



KTH Bygghvetenskap

Väg och vattenbyggnadsteknik

Kungliga Tekniska Högskolan

Fukttekniska lösningar för uteluftsventilerade kryprumsgrunder

Solutions for moisture problems in outdoor air ventilated crawl-spaces

Examensarbete i byggnadsteknik
No. 339

Jakob Deling
Christian Eskilander
2004

Handledare: Tekn. Dr Kjartan Gudmundsson, KTH
Examinator: Professor GuðnÍ Jóhannesson, KTH

He who has not first laid his foundations may be able with great ability to lay them afterwards, but they will be laid with trouble to the architect and danger to the building.

Niccolo Machiavelli, *The Prince*
Italian dramatist, historian, & philosopher (1469 - 1527)

Förord

Detta examensarbete har utförts på avdelningen för byggt teknik på Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) och delvis i samarbete med innovationsföretaget HERoVation AB samt Sånga-Säby Kurs & Konferens. Idén till arbetet är framtagen i samråd med examinator professor GudnÍ Jóhannesson och handledare tekn. Dr Kjartan Gudmundsson. Arbetet är utfört av teknologerna Jakob Deling och Christian Eskilander vid Väg- och Vattenbyggnadsteknik, KTH.

Vi vill ge ett stort tack till handledare Kjartan Gudmundsson och docent Folke Björk vid Institutionen för byggvetenskap, KTH, för deras tid och tålmod för alla frågor och funderingar som uppkommit under arbetet. Professor GudnÍ Jóhannessons hjälp i samband med beräkningsprogrammen i Mathcad har varit ovärderliga samt hans övergripande handledning av arbetet. Vi vill visa vår tacksamhet till Hans Rosendahl, VD för HERoVation AB, för ett brinnande engagemang, en positiv inställning och samordning kring fältstudierna.

Stockholm
Hösten 2004

Jakob Deling
Christian Eskilander

Sammanfattning

Uteluftsventilerade kryprumsgrunder har under den senaste tiden uppmärksammats för den risk för fukt- och mögelskador som denna konstruktion medför. Problemet med fukt- och mögelskador uppkommer främst på sommaren när varm och fuktig luft kommer in i den kalla kryprumsgrunden. Den fuktiga uteluften kondenserar vid mötet med bjälklagets bottenyta som har en lägre temperatur på grund av strålningsutbytet med den kalla marken.

I detta arbete belyses problematiken med kryprumsgrunder och det redogörs för de tekniska åtgärder som kan utföras för att motverka fukt- och mögelskador. De åtgärder som arbetet fokuserar på är följande:

- Bandformade luftkuddar
- Värmare
- Avfuktare
- Statisk avfuktning

Tanken med bandformade luftkuddar är att hela grunden fylls med kuddar, detta skall resultera i att fukt och värme förhållandena liknar förhållandena i konstruktionen platta på mark. Installationen kräver minimalt underhåll och ingen driftskostnad finns, vilket är positivt. Installationskostnaden är en nackdel och uppgår just nu till cirka 550 SEK/m³. Fältstudier visar att temperaturen vid bjälklaget höjs och den relativa fuktigheten avtar efter installation av luftkuddar.

Värmaren värmer luften och sänker därmed den relativa fuktigheten. Åtgärden kräver att grunden tätas och att en plastfolie läggs på marken. Resultatet är positivt och driftskostnaden är relativt låg jämfört med avfuktare, mellan 113 – 3700 SEK/år beroende på styranordning, utöver detta tillkommer en installationskostnad. Ett alternativ är en varmluftsolfångare. Solen värmer luften och en fläkt, som drivs via solceller, blåser in den varma luften i kryprunden. Driftkostnaden är noll men installationen kostar mellan 3500 - 8000 SEK enligt tillverkarens hemsida.

Avfuktaren är den vanligaste och effektivaste åtgärden när det gäller att minska fukttinnehållet i kryprumsluften. Grunden tätas och en plastfolie läggs på marken. Avfuktaren visar ett bra resultat i simuleringen. Det gäller dock att tätas grunden ordentligt vilket är mycket svårt. Driftkostnaden ligger mellan 837 och 5019 SEK/år beroende på styranordning. Installationskostnaden är hög, cirka 30 000 SEK.

Statisk avfuktning inkluderar kalciumklorid (vägsalt) och kiselgel. Åtgärden är oprövad i praktiken. Tanken är att placera ut en mängd av ett av dessa ämnen på olika platser i grunden, i samband med plastfolie på marken och tätning av grunden. Ämnena kommer sedan att absorbera fukt från luften. Enligt en

uppskattning uppgår mängden kalciumklorid till cirka 25 kilo/år och mängden kiselgel till 112 kilo/år. Kalciumkloriden kostar cirka 2 SEK/kilo och kan återanvändas men att göra detta kostar mer än att köpa nytt. Kiselgelen kostar nästan 100 SEK/kilo men kan enkelt återanvändas genom upphettning i till exempel en mikrovågsugn upprepade gånger. Kiselgel används även som torkmedel i avfuktare.

Abstract

Outdoor air ventilated crawl-spaces are a debated construction-foundation method that has a high risk of moisture- and mould damages. The problem especially occurs in the summertime when the air is warm and humid. When the outdoor air enters the crawl-space, which still is cold after the winter, the temperature decreases. Because of the temperature drop the air can't hold the same amount of moisture as before and condensation forms.

This report focuses on the problems around crawl-spaces and describes the technical measures which can be performed to prevent the risk of humidity and mould damages. This report focus on is three existing and one innovative solution.

- Airbags, shaped as a line
- Heaters
- Dehumidifier
- Static dehumidifiers

The airbags are intended to convert a crawl-space foundation to a construction with humidity and heat conditions similar to a slab on ground. The installation requires minimum maintenance and has no operation costs. The purchase cost is currently 550 SEK/m³. Field studies shows that the temperature at the joist increases and the relative humidity, RH, decreases after installation.

The heater raises the temperature and thereby the RH decreases. This measure requires that the crawl-space is sealed and that plastic film is placed on the ground. The result is positive and the operation cost is relatively low compared to a dehumidifier. The cost is 113-3700 SEK/year depending on the control method, plus the cost of installation. One alternative is the solar collector which also increases the air temperature in the crawl-space. The air is heated by the solar panel and blown into the crawl-space by a fan, which is driven by solar panels. The operation cost is zero and the installation cost about 3500-8000 SEK according to the manufactures website.

The dehumidifier is the most common and most effective measure when it comes to decrease the amount of moisture in the air. The crawl-space is sealed and a plastic film is placed on the ground. The dehumidifier shows a very good result in the simulation program. It is very important to seal the crawl-space properly which is difficult. The operation cost is 837-5019 SEK/year depending on the control method. The installation cost is also high, nearly 30 000 SEK.

The static dehumidifiers include calcium chloride and silica gel. The measure is untested but works in theory. The plan is to place an amount of the substance at different locations in the crawl-space, combined with a plastic film and sealing.

The substance then absorbs the moisture in the air. According to the estimation, the amount of calcium chloride demanded is approximately 25 kilogram/year and the amount silica gel approximately 112 kilogram/year. The calcium chloride costs 2 SEK/kilogram and can be recycled but it is more economical to just buy new. The silica gel costs nearly 100 SEK/kilogram but can easily be recycled through heating. Silica gel is used frequently in dehumidifiers. There still are questions about calcium chloride and corrosion in crawl-spaces that not have been investigated.

1. Inledning.....	3
2. Syfte och mål.....	3
3. Metod.....	3
3.1 Avgränsningar	4
4. Kryprumsgrunder	5
4.1 Allmänt	5
4.2 Olika typer av kryprumsgrunder	5
4.2.1 Uteluftsventilerat kryprum.....	6
4.2.2 Inneluftsventilerat kryprum	7
4.2.3 Oventilerat kryprum.....	8
4.2.4 IG-grund.....	8
4.3 Skillnaden mellan kryprumsgrund och torpargrund.....	8
4.4 Klimatet i kryprumsgrunden.....	9
4.4.1 Värmefaktorer	10
4.4.2 Fuktfaktorer	13
4.4.3 Kondens	15
4.5 Lösningar för att reducera fukt- och kondensrisken.....	16
4.5.1 Rensning av organiskt material på marken i kryprummet.....	17
4.5.2 Förbättrad dränering	17
4.5.3 PE-folie (polyeten) på marken i kryprummet.....	17
4.5.4 Värmeisolering av grundmurar.....	18
4.5.5 Värmeisolering av marken.....	18
4.5.6 Värmeisolering av marken och grundmurar	18
4.5.7 Förebygga luftläckage.....	18
4.5.8 Förbättra ventilationen.....	18
4.5.9 Fungicidbehandling	19
5. Mikroorganismer	21
5.1 Fukt i trä.....	21
5.2 Svampar som missfärgar trä	21
5.2.1 Mögelsvampar	21
5.2.2 Blånadssvampar	22
5.3 Svampar som bryter ner trä	22
5.3.1 Hussvampen.....	22
5.4 Risk för mögeltillväxt.....	23
6 Tekniska åtgärder	25
6.1 Simulering av grundfall	25
6.2 Bandformade luftkuddar.....	28
6.2.1 Teknisk beskrivning.....	28
6.2.2 Beständighet.....	29
6.2.3 Mätningar.....	29
6.2.4 Installation av luftkuddar.....	31

6.2.5 Resultat av mätningar	32
6.2.6 Simulering av luftkuddar i beräkningsprogram.....	35
6.2.7 Ekonomi.....	37
6.2.8 Diskussion.....	37
6.3 Värmare	38
6.3.1 Funktion.....	38
6.3.2 Simulering i beräkningsprogram	39
6.3.3 Ekonomi.....	47
6.3.3 Varmluftsofångare	48
6.3.6 Diskussion.....	49
6.4 Avfuktare	50
6.4.1 Funktion.....	50
6.4.2 Installation	52
6.4.3 Skötselråd och säkerställning av drift.....	52
6.4.4 Simulering i beräkningsprogram	53
6.4.5 Ekonomi.....	62
6.4.6 Diskussion.....	64
6.5 Statisk avfuktning.....	64
6.5.1 Kalciumklorid.....	64
6.5.2 Kiselgel.....	66
6.5.3 Ekonomi.....	67
6.5.4 Diskussion.....	68
7. Slutsats och diskussion.....	69
7.1 Slutsats	69
7.2 Diskussion.....	70
8. Referenser.....	73

