

SBUF-Projekt: Fuktdimensionering - Utveckling av krypgrunden

SBUF nr 11148

Lars Nilsson
Skanska Teknik AB

Lars-Erik Harderup
Avdelningen för byggnadsfysik, LTH

SAMMANFATTNING	4
1 BESKRIVNING AV PROBLEMET	5
2 ARBETETS UPPLÄGGNING	6
2.1 SYFTE	6
2.2 METOD	6
2.3 AVGRÄNSNINGAR.....	7
3 DEFINITION AV KRYPGRUND	7
3.1 DEFINITIONER	7
3.1.1 <i>Definition av krypgrund/kryprum</i>	7
3.1.2 <i>Definition av uteluftsventilerad krypgrund</i>	7
3.2 KRYPGRUNDSSTYPER	7
3.2.1 <i>Torpargrund</i>	8
3.2.2 <i>Plintgrund</i>	10
3.2.3 <i>Uteluftsventilerad krypgrund</i>	11
3.2.4 <i>Inneluftsventilerad krypgrund</i>	12
4 FUKTDIMENSIONERING AV KRYPRUMMET	13
4.1 FUKTKÄLLOR	13
4.2 FUKTTILLSKOTT I LUFT.....	14
4.3 RELATIV FUKTIGHET OCH MÖGELPÅVÄXT	14
4.4 LUKT I KRYPGRUND OCH I BOSTAD.....	17
4.5 ORSAKSSAMBAND I KRYPGRUNDER.....	17
4.6 BERÄKNINGSPROGRAM	18
4.7 SAMMANFATTNING FUKTDIMENSIONERING	18
5 KONSTRUKTIV UTFORMNING	19
5.1 MARK OCH UNDERGRUND	19
5.1.1 <i>Markplanering och dränering</i>	19
5.1.2 <i>Markskydd</i>	21
5.1.3 <i>Grundläggningsdjup med hänsyn till tjäle</i>	24
5.2 GRUNDMUR.....	26
5.3 VENTILATION	26
5.3.1 <i>Ventilationens storlek</i>	26
5.3.2 <i>Utformning av ventilationen</i>	28
5.4 BJÄLKLAG	29
6 VANLIGA FEL OCH BRISTER I KRYPGRUNDER	32
7 DATORSIMULERINGAR	34
7.1 BERÄKNINGSRESULTAT	37

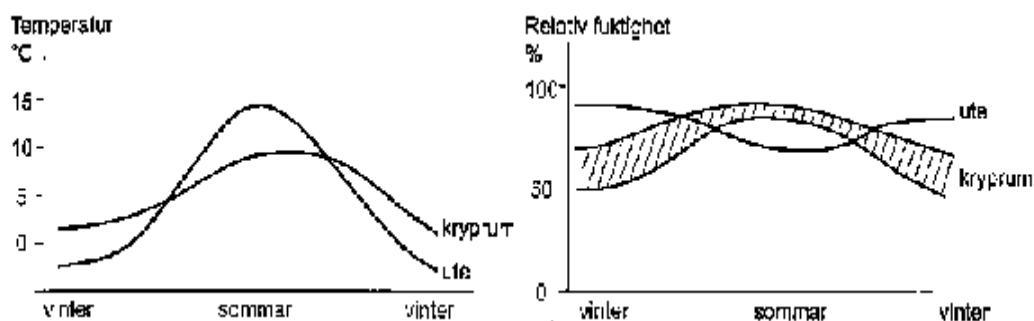
7.1.1.	<i>Krypgrundstyp 1 – Isolering med cellplast på mur och mark</i>	37
7.1.2.	<i>Krypgrundstyp 2 – Isolering med lättklinker på mark</i>	39
7.1.3.	<i>Krypgrundstyp 3 – Plastfolie på marken.....</i>	41
7.1.4.	<i>Generella kommentarer till beräkningsresultaten.....</i>	42
8	SLUTSATSER.....	43
9	REFERENSER.....	45
	BILAGA 1	47
	FRÅGOR OCH SVAR TILL ARBETSGRUPPEN.....	47
	BILAGA 2	53
	LATHUND FÖR KRYPGRUNDSPROJEKTERING	53

SAMMANFATTNING

1 BESKRIVNING AV PROBLEMET

Erfarenheter från ett flertal undersökningar och från praktiskt verkssamma skadeutredare visar att uteluftsventilerade krypgrunder ofta drabbas av fuktrelaterade skador. Även forskare på högskolorna varnar för denna typ av grundläggningsmetod. Sedan 1970-talet har ett flertal undersökningar genomförts både i Sverige och i andra länder för att dokumentera temperatur- och fuktillstånd i fuktskadade krypgrunder. Dessa undersökningar har i de flesta fall varit begränsade till ett fåtal byggnader som endast ibland har följts upp efter att åtgärderna har genomförts.

En undersökning av Småhusskadenämndens arkiv som genomförts av en extern konsult, "Fukt- och mögelskadade småhus" (1995), visar att andelen skadefall där krypgrunden anses vara den huvudsakliga orsaken till fuktproblemen i bostaden har ökat allt sedan den statliga Småhusskadenämnden (SSN) grundades i mitten av 1980-talet. Resultat från genomförda fältmätningar och undersökningar visar också att den traditionella uteluftsventilerade krypgrunden ofta har höga fuktillstånd, speciellt under den varma delen av året. Små naturliga variationer i utomhusklimatet kan medföra att kritiska fuktillstånd ofta överskrids, vilket kan leda till fuktskador.



Figur 1. Vanliga variationer för temperatur och relativ fuktighet i ett uteluftsventilerat kryputrymme (Elmroth, 1967)

Skadorna leder till både ekonomiska problem och sociala olägenheter för de boende. Mögelpåväxten kan även leda till hälsoproblem. En undersökning som genomförts av Träteck och forskare på högskolor och universitet visar att mögel förekommer även i relativt nybyggda hus med uteluftsventilerad krypgrund. Trots denna samlade kunskap om riskerna med grundläggningsmetoden byggs konventionella uteluftsventilerade krypgrunder fortfarande i stor omfattning. Det är därför av stort intresse för såväl enskilda husägare som för samhället att försöka utveckla krypgrunden till en fuktsäker konstruktion.

Inom ett nyligen avslutat forskningsprojekt vid avdelningen för byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola (LTH) fältundersöktes ett större antal projekt där problem med uteluftsventilerade kryprumsgrunder rapporterats till Småhuskadenämnden. Inom projektet utvecklades en ny numerisk modell för att beräkna fukt- och temperaturvariationer i grunden vid varierande betingelser utanför och inuti kryprummet. Modellen baseras på analytiska lösningar som utarbetats av prof. Johan Claesson. Med PC-programmet är det möjligt att bedöma risken för mögel i grunden vid olika förutsättningar. Resultaten från simuleringarna har även jämförts med och validerats mot resultaten från fältmätningarna. PC-programmet har också utnyttjats för att undersöka hur olika åtgärder i och även utanför grunden påverkar risken för mögelpåväxt i uteluftsventilerade kryprunder. Resultatet från Charlotte Svenssons (2001) licentiavhandling samt rapporten ”Skador i småhus - gamla beprövade misstag” av Björk, Mattsson och Jóhannesson visar att de studerade kryprumsgrunderna är att betrakta som riskkonstruktioner.

Resultat från mätningarna och beräkningsresultat från det PC-program som beskrivs i (Svensson, 2001) visar även att det är möjligt att avsevärt reducera risken för mögel i uteluftsventilerade kryprunder genom ett antal olika åtgärder.

2 ARBETETS UPPLÄGGNING

2.1 Syfte

Målsättningen med projektet är att formulera konkreta råd för att kunna utforma en fuktsäker uteluftsventilerad kryprunder där risken för fuktproblem och mögelpåväxt i anslutande byggnadsdelar bedöms som minimal. Resultat och erfarenheter från tidigare genomförda forskningsprojekt inom Fuktcentrums ram, speciellt avseende fuktdimensionering och riskanalys samt Svenssons licentiavhandling (Svensson 2001), utnyttjas inom projektet. Resultat från andra relevanta projekt såsom (Kurnitski, 2000) utnyttjas även inom projektet. Projektet ska även resultera i förslag på kryprunder där mögelpåväxten bedöms som minimal. Den utvecklade kryprundern verifieras av det PC-program som Charlotte Svensson (2001) utvecklat.

2.2 Metod

Genom att studera ett flertal rapporter inom området har ett antal intressanta frågeställningar identifierats och behandlats på arbetsgruppsmötena. Arbetsgruppen har bestått av intressenter från olika discipliner vilka alla gett sin syn på problematiken i kryprunder. Under dessa möten har olika faktorer betydelse för kryprumsklimatet behandlats samt ett antal olika konstruktionstyper

utvecklats eller modifierats. De mest intressanta konstruktionstyperna har sedan verifierats med hjälp av ett PC-program som utvecklats på avdelningen för byggnadsfysik. Parallellt med arbetsgruppsmötet har några olika fältmätningar på kryppgrunder genomförts med syfte att belysa skillnader mellan två helt olika konstruktionslösningar.

I projektet har även ingått studiebesök hos småhustillverkare med avsikt att studera tillverkningen av volymelement samt ett antal okulära besiktningar av befintliga kryppgrunder.

2.3 Avgränsningar

Arbetet avgränsas till grunder och speciellt till nyproducerade uteluftsventilerade kryppgrunder i enfamiljs bostadshus. Kryppgrunderna som studerats har alla varit lokaliserade i Sverige men resultat och erfarenheter från andra länder som t. ex Finland, Norge, Danmark och USA har även behandlats. Erfarenheter och väl dokumenterade problem och lösningar från befintliga kryppgrunder har dock utnyttjats inom projektet.

3 DEFINITION AV KRYPPGRUND

3.1 Definitioner

3.1.1 Definition av kryppgrund/krypprum

I rapporten används beteckningen kryppgrund för att beteckna det moderna grundläggningssättet med ett fribärande bjälklag över ett utrymme som omsluts av grundmurar eller balkar. Rapporten behandlar uteluftsventilerade kryppgrunder och där det föreligger risk för missförstånd benämns grunden uteluftsventilerad kryppgrund. När utrymmet under bottenbjälklaget i kryppgrunden specifikt avses, benämns detta krypprum.

3.1.2 Definition av uteluftsventilerad kryppgrund

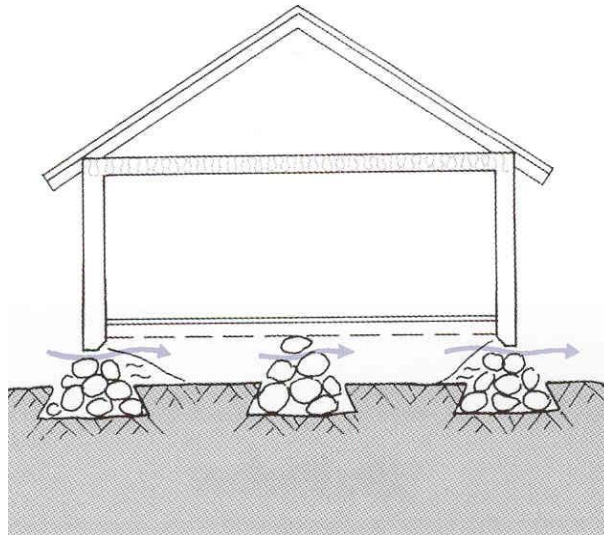
En uteluftsventilerad kryppgrund är en grund med ett fribärande värmeisolerat bjälklag, där utrymmet under huset ventileras med uteluft t.ex. genom ventilöppningar.

3.2 Kryppgrundsstyper

Det finns ett antal olika varianter på kryppgrundsstyper och beskrivningen nedan utgör endast en principiell förklaring av de olika.

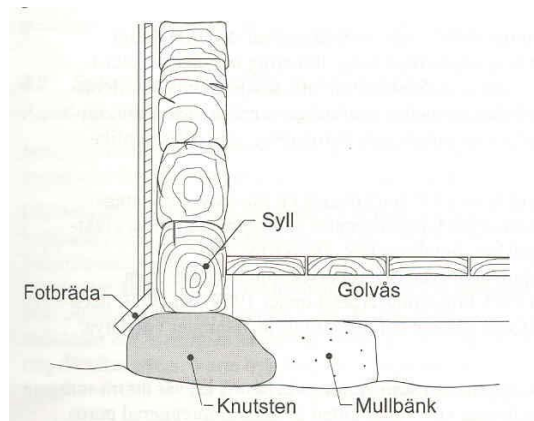
3.2.1 Torpargrund

Torp och andra mindre utrymmen grundlades förr på en så kallad torpargrund. Husen placerades ofta på en torr och höglänt mark. Torpargrunden i sitt ursprung har ett utrymme under bjälklaget som ventilerades med så kallade kattgluggar. Dessa gluggar täcktes under vintern med ris eller snö vilket förhindrade avkylningen av grunden.



Figur 2. Torpargrund (Åberg, 1995)

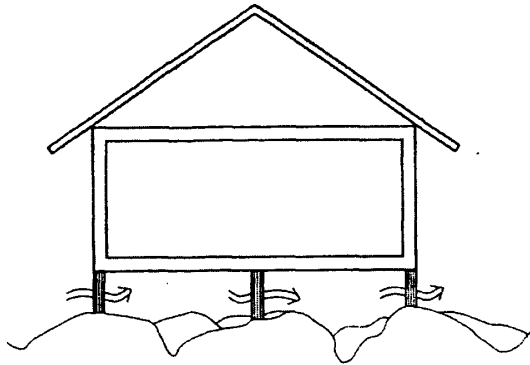
I utrymmet under bjälklaget placerades ofta eldstäderna vilket gjorde att utrymmet värmdes upp. Bjälklaget hade ingen eller mycket lite isolering och bestod ofta av kärnved vilket gjorde det relativt resistent mot röta. Grundmuren hade ofta en värmeisolering och lufttätning av mull, en mullbänk, som lades upp en bit längs insidan av grundmuren. Torpargrunden svarade väl mot de krav på inomhusklimat som fanns på den tiden men på grund av problem med t. ex golvdrag, kalla golv och hög energianvändning ersattes konstruktionen av andra konstruktionslösningar.



