	0,5	0,0	1,9	0,0	7,8	0,0	19,5	0,0								
	Bergen	2,1	0,0	1,4	0,0	5,7	0,0	15,8	0,0								
	Kiruna	0,1	0,0	0,8	0,0	8,0	0,0	22,8	0,0								
2	Lund	0,9	0,8	0,2	-0,1	0,5	-0,3	16,7	1,2								
	Bergen	1,4	0,9	0,3	-0,1	1,0	-0,2	19,7	-0,1								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	13,0	0,0								
3	Lund	2,1	1,6	0,2	-0,1	0,7	-0,4	16,4	0,4								
	Bergen	3,4	0,3	0,2	-0,1	0,5	-0,2	18,6	0,5								
	Kiruna	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	13,0	0,1								
4	Lund	0,0	0,1	0,1	-0,1	0,3	-0,1	15,5	1,0								
	Bergen	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,4	-0,1	18,6	0,4								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	12,2	0,0								

Stomskydden med $z = 5\ 000$ s/m samt $20\ 000$ s/m minskar fuktrisken i samtliga fall utom för konstruktionerna som saknar invändig diffusionsspärr (1B & 1D)

Stomskydden med $z = 2\ 000\ 000$ s/m ger genomgående en sänkt risk på insidan av träregelstommen men en förhöjd risknivå på utsidan i samtliga fall utom för konstruktionerna 1A-2 samt 1C-2. Dessa två är båda ventilerade fasader med stomskyddet utanpå den yttre isolerskivan.

Parameterstudie 2: Inverkan av läckage

Vid läckage hindrar ett korrekt monterat stomskydd fritt vatten från att tränga in i stommen. Rinnande vatten kan tränga in till stomskyddet men där stöter det på en vattentät barriär som inte kan penetreras.

Det inträngande vattnet kan även absorberas av porösa material i fasaden och sugas kapillärt in i konstruktionen. Eftersom stomskydd har kapillärbrytande egenskaper kan inträngande vatten sugas kapillärt fram till stomskyddet, men där blir det stopp.

Eftersom fritt rinnande vatten är den överlägset snabbaste transportmetoden följt av kapillär sugning så kommer att stålskydd effektivt att hindra inläckande vatten från att fukta upp stommen.

Dock kan inte ovanstående effekter enkelt verifieras i de beräkningsprogram som finns att tillgå för vanliga användare. Platserna för dessa läckage är dessutom ofta både lokala i sin utbredning och svåra att i förutse.

Om rinnande vattnet från ett läckage stoppas upp av ett stomskydd så föreligger det en risk att fukten ändå fortsätter att transporteras in i konstruktionen. Detta kan då främst ske genom ångdiffusion, vilket är en mycket långsammare process och har helt andra drivkrafter än det rinnande vattnet. Ångdiffusionen kan ske in alla riktningar om drivkrafterna är de rätt, både fördelning i konstruktionens sidled, inträngning vidare in i konstruktionen samtidigt som det kan ske en uttorkning av konstruktionen utåt. Detta är ett mycket komplext fenomen som inte låter sig modelleras tillfullo i denna förstudie.

Beräkningsmässigt behandlas läckaget genom att man ansätter 1 % av slagregnet till beräkningscellen (ca 2 mm tjock) utanför stomskyddet. I två av konstruktionerna har slagregnet förts in på en annan plats i isoleringen eftersom SP har visat på att så sker. Det första fallet är konstruktion 3 där läckaget ansätts till mittersta cellen av den dränerande EPS-skivan. Det andra fallet är konstruktion 4 där läckaget ansatts i en cell som ligger 12 mm från stomskyddet. Detta motsvarar att vattnet rinner på yttre sidan av en 12 mm dräneringspalt.

Resultat 2: Läckage

De redovisade resultaten i tabellen nedan är sammanställda av beräkningar på två olika sidor på byggnaden, med sol respektive med skugga. Värdena som redovisas i tabellens celler är det högsta värdet för respektive beräkning. På varje rad kan det därmed förekomma beräknade värden från både beräkningsfallet med sol och med skugga

Enligt beräkningsresultaten som redovisas i tabell xx har samtliga konstruktioner en förhöjd risknivå om läckage inträffar (kolumn III & IV). Den beräknade risknivån visade sig ha en stakare koppling till ort där byggnaden är placerad än vilken väggkonstruktion som används. I Kirunas kalla och torra klimat klarade sig alla konstruktioner med endast en obetydlig höjning av risknivån medan samtliga konstruktioner har en hög risknivå i Bergens fuktiga klimat.

När det gäller stomskydden så visade det sig att ett ånggenomgångsmotstånd på $z = 20\,000$ s/m ger den bästa förbättringen av risknivån (kolumn VII & VIII). I många av rutorna är värdet till och med negativt vilket innebär att stomskyddet förbättrar den del av fuktbalansen som kan härledas till omfördelning av fukt via ångdiffusion. På motsvarande sätt innebär ett positivt värde en ökad fuktrisk.

Tabell X. Riskvärden för samtliga konstruktioner vid läckage utan stomskydd (kolumn III & IV). Samt förändring av riskvärde vid läckage med de tre olika stomskydden.