Bilagor

- Bilaga 1. Bilder luftkuddar samt ritningar på mätobjekt
- Bilaga 2. Teknisk data varmluftsofångare
- Bilaga 3. Avfuktare
- Bilaga 4. Kalciumklorid
- Bilaga 5 Beskrivning av beräkningsgång i simuleringsprogram

1. Inledning

Kryprumsgrunder är vanligt förekommande i Sverige, främst bland villaägare. Ofta förväxlas begreppet kryprumsgrund med den gamla konstruktionen torpargrund. De skiljer sig i viktiga delar som påverkar deras funktion och har inte samma konstruktion. Den moderna kryprumsgrunden får, på grund av bättre värmeisoleringsmaterial i bjälklaget, en låg temperatur under sommarperioden. Konstruktionen blir då riskabel ur fuktsynpunkt och mögel- och rötskador kan uppstå. Den gamla torpargrunden var sämre värmeisolerad och värmen spred sig ner under huset och därmed hölls fukten borta. I byggnader med kryprumsgrund har fuktrelaterade skador förekommit sedan konstruktionen började användas. Till en början trodde de flesta att det berodde på byggfusk och slarv. Senare tids forskning och undersökningar har visat att problemet har en annan karaktär. Problemet är att kryprummet under sommarperioden håller en låg temperatur och därigenom även en hög relativ fuktighet. Då den varma och fuktiga sensommarluften kommer in i kryprummet genom ventilationen kyls den av och den relativa fuktigheten blir hög vid bjälklaget. Den höga relativa fuktigheten kan resultera i röta, mögel och elak lukt, vilket sedan kan sprida sig till inomhusmiljön.

2. Syfte och mål

Fukt i kryprum är ett välkänt problem som oroar många husägare. Det finns många metoder för att lösa eller reducera detta problem. Syftet med examensarbetet är att sprida kunskap om fukt problemet i kryprumsgrunder och hur detta kan hanteras. Problemet är allvarligt och kan få dyra konsekvenser för husägaren. Målet är att undersöka olika tekniska åtgärder och diskutera deras fördelar och nackdelar, samt belysa åtgärdernas effektivitet och ekonomi.

3. Metod

De åtgärder som tas upp i rapporten har bearbetats, om möjligt, genom praktiska mätningar, observationer och simulering i beräkningsprogram. När praktiska mätningar inte har kunnat genomföras har litteraturstudier gjorts för att få kunskap och kunna göra en bedömning av åtgärdens funktion, effektivitet och ekonomi.

I fallet med en av de tekniska åtgärderna, luftkuddar, har mätningar gjorts under sommarperioden, både i ett referenshus och i ett hus med luftkuddarna installerade för att få en så rättvisande bild av mätningen som möjligt. Författarna till denna rapport deltog i installationen av luftkuddarna för att få en bra helhetsbild.

Resterande åtgärder har undersökts i form av litteraturstudier tillsammans med simuleringar i beräkningsprogram.

3.1 Avgränsningar

Rapporten är inriktad mot uteluftsventilerade kryprumsgrunder och fyra förebyggande fukttekniska åtgärder. Typen av bjälklag i konstruktionen är ett träbjälklag med isolering av mineralull. De skadliga mikroorganismer i form av mögel och svampar som beskrivs är de som är aktuella för kryprumsgrundens miljö. Fältstudien är begränsad till perioden från juli till och med augusti 2004.

4. Kryprumsgrunder

4.1 Allmänt

En kryprumsgrund är en vanlig grundläggningstyp som används till grundläggning av småhus. Främst förekommer konstruktionen bland villor och fritidshus men också i flerbostadshus, skolor och vårdlokaler. Anledningen till att kryprumsgrunder är vanligt förekommande är att metoden är billig och är lätt att anpassa till olika markförhållanden.

Metoden att bygga med kryprumsgrund började på 1950-talet i Sverige, men idén kommer från försöksverksamhet i USA, vilka låg långt fram i tillämpningen av kryprumsgrundläggning. Med tiden och erfarenheten utvecklades kryprumsmetoden och i dagens nybyggnation finns kryprumsgrunden väl representerad. En anledning till dess utbredning är att de passar bra till metoden att bygga med prefabricerade volymelement, se bild 4.1.1.



Bild 4.1.1 Kryprumsgrund vid byggnation (Hansson och Gross, 1991)

Grundmurarna byggs på plats, eller så byggs även den av prefabricerade element, och sedan transporteras färdiga volymelement från fabriken till byggarbetsplatsen och monteras. Enkelt, snabbt och framförallt en billig produktion.

4.2 Olika typer av kryprumsgrunder

Det finns i huvudsak tre olika typer av kryprumsgrunder:

- Uteluftsventilerat kryprum
- Inneluftsventilerat kryprum
- Oventilerat kryprum

4.2.1 Uteluftsventilerat kryprum

Den uteluftsventilerade kryprumsgrunden påminner i mycket om den gamla torpargrunden. Grunden byggs upp av grundmurar där de bärande ytter- och innerväggarna placeras. Grundmuren vilar på utbredda grundsulor och murens höjd ger kryprummet dess höjd, mellan 0,6-0,8 meter. Kryprummet skall kunna inspekteras vilket innebär att en öppning måste finnas. Muren utgörs ofta av prefabricerade element av lättbetongblock, betongsten eller lättklinkerblock vilka muras upp på platsgjutna grundsulor. Under grundsulan finns ett dräneringslager, som är minst 150 mm, av tvättad singel. (Björk et al, 1994)

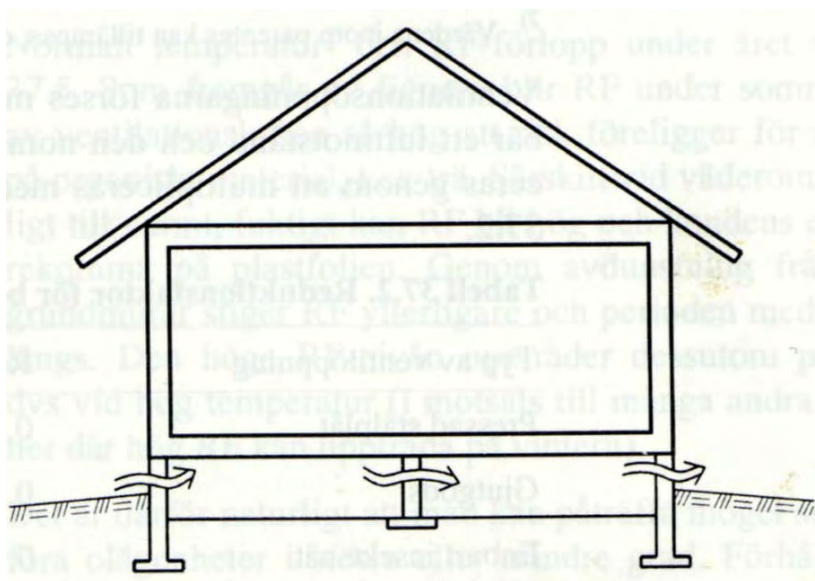


Bild 4.2.1 Uteluftsventilerat kryprumsgrund (Nevander och Elmarsson, 1994)

Ventilationen av kryprummet är mycket viktig. Uteluften tar sig in och ut genom ventilationsöppningar i grundmuren, enligt bild 4.2.1. Ventilationen får dock inte bli så kraftig att den värme- och fukttekniska fördelen med kryprum går förlorad. Ventilationsöppningarna förses med galler eller nät. (Nevander och Elmarsson, 1994) I grundläggningsdjupet ingår muren, grundsulan och dräneringslagret. Normalt är detta djup ca 0,6-0,8 meter. Ett reducerat grundläggningsdjup bestäms med hänsyn till bjälklagets isolering, grundmurarnas värmemotstånd och eventuell tunnare värmeisolering på kryprumsbotten. (Nevander och Elmarsson, 1994)

Uteluftsventilerat kryprum är den vanligaste typen av kryprum och används främst vid byggnation av villor, flerbostadshus, skolor och mindre vårdlokaler. Uteluftsventilerat kryprum är billigast av de olika typerna av kryprum, vilket är en av fördelarna. Andra fördelar är att inga krav på lufttäthet finns och att byggnationen är enkel. Nackdelarna är det kalla klimatet som uppstår under sommaren och risken för hög RF (relativ fuktighet), kondens och mögel, vilket beskrivs senare i rapporten.

4.2.2 Inneluftsventilerat kryprum

Kryprum som ventileras med varm inneluft får en högre temperatur, vilket ger flera fördelar men kanske framför allt varma golv och en byggnad säkrare mot fukt. Denna åtgärd bör dock ej användas på mindre villor p.g.a. att luften som blåses ner i grunden inte bör tas från kök, badrum och andra utrymmen med fuktig luft. I ett större hus kan detta lättare undvikas och luften kan istället tas från torrare utrymmen. Ventilationen av grunden styrs med hjälp av fläktar och kan utformas på olika sätt:

- Ett undertryckssystem utgörs av en fläkt i frånluftskanalen som skapar ett undertryck i kryprummet. Undertrycket gör att luften i kryprummet sugas in i frånluftskanalen.