Figur 3. Principskiss av en torpargrunds uppbyggnad (Svensson, 2001)

3.2.2 Plintgrund

Plintgrundläggning används främst på områden med mycket varierande marknivåer samt icke permanentboende. Grundläggningen är också vanlig för tillfälliga byggnader. Principen för lösningen framgår enligt figuren nedan.



Figur 4. Plintgrundläggning (Åberg, 1995)

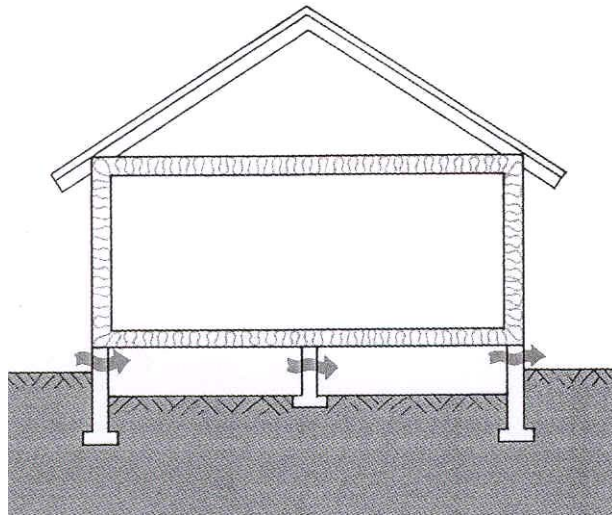
Huset placeras på plintar som förs ner till tjälfri nivå. Bjälklaget i huset fullisoleras vilket gör att utrymmet under huset får ett klimat som liknar uteklimatet. Bjälklaget ska utföras av fuktbeständiga material. Utrymmet under huset bör vara minst 0,5 meter högt för att en tillräcklig ventilation ska kunna uppnås. Viktigt att tänka på är att man inte placerar material under huset eftersom ventilationen då kraftigt försämras med medföljande risk för problem av röta och mögel.

Fördelen med plintgrundläggning är att den är enkel att utföra och lösningen bedöms som relativt säker när det gäller fukt- och mögelproblem. Lösningen ger ett fullgott skydd mot markradon.

Nackdelen är att bjälklaget hamnar relativt högt över marken.

3.2.3 Uteluftsventilerad krypgrund

Den uteluftsventilerade grunden började användas i större skala på 1950-talet. Under senare år har användningen av grundläggningsformen ökat vid småhusproduktion tack vare fördelarna att använda den vid volymbyggnation. Principen är att grunden ventileras genom att luft tas in genom ett antal gluggar i grundmuren. Bjälklaget utförs fullisolerat vilket gör att utrymmet under huset endast får ett litet värmetillskott från bostaden vilket medför att grunden är något kallare än uteluften under sommarperioden. Detta i kombination med att uteluft tas in och kyls ned av marken leder till höga RF nivåer vilket kan leda till problem med mögel. Varianter på luftning är via en vertikal frånluftskanal i mitten av huset eller via fläktar i ventilationsöppningarna.



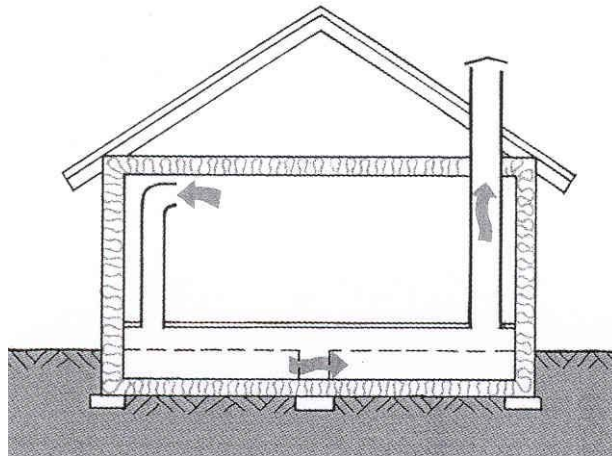
Figur 5. Uteluftsventilerad krypgrund (Åberg, 1995)

Fördelarna med den uteluftsventilerade krypgrunden är att grunden kan färdigställas ett bra tag innan huset levereras och monteras. Detta kräver dock att man skyddar grunden från väder och vind. Utrymmet under huset ger även möjlighet för ledningsplaceringar vilka blir tillgängliga att inspektera och eventuellt reparera. Den uteluftsventilerade krypgrunden ger även ett skydd mot markradon.

Nackdelarna med denna grund är främst fukt- och mögelproblem, vilket gjort att man tvingats till saneringsåtgärder i flera av de uteluftsventilerade krypgrunden.

3.2.4 Inneluftsventilerad krypgrund

De inneluftsventilerade kryprummen uppkom som ett alternativ till de uteluftsventilerade kryprummen efter det att man börjat få mögelproblem med dessa. Principen bygger på att kryputrymmet mekaniskt ventileras med frånluft. Bjälklaget isoleras inte utan isoleringen placeras direkt på marken och grundmurarna. Efter uttorkning av eventuell byggfukt bedöms principen som säker när det gäller uppkomst av mögel.



Figur 6. Inneluftsventilerad krypgrund (Åberg, 1995)

Fördelarna med inneluftsventilerad krypgrund är främst säkerheten mot fukt och mögelangrepp. Genom att skapa ett undertryck i kryputrymmet motverkas radon och elak lukt från detta.

Nackdelarna är att lösningen bygger på fläktar, filter och ventilationskanaler vilket kräver ett visst underhåll. Det finns en risk för dammsamlingar i krypgrunden om ventilationsanläggningen utförs olämpligt. Konstruktionen kräver också ett noggrant arbetsutförande med lufttätning av grundmurar och mot marken.

4 FUKTDIMENSIONERING AV KRYPRUMMET

Fuktdimensionering i byggprocessen kan definieras enligt (Harderup, 1998a)

Med fuktdimensionering avses de åtgärder i byggprocessen som syftar till att säkerställa att byggnaden inte får skador eller andra olägenheter som direkt eller indirekt kan orsakas av fukt.

Nedan ges en kortare beskrivning av fuktkällor och kritiska faktorer att beakta när man dimensionerar ett kryprum. Det är dock ingen heltäckande fuktdimensionering utan för detta hänvisas till böcker i ämnet (Harderup, 1998a).

4.1 Fuktkällor

Grunden kommer att belastas av fukt från olika håll under sin livslängd. Innan vi går djupare in på fuktdimensioneringen av krypgrunden kan en kort beskrivning av de större fuktkällorna vara lämplig.

Nederbörd:

Nederbörden ska förhindras att komma in i kryprummet genom marklutning ut från huset, dränering som är ansluten till det kommunala dagvattennätet, en riktigt utförd takavvattning, genom tätning av springor och andra otätheter i grundmurarna samt med en tillräcklig sockelhöjd. När nederbörden tränger in i kryputrymmet sker detta ofta i kombination med vind.

Luftfukt:

Ånghalten för utomhusluften varierar under året med maximum under sommar-månaderna och minimum under vintermånaderna. Problem med luftfuktigheten blir det först när man tillför fuktig uteluft till ett utrymme som har lägre temperatur än uteluften. För kryprummen inträffar detta under våren och sommaren. Vid otätheter i bjälklaget i kombination med ett lägre lufttryck i krypgrunden än i bostaden kan även inomhusluften öka fuktbelastningen i grunden.

Markfukt:

Trots att grundvattenytan oftast ligger en bit under husgrunden tillförs fukt genom kapillär stigning till krypgrunden. Man bör vid dimensionering förutsätta att markens fuktighet är 100 %. Detta gör att en oskyddad krypgrund får en konstant fuktbelastning om man inte skyddar den. För att hindra kapillärugning krävs ett grovkornigt material med tillräcklig tjocklek eller ett ångtätt skikt. Markfukt i ångfas förhindras med ett ångtätt skikt i kombination med värmeisolering eller eventuellt enbart med en ångtät värmeisolering av cellplast. Ett tillräckligt tjockt lager av hydrofoberad lös lättklinker fungerar som kapillärbrytande skikt och reducerar dessutom transporten av vattenånga från marken till kryprummet. Det rå-

der dock en viss osäkerhet beträffande lättklinkerns vattenavisande egenskaper på lång sikt.

Förutom dessa större fukttillskott finns det även ett antal andra fuktkällor som kan påverka kryppgrunden temporärt som t.ex. **byggfukt, läckage och nederbörd under byggtiden.**

4.2 Fukttillskott i luft

Ventilationen kan vid vissa tillfällen tillföra eller transportera bort fukt. Under den kalla delen av året har kryppgrunden en högre temperatur än omgivande uteluft vilket gör att det finns en viss kapacitet att transportera bort fuktig luft. Samtidigt gör ventilationen att temperaturen i kryppgrunden successivt sänks vilket ökar den relativa fuktigheten.

Under sommarperioden är förhållandena de motsatta med varmare luft som tränger ner i den kalla kryppgrunden och kyls ner vilket gör att RF-nivån ökar. Den varma uteluften kan även transportera in fukt samtidigt som den värmer upp kryppgrundsluften med en sänkning av RF-nivån som följd.

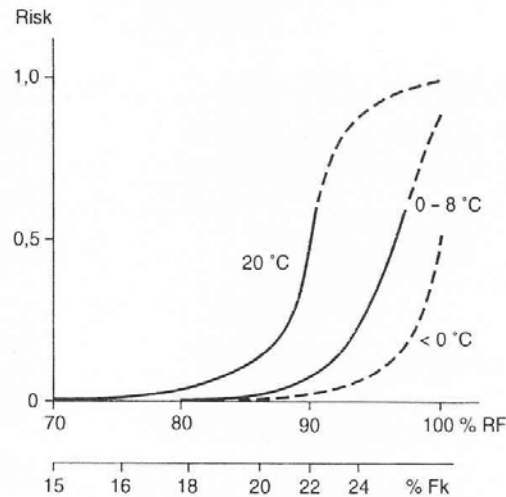
4.3 Relativ fuktighet och mögelpåväxt

Med fuktkriterier avses här en kort beskrivning av vad som krävs för att biologisk påväxt på bl.a. träbaserade material ska kunna uppkomma. Påväxten kan utgöras av rötsvampar, mögelsvampar och bakterier. I detta projekt har vi valt att koncentrera oss på mögel- och bakterieangrepp eftersom dessa kräver lägre värden på fuktkvoter än rötsvampar för att utvecklas, och därmed är dimensionerande för om en konstruktion blir angripen eller ej.

För att mögelangrepp ska uppkomma krävs tillgång till näring, syre, fukt, gynnsam temperatur och en mikrobiell flora. För bakterietillväxt krävs ungefär samma betingelser undantaget att bakterier även kan växa anaerobt.

Vid dimensionering med hänsyn till fukt bör beräknade aktuella fukttillstånd jämföras med motsvarande kritiska fukttillstånd. Det mest användbara måttet på kritisk fukttillstånd är RF-värdet, vilket kan ge en indikation på om mögel kommer att utvecklas. Dock är mögeltillväxten inte enbart beroende av RF-nivån utan även tiden för exponering och temperaturen påverkar mögeltillväxten. Det är svårt att ange enkla gränsvärden för när mögelsvampar kommer att utvecklas. Mycket tyder på att mögelpåväxten kan anses som en stokastisk process. Ibland möglar det ibland inte, och vi vet inte varför.

Risken för mögelpåväxt beskrivs något förenklad av (Nevander och Elmarsson 1991) där figur 7 visar hur risken för mögelpåväxt ökar vid ökad temperatur och RF-nivå. Figuren visar en uppskattning av en fördelningskurva som baseras på ett flertal undersökningar.

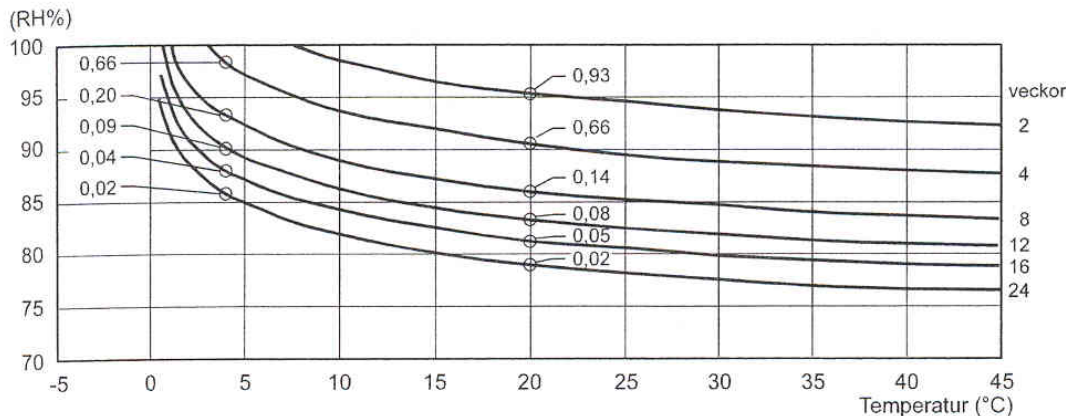


Figur 7: Risk för mögelpåväxt vid olika fukttillstånd för virke som hanterats på ett omsorgsfullt sätt. Värdena för lägre temperaturer är mycket osäkra. (Nevander, Elmarsson 1991)

Som dimensionerande värde på RF-nivån för trä och de flesta andra organiska ämnen anges ofta:

$$RF_{\text{krit}} = 80 \%$$

En något mer nyanserad bild ges i (Svensson 2001) där även tidsaspekten har beaktats. Kurvan i figur 7 har kombinerats med en kurva från (Lehtinen och Harderup, 1997) där tidsaspekten för mögelpåväxt för gran och fur beaktats. Detta har resulterat i följande figur som ger en indikation på riskerna för mögelpåväxt med beaktande av tid, temperatur och RF-nivå.



Figur 8. Risknivåer, vid +4°C och +20°C, för mögelpåväxt på fur och gran.