I	II	III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
		Utsida		Innsida		Utsida		Innsida		Utsida		Innsida		Utsida		Innsida	
		Utan stomskydd med 1 % läckage				Med stomskydd $z = 5\,000$				Med stomskydd $z = 20\,000$				Med stomskydd $z = 2\,000\,000$			
		Utsida		Innsida		Utsida		Innsida		Utsida		Innsida		Utsida		Innsida	
1A-1	Lund	10,1	10,4	1,7	0,2	-1,7	-1,4	5,6	-2,6								
	Bergen	31,7	8,1	6,3	1,2	1,0	-0,9	-0,5	-1,1								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0								
1C-1	Lund	0,5	0,8	0,1	0,0	0,2	0,0	13,3	1,6								
	Bergen	24,1	5,3	0,0	-0,3	0,2	-0,8	1,6	-0,9								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	8,2	0,1								
2,0	Lund	15,1	13,9	0,5	-0,3	0,3	-1,4	7,9	-2,6								
	Bergen	43,3	10,1	0,6	-0,4	0,9	-0,8	-2,5	-0,9								
	Kiruna	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	15,8	0,1								
3-mot	Lund	24,2	9,3	-0,7	0,0	-2,8	0,0	5,7	0,0								
	Bergen	48,3	8,9	-1,1	-0,2	-2,9	-0,4	-16,5	-1,4								
	Kiruna	0,3	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	15,0	0,1								
3-mitten	Lund	12,2	6,5	0,5	0,0	1,7	0,0	17,5	0,0								
	Bergen	40,1	7,8	0,1	-0,2	0,0	-0,4	-2,8	-0,5								
	Kiruna	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	15,2	0,1								
4,0	Lund	0,3	0,3	0,1	0,2	0,5	0,0	19,9	2,4								
	Bergen	9,0	1,4	0,0	0,0	-0,1	0,0	17,5	0,0								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	15,0	0,0								

Parameterstudie 3: Sol – Skugga (Sommarkondens)

På vintern när uteluften är kall och huset värms upp så bildas det ofta ett fukttillskott i inneluften som tenderar att diffundera ut genom väggen.

Denna ångdiffusion kan på sommaren få omvänd riktning när solen värmer upp en vägg. Det föreligger med andra ord en skillnad mellan solbelysta och icke solbelysta väggar som kan ha betydelse för fuktnivån

Resultat 3: Sol – Skugga (Sommarkondens)

De redovisade resultaten i kolumn III & IV i tabellen nedan är skillnaden mellan värdet på den solbelysta väggen minus värdet på den icke solbelysta väggen för respektive konstruktion.

Kolumn V till och med X visas förändringen då respektive stomskydd används. I så gott som samtliga fall finns det ingen förhöjd risk med att använda ett stomskydd. I många fall så är till

och med förändringsvärdet negativt vilket innebär att risken minskar när respektive stomskydd används.

I	II	III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X	
		Utan Stomskydd z = 0		Med stomskydd z = 5 000		Med stomskydd Z = 20 000 - 0		Med stomskydd Z = 2 000 000 - 0		Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida	Utsida	Insida
1A-1	Lund	-2,2	6,6	-0,2	0,0	-0,6	-0,1	-2,5	-4,0								
	Bergen	7,9	6,7	0,1	-0,4	0,1	-1,6	-9,4	-5,1								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,6	0,0								
1A-2	Lund	-2,2	6,6	0,2	0,2	0,4	0,2	1,2	-1,8								
	Bergen	7,9	6,7	-0,2	-0,4	-0,2	-1,2	-6,8	-4,5								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1								
1B	Lund	-3,9	0,0	-1,3	0,0	-4,5	0,0	-7,5	0,0								
	Bergen	-0,2	0,1	-2,5	-0,1	-6,7	-0,1	-11,8	-0,1								
	Kiruna	0,0	0,0	-0,2	0,0	-5,5	0,0	-13,9	0,0								
1C-1	Lund	0,0	0,2	0,0	-0,1	0,0	-0,2	-5,4	1,5								
	Bergen	0,1	2,2	0,1	-0,1	0,1	-0,6	-3,5	-0,8								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,0	0,1								
1C-2	Lund	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	-1,2	5,0								
	Bergen	0,1	2,2	0,0	0,0	0,2	-0,1	0,7	0,4								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5								
1D	Lund	0,0	0,0	-1,6	0,0	-5,7	0,0	-12,1	0,0								
	Bergen	-2,3	0,0	-1,2	0,0	-3,9	0,0	-9,2	0,0								
	Kiruna	0,1	0,0	-0,2	0,0	-6,0	0,0	-14,6	0,0								
2	Lund	-1,4	1,6	0,0	-0,2	0,0	-0,5	-5,0	2,4								
	Bergen	0,4	1,8	0,2	-0,1	0,8	-0,4	-4,6	-0,2								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,9	0,1								
3	Lund	1,2	3,1	0,2	-0,2	0,7	-0,7	-6,9	0,8								
	Bergen	2,5	0,7	0,1	-0,1	0,4	-0,4	-7,0	0,9								
	Kiruna	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,4	0,1								
4	Lund	0,0	0,2	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-7,2	2,0								
	Bergen	-0,3	0,2	0,0	-0,1	0,0	-0,2	-5,7	0,7								
	Kiruna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,5	0,0								