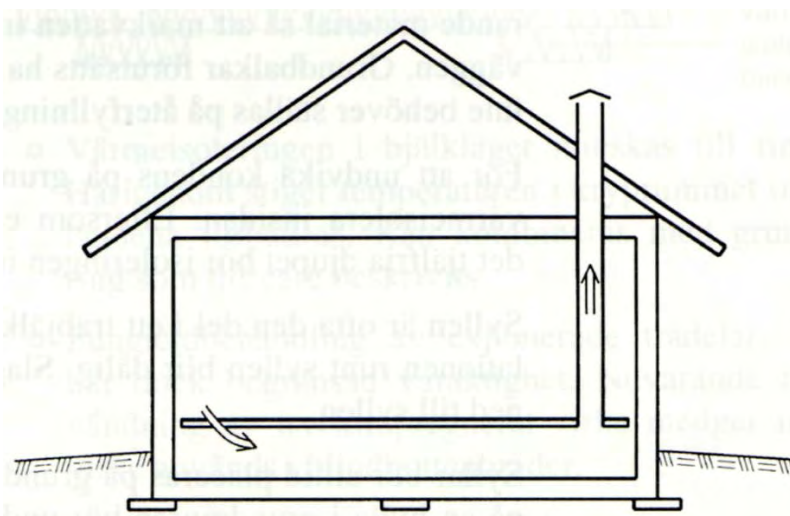


Bild 4.2.2 Inneluftsventilerat kryprum (Nevander och Elmarsson, 1994)

- Ett övertryckssystem där en fläkt placeras i tilluftskanalen till kryprummet och därmed skapar ett övertryck. Övertrycket gör att luften pressas in i frånluftskanalen.
- Ett balanserat system, där en fläkt placeras både i frånluftskanalen och i tilluftskanalen tillsammans med filter. (Nevander och Elmarsson, 1994)

I ett inneluftsventilerat kryprum är värmeisoleringen utformad på ett annat sätt än i uteluftsventilerat kryprum, se bild 4.2.2. Värmeisoleringen i bjälklaget minskas samtidigt som marken och grundmuren värmeisoleras. Viktigt är att marken, bjälklaget och anslutningarna är lufttäta för att systemen ska fungera som det är tänkt. (Avdelningen för byggnadsteknik, KTH, 1994) För att skapa lufttät mot marken läggs en PE-folie (polyeten) på botten ovanpå ett dränerande skikt. De flesta kryprumsgrunder av detta slag är byggda av betong, lättbetong eller lättklinker. (Nevander och Elmarsson, 1994)

4.2.3 Oventilerat kryprum

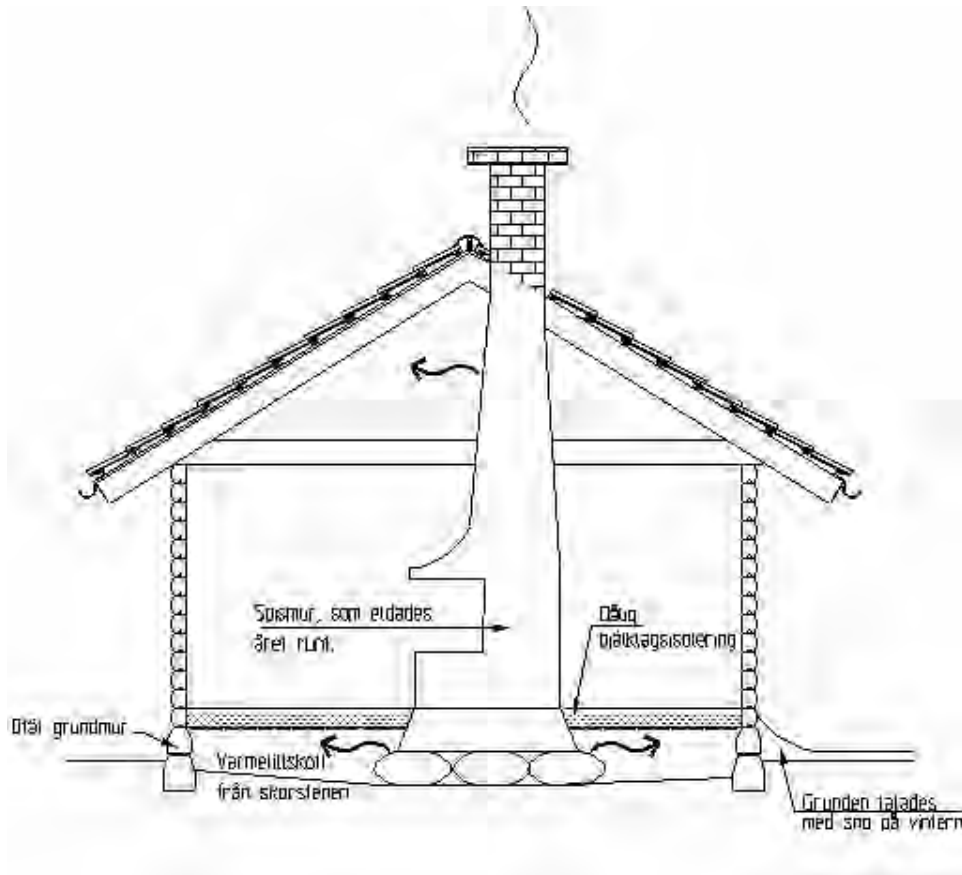
Värmeisoleringen i bjälklaget tas bort helt och istället värmeisoleras grundbotten och grundmurar. Eftersom det inte ska finnas några nämnvärda tryckskillnader så behövs ingen lufttätande PE-folie i bjälklaget. (Nevander och Elmarsson, 1994)

4.2.4 IG-grund

TEEG (Teknik Energi Ekonomi från Grunden) är ett projekt där den ineluftsventilerade kryprumsgrunden har omarbetats och fått nya egenskaper. Den kallas för den integrerade klimatsstyrda grunden, IG-grunden. Marken har isolerats och en plastfolie är lagd överst. Grundmurarna har isolerats både på insidan och på utsidan. Bjälklaget har ingen isolering och 15 mm luftspalter har skapats längs hela ytterväggarna. Det krävs att huset har en FTX-ventilation (styrd från- och tilluft med värmeåtervinning). Uteluft tas in i grunden via en kanal genom grundmuren till en värmeväxlare i ventilationssystemet. För tilläggsuppvärmning av luften används en enkel kupévärmare. Luften strömmar med hjälp av termik från grunden upp i bostaden via luftspalterna. På detta sätt fås varma golv, bra inomhusklimat och en mycket torr grund. En viktig aspekt i detta är givetvis lufttätheten i grunden. 1991 byggdes det första huset med IG-grund och mätningar och utvärderingar har genomförts med goda resultat. (Engwall, 1994)

4.3 Skillnaden mellan kryprumsgrund och torpargrund

Torpargrund är ett välkänt ord för många och det används ofta som ett samlingsnamn för alla former av grunder med fribärande bjälklag. Den gamla torpargrunden skiljer sig emellertid avsevärt från moderna kryprumskonstruktioner. (Nevander och Elmarsson, 1994) Bjälklagen var ofta dåligt värmeisolerade men värme tillfördes genom att murstocken, som stod i kryprummet, gav ifrån sig stora mängder värme. Grundmuren murades upp av sten och ventilerades genom öppningar, s.k. kattgluggar. Insidan av grundmuren värmeisolerades med torvmull och på vintern skottades snö upp mot grunden för att stänga igen kattgluggarna vilket gav extra värmeisolering och höjde temperaturen på golven, se bild 4.3.1. (Svensson, 2001) Torpargrunden fungerade tämligen väl, så länge den sköttes på rätt sätt, d.v.s. att det eldades i spisen så att värmestillskottet fortlöpte.



4.3.1 Torpargrund (Åkerlind, 1999)

Det finns tre huvudsakliga skillnader mellan den moderna kryprumsgrunden och den gamla torpargrunden. (Åkerlind, 1999) Kryprumsgrunden har till skillnad från torpargrunden:

- Uteluft som kommer åt grunden under hela året
- Inget värmelutskott från någon värmekälla
- Bättre värmeisolerat bjälklag vilket ger mindre värmeläckage till grunden

Konstruktionerna liknar varandra men har olika förutsättningar som gör att de fungerar på olika sätt och kan därför inte sägas vara samma sak.

4.4 Klimatet i kryprumsgrunden

Det är viktigt att förstå hur klimatet i en kryprumsgrund fungerar för att förstå funktionen på de olika åtgärder som tas upp i detta arbete. Klimatet i en kryprumsgrund kan under vissa perioder vara mycket fuktigt och kondens kan bildas. Orsaken till detta är förhållandet mellan temperatur och fukt. De olika temperaturer som spelar in är; utluftens temperatur, bjälklagets temperatur, markens temperatur och grundmurens temperatur. Värmen sprids genom ledning, konvektion och strålning. Dessa processer tas upp närmare i kapitel 4.4.1.

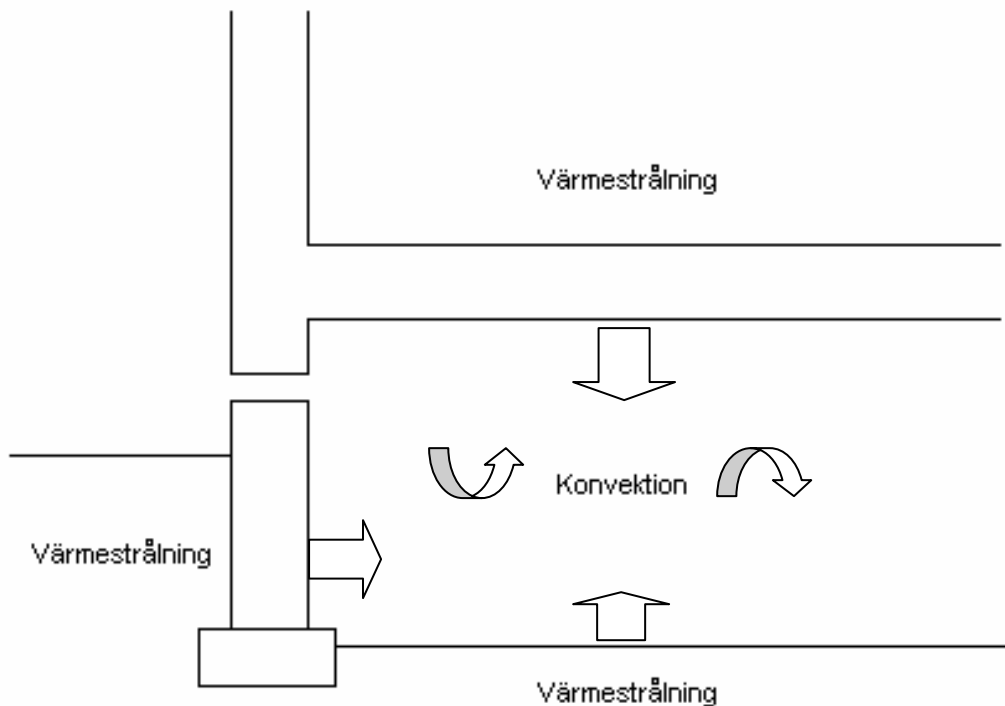
Det finns även flera fuktkällor som påverkar klimatet i en kryprumsgrund; fukt från mark och luft, nederbörd, byggfukt och läckage. Fukten kan spridas på olika sätt; genom konvektion, diffusion och kapillär transport. Vad som menas med detta tas upp i kapitel 4.4.2.