Kurvan beskriver den erforderliga tiden innan mögelpåväxt uppstår vid olika RF-nivåer och temperaturer. Kurvan har även kompletterats med risknivåerna från figur 7 vid temperaturerna +4°C och +20°C. Det som kan utläsas av kurvan är att t.ex. vid 20°C och 92 % RF krävs endast 4 veckors exponering för att risken för mögelpåväxt ska vara 0,66.

Det som figuren dock inte tar hänsyn till är hur varaktigheten och därmed risken, ackumuleras vid intermittenta fukt- och temperaturförhållande.

Just detta har beaktats i följande beräkningsformler för mögelpåväxt (Viitanen, 1996).

$$t_m = \exp(-0,68 \ln T - 13,9 \ln RH + 0,14 W - 0,33 SQ + 66,02)$$

Formeln beskriver hur lång tid det tar innan mögel utvecklas (t_m) och den baseras på indata i form av (T) temperatur, (RH) relativ fuktighet, (W) trämaterial och (SQ) ytans beskaffenhet.

För att göra en bedömning av om konstruktionen utsätts för mögelpåväxt används simulerade RF-värden samt temperaturer för att räkna fram t_m . Genom att sedan jämföra med den ackumulerade tiden (time of wetness, TOW) när RF-värden är högre än 75, 80 och 85 % får man en bedömning om konstruktionen utsätts för mögelpåväxt. Om $TOW < t_m$ har man en acceptabel konstruktion. Beräkningarna avslutas när RF varit under 75 % i mer än två månader (Kurnitski, 2000).

4.4 Lukt i kryppgrund och i bostad

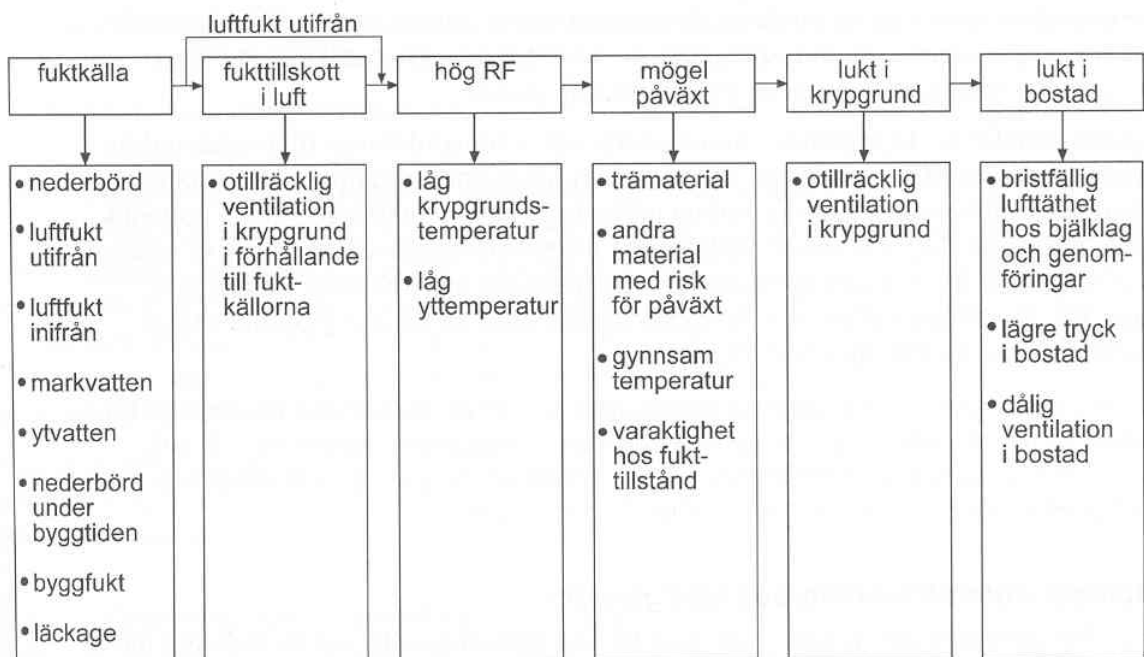
Mögelsvampar kan utveckla en besvärande lukt som har en förmåga att bita sig fast i kläder. I krypprum är det därför viktigt att tillgodose en bra ventilation i kryppgrunden så att eventuell lukt kan transporteras bort.

I de fall ventilationen inte är tillräcklig är det av stor vikt att bjälklaget är lufttätt. Detta ställer i sin tur stora krav på ett korrekt arbetsutförande vid rörgenomföringar och inspektionsluckor. Undersökningar (Jahnsson, 1999 och Kurnitski 2000) pekar också på att det kan vara svårt att åstadkomma lufttäta skarvar mellan förtillverkade bjälklagselement.

Ytterligare alternativ till att förhindra luktspridning till bostaden är att utföra kryppgrunden med ett permanent undertryck.

4.5 Orsakssamband i kryppgrunder

Fuktskador i krypprum uppstår till följd av att ett kritiskt fuktillstånd har uppnåtts i krypputrymmet. För att en skada ska inträffa krävs att alla leden i orsakssambandet (figur 9) är uppfyllda (Svensson, 2001).



Figur 9. Fukt- och mögelskador i uteluftsventilerade kryppgrunder; orsakssamband för dålig lukt i bostad. (Svensson 2001)

För att dålig lukt på grund av fuktskador i krypprunden ska uppstå i bostaden krävs att orsakssambandet från skada till symptom uppfylls, se de övre rutorna. (Svensson, 2001)

4.6 Beräkningsprogram

4.7 Sammanfattning fuktdimensionering

Trots den ganska långa traditionen av krypprunds forskning finns det fortfarande områden där det saknas information hur man praktiskt ska utföra en fuktsäker kryppgrund. Frågeställningen vilket som är en optimal ventilationsgrad kvarstår fortfarande. Från litteraturen kan man dra slutsatsen att en täckning av markytan och en avskärmning av jordens termiska tröghet ger positiva resultat för fukttillskottet från marken men vad gäller ventilationsgraden är det svårt att hitta vare sig praktiska anvisningar eller teoretiska bevis på vilken ventilationsgrad man ska använda sig av. Utöver detta finns det inga klara kriterier för hur höga värden på RF och exponeringstider som man kan acceptera i krypprummen, eller något entydigt dimensioneringskriterium.

5 KONSTRUKTIV UTFORMNING

Att beskriva hur en kryppgrund ska utformas så att man med säkerhet inte får problem med mögel är i dagsläget mycket svårt. Det saknas en entydig dimensioneringsmodell med dimensioneringskriterier för hur en korrekt kryppgrund ska utformas. Som tidigare beskrivits är mögeltillväxten beroende av RF, tid, temperatur, ventilationshastighet och mängden träbaserade material. Även om kryppgrunden har ett korrekt utförande är det inte säkert att man kan undvika mögelangrepp. Vissa år kan enbart uteluftens fuktighet leda till att mögel utvecklas, vilket naturligtvis även leder till mögelpåväxt i uteluftsventilerade kryppgrunder (Kurnitski, 2000). Dock finns det en del åtgärder som kan utföras när man bygger en kryppgrund, för att minska risken för mögelpåväxt.

Som visats i avsnitt 4.5 finns det ett antal olika steg som måste vara uppfyllda för att mögel ska utvecklas. Principen för att konstruktivt utforma en krypprum rätt bör vara att:

1. Minimera fuktkällorna genom t.ex. plastfolie och dränering.
2. Reducera den termiska trögheten i krypprummet så att klimatet liknar uteklimatet genom t.ex. isolering på marken.
3. Begränsa tjockleken på värmeisoleringen i bjälklaget.
4. Minimera mängden exponerat trä i krypputrymmet.
5. Utföra ventilationen på rätt sätt och i rätt omfattning.
6. Utföra bjälklaget lufttätt så att luft och lukt inte sprider sig upp i bostaden.

Nedan följer en mer detaljerad beskrivning hur varje byggnadsdel kan utformas för att mögeltillväxten ska minimeras.

5.1 Mark och undergrund

Ett väl utfört markarbete och en korrekt utformad undergrund är av största vikt eftersom en stor del av fuktbelastningen kommer via avdunstning från mark samt ytvatten som tränger ner i grunden.

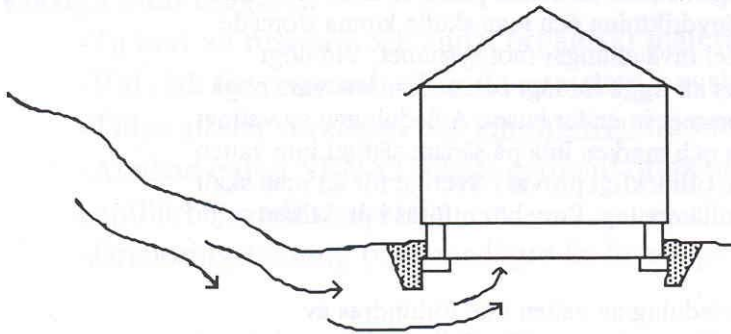
5.1.1. Markplanering och dränering

För att hindra ytvatten från att tränga ner i kryppgrunden behövs skydd i form av en väl utförd markplanering samt en fungerande dränering.

Markplaneringen

3 meter intill huset ska marken lutas ut från huset, med en lutning 1:20, så att inte ytvatten rinner ner i kryppgrunden. Efter slutförd markplanering förekommer ofta sättningar varför den ursprungliga marklutningen bör vara större än 1:20.

Lågpunkterna utformas så att överskottsvattnet ansluter till dräneringsdike eller dylikt. Intill ventilationsöppningarna bör inte större buskar placeras då dessa reducerar luftströmningen genom krypgrunden. Ligger huset i en slänt kan det behövas ett avskärningsdike för att förhindra att en så kallad artesisk brunn bildas. Det avskärande diket är ofta öppet och fyllt med makadam. Diket måste vara så djupt att man eliminerar risken för artesisk brunn.



Figur 10. Dräneringsproblem vid lutande mark (Andersson och Samuelsson 1987)

Dräneringsledningar

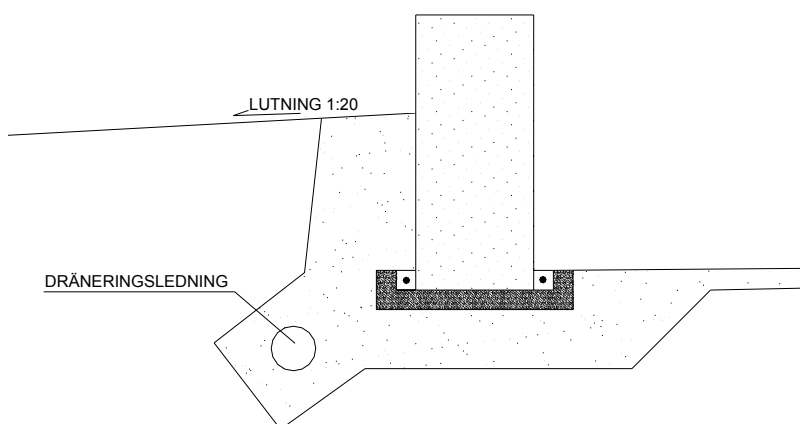
Dräneringsledningarnas uppgift är att förhindra vatteninträngning i grunden, dock ska man vara observant på att dräneringsledningarna inte skyddar grunden från markfukt. Hur en dräneringsledning ska placeras finns det många handböcker som anger varför vi hoppar över detaljerna och endast anger det väsentliga i utformningen, vilket är:

1. Dräneringsledningarna ska placeras utvändigt grundbalkarna och i jämn lutning till dagvattenbrunnen.
2. Dräneringsledningarna ska placeras under schaktbotten
3. Ledningarna ska kringfyllas med dränerande material.

I tidigare normer gavs möjligheten att utelämna dräneringen om marken var självdränerande. Detta bör tillämpas med försiktighet. En grundlig analys av marken samt terräng- och grundvattenförhållandena bör utföras för att utreda om dräneringen kan utelämnas.

Dräneringsmaterial på grundbotten

På grundbotten bör ett dränerande och kapillärbrytande lager placeras för att förhindra att vatten i vätskefas kommer i direkt kontakt med kryprumsluften. Under kryppgrunden ska ett dränerande material placeras som har kontakt med dräneringsledningarna. Kravet för kapillärbrytande skikt är att skiktjockleken ska vara minst den dubbla kapillära stighöjden, vilket för tvättad makadam innebär 150 mm. Trots användande av kapillärbrytande skikt blir avdunstningen från markytan betydande, varför ytan bör kompletteras med ett avdunstningsskydd. Kravet på det kapillärbrytande skiktet kan då reduceras eftersom avdunstningsskyddet i sig är kapillärbrytande.



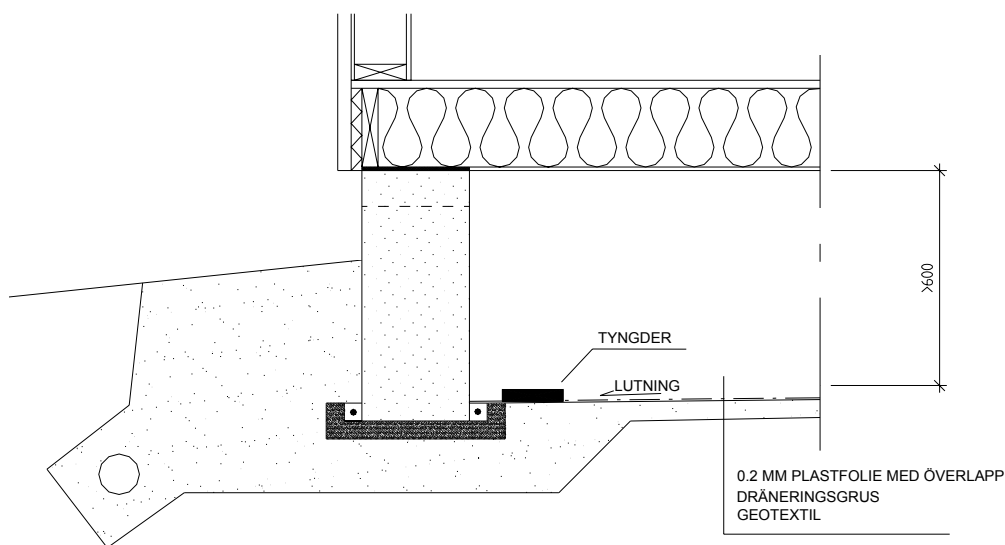
Figur 11. Dränerande och kapillärbrytande skikt på schaktbotten och intill grundmurar

5.1.2. Markskydd

Markskyddets huvudsakliga uppgifter är att höja temperaturen och minska avdunstningen av fukt från markytan. Önskvärda egenskaper hos markskyddet är låg värmekapacitet och hög fuktkapacitet samt högt fukt- och termiskt motstånd.