4.4.1 Värmefaktorer

De faktorer som påverkar temperaturen i kryprummet är:

- Utluftens temperatur Utomhusluften påverkar inte bara kryprumsgrunden genom ventilation utan även via grundmurens och markens temperatur.
- Bjälklagets temperatur Beror på värmeisoleringens tjocklek, materialval i bjälklaget, temperatur i kryprummet och eventuellt läckage mellan kryprum och innemiljö i anslutningar och andra otätheter.
- Markens temperatur Marken är mycket värmetrög på grund av sin stora massa och värmekapacitet. Detta gör att markens temperatur har stor inverkan på kryprummets temperatur eftersom temperatursvängningarna i marken är mycket små och långsamma.
- Grundmurens temperatur Grundmurarnas yta har en låg temperatur eftersom den står i direkt kontakt med marken, både från sidan och underifrån. Materialet i grundmuren påverkar temperatursvängningarna och värmeflödet.

Dessa faktorer samverkar och skapar ett utbyte av värme och kyla, se figur 4.4.1.



Figur4.4.1 Värmefaktorer som påverkarklimatet i en uteluftsventilerad kryprumsgrund

Värme kan transporteras på tre olika sätt: ledning, konvektion och strålning.

Värmeledning

Värmeledning är beroende av materialens värmeledningsförmåga, eller värmekonduktivitet, λ [W/m K]. Ett lågt λ -värde betyder att materialet leder värme dåligt, t.ex. värmeisolering. När det gäller ett poröst material så sker värmeledningen delvis genom konvektion och delvis genom strålning. Dessa faktorer inverkan är sammanräknade i materialets totala λ -värde. (Jóhannesson, 2001) Värmeledningen genom ett material beror även på materialtjockleken och de temperaturskillnader som råder mellan yttersidorna. Värmeflödet beräknas genom att dela temperaturdifferansen med värmemotståndet. Värmemotståndet fås genom att dela materialtjockleken med λ -värdet.

$$\text{Värmemotstånd: } R := \frac{d}{\lambda} \qquad \text{Värmefflöde: } q := \frac{(T_1 - T_2)}{R}$$

Nedan ses exempel på några vanliga material och deras λ -värden.

Exempel:

Betong	$\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$	$d = 150 \text{ mm}$	$R = 0,088 \text{ m}^2\text{K/W}$
Trä	$\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$	$d = 150 \text{ mm}$	$R = 1,071 \text{ m}^2\text{K/W}$
Mineralull	$\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$	$d = 150 \text{ mm}$	$R = 4,167 \text{ m}^2\text{K/W}$

En temperatur på 20°C på ena sidan till 10°C på den andra på ger ett värme flöde genom materialet på:

Betong	$q = 114 \text{ W/m}^2$
Trä	$q = 9,3 \text{ W/m}^2$
Mineralull	$q = 2,4 \text{ W/m}^2$

Konvektion

Varm luft har en lägre densitet och stiger medan kall luft är tyngre och sjunker. Tryckskillnader kan uppstå när vinden blåser genom otätheter i väggar och på så vis skapa ett övertryck. På grund av densitets- och tryckskillnader så bildas en lufrörelse som kallas konvektion.

Konvektionen beräknas med hjälp av följande parametrar, dessa beskrivs nedan. Nusselts tal, som beskriver värmeöverföring med strömning, beräknas med hjälp av

- Grashofs tal, som beskriver konvektiv värmeöverföring,
- Prandtls tal, som beskriver värmeöverföring vid strömning

Luftens rörelse påverkar värmeöverföringen. Det finns två typer av lufrörelse, turbulent och laminär. Ett turbulent luftflöde innehåller mycket virvlar och mycket rörelse. Laminärt luftflöde är en parallell lufrörelse utan störningar. Detta kan beräknas fram genom att multiplicera Grashofs tal och Prandtls tal och storleken på produkten visar om lufrörelsen är turbulent eller laminär.

Den konvektiva värmeöverföringen påverkas av gasens utvidgningskoefficient, geometrin, temperaturdifferensen, den kinematiska viskositeten och gravitationen. Ändras till exempel rummets geometri genom att rummets höjd ökas, blir den konvektiva värmeöverföringen större än tidigare. Ökas temperaturdifferensen mellan tak och golv så blir det större densitetsskillnader mellan temperaturerna, vilket resulterar i större värmeöverföring än tidigare genom den konvektion som skapas. Kinematiska viskositeten beskriver gasens friktion och seghet. Är den stor minskas värmeöverföringen i gasen.

Värmeöverföringen vid strömning kan normalt vid beräkningar med luft i byggnadssammanhang sättas till en konstant. Variationer i temperaturer påverkar värmeöverföringen men de skillnaderna är så små att i dessa sammanhang påverkar de inte, utan kan sättas till en konstant.

Med hjälp av ovan nämnda konstanter kan konvektionen beräknas fram.

Värmestrålning

Värmeutbyte mellan två ytor sker även genom strålning. Strålningen är elektromagnetisk och beror på ytornas material och temperaturer. Materialens ytstruktur inverkar också på strålningen samt materialets emissionstal, ϵ . Strålningen kan vidare delas in i lång- och kortvågig strålning, aktuellt i fallet kring kryprumsgrunder är långvågig strålning. (Jóhannesson, 2001; Institutionen för Installationsteknik, 2003)

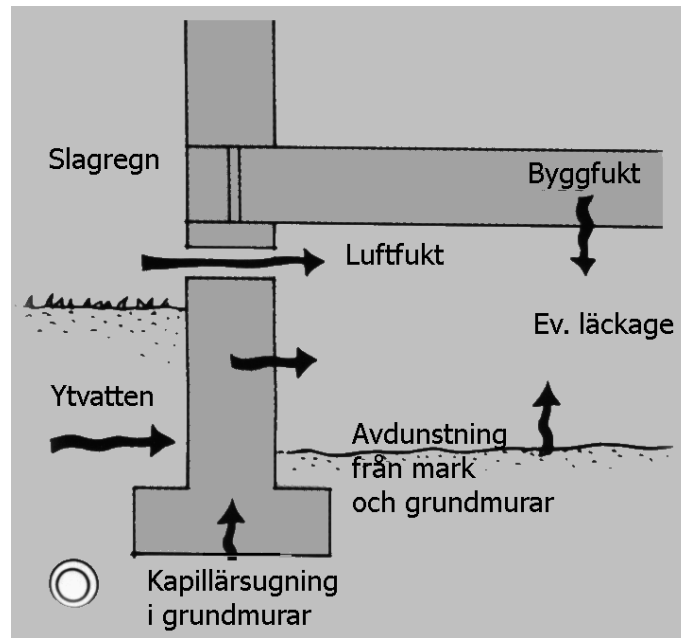
Strålningen mellan två ytor sker inte endast i en riktning utan en del av strålningen studsar även tillbaka. Detta gör att ytorna på två motstående material påverkar varandra.

4.4.2 Fuktfaktorer

De faktorer som påverkar fuktigheten i kryprummet är:

- **Fukt från luften** Luftens fukttinnehåll och den relativa fuktigheten RF, varierar under året. Varm luft kan innehålla mer fukt än kall. Det betyder att kall luft, som på vintern, kan innehålla en liten mängd fukt men ha en hög RF. Den relativa fuktigheten, RF, styrs av temperaturen och fukttinnehållet i luften. Stiger temperaturen och fukttinnehållet är konstant så sjunker RF och tvärtom. 20°C luft kan vid 100 % RF innehålla 17,29 g/m³, 0°C luft kan vid 100 % RF innehålla 4,85 g/m³. Luften som kommer in i kryprummet kommer både från utomhusluften och via läckage från inomhusluften.
- **Fukt från marken** Fukt avdunstar från marken och tillför luften fukt. Normalt brukar marken räknas ha en RF på 100 % eftersom det finns mycket vatten i marken och dess porer. Grundvattnets höjningar och sänkningar inverkar då inte i fuktberäkningarna, hela tiden antas ”worst case”.
- **Nederbörd** Snö som yr in och slagregn tillhör de vanligaste faktorerna. Är marken dåligt planerad och lutar mot byggnaden kan ytvatten från nederbörd eller dagvatten rinna in i kryprummet.
- **Byggfukt** Under byggnationen kan byggmaterialen tillföras fukt eller redan innehålla en hög RF, t.ex. grundmuren, träbjälklag, betongbjälklag. Fukten måste kunna torka ut och ger då ett tillskott till kryprummet. Detta är under kort tid i jämförelse med byggnadens livslängd.

- Läckage Många installationer går i kryprummen och så även vatten- och avloppsledningar. Ett läckage skulle bidra med stora mängder fukt.



Figur 4.4.2 Fukttillskott (Åkerlind, 1999)

Fukt kan transporteras på olika sätt, nämligen genom konvektion, diffusion och kapillärt. I kryprummet kombineras dessa och skapar ett ständigt utbyte av fukt, se figur 4.4.2.