Plastfolie

En plastfolie minskar avsevärt avdunstningen från marken, men på grund av dess försumbara termiska motstånd påverkar den inte temperaturen i kryputrymmet. Många undersökningar visar att RF-nivån sjunker avsevärt med en plastfolie (Svensson 2001, Kurnitski 2000). Genom användande av rätt markskydd minskas även betydelsen av ett kapillärbrytande material (se avsnitt 5.1.1).



Figur 12. Krypgrund med plastfolie

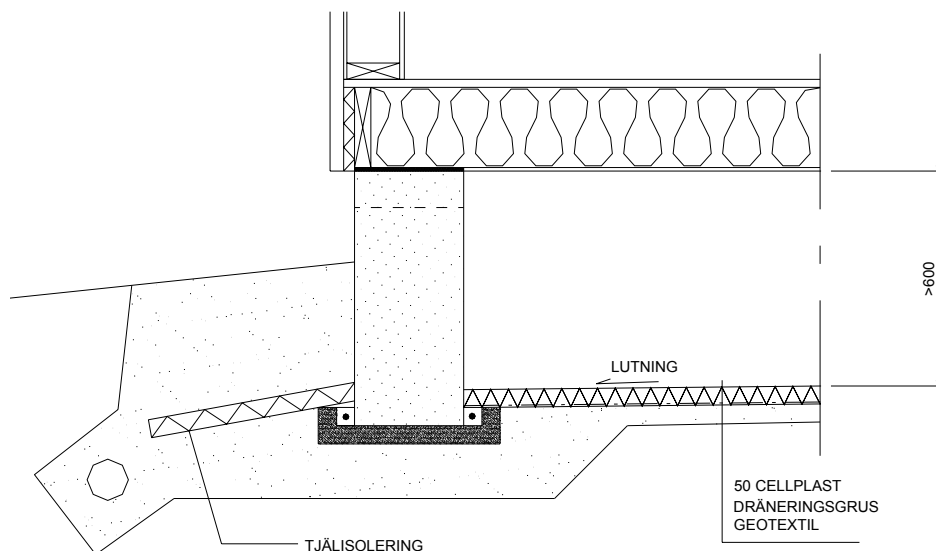
I dagens funktionsbaserade normer (BBR) är det svårt att hitta föreskrifter för hur utförandet av plastfolie ska göras, men följande punkter får gälla som generella då de återges i många handböcker (Åberg 1995, Nevander 1994):

1. Plastfolien ska placeras så att den täcker hela ytan i kryputrymmet och hållas på plats med icke organiska tyngder, t.ex. stenar eller betongblock. (I många gamla handböcker nämns att man kan använda sig av sand, vilket i detta fall kommer att fungera som en fuktbuffert och därmed förlänga tiden med högt RF-värde i krypgrunden.). När det finns kondens under plastfolien kan betydande mängder vatten transporteras kapillärt genom ett litet hål i folien och avges från sandens ovansida.
2. Ytan under plastfolien ska vara rensad från matjord och andra organiska ämnen som kan utgöra näring för mikrobiologisk aktivitet. Annars är risken stor att en elak lukt kan sprida sig i kryputrymmet och vidare upp i bostaden. Det är viktigt att komma ihåg att en plastfolie inte hindrar luktspridning.
3. Plastfolien ska ha överlapp på minst 500 mm
4. Kvaliteten på plastfolien ska vara av minst 0,20 mm åldringsbeständigt material.
5. Plastfolien ska placeras i lutning mot kantbalkarna och punkteras i eventuella lågpunkter.

Markisolering

I krypprum är det inte bara ångtätheten som spelar roll utan även, som tidigare nämnts, att materialet har en hög isolerförmåga och en låg värmekapacitet. Dessa egenskaper gör att den inkommande uteluften inte kyls av mot marken, vilket annars kan medföra en ökad RF-nivå i kryppgrunden. Marken kan isoleras med cellplast, mineralull eller lös lättklinker. Lämpliga tjocklekar på dessa material är 5 cm EPS eller 15 cm lös lättklinker. Försök med 30 cm lättklinkerkulor är utförda vilket visar på ännu bättre resultat men 15 cm ligger på acceptabel nivå (Kurnitski, 2000, Persson, 1993). Cellplasten placeras direkt ovanpå det kapillärbrytande materialet och kan för bästa resultat kombineras med ett avdunstningsskydd, typ plastfolie. Plastfolien placeras under isoleringen eller mellan isoleringen (om man använder två lager isolering). Fördelen med isolering av cellplast eller mineralull är att den inkräktar lite på den fria höjden i krypprummet (5-10 cm), vilket gör att schaktdjupet påverkas försumbart.

Vid användning av lös lättklinker placeras en fiberduk på toppen av lättklinkern. En förutsättning för användandet av denna lösning är att man kan garantera lättklinkerns kapillärbrytande effekt under husets livslängd. Lättklinkern har en mer utjämnande effekt på klimatet än cellplasten, där lättklinkern suger upp eventuellt fuktöverskott och avger en del av vattnet när klimatet i grunden är gynnsammare. Nackdelen med denna lösning är att den kräver djupare schakt.



Figur 13. Kryppgrund med cellplast

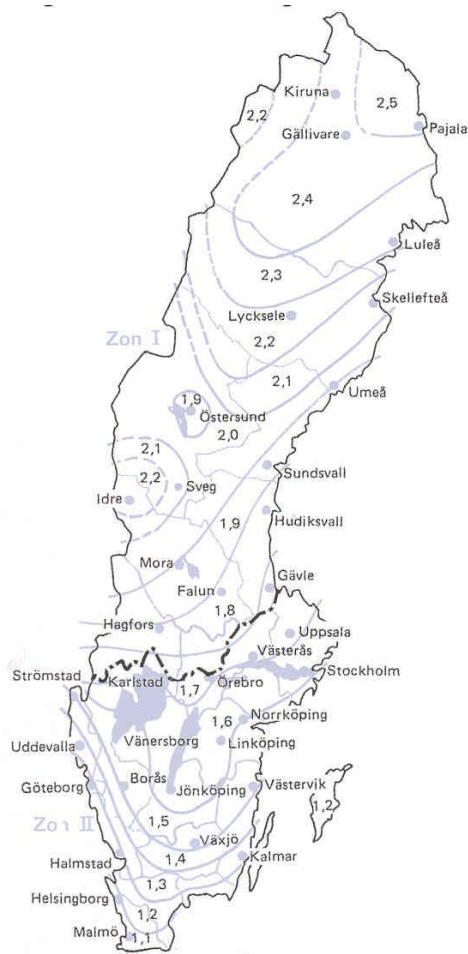
Genom att placera isolering på markytan måste man dock beakta att det i många fall erfordras någon form av tjälisolering (se 5.1.3). En metod som förordas i några rapporter (Åberg 1995) är att kombinera en plastfolie med cellplast vilket bör ge ett mycket bra skydd mot markavdunstning samtidigt som man erhåller en termisk tröghet i konstruktionen. Plastfolien placeras i detta fallet under cellplasten.

5.1.3. Grundläggningsdjup med hänsyn till tjäle

Vid grundläggning på tjälfarlig mark måste man grundlägga på sådant djup att risken för tjälskador som t.ex. tjällyftning elimineras. För uppvärmda byggnader typ platta på mark kan tjäldjupet reduceras på grund av värmeläckaget ner i grunden. För den uteluftsventilerade grunden är värmeläckaget till marken begränsat, speciellt med grundbottenisolering och tjock bjälklagsisolering, vilket gör att grundläggningsdjupet inte kan reduceras i samma omfattning. En vanlig åtgärd i dessa fall är att placera en utvändig randisolering i marken. Följande metod (SBN80), (Åberg, 1995) kan användas för att beräkna grundläggningsdjupet vid uteluftsventilerade kryppgrunder. Följande förutsättningar gäller:

- Utgå från att tjäle förekommer
- Ett material som inte är tjälfarligt får medräknas i det tjälfria grundläggningsdjupet, t.ex. makadam under grundsulan
- Lägsta månadstemperatur inomhus är 18°C.
- Byggnadens bredd är minst 4 meter
- Yttergrundens värmemotstånd över utvändig markyta är minst 1,1 m²°C/W i temperaturzon I och minst 0,9 m²°C/W i temperaturzon II.
- Ventilationsgraden är 1 oms/h
- Grundbottenisoleringens värmemotstånd är högst 0,5 m²°C/W. Är grundbottenisoleringens värmemotstånd högre än 0,5 m²°C/W ökas grundläggningsdjupet till tjälfritt djup enligt figur 14. Alternativt kan grundläggningsdjupet reduceras med en utvändig randisolering.

Följande tjäldjup (figur 14) gäller enligt SBN 80 och anger djupet i meter.



Figur 14. Karta med tjäldjup och klimatzoner (SBN 80)

Minsta grundläggningsdjup kan bestämmas med en reduktionsfaktor enligt tabellen nedan multiplicerad med tjäldjupet se figur 14.

Tabell 1 Reduktionsfaktorer för grundläggningsdjup för uteluftsventilerad kryppgrund (SBN 80)

Klimatzon	U-värde $W/m^2\text{°C}$	bjälklag	Reduktionsfaktor
I	0,50		0,5
	0,25		0,7
	0,125		0,9
II	0,50		0,4
	0,25		0,7
	0,125		0,8

5.2 Grundmur

Ur fuktsynpunkt finns det några punkter att tänka på vid utformningen av grundmuren:

1. För att förhindra att vatten och snö tränger in i kryppgrunden bör höjden till underkant ventilationsöppning ej vara mindre än 200 mm. Vid ventilationsöppningarna bör inte buskar och andra växter placeras intill öppningarna. Man bör undvika att utföra nersänkta ventilationsöppningar som skyddas av halva betongrör eftersom dessa reducerar luftflödet och dessutom täpps igen av löv eller dylikt material.
2. Vid fasader av träpanel bör avståndet till underkant fasaden vara 250 mm för att förhindra vattenstänk från marken.
3. Ur energisynpunkt behöver grundmurarna normalt inte isoleras, om bjälklaget är fullt isolerat, men ur fuktsynpunkt är det ofta positivt om muren är isolerad. Genom att isolera på insidan minskas risken för ytkondens. När marken isoleras är det ofta en god idé att placera 50 mm isolering på grundmuren.
4. För att kunna använda sig av reducerat grundläggningsdjup måste grundmuren ha ett värmemotstånd av minst $1,1 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ i zon I respektive $0,9 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ i zon II. Det senare kravet klarar ett murverk av gasbetong och lättklinkerbetong men i zon I kan dessa behöva tilläggsisoleras.
5. Vid anslutning mot syllen gäller att man ska skydda syllen mot grundmuren med ett kapillärbrytande, beständigt mellanlägg. Förutom denna fukt är syllen, på grund av sitt läge, utsatt för klimatpåverkan. På sommaren utsätts den för höga RF nivåer inifrån kryputrymmet och på vintern påverkar RF-nivån i uteluften syllen. Vilken är då viktigast? Ur fukthänseende är det viktigare att isolera syllen på insidan eftersom temperaturen är högre och tiden innan mögelpåväxt kortare. Ur energisynpunkt ska däremot syllen isoleras på utsidan för att förhindra en köldbrygga att uppstå. Rekommendationen blir alltså att i första hand isolera syllen på insidan men helst på båda sidor.

5.3 Ventilation

Ventilationen har en väldigt central roll i utformningen av en fuktsäker kryppgrund.

5.3.1. Ventilationens storlek

I dagens normer (BKR) finns inga direkta hjälpmedel för hur ventilationen ska utformas utan instruktioner får hämtas från gamla normer typ SBN80 eller handböcker (Åberg 1995). I dessa återfinns följande text:

Tabell 2 Förslag till ventilation och effektiv ventilarea för uteluftsventilerade krypgrunder (SBN 80).

Material i bottenbjälklag	Minsta luftflöde per m ² bjälklagsarea (m ³ /h · m ²) vid fläktventilation	Effektiv öppningsarea m ² /100 m ² bjälklagsarea ^a vid självdragsventilation	
		För vind i utsatt läge ^b	För vind i skyddat läge ^b
Trä ^c	1	0,05	0,10
Gasbetong	2 ^d	0,10	0,20
Betong	1 ^d	0,05	0,10

a För öppningar med galler reduceras öppningens area enligt nedanstående tabell.

b Med för vind utsatt läge avses friliggande hus i öppen terräng. Till för vind skyddat läge räknas i första hand tätt liggande gruppbebyggelse. Vid mycket skyddat läge kan mekanisk ventilation erfordras.

c Förutsätter gynnsamma förhållanden utan tillförsel av fukt.

d Värdet kan reduceras till hälften sedan man förväntat sig om att bjälklaget har torkat tillfredsställande.

Denna tabell kompletteras med ytterligare en tabell med reduktionsfaktorer om man använder sig av någon typ av galler på ventilationshålet. Hålets effektiva öppningsarea framräknas som dess area multiplicerat med reduktionsfaktorn r . I de fall man inte har galler används reduktionsfaktorn 1,0.

Tabell 3 Reduktionsfaktor för galler

Typ av ventilgaller	r
Pressad stålplåt	0,20
Gjutgods	0,50
Nät	0,90

Denna beräkningsmetodik ger en uppfattning om hur många ventilationsöppningar som erfordras.

Den senaste forskningen har dock visat att valet av luftväxlingsintensitet är starkt knutet till grundtäckningen och bjälklagets isoleringsgrad. Som tidigare nämnts är den kritiska tiden för krypgrunden under sommaren när temperaturen i kryputrymmet är betydligt lägre än uteluften vilket orsakar höga RF-nivåer. Marktäckningens och ventilationens huvuduppgift är då att öka temperaturen i kryputrymmet så mycket och så snabbt som möjligt. Att bestämma det optimala luftflödet är inte helt enkelt men ett tydligt samband finns som visar att RF-nivån sjunker vid en högre luftomsättning. En märkbar förbättring av RF-nivån erhålls vid en ökning av luftomsättningen från 1 till 2,5 m³/h m², medan ökningarna därutöver ger en försumbar förbättring (Svensson 2001).

Det finns även rapporter, t.ex. (Kurnitski 2000), som visar på optimala luftomsättningar vid olika typer av marktäckningar. Vid användandet av 5 cm cellplast eller 15 cm lös lättklinker ligger den optimala luftomsättningen på 0,5-1 m³/h m² under vinterhalvåret medan den behöver ökas till 2-3 m³/h m² under sommarhalvåret. För att kunna uppfylla detta krävs dock ett ventilationssystem som går att styra. Samma rapport visar även att ju mer isolerad marken är desto mindre betydelse har luftomsättningen.

Genom en ökad ventilation finns det risk för en avkylning av bjälklaget och därigenom ökade värmeförluster. Studier på detta visar dock att en ökning av ventilationen från 0,5 till 2,5 m³/h m² endast ökar värmeflödet med ca 10 %. I detta fall är bjälklagets U-värde 0,4 W/m² K. Har man lägre värde blir ventilationens inverkan ännu mindre.

Dessa resultat pekar på att man bör välja ”för vind i skyddat läge” i tabell 2 när man dimensionerar den effektiva öppningsarean. Det framräknade antalet ventiler ska placeras jämnt över husets fasader med en koncentration intill hörnen. Där placeras en ventil nära varje hörn dock max 0,5 meter från hörnet. För att förbättra ventilationen ska man undvika hela grundmurar mellan fasaderna utan försöka placera dessa bärningar på pelare och balk.

5.3.2. Utformning av ventilationen

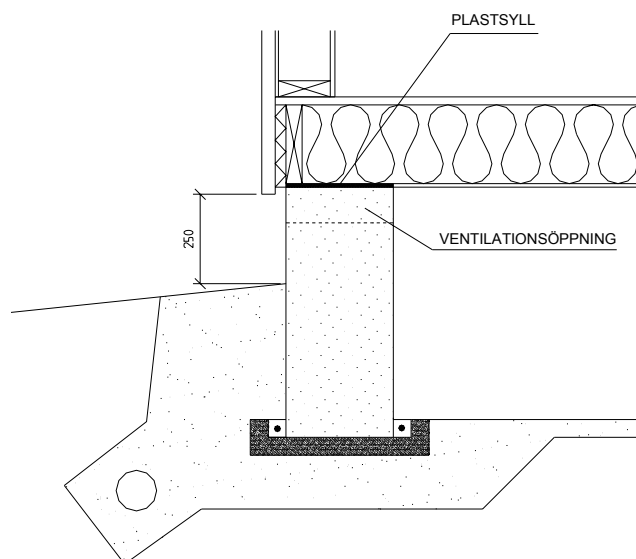
Ventilation med uteluft av ett kryprum kan utföras på två sätt:

- Självdragsventilation
- Mekanisk ventilation

Vid självdragsventilation utnyttjar man den tryckskillnad som uppstår, på grund av vindens inverkan, på ett hus. Genom ventilationsöppningar i grundmuren och öppningar i mittbalken skapas en genomluftning av kryputrymmet. Alternativ till detta är via en vertikal ventilationskanal som går från kryputrymmet och avslutas ovan tak.

Vilken luftväxling som man egentligen erhåller vid självdragsventilation har studerats av Gustén 1989 och den generella slutsats man kan dra är att vid utformning av antalet ventiler enligt tabell 2 och 3 understiger ventilationen i många fall rekommenderade värden enligt byggnormen. Även detta pekar på att man bör sträva efter att dimensionera antalet ventiler efter det högsta värdet.

En viktig faktor vid byggande med krypgrund är att informera de boende om ventilationens betydelse så att man inte täpper igen eller täcker ventilationsöppningarna i försök att spara energi. Det är även vanligt att ventilerna täcks av uppskottad snö.



Figur 15. Självdraagsventilation

Vid användandet av mekanisk ventilation har man möjlighet att reducera antalet ventiler men ändå bibehålla ventilationsomsättningen. Det finns möjlighet att arrangera ventilationskanalerna så att de ansluter till husets frånluftssystem. Genom att använda sig av mekanisk ventilation har man också möjlighet att ha två driftlägen, ett för vinterhalvåret (med lite lägre luftomsättningar) och ett för sommarhalvåret (med lite högre luftomsättningar) (Andersson och Samuelsson 1987).

Man bör dock vara observant vid användandet av mekanisk ventilation då det ställer krav på att brukaren är observant vid händelse av ett eventuellt driftstopp på ventilationen. Speciellt under sommarhalvåret kan RF-nivåerna stiga kraftigt om ventilationssystemet är satt ur spel.

5.4 Bjälklag

Vid utförande av träbjälklag över ett kryputrymme ställs omedelbart frågan. Är det rätt att placera en träkonstruktion över ett utrymme som man vet kommer att ha höga RF-nivåer?

Svaret är inte enkelt och skapade en del debatt i arbetsgruppen till projektet. Det som man kom fram till var följande:

Det finns sporer överallt vilket ger en grogrund för mögelpåväxt. Försök har visat att även mineritskivor angrips av mögel. Att minska mängden organiskt material i

kryputrymmet reducerar näringsmängden för möglet, men att gå så långt som att förbjuda trämaterial i bjälklaget är inte nödvändigt. Det viktiga är att man i största möjliga utsträckning minimerar mängden organiska material i krypgrunden samt skapar en miljö som hämmar mögelpåväxt genom att till exempel höja temperaturen. Därefter ska man säkerställa att lukt från eventuell mögelpåväxt förhindras att nå bostaden.

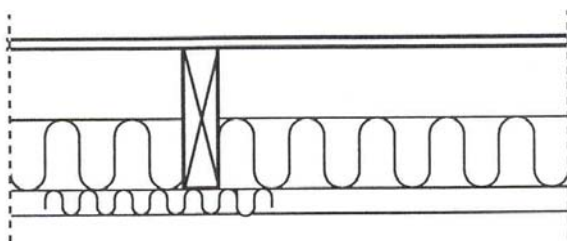
Vid utförande av bjälklaget är det följande tre faktorer som har mest betydelse ur fuktsynpunkt:

- Minimering av mängden exponerat trä
- Isoleringsmängd
- Lufttäthet

Det finns ett antal olika sätt att minska andelen exponerat trä i kryprummet. Ett sätt är att använda sig av plastsyllar som upplag för bjälklagen. På detta sätt undviker man problemet som beskrivits i avsnitt 5.2. Andra former av träskydd är att placera en del av isoleringen under bjälklaget enligt figur 15. Träet hamnar då i en något högre temperatur och motsvarande lägre RF. Under sommaren kan man räkna med en temperaturskillnad på minst 5 grader. Med en 50 - 60 mm isolering under bjälklaget bör temperaturökningen bli minst 2 grader vilket gör att RF-nivån minskar med cirka 10 procentenheter.

Med denna lösning är det viktigt att tänka på att man omfördelar isoleringen och inte endast tilläggsisolerar under bjälklagen eftersom man då kommer att minska U-värdet och därmed sänka temperaturen i kryputrymmet.

Problemet med att isolera under balkarna är när denna isolering ska placeras. Eftersom många volymbyggare använder sig av krypgrundslösningen hade det varit önskvärt att placera isoleringen redan när huset byggs på fabrik. Detta kan dock leda till problem vid transporter eftersom man då måste skydda och säkerställa att isoleringen är kvar samt att den inte skadas under transporten. Att placera isoleringen efter att huset monterats är svårt eftersom man då tvingas arbeta i ett utrymme som oftast bara är lite mer än en halvmeter högt.



Figur 16. Isolering under bjälkar, princip (Andersson och Samuelsson, 1987)

Isoleringsmängden i bjälklaget har betydelse för temperaturen i kryprummet. Genom att öka isolermängden i bjälklaget minskas temperaturen i krypprunden. Som exempel innebär en ökning från 12 cm isolering till 40 cm isolering en sänkning av RF-nivån med ca 5 % (Andersson och Samuelsson 1987). Denna skillnad kan ses som liten men med de små marginaler som finns för mikrobiell påväxt i ett kryprum kan detta ha stor betydelse. Det finns även försök gjorda på liknande hus med två typer av U-värde. Det ena har ett U-värde på $0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ medan det andra har ett U-värde på $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Risken för mikrobiell påväxt framräknades enligt den tredje metoden i avsnitt 4.3 och visade att risken för mikrobiell påväxt var mycket liten vid $U = 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ medan man kunde påvisa mikrobiell påväxt vid $U = 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

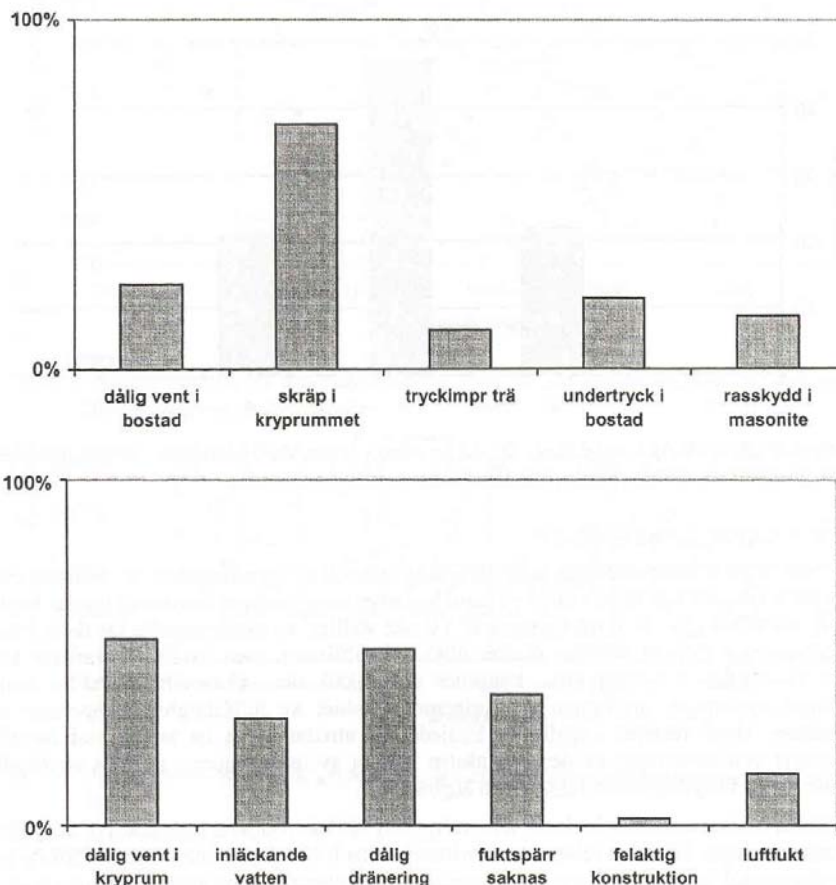
Man ska dock tillägga att hänsyn måste tas till energiförbrukningen i huset vid dimensionering av bjälklagsisoleringen och inte enbart risken för mikrobiell påväxt.

Lufttätheten har som tidigare beskrivits betydelse för att hindra den eventuellt dåliga luft som kan komma från krypprunden. En god lufttäthet kan åstadkommas med plastfolie i bjälklaget samt noggrant utförda genomföringar för installationer. Problemen att klara lufttätheten uppstår vid elementskarvarna när huset är byggt av volymelement.

6 VANLIGA FEL OCH BRISTER I KRYPGRUNDER

I de flesta rapporter som skrivits varnas för problemen med mögel vid användandet av krypgrunder. Detta har sin grund i att det dels rapporteras in många skadeanmälningar på just krypgrunder, men även eftersom de teoretiska modeller som ställs upp för krypgrunder visar på att säkerhetsmarginalerna är väldigt små för mögelpåväxt. Små variationer i temperaturen gör att RF-nivån stiger snabbt och mögel har möjlighet att utvecklas.

En genomgång av de rapporter som är gjorda åt Småhusskadenämnden (Svensson 1999) visar dock en lite annorlunda bild över varför det blir problem med krypgrunder. I många av fallen hänförs sig skadorna till rena konstruktionsfel som t.ex. dålig dränering, avsaknande av fuktspärr, dålig ventilation och inläckande vatten, se figur 16.



Figur 17. Angivna orsaker till förekommande höga fuktillskott i grunden (ovan) och besvärande lukt i bostaden (nedan). Andel av de grunder som orsak angivits för. (Svensson 1999)

I en rapport över skadeorsaker i Hässleholms kommun (Lidgren 1987) rapporteras ungefär samma felaktigheter. Den vanligaste felorsaken var igenfyllda ventiler, avsaknande av plastfolie, kvarlämnat organiskt material och fritt vatten stående i krypgrunden.

Frågan man genast ställer sig är om det blivit en skada i grunden om dessa relativt enkla fel inte förekommit? Förmodligen inte i alla fallen men det visar med all tydlighet hur känslig krypgrunden är för ett felaktigt utförande. Ett av problemen som inte alltid lyfts fram är entreprenadformen vid användandet av krypgrunder. I många fall är uppförandet av huset och krypgrunden delad på olika entreprenader vilket får till följd att ingen entreprenör känner ansvar för helheten. Lösningen på detta borde vara att hustillverkaren erbjuder kunden en helhetslösning där allt ingår från schakt och grundläggning till det färdiga huset.