Konvektion

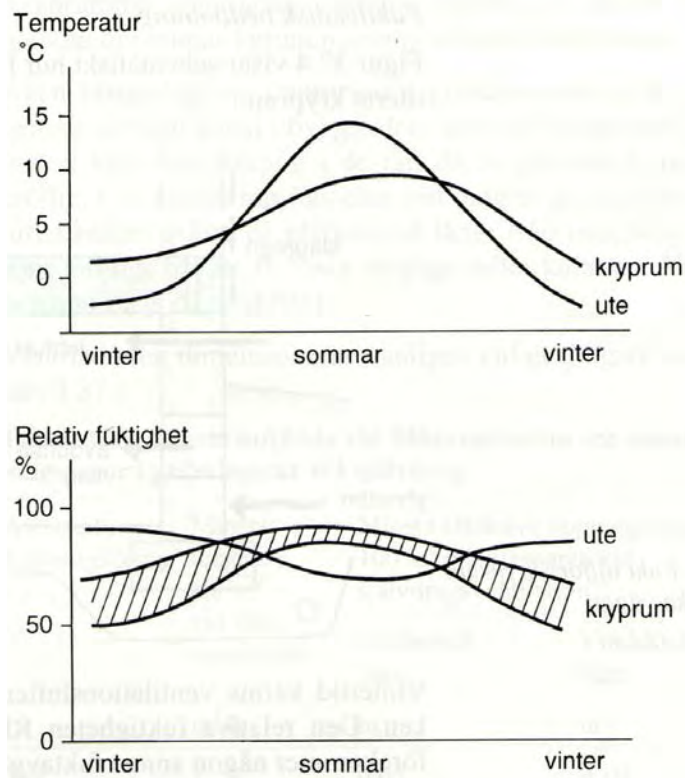
Luftens rörelser orsakas av densitets- och tryckskillnader och för med sig fukt. Tryckskillnaderna beror av ventilationsöppningarnas storlek och vindens hastighet men även av naturlig konvektion.

Diffusion

Luftens ånghalt strävar efter att få koncentrationsjämvikt. Koncentrationens utjämnning går från hög koncentration till lägre, det diffunderar.

Kapillär transport

Fukten transporteras i vätskefas i materialets porer. Drivkrafterna bakom detta är kapillärsugning och undertryck. Kapillärsugning förutsätter ett porvattentryck där kapillärsugningen går från områden med lågt porvattentryck till områden med högre. Vattnet i porerna måste ha ett sammanhängande system för att transporten ska fungera. Vid vattenövertryck fylls porerna av vatten och transporten sker främst genom de största porerna. (Nevander och Elmarsson, 1994) Ett bra exempel för att förstå kapillärsugning är att tänka på en sockerbit som suger upp t.ex. kaffe.



4.4.3 Temperatur och RF i uteluftsventilerat kryprum och utomhus (Nevander och Elmarsson, 1994)

Normalt temperatur- och RF-förlopp visas i figuren 4.4.3. Där framgår att RF under sommaren blir så hög som 80 %, enbart p.g.a. ventilationsluften. Vid väderomslag från kyligt till varmt och fuktigt kan RF bli ännu högre. Genom avdunstning från mark och grundmurar stiger RF ytterligare och perioden med hög RF förlängs. (Nevander och Elmarsson, 1994)

Vintertid värms ventilationsluften upp av bjälklaget och marken. RF sjunker därför om det inte förekommer någon annan fuktavgivning. Sommartid kyls ventilationsluften istället ned, framförallt av den kalla marken och RF stiger. Genom avdunstning från mark, grundmurar och eventuellt inrinnande vatten samt av byggfukt höjs ånghalten och därmed RF ytterligare.

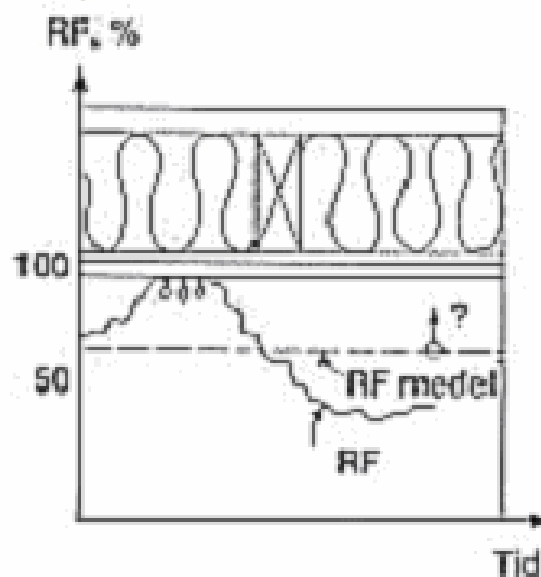
4.4.3 Kondens

Fuktig luft är lättare än torr luft och stiger, samma fenomen gäller för t.ex. moln. Densiteten varierar med RF vid en bestämd temperatur.

Luftens temperatur 20°C

	RF 0 % (torr luft)	RF 50 %	RF 100 %
Densitet (kg/m ³)	1,2039	1,1987	1,1934

När varm uteluft kommer in i kryprummets kallare miljö rör den sig längs bjälklagets undersida p.g.a. termik och tryckskillnader. Sommartid är uteluften varm och fuktig och bär med sig en stor mängd fukt. När den luften kyls av sjunker temperaturen den relativa fuktigheten stiger markant vid bjälklagets kyligare undersida, se figur 4.4.4. Det är samma fenomen som sker när den varma fuktiga luften som bildas när man duschar träffar den kalla badrumspegeln och det blir imma på ytan.



Figur 4.4.4 Kondens (Anderlind, 1991)

I brist på plats har i vissa fall hus med kryprumsgrunder byggts ovanpå blottat berg, s.k. berg i dagen. Berget är ett enormt magasin för kyla och är mycket värmetrögt. Berget strålar mot bjälklaget vilket gör att bjälklagets yta blir kallare och luftens relativa fuktighet stiger. Förhållandena kan variera avsevärt mellan olika kryprum och olika år.

4.5 Lösningar för att reducera fukt- och kondensrisken

Lösningarna är till för att sänka den relativa fuktigheten i kryprummet och därmed minska risken för kondens, elak lukt, röta och mögel. Dessa är både i förebyggande syfte och för redan skadade byggnader. Ofta kombineras olika lösningar och åtgärder för att få ett stabilare klimat i kryprummet. Enkla lösningar kan ibland vara mycket effektiva och bör inte förbigås.

Ett vanligt fel hosägare till gamla torp gör är att tilläggsisolera golvbjälklaget vilket är bra för energiförbrukningen men resulterar i att grunden blir kallare och risken för mögel och röta ökar markant.

De lösningar som nämns här är åtgärder som inte faller inom ramen för arbetets fördjupning. Andra tekniska åtgärder som arbetet fokuserar på, tas upp senare i arbetet.

4.5.1 Rensning av organiskt material på marken i kryprummet

Att minska det organiska material på marken som kan finnas i kryprummet som t.ex. virke från byggnationen, skräp, löv och humusmaterial i det översta marklagret gör att risken för att det ska genereras elak lukt minskar. Det organiska materialet kan också hålla kvar fukt under uttorkning vilket gör att perioden med hög RF förlängs och ökar risken för mögel- och rötskador. Tar man bort det översta marklagret bör en geotextil läggas ut och återfylla med tvättad makadam. (Svensson, 2001) Geotextilen gör att jordlagret inte tränger upp i makadammen och blandas under tidens gång.

4.5.2 Förbättrad dränering

Fukt tillförs i kryprumsgrunden, dels från vatten på kryprumsbotten och dels från den fuktiga marken. För att minska fukttillförseln kan den utvändiga dräneringen grävas upp och därefter fördjupas schaktbotten och dräneringsledningarna byts ut. Efter uttorkning och lagning täcks grundmuren av en luftspaltsbildande plastmatta, mattan ansluts nedtill så att vattnets avrinning säkerställs. Återfyllnad med singel eller grovt grus. (Bjerking, 1989) Stuprännors placering och hur dagvattnet rinner bör beaktas.

4.5.3 PE-folie (polyeten) på marken i kryprummet

Genom att lägga ut en PE-folie på marken i kryprummet minskas avdunstningen från marken och därmed tas en stor fuktkälla bort. Folien ska täcka hela marken och läggas med ordentligt överlapp i skarvar och hållas på plats med stenar eller dylikt. För att undvika att vatten samlas på folien skall marken under ha ett fall mot grundmurarna. Intill grundmurarna lämnas en glipa så att vattnet kan rinna ned i marken. Åtgärden förutsätter att marken är rensad från organsikt material. (Svensson, 2001) En PE-folie är inte en evigt beständig åtgärd utan bör bytas ut när folien är i dålig kondition, till exempel när håligheter uppstår.

4.5.4 Värmeisolering av grundmurar

Om värmeförlusterna från grundmurarna minskas så höjs temperaturen inne i kryprummet. Att placera värmeisolering på utsidan av grundmuren är en bra lösning. Isoleringen kan med fördel kombineras med ett dränerande isoleringsmaterial. Då höjs temperaturen av grundmuren och ytvattnet dräneras ner i marken istället för att grundmuren tar upp vattnet. När grundmuren är blottad kan en luftspaltsbildande plastmatta placeras mot grundmuren och sedan isoleringen utanpå. Plastmattan ger ett extra fuktskydd i form av en luftspalt som dränerar vatten ner i marken på samma sätt som den dränerande isoleringen. Ett sätt att minimera risken för tjälskott är att isolera i ett horisontellt led en bit ner i marken utanför grundmuren.

4.5.5 Värmeisolering av marken

Marken är mycket värmetrög och håller en låg och jämn temperatur hela året. Läggs en värmeisolering på marken tas en stor källa för kyla bort. Värmeisoleringen kombineras ibland med en PE-folie som vanligen läggs under eller mellan värmeisoleringens skikt. (Svensson, 2001)

4.5.6 Värmeisolering av marken och grundmurar

Marken isoleras som tidigare nämnt. Skillnaden är att grundmuren isoleras nu istället på insidan. Detta gör att luften i kryprummet inte kyls i samma utsträckning som tidigare från grundmurar eller marken och risken för kondens minskar.