7 DATORSIMULERINGAR

I projektet togs fram två typer av grundläggningsprinciper som bedömdes som intressanta att simulera i det datorprogram som Svensson (2001) utvecklat. Programmet beräknar de RF-nivåer och temperaturer som råder i en uteluftsventilerad krypgrund under ett längre tidsperspektiv samt simulerar risken för mögelpåväxt baserat på Nevanders kurva (1991). Programmets exakta beräkningsprinciper går vi inte vidare in på i denna rapport utan hänvisar till hennes licentiatuppsats för vidare studier.

Riskenivåerna som beräknas bör tolkas som indikationer för mögelpåväxt snarare än absoluta värden. I detta projekt har vi valt att relatera de simulerade nya krypgrunderna (krypgrundstyp 1 och 2) till en konventionell krypgrund med enbart plastfolie placerad på marken (krypgrundstyp 3).

Anledningen till att det valdes dessa typer av krypgrundslösningar var att isolering av marken, med isolering eller lättklinker, bedömdes vara det enklaste sättet att åstadkomma ett bättre klimat utan att behöva ta till mekaniska åtgärder.

Följande förutsättningar användes för datorkörningarna

Geometri

Bredd:	7,6 meter
Längd:	20 meter
Höjd i krypgrund:	0,6 meter
Krypgrundens volym:	$19,4 \times 6,54 \times 0,6 \text{ m}^3$

Intelligande konstruktioner

Underliggande markförhållande:	Moränlera med $\lambda = 1,51 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ och $C = 4,3935 \text{ MJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$
Bjälklag:	22 mm spånskiva, 200 mm mineralull+träbalkar, vindtätning
Väggtyp:	Lockläktpanel, luftspalt, 140 mm mineralull+reglar, PE-folie, gipsskiva
Grundmurar:	290 mm lecablock på en sula av betong

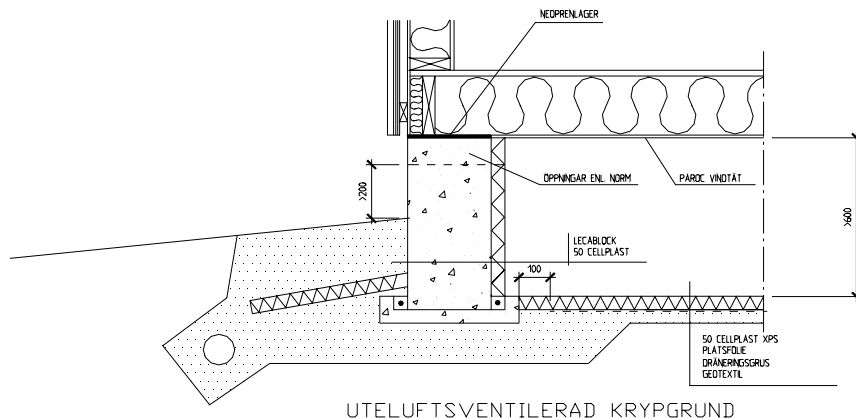
Klimat

Inomhustemperatur:	+22° C
Utomhusklimat:	Timvärden från SMHI (temperatur & relativ fuktighet) för perioden 1973-90.
Ventilation:	Tre olika ventilationsgrader studerades: 0,5 m ³ /h · m ² 1,0 m ³ /h · m ² 3,0 m ³ /h · m ²

De typer av krypgrunder som vi valt att simulera är:

Krypgrund 1 Cellplastisolerad krypgrund

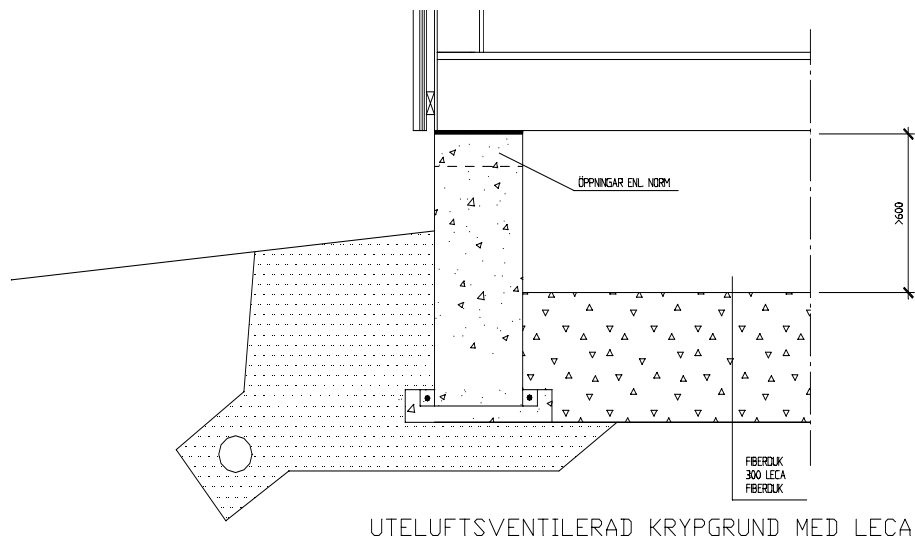
Krypgrunden är en isolerad krypgrund med 50 mm isolering (XPS) placerad på mark och 50 mm isolering (EPS) placerad på lecamurarna. Under markisoleringen läggs en 0,2 mm plastfolie som kapillärbrytande skikt. Plastfolien dras inte fram till lecamuren utan avslutas 100 mm innan denna. I simuleringarna modelleras alternativet med plastfolie framdragen till grundmuren. Under plastfolien placeras ett mindre lager kapillärbrytande skikt av dräneringsgrus. Runt huset läggs en tjälisolering av varieranden tjocklek beroende på ortsplacering.



Figur 18. Krypgrundstyp 1

Krypgrund 2 Krypgrund isolerad med lös lättklinker

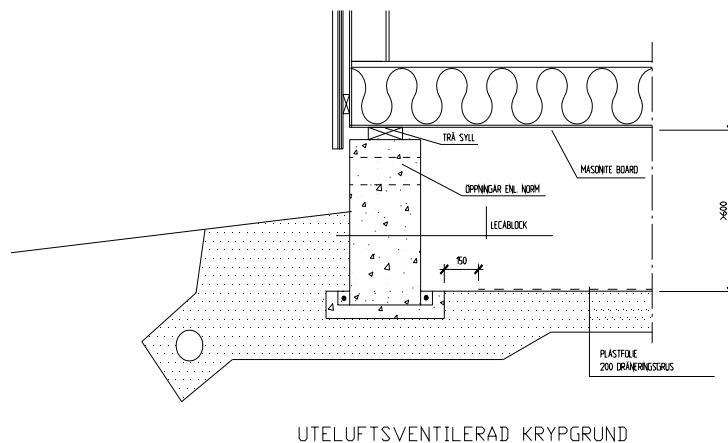
Krypgrunden är isolerad mot marken med 300 mm lättklinker som läggs löst i krypgrunden. En förutsättning för användandet av denna lösning är att man kan garantera lättklinkerns kapillärbrytande effekt under husets livslängd. Under lättklinkern läggs en fiberduk för att dels förhindra småmaterial att blanda sig med lättklinkern och därigenom försämra den kapillärbrytande förmågan. Över lättklinkern placeras en fiberduk för att förbättra möjligheterna att krypa i krypgrunden.



Figur 19. Krypgrundstyp 2

Krypgrundstyp 3 Konventionell krypgrund med endast plastfolie

Denna krypgrund är modellerad som en konventionell krypgrund med endast plastfolie på marken. Plastfolien avslutas 150 mm innan grundmuren enligt rekommendationer i tidiga handböcker. I datorsimuleringarna modelleras även fallet med heltäckande plastfolie.



Figur 20. Krypgrundstyp 3

7.1 Beräkningsresultat

För att utreda skillnader mellan orter valdes att beräkna mögelrisken på två skilda orter. I detta fall valde vi Sturup och Bromma. Det enda som skiljer modelleringarna åt är uteklimatdata från SMHI. Diagrammen som redovisas beskriver endast perioden från maj t.o.m. oktober eftersom dessa månader bedöms som de mest kritiska.

7.1.1. Krypgrundstyp 1 – Isolering med cellplast på mur och mark

Sturup

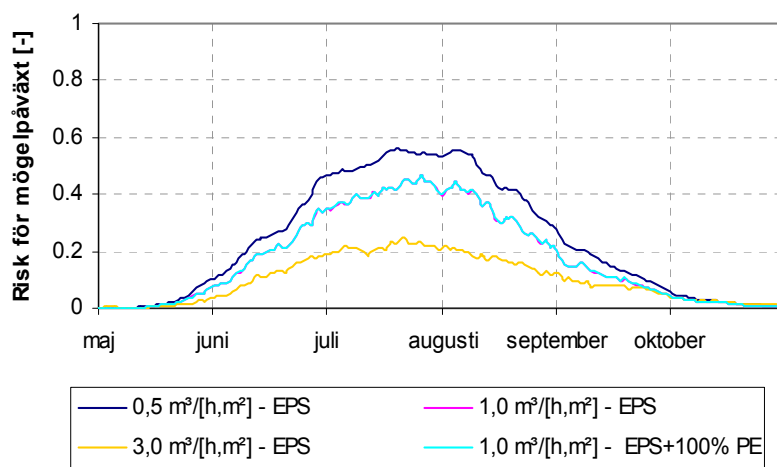


Diagram 1. Krypgrundstyp 1 – Sturup

Bromma

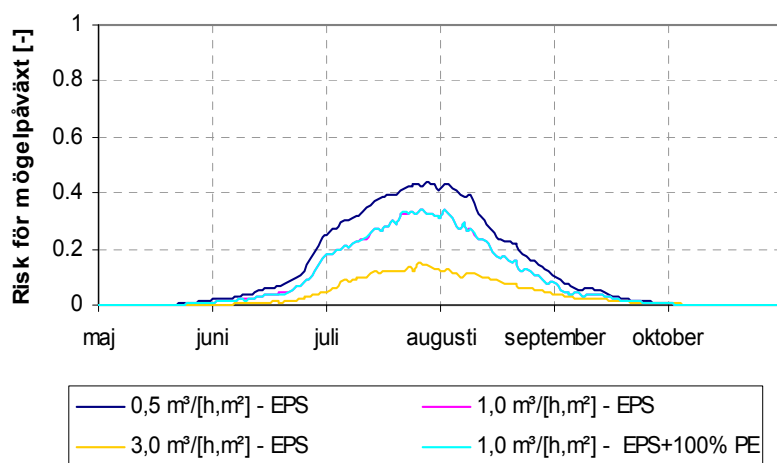


Diagram 2. Krypgrundstyp 1 – Bromma

Kommentar till resultaten:

Ortsplacering

Som diagrammen tydligt visar är risknivån lägre i Bromma än i Sturup vilket innebär att ortsplaceringen kan ha betydelse för risknivån.

Riskperiod

Riskperioden sträcker sig från mitten av maj till mitten av oktober i Sturup medan den sträcker sig från mitten av juni till mitten av september i Bromma.

Ventilationens betydelse

Som även framgår av diagrammen har ventilationsgraden stor betydelse.

Resultaten visar på nästan en halvering av risknivåerna mellan en ventilationshastighet på 1,0 och 3,0 m³/[h,m²].

Plastfoliens framdragning

Det verkar inte ha någon betydelse om plastfolien dras fram till grundmuren om den täcks med en cellplast.

7.1.2. Krypgrundstyp 2 – Isolering med lättklinker på mark

Sturup

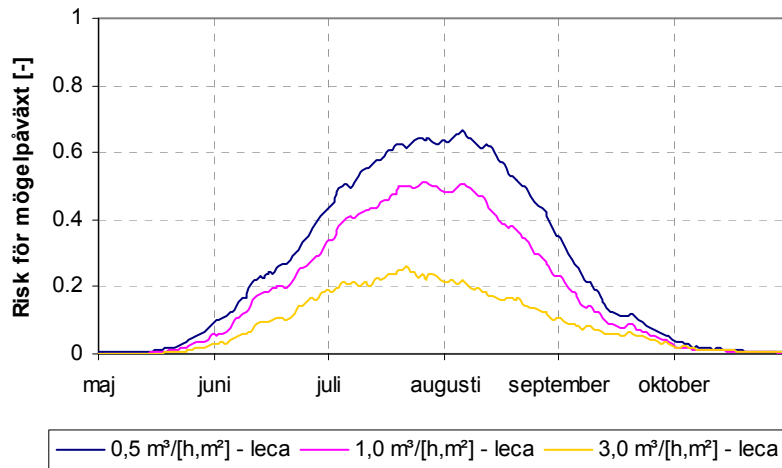


Diagram 3. Krypgrundstyp 2 – Sturup

Bromma

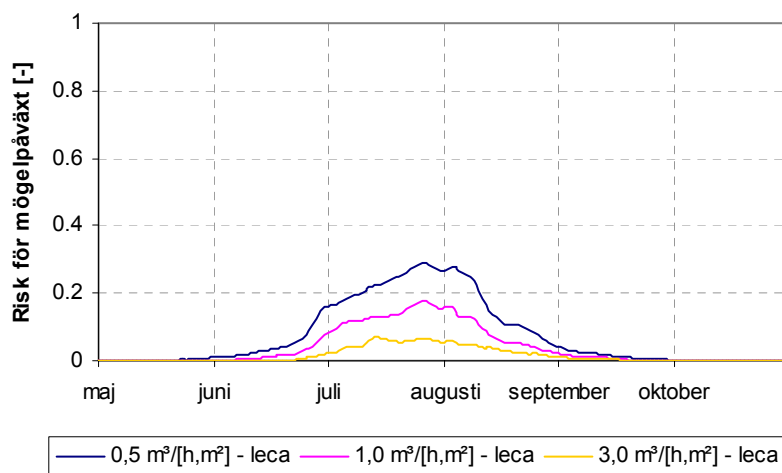


Diagram 4. Krypgrundstyp 2 – Bromma

Kommentar till resultaten:

Ortsplacering

Som diagrammen tydligt visar är risknivån betydligt lägre i Bromma än i Sturup vilket innebär att ortsplaceringen kan ha betydelse för risknivån.

Riskperiod

Riskperioden sträcker sig från mitten av maj till mitten av oktober i Sturup medan den sträcker sig från mitten av juni till mitten av september i Bromma.

Ventilationens betydelse

Resultaten visar på nästan en halvering av risknivåerna mellan en ventilationshastighet på 1,0 och 3,0 m³/[h,m²].

7.1.3. Krypgrundstyp 3 – Plastfolie på marken

Sturup

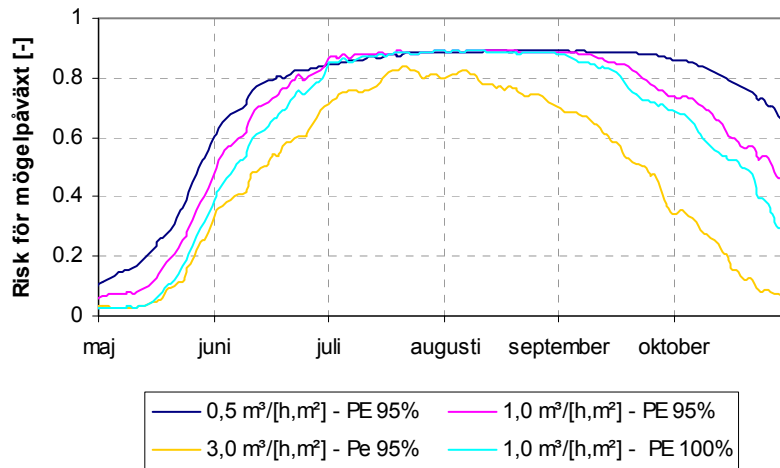


Diagram 5. Krypgrundstyp 3 – Sturup

Bromma

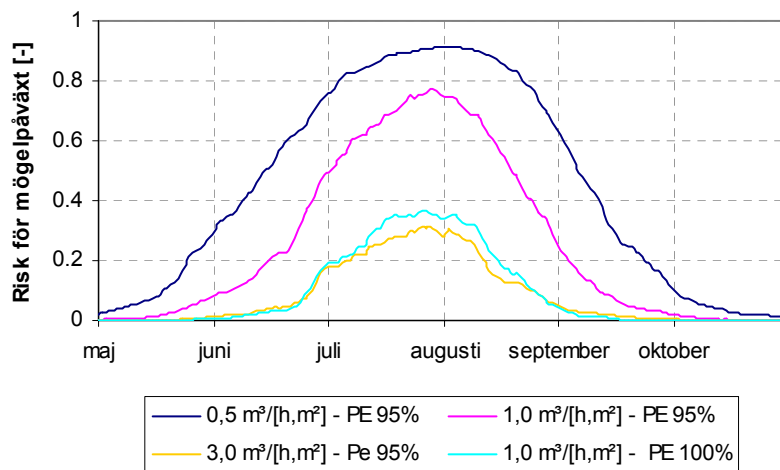


Diagram 6. Krypgrundstyp 3 – Bromma

Kommentar till resultaten:

Ortsplacering

Det är samma skillnader i risknivåer som i de tidigare beräkningsfallen.

Riskperiod

Riskperioden sträcker sig från maj till november i Sturup medan den sträcker sig från mitten av maj till mitten av oktober i Bromma.

Ventilationens betydelse

Som även framgår av diagrammen har ventilationsgraden stor betydelse. Resultaten visar på mer än en halvering av risknivåerna mellan en ventilationshastighet på 1,0 och 3,0 m³/[h,m²] i Bromma medan skillnaden inte är lika stor i Sturup.

Plastfoliens framdragning

På båda orterna kan man se att det har betydelse om plastfolien dras fram till grundmuren. Betydelsen av denna åtgärd varierar mellan Bromma och Sturup med störst betydelse för Bromma.

7.1.4. Generella kommentarer till beräkningsresultaten

Som figur 1, 3 och 5 visar har det stor betydelse för krypgrundsklimatet om krypgrunderna isoleras. Medelrisknivån i fallet med enbart platsfolie ligger på ca 0,8 medan det i de isolerade fallen ligger på 0,4-0,5, dvs nästan en faktor två säkrare. Detta tyder på att man avsevärt kan reducera mögelrisken genom att isolera krypgrunderna, dock ska man ha i åtanke att dessa värden endast ska relateras till varandra och inte ses som absoluta tal.

Som man kan se av resultaten har ventilationen stor betydelse för kryprumsklimatet. Genom att uppnå höga ventilationshastigheter kan man effektivt reducera RF-nivån i krypgrunden. Dock är råden, se SBN och Åberg, för hur man uppnår tillräckliga luftomsättningar gamla och uppföljningen huruvida dessa verkligen ger rätt ventilationsomsättning få. Med tanke på betydelsen av ventilationen för kryprumsklimatet behövs en undersökning om de angivna ventilationsareorna ger rätt luftomsättning.

8 SLUTSATSER

Sedan 70-talet har ett antal olika forskningsrapporter publicerats i ämnet uteluftsventilerade kryprum men trots denna långa tradition av forskning finns det fortfarande områden där det saknas information om hur man tekniskt utför ett fuktsäkert kryprum. Anledningen till detta är att antalet faktorer som påverkar kryprumsklimatet är väldigt många samtidigt som marginalerna för fel är väldigt små. Dessutom saknas en fullständig kunskap i varför, när och under vilka exakta betingelser som trä utsätts för mögelangrepp.

Detta sammantaget gör det väldigt svårt att utforma tillförlitliga datorprogram som simulerar de uteluftsventilerade krypgrunderna. Det finns inga klara kriterier för hur höga RF-nivåer och exponeringstider man kan acceptera samt inte heller några entydiga dimensioneringskriterier att bygga datorprogrammen på. Man är istället hänvisad till att relatera krypgrundslösningar till varandra.

I första delen av detta projekt har vi försökt klargöra sambanden för en fuktdimensionering av krypgrunden. Principen för att minimera risken för mögelpåväxt är att:

1. Reducera fuktkällorna typ nederbörd, luftfukt och markfukt genom t.ex. fungerande dränering, en riktigt utförd grundmur och en plastfolie som förhindrar vattenånga att ta sig upp från marken.
2. Tillgodose att man har tillräcklig ventilation i kryputrymmet.
3. Höja temperaturen i kryputrymmet genom att isolera marken och grundmurarna.
4. Minimera mängden trämaterial i kryputrymmet, vilket gör att näringsmängden för möglet minskar.

Andra delen av projektet består av mer konkreta råd som har tagits fram genom litteraturstudier samt genom arbetsgruppens möten. Som bilaga 2 finns även en form av checklista för byggentreprenörer eller konstruktörer att använda sig av. Denna checklista innehåller i korthet de viktigaste åtgärderna medan kapitel 5 innehåller en mer nyansering av dessa punkter.

Tredje delen av arbetet består av en redovisning av de beräkningar som är gjorda för tre olika krypgrundstyper på två orter. Resultatet av dessa var att de åtgärder som gav bäst resultat var att höja temperaturen i krypgrunden, öka ventilationen i densamma eller kombinera dessa åtgärder.

Förlag till fortsatt arbete

Följande förslag på fortsatta arbeten definierades i projektet:

1. Uppföljning av de beräkningsresultat som framtagits i projektet.
Uppföljningen bör ske genom fältmätningar av temperatur och RF nivåer i krypgrunder som är konstruerade enligt krypgrundstyp 1 och 2. Helst ska liknande hus uppföras på två olika områden.
2. En studie bör genomföras som undersöker om de ventilationsareor som anges i SBN eller Åberg ger de ventilationsflöde som anges. Det bör även undersökas effekten av olika störande element typ stora buskar, verandor etc.
3. Det datorprogram som framtagits på LTH bör vidareutvecklas så att det blir mer användarvänligt. Beroende på komplexiteten i moderna krypgrunder bör man använda sig av ett beräkningsprogram istället för rådstexter vid dimensionering av krypgrunder.

9 REFERENSER

- Andersson L, Samuelsson S 1987. *Krypgrundssystem för moderna småhus – utvecklingsmöjligheter*, Trätec, rapport P8704029
- Andersson B-I 1991. *Fuktsäkring av krypgrunder*, Institutionen för träteknisk forskning, Trätec 9104022
- Elmroth A, Fredlund B 1996. *The Optima – house*, TABK-95/3033, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds Tekniska Högskola
- Hedenblad G, Persson B 1993. *Lättklinkerisolerade kryprum – fältförsök i Tingsryd*, U93.01 Avdelningen för byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola
- Hedenblad G, Persson B 1990. *Ett mögelsäkrare kryprum med konventionell teknik*, TVBM-3042, Avdelningen för byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola
- Jahnsson S 1999. *Mätning av infiltration från uteluftsventilerad krypgrund*, L-Rapport 9908031
- Johansson L, Persson S 2000. *Att hålla krypgrund torr*, Statens Provningsanstalt, SP AR 2000:36
- Kurnitski J 2000. *Humidity control in outdoor-air-ventilated crawl spaces in cold climate by means of ventilation, ground covers and dehumidifications*, Report A3, HVAC-laboratory, Tekniska Högskolan, Helsingfors
- Lindgren C 1987. *Fukt och mögelinventering av småhus i Hässleholms kommun*, TVBH-5025, Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.
- Samuelsson I, 1992. *Fuktsäkrare byggnadsdelar*, Statens Provningsanstalt, SP 1992:17
- Svensson Charlotte 1999. *Utvärdering av Småhusskadenämndens arkiv avseende krypgrunder – Genomgång av arkivet*, TVBH-3035. Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.
- Svensson C 2001. *Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade krypgrunder med fukt- och mögelskador*. TVBH-3038, Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.
- Tobin L 1988, *Åtgärder mot fukt och mögelskador i husgrunder*. Statens Provningsanstalt, SP Rapport 1988:55
- Viitanen, H, 1996. *Factors affecting the development of mould and brown rot decay in wooden material and wooden structures*, Institutionen för virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU ISBN 91-576-5115-9

- Åberg O 1999. Åtgärder mot fukt i kryprumsgrunder, T9:1999, Byggforskningsrådet Stockholm
- Åberg O 1995. Kryprumsgrunder, T10:1995, Byggforskningsrådet Stockholm

BILAGA 1

FRÅGOR OCH SVAR TILL ARBETSGRUPPEN

I projektet togs en hel del allmänna frågor upp om krypgrunder. Avsikten med frågorna var att bringa klarhet hur långt man kommit i dagens forskning på krypgrunder, samt att försöka samla den ledande expertisen på krypgrunder för en diskussion om problemställningarna. Nedan följer de frågor som ställdes samt arbetsgruppens svar.

De personer som ingick i arbetsgruppen var:

Arne Elmroth, Lunds Tekniska Högskola
Ingemar Samuelsson, Statens Provningsanstalt (SP)
Lars-Erik Harderup, Lunds Tekniska Högskola
Lars Nilsson, Skanska Teknik
Göran Fagerlund, Lunds Tekniska Högskola (delvis)
Knut-Ove Mattsson, Skanska Nya Hem (delvis)
Henrik Ödeen, Myresjöhus (delvis)
Stig Jansson, Hjaltevadshus (delvis)
Peter Stenfelt, Flexator (delvis)
Tomas Thörnkvist, Södra Skogsägarna (delvis)

1. Varför använder man en krypgrundslösning och inte en platta på mark?

Topografin, installationerna samt möjligheten att använda sig av volymtillverkning. Vid användandet av volymtillverkning förutsätts ett installationsutrymme under huset för att omhänderta spillvatten och dylikt. Detta är svårt vid en platta på mark. Vid platta på mark kan man däremot använda sig av halvfabrikat till väggar och tak.

2. Beror mögelproblemen i krypgrunderna på konstruktionsprincipen (uteluft in i kryputrymme) eller är det beroende av t ex. felaktig dränering, skräp i utrymmet och tilltäppta öppningar?

Många av de drabbade kryprummen har allvarliga fel och brister i dränering, materialspill och luftning. Sannolikheten för mögelpåväxt är ändå stor i kryprummen men med ett lufttätt bjälklag påverkar detta inte de boende. Problemet blir för byggbolagen att motivera användandet av kryprum när man kan få mögelpåväxt i desamma.

3. Kan man använda trä i kryputrymme?

En rätt utförd grund ger en kontrollerad risk för mögelpåväxt. Däremot kan man ställa krav på att materialleverantörerna redovisar vilka RF som deras produkter klarar av.

Det finns sporer överallt vilket ger en grogrund för mögelpåväxt. Försök har visat att även mineritskivor angrips av mögel. Att minska mängden organiskt material i kryputrymmet reducerar näringsmängden för möglet, men att gå så långt som att förbjuda trämaterial i bjälklaget är inte nödvändigt. Det viktiga är att man i största möjliga utsträckning minimerar mängden organiska material i kryppgrunden samt skapar en miljö som hämmar mögelpåväxt genom att till exempel höja temperaturen. Därefter ska man säkerställa att lukt från eventuell mögelpåväxt förhindras att nå bostaden.

En intressant frågeställning är hur mycket mögel man ska tillåta i ett kryputrymme. Det är sällan mögel som luktar, i varje fall inte om möglet växer på trä. Det är snarare aktinomyseter som luktar och det är en bakterie. Det är en art av denna bakterie som luktar i t ex potatiskällare, när man talar om unken lukt. Dessa bakterier finns även i mineraljord. Det kanske är en fråga om att ta bort all humus och mineraljord under bjälklaget och fylla på men någon halvmetertvättad makadam. Det går nog inte att man kan kvantifiera hur mycket mögel man kan tillåta i ett kryputrymme. Det är viktigare att se till att möglet inte tillåts gro och växa. Hur mycket mikroorganismer man kan tillåta sig är alltså en fråga om att hålla ned den relativa luftfuktigheten så mycket som möjligt.

4. Vilka är de viktigaste åtgärder som bör utföras i ett kryprum för att undvika mögelproblem och lukt i bostaden?

1. Undvik mögelbenäget material i kryppgrunden
2. Korrekt arbetsutförande av kryppgrunden
3. Plastfolie på marken
4. Isolering av mark och kantbalk
5. Cellplast som blindbotten
6. Plastfolie alternativt aluminiumfolie i bjälklaget (utförs som en extra säkerhetsåtgärd för att undvika att lukt transporteras upp i bostaden).