4.5.7 Förebygga luftläckage

I kryprummet önskas ett kontrollerat luftflöde och då kan kryprummet lufttätas för att få en mer kontrollerad ventilation. Varm och fuktig inomhusluft läcker ner i kryprummet genom läckage. Detta kan förhindras genom att bjälklaget lufttätas med polyuretanskum eller genom drevning med mineralullsisolering. (Svensson, 2001)

4.5.8 Förbättra ventilationen

Ofta planteras rabatter och buskar längs byggnadens fasad. Dessa kan täppa till ventilerna in till kryprummet och förhindra ventilationen. Stoppas ventilationen förhindras bortförseeln av fukt och elak lukt, en enkel men viktig åtgärd.

4.5.9 Fungicidbehandling

För att förhindra framtida mikrobiologisk påväxt kan kryprummet behandlas med en fungicid. De delar som behandlas är allt trä, marken och grundbalkar. Långtidsverkan av behandlingen är inte säkerställd. (Svensson, 2001)

5. Mikroorganismer

När trä blir fuktigt och temperaturen är gynnsam uppstår en bra grogrund för mögel och röta. På grund av klimatet i en kryprumsgrund är det endast ett begränsat antal mögelsvampar som är intressanta för detta arbete. I det följande kapitlet beskrivs dessa samt de förhållanden som krävs för att dessa skall kunna börja växa.

5.1 Fukt i trä

Centralt för mikroorganismernas levnadsvillkor är den temperatur och det fukttinnehåll som finns i deras omgivning. För att karaktärisera fukttinnehåll i ett material brukar begreppet fuktkvot, u , användas. Fuktkvoten definieras enligt:

$$U = \frac{\text{det förångningsbara vattnets vikt}}{\text{materialets torra vikt}}$$

Virke som är lufttorrt har en fukthalt omkring 15-23 %.
(Björk et al, 2001)

5.2 Svampar som missfärgar trä

Denna grupp av svampar omfattar ett stort antal mikrosvampar som mycket snabbt koloniserar fuktiga trätytor. Gruppen benämns ofta som mögel- och blånadssvampar.

5.2.1 Mögelsvampar

Mögelsvampen lever och växer på träytan och tränger inte in i veden, vilket resulterar i att hållfastheten inte försämras. Tillväxten sker mycket snabbt och bildar stora mängder sporer. Sporerna är lättare att se eftersom de är färgade till skillnad från hyferna och mycelerna. Mögelsvampen kan orsaka elak lukt men det är mycket beroende vad svampen växer på. En bra miljö för mögelsvampen är en temperatur strax över noll grader till ca 55°C och en fuktkvot hos virket på över 20 %. Luftens fuktighet är viktigare för tillväxten och sporbildningen än virkets fuktkvot. När RF uppnår nivåer över 80 % ökar risken för mögelsvampens närvaro markant. Trots att fuktigheten är viktig kan mögelsvampen överleva perioder av torka. Det är inte bara fukten och temperaturen som påverkar mögelsvampen utan även pH-värde. Mögelsvampen trivs i miljöer med pH-värde mellan 2 – 10 och med ett optimum vid 5 – 6. (Träskyddshandbok, 1984, Hukka och Viitanen, 1999)

5.2.2 Blånadssvampar

Blånadssvampen angriper och skadar splintveden, till skillnad från mögelsvampen som angriper ytan. Den lever inne i vedens celler och skapar en missfärgning. Färgen är hyferna och mycelerna som är pigmenterade i svart, blått och brunt. Svampen luktar inte illa men gör att virket är mer mottagligt för vatten. Omständigheterna som gör att blånadssvampen växer är en temperatur mellan -3 och 40°C, fritt vatten för att sporer ska kunna gro och en fuktkvot hos virket på 30 – 120 %. pH-värdet ska vara mellan 2 – 7 med ett optimum på ca 5,5. Blånadssvampen klarar inte en lång tids uttorkning. Ofta etablerar sig svampen på stock och virke som har lagrats på olämpligt sätt. (Träinformation, 1999)

5.3 Svampar som bryter ner trä

Rötsvampar utgör den största skadegöraren av trä. Genom sin mer eller mindre utpräglade förmåga att bryta ned träets huvudsakliga byggelement, cellulosa, hemicellulosa och lignin, åstadkommer rötsvampar ofta en effektiv nedbrytning. Form, färg etc. förändras kraftigt och hållfastheten försämras, till skillnad från angrepp av mögelsvampar. Rötsvamparnas sätt att angripa vedcellerna gör att rötsvamparna delas in i tre olika grupper; brunröta, vitröta och soft rot. (Träskyddshandbok, 1984)

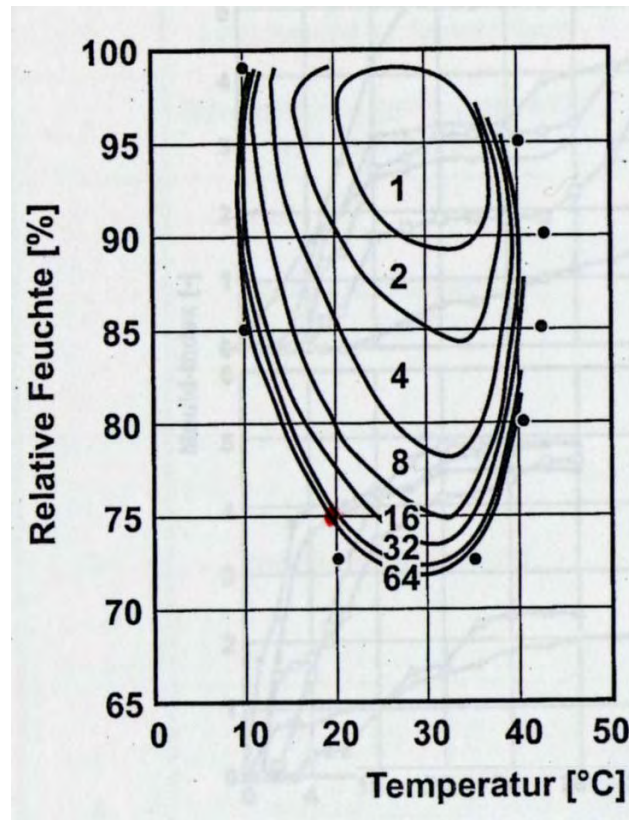
Klimatet i en kryprumsgrund gör att antalet möjliga rötsvampar begränsas. Det är brunröta som är representerad i form av hussvampen. De övriga är inte intressanta för arbetet och är därför inte medtagna.

5.3.1 Hussvampen

Hussvampen, *Serpula lacrymans*, är den allvarligaste skadegöraren på träkonstruktioner i våra byggnader jämte husbocken, hästmyran och den envisa trägnagaren. En gynnsam miljö för att hussvampen ska trivas är en fuktkvot mellan 20 - 55 % och vid temperaturer mellan 3 - 26°C. Hussvampen tål frost och långvarig uttorkning vilket gör den till den farligaste av rötsvamparna. Mycelsträngar kan sprida sig över stora avstånd och ta sig över och igenom isoleringsmaterial, sten, tegel osv. Trä som är angripet av hussvamp får brunfärgat utseende, blir spröd, smulas lätt sönder, spricker i karaktäristiskt kubiskt mönster och förlorar sin hållfasthet. Hussvamp kan förekomma i hela landet och barrträ angrips i högre grad än lövträ. (Björk et al, 2001, Svenska Träskyddsinstitutet, 1992, Träskyddshandbok, 1984)

5.4 Risk för mögeltillväxt

För att mögel ska kunna växa är en kombination av fukt, temperatur och hur lång tid dessa förhållanden består är avgörande. En hög relativ fuktighet och hög temperatur kan vara "ofarlig" för mögeltillväxt under en mycket kort tidsperiod men blir tidsperioden lång så ökar risken markant. På samma sätt kan en hög relativ fuktighet och låg temperatur under en långtid vara i riskzonen för mögeltillväxt.



Figur 5.1.1 Mögeltillväxt

I figur 5.1.1 ses hur många dagar med en viss kombination av temperatur och RF det krävs innan mögeltillväxt uppstår. I en kryprumsgrund utan åtgärder kommer sommartid temperaturen upp till ca 12-14°C vid bjälklaget och RF cirka 85-100 %. Detta gör att risken för mögeltillväxt uppstår redan efter 3-16 dagar om dessa omständigheter kvarstår.