5. Hur stor risk för mögel i huset bör man som ansvarig byggare utsätta den boende för?

En svår fråga att svara på. Svårigheterna ligger i att kunna bedöma risken för mögelpåväxt i kryputrymmet. Charlotte Svenssons (2001) program ger en

indikation om riskerna men programmet behöver verifieras ytterligare, framförallt med avseende på tidsaspekterna vid mögelpåväxt.

6. Är normens (SBN 80) förslag på ventilationens öppningsarea lämplig för dagens kryprumskonstruktioner avseende isolering och materialval i bjälklaget?

Normerna är baserade på arbete utfört i slutet av 60-talet och slutsatserna som drogs kan ha skett med stora approximationer.

C Svenssons program indikerar att de luftomsättningar som normen (SBN 80) rekommenderar har god överensstämmelse med vad som är optimalt för ett kryputrymme.

7. Hur påverkar en ökad/minskad ventilering fukten i kryputrymmet under året?

En ökning av ventilationen ger en lägre RF-nivå. Dock endast upp till en viss gräns varefter ytterligare ökning av ventilationen ger försumbar reduktion av RF-nivån.

8. Ska man använda mekanisk ventilation? Fördelar/Nackdelar?

Inbyggnad av ett mekaniskt system kräver underhåll vilket kan vara svårt att upprätthålla under husets livslängd. Finns en del exempel på krypgrunder där man inte överfört instruktioner för hur ventilationssystemet ska underhållas vid ägarbyte av bostaden varför man då fått problem.

Till fördelarna hör att man genom ett mekaniskt system bättre kan styra luftväxlingarna.

Generellt kan man konstatera att en varmgrund med ett mekaniskt ventilationssystem ger ett bättre klimat i grunden. Nackdelarna är förutom ovan nämnda ett ökat energibehov i byggnaden. Ett alternativ till varmgrund är en isolerad krypgrund med frånluftsventilation kopplad till den befintliga husventilationen. Tilluft för detta system sker genom små öppningar i kantbalken. Marken utföres lufttät genom t.ex. en tunnare betonggjutning alternativt plastfolie. På detta sätt skapar man ett undertryck i kryputrymmet som bidrar till att eventuell lukt inte sprids upp i bostaden. Eftersom man skapar ett undertryck i kryputrymmet är det viktigt att rör genomföringar och anslutningar utförs på ett lufttätt sätt samt att bjälklaget utförs lufttätt genom att en plastfolie placeras i bottenbjälklaget.

9. Om vi har lite mögel i kryputrymmet, är detta ett problem om bjälklaget är lufttätt? Går det att utföra ett träbjälklag lufttätt?

Det går att utföra kryprum som lufttäta och lukttäta med en aluminiumfolie.

10. Kan man öka ventilationen i kryputrymmet utan mekanisk ventilation?

Genom en skorsten genom huset kan man utnyttja den termiska drivkraften och på så sätt öka ventilationen..

11. Hur påverkas ventilationen av öppningarnas placering i förhållande till markytan. Hur stor ventilation kan man räkna med när man sänker öppningarna genom att t ex. använda halva betongrör?

Det blir sämre men hur mycket är frågan. Stor risk att öppningar sätts igen av t.ex. löv och dylikt.

12. Hur ska hjärtmurens ventilationsöppningar utformas. Storlek/Placering/Antal?

Samma storlek som ytterväggarna men undvik att lägga samman till en stor öppningsarea. Använd gärna många mindre. (Ett förslag är att specificera hur stor öppningsarea man ska ha i hjärtmuren samt en specifikation hur många öppningar per kvadratmeter det ska finnas).

13. Påverkas ventilationsbehovet av byggnadens geografiska läge?

Inga tekniska rapporter som behandlar detta. En gissning skulle vara att det geografiska läget inte har någon betydelse. Dock ska man tänka på att väderomslagen är snabbare i norra Sverige vilket ger ett ogynnsamt klimat för krypprunden.

14. Hur påverkar ventilationen/luft rörelser risken för mögelpåväxt?

Det anses att god luftcirkulation minskar möjligheten för mögel att få grogrund på konstruktionen.

15. Hur mycket reducerar en plastfolie på marken markradonen.

Plastfolien reducerar markradonet något men det finns möjlighet för radonet att ta sig upp via otäta överlapp. Ett alternativ som provats var asfalt på marken men man fick dock problem med lukt som spred sig in i huset.

16. Finns det någon metod att värdera riskerna i en krypgrund?

En metod för att värdera riskerna i krypgrunder bör tas fram, dock ska den inte ingå i arbetet utan endast presenteras i grova drag. En värdering av de olika konstruktionstyperna bör ingå, t. ex. kantbalk, bjälklag, markyta, materialval osv. Man bör utnyttja Charlotte Svenssons arbete för att ta fram riskfaktorer. En tanke var att försöka få en jämförande värdering mot platta på mark.

Riskanalyser av kryprum är något som för närvarande inte utförs men som förmodligen kommer att behövas i framtiden. Frågeställningar som t. ex. hur risken påverkas av kryprumsklimatet och tryckskillnader i bjälklaget bör utredas. Detta projekt bör inte inrymma en framtagande av en metod, däremot bör man ta fram riktlinjer för en sådan. Ett flertal moment bör ingå i en riskanalys bland annat:

- Byggskede – arbetsmoment
- Bruksskedet (brukarvanor t. ex. material som lagras i kryputrymmet)
- Entreprenadformen
- Tekniska lösningar
- Risk för lukt i bostaden
- (Priset)

17. Vilket klimat kan man vänta sig i en oventilerad krypgrund?

Luften i kryprummet borde anta ett jämviktstillstånd med marken vilket skulle innebära att man kan få upp mot 100% RF. Dock hänger detta samman med otätheter i plastfolien samt hur högt grundvattnet ligger.

18. Hur påverkas fuktillskottet av att man placerar en cellplast med förskjutna skarvar på markytan (i jämförelse med plastfolie)?

Fuktillskottet från grunden styrs bland annat av den temperatursänkning som uppkommer när man isolerar marken. Mer isolering ger kallare mark vilket ger mindre fuktavgivning. Man bör kunna ersätta plastfolien med cellplast med förskjutna skarvar alternativt med not och spont. Dock ställs det krav på att marken utförs plant så att springor ej uppkommer. Behovet av plastfolie på marken i kombination med cellplast minskar om man inte har undertryck i kryputrymmet. Vid undertryck i kryputrymmet behövs plastfolien. Ett alternativ till cellplast på marken är att isolera med lättklinker. De få projekt som har utförts på detta sätt uppvisar bra resultat. Tjockleken på lättklinkerlagret blir förhållandevis stort (ca 300 mm) varför grundläggningsdjupet måste ökas. Om lättklinkerns vattenavvisande

egenskaper bibehålls under husets livstid finns det dock inget behov av plastfolie.

19. Hur mycket fukt tillkommer om man avslutar plastfolien med en randzon på 100 mm mot kantbalken? Betydelse?

Randzonen har stor betydelse! Ca 10 % av markytan exponeras fritt.

20. Kan lättbetongmurar bidra till något större byggfukttillskott?

Det finns stora mängder fukt bundna i lättbetongmurar som behöver uttorkas under första året varför risken för mögelpåväxt ökar. Viktigt att se till att murarna kan uttorkas utåt marken.

21. Hur stor betydelse har ett lager tvättad makadam under plastfolien?

Relativt onödig eftersom man har en plastfolie över densamma.

22. Vilken är optimal isolering i bjälklaget ur energi- och mögelsynpunkt?

Det finns ingen övre begränsning om man använder sig av fuktkänsliga material. Sommarfallet är dimensionerande.

BILAGA 2

LATHUND FÖR KRYPGRUNDSPROJEKTERING

	Åtgärd	Att tänka på
1	Markplanering och dränering	
1.1	3 meter intill huset ska marken lutas ut från huset, med en lutning 1:20.	<ul style="list-style-type: none">- Inga buskar placeras intill ventilationsöppningarna.- Marklutningen ska vara minst 1:20.
1.2	Ligger huset i en slänt kan det behövas ett avskärningsdike.	<ul style="list-style-type: none">- Artesisk brunn kan bildas. Kontakta geotekniker för vidare information.
1.3	Dräneringsledningar ska placeras runt huset utvändigt grundbalkarna.	<ul style="list-style-type: none">- Dräneringsledningarna ska placeras under schaktbotten och i jämn lutning till samlingsledningen.- Ledningarna ska vara kringfyllda av dränerande material.
1.4	Under krypgrunden ska ett dränerande material placeras som har kontakt med dräneringsledningarna.	<ul style="list-style-type: none">- Kravet för kapillärbrytande skikt är att skiktjockleken ska vara minst den dubbla kapillära stighöjden. För tvättad makadam innebär detta 150 mm.
2	Markskydd	
2.1	Som minsta åtgärd för att förhindra markfukt ska plastfolie placeras på markytan. För förbättrat skydd mot markavdunstning se 2.2.	<ul style="list-style-type: none">- Plastfolien ska placeras så att den täcker hela ytan i kryputrymmet.- Plastfolien ska hållas på plats med icke organiska tyngder, t.ex. stenar eller betongblock.- Ytan under plastfolien ska vara rensad från matjord och andra organiska ämnen.- Plastfolien ska ha överlapp på minst 500 mm.- Kvalitén på plastfolien ska vara av minst 0,20 mm åldringsbeständigt material.- Plastfolien ska placeras i lutning mot kantbalkarna och punkteras i eventuella lågpunkter.
2.2	Marken kan isoleras med cellplast (se 2.3) eller lös lättklinker (se 2.4) för bättre skydd mot markavdunstning.	
2.3	Cellplasten placeras direkt ovanpå det kapillärbrytande materialet och kan för bästa resultat kombineras med ett avdunstningsskydd, typ plastfolie.	<ul style="list-style-type: none">- Lämplig tjocklek för EPS är 50 mm.- Vid användande av plastfolie ska denna placeras under cellplasten (utförande se 2.1).

	Åtgärd	Att tänka på
2	Marksydd (forts)	
2.4	Vid användande av lös lättklinker erfordras inget kapillärbrytande skikt under lättklinkern.	<ul style="list-style-type: none"> - Endast lättklinker som har dokumenterad kapillärbrytande förmåga ska användas. - En fiberduk placeras på toppen och botten av lättklinkern. - Lämplig tjocklek är 300 mm.
2.5	Vid markisolering med ett värmemotstånd högre än $0,5 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ ökas grundläggningsdjupet till tjälritt djup alternativt reduceras grundläggningsdjupet om en utvändigt randisolering används.	<ul style="list-style-type: none"> - För vidare info angående tjäle se SBN 80 kap. 33:5 eller Olle Åberg Kryprumsgrunder sid. 29 (T10:1995).
3	Grundmur	
3.1	Avståndet från mark till underkant ventilationsöppning bör ej understiga 200 mm.	<ul style="list-style-type: none"> - Undvik att höja marknivån genom att använda ”halva betongrör” som skydd för ventilationsöppningarna. Oklart hur mycket ventilationen reduceras.
3.2	Vid markisolering typ 2.3 bör, för bästa effekt, grundmuren isoleras med motsvarande mängd isolering.	
3.3	För att kunna tillgodoräkna sig reducerat grundläggningsdjup vid tjäle måste grundmuren ha ett värmemotstånd av minst $1,1 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ i zon I respektive $0,9 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ i zon II.	<ul style="list-style-type: none"> - Det senare kravet klarar ett murverk av gasbetong och lättklinkerbetong men i zon I kan dessa behöva tilläggsisoleras. - För vidare info angående tjäle se SBN 80 kap. 33:5 eller Olle Åberg Kryprumsgrunder sid. 29 (T10:1995).
3.4	Vid anslutning mot bjälklaget ska man skydda syllan mot grundmuren med ett kapillärbrytande, beständigt mellanlägg.	

	Åtgärd	Att tänka på
4	Ventilation	
4.1	Ventilationsöppningarnas storlek dimensioneras enligt SBN 80 kap. 32.322.	<ul style="list-style-type: none"> - Välj ”för vind i skyddat läge” i tabellen. Nästan undantagslöst blir klimatet bättre av en högre ventilationsgrad. - Placera ventilerna jämnt längs husets fasader med en koncentration intill hörnen. Där placeras en ventil nära varje hörn dock max 0,5 meter från hörnet. - Välj att utforma mittbärning i form av pelare och balk istället för grundmur för att förbättra ventilationsmöjligheterna.
5	Bjälklag	
5.1	Minimera mängden exponerat trä i krypgrunden.	<ul style="list-style-type: none"> - Använd plastsyll mellan bjälklag och grundmur.
5.2	Skydda bjälklaget om detta är ett träbjälklag.	<ul style="list-style-type: none"> - Genom att placera isolering på underkant bjälklag förbättrar man klimatet för träbalkarna. - Motsvarande mängd som placeras på undersidan ska isoleringen mellan balkarna reduceras med. - Tänk på att det kan vara svårt att montera isoleringen på undersidan av bjälklaget vid användandet av volymelement.
5.3	En ökning av isolermängden i bjälklaget leder till en försämring av kryprumsklimatet.	<ul style="list-style-type: none"> - Isolermängden bör dimensioneras med hänsyn till energihushållning samt fuktförhållandena i krypgrunden.
5.4	Genom att utföra bjälklaget lufttätt skyddar man de boende mot eventuell dålig lukt som kan bildas.	<ul style="list-style-type: none"> - En god lufttäthet kan åstadkommas med plastfolie i bjälklaget samt noggrant utförda genomföringar för installationer. - Problemen att klara lufttätheten uppstår vid elementskarvarna när huset är byggt av volymelement.

	Åtgärd	Att tänka på
6	Övrigt	
6.1	Se till att inget virkesspill eller annat organiskt material finns i kryputrymmet innan huset monteras.	
6.2	Vid byggnation under vinterhalvåret blir fuktbelastningen högre första sommaren	- Genom att installera ett värmeelement första våren reduceras risken för mögelskador
6.3	Se till att täcka kryputrymmet med presenning om montaget av huset inte sker direkt efter färdigställande av kryputrymmet	