6 Tekniska åtgärder

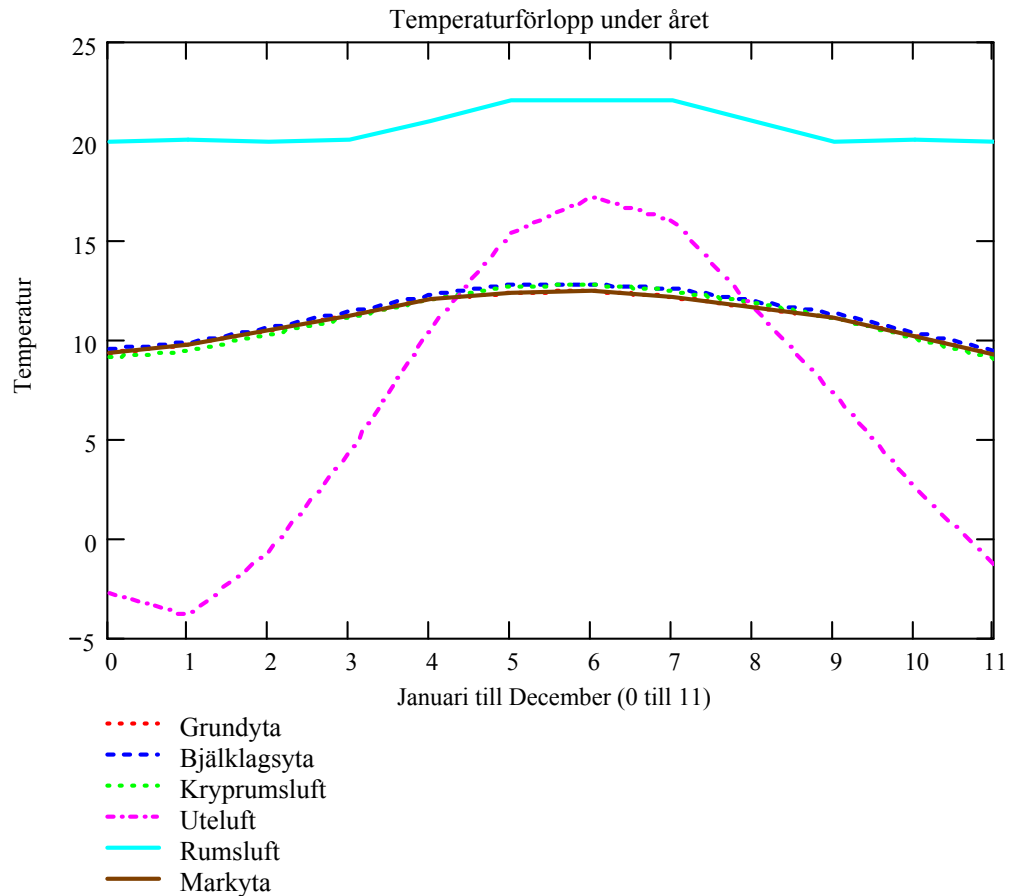
För att minimera problem med fukt i uteluftsventilerade kryprumsgrunder finns olika alternativ. Dessa är att antingen höja temperaturen och därmed sänka den relativa fuktigheten eller enbart sänka RF. De åtgärder som studeras i detta arbete syftar alla till att förbättra klimatet och eliminera mögelpåväxten i kryprumsgrunden.

6.1 Simulering av grundfall

Simuleringar har utförts i Mathcad med hjälp av ett program från Moses Padts examensarbete 2004. Simuleringsvärdena skall inte ses som exakta verkliga värden, tanken är att använda värdena till att på ett enkelt sätt ge en övergripande bild av effektiviteten hos de olika lösningarna.

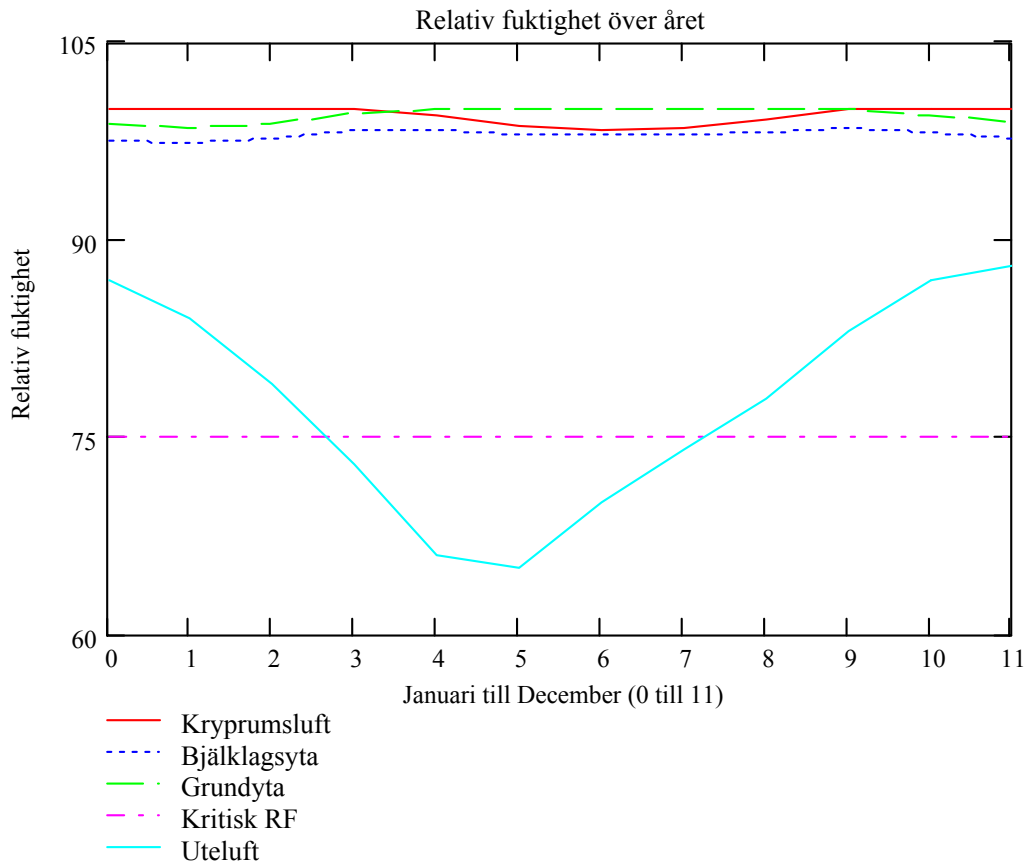
Vid beräkningarna har klimatdata hämtats från Nevander och Elmarsson 1994. De temperaturer, ånghalter och relativa fuktigheter som använts är medelvärden från Bromma uppmätta mellan 1961 och 1990. Det kan således förekomma både fuktigare och torrare klimat.

Det grundfall som beräkningarna utgår ifrån består av en kryprumsgrund på 100 m² utan marktäckning. Bjälklaget består av trä och mineralull. Anledningen till att ett träbjälklag valts är att det är i dessa som det är störst risk för fuktskador och mögel. Ventilationen är satt till 0,5 omsättningar/timme enligt Padt 2004. Nedan visas diagram över temperatur och relativ fuktighet. I diagrammen är månaderna numrerade från 0 till 11.



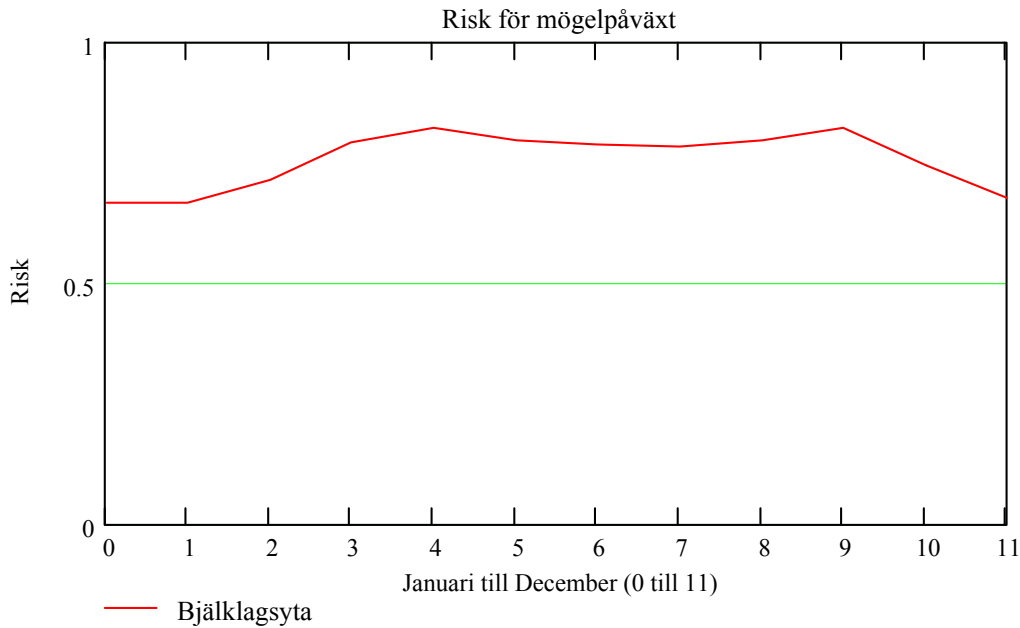
Figur 6.1.1. Temperaturer för grundfallet med träbjälklag utan marktäckning

Bjälklagstemperaturen varierar mellan 9,5 och 13°C. Temperaturen på markytan och i luften sammanfaller i stort sätt med bjälklagstemperaturen. Kryprummet är som varmast på sommaren, uteluftstemperaturen ligger då som mest 4,3°C högre. Inneluftstemperaturen håller 20°C och är något högre under sommaren, se figur 6.1.1.



Figur 6.1.2. Relativ fuktighet för grundfallet med träbjälklag utan marktäckning

Den relativa fuktigheten är i detta fall mycket hög. RF för bjälklaget varierar mellan 98 och 100 % under året, se figur 6.1.2. Kritisk RF är 75 % och över detta värde är det markant större risk för fukt och mögelskador. Kryprumsluften och markytan ligger något högre. I detta fall föreligger det alltså en stor risk för fuktskador och mögeltillväxt. Den totala årsrisken bedöms med hjälp av en uppskattad riskfunktion där risken för mögeltillväxt beskrivs på en skala mellan 0 och 1. Vid 0 är det ingen risk och vid 1 stor risk. En acceptabel totalårsrisknivå har i detta program satts till 0,5 riskmånader. Detta betyder att en halv månad med risken 1, en månad med risken 0,5, 5 månader med risken 0,1 o.s.v. accepteras. Om det skall finnas risk för mögeltillväxt skall det vara ogynnsamma förhållanden under en längre period.



Figur 6.1.3. Risk för mögelpåväxt i grundfallet med träbjälklag utan marktäckning

I detta fall är totalårsrisken 9,053 riskmånader per år vilket alltså inte är acceptabelt, se figur 6.1.3. Detta visar att kryprumsgrunder är en riskkonstruktion.

6.2 Bandformade luftkuddar

Genom att fylla en kryprumsgrund med bandformade luftkuddar efterliknas principen i konstruktionen platta på mark med underliggande isolering. För att undersöka effektiviteten av denna åtgärd i praktiken har författarna till detta arbete installerat luftkuddar i en kryprumsgrund, genomfört mätningar och beräkningar samt utvärderat funktionen hos denna åtgärd.

Idén med bandformade luftkuddar kommer från Hans Rosendahl på innovationsföretaget HERoVation AB. Bandformade luftkuddar har använts vid utfyllnad och isolering mellan dubbelskrov på båtar och i olika typer av flytpontoner med goda resultat.

6.2.1 Teknisk beskrivning

För att öka temperaturgradienten mellan marken och bjälklaget i kryprumsgrunden installeras bandformade luftkuddar. Kuddarna är luftfyllda till mellan 75 och 80 % av den totala volymkapaciteten och har en storlek på ca 12x15x3 cm. De består av 3-skikts polyeten med en total plastjocklek på 90µm.

Kuddarna fungerar som en extra isolering mellan marken och bjälklaget i kryprummet. Efter installation av kuddarna fungerar grunden enligt samma princip som en grundläggning med platta på mark med underliggande isolering.

6.2.2 Beständighet

Luftkuddarna har utsatts för ett åldringsprov motsvarande 20 år på SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, där de visat sig vara fria från läckage. När kuddarna väl är på plats krävs inget underhåll. Om några enstaka luftkuddar skadas eller går sönder har det ingen inverkan på funktionen.

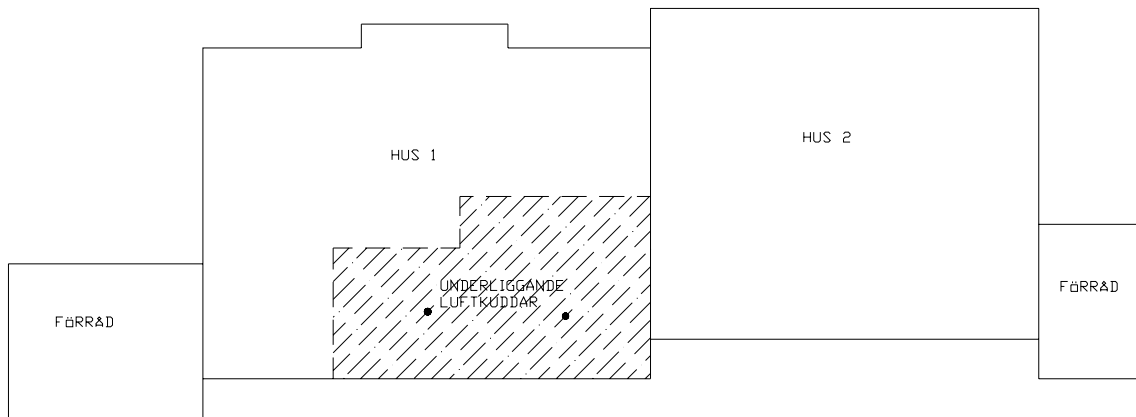
6.2.3 Mätningar

Mätning av temperatur och fukt har utförts i två hus, som ligger i Sånge-Säby på Ekerö, se bild 6.2.1.



Bild 6.2.1 Mätobjekt i Sånge-Säby

Mätningen startade samtidigt (2004-06-01) i de båda husen för att få tydliga grundvärden. Därefter installerades luftkuddar i en del av hus 1, se figur 6.2.1. Det andra huset ligger något öster om det första och ser exakt likadant ut som hus 1. Detta användes som referensobjekt för att få en tydlig bild av luftkuddarnas inverkan.



Figur 6.2.1. Ritning över mätobjektet samt placeringen av luftkuddarna. De två svarta prickarna visar läget på mätinstrumenten i kryprummet.

Hus 1 avgränsades enligt den streckade linjen p.g.a. materialbegränsning. Nedan visas bilder på hur avgränsningen utfördes, se bild 6.2.2 och 6.2.3.



Bild 6.2.2 Avgränsning kryprumsgrund



Bild 6.2.3 Avgränsning kryprumsgrund

Även ventilationsventilerna mellan hus 1 och hus 2 täpptes igen för att inte få in luft med annan temperatur än uteluften. Fukt- och temperaturgivare är placerade i kryprummet, två på marken samt två under bjälklaget. En fukt- och temperaturgivare placerades även inomhus i ett sovrum ovanför området med luftkuddar och en utomhus på fasaden i norr.

I referenshuset placerades tre fukt- och temperaturgivare, på marken i kryprummet, under bjälklaget och precis innanför en ventil i kryprummet, se bild 6.2.4.



Bild 6.2.4 Mätinstrument placerat i referenshusets bjälklag

6.2.4 Installation av luftkuddar

Mätperioden startade 2004-06-01 för att ge en bild av klimatet i det aktuella kryprummet innan installationen, se bild 6.2.5. Tillsammans med Hans Rosendahl och Jan Elofsson vid företaget HERoVation AB påbörjades installationen 2004-06-11. Installationen delades upp i fem omgångar på grund av brist på lagerutrymme vid tillverkningen, se bild 6.2.6. Installationen var klar 2004-07-02. Luftkuddarna är tillverkade i längder om ca 100 stycken. För att få en bra isolerande förmåga fylldes hela utrymmet mellan mark och bjälklag med luftkuddar vilka packades så att så lite fri luft som möjligt fanns kvar.



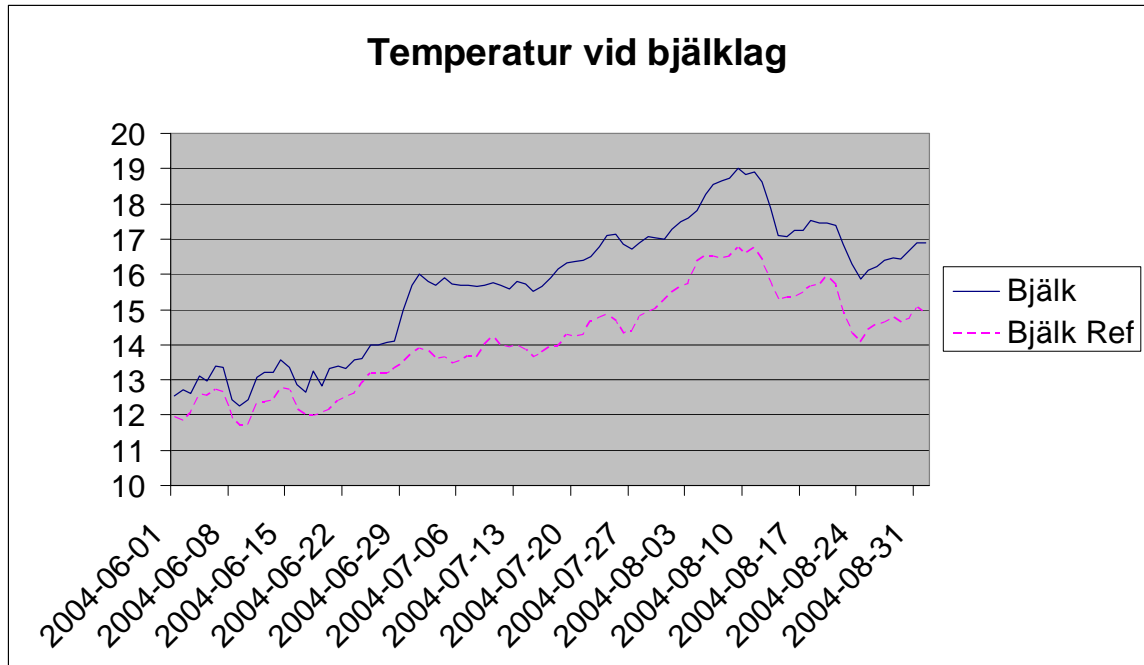
Bild 6.2.5 Före installation



Bild 6.2.6 Under installation

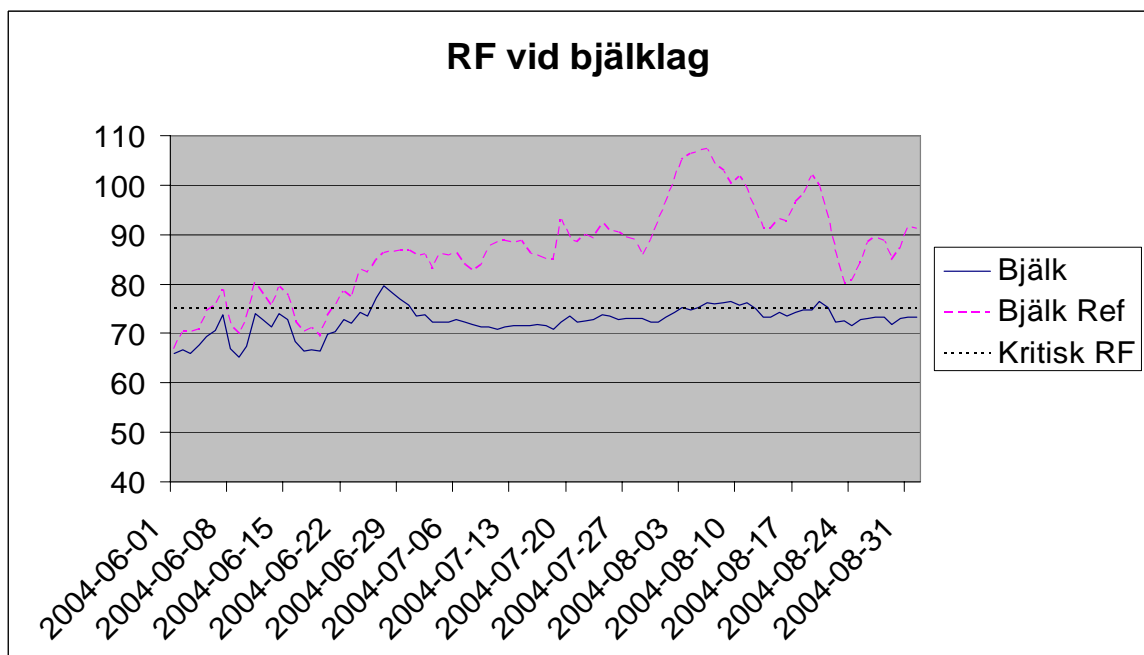
6.2.5 Resultat av mätningar

Efter slutinstallationen av luftkuddarna, 2004-07-02, steg temperaturen brantare vid bjälklaget med luftkuddar än jämfört med temperaturen i referenshuset. Detta visas tydligt i figur 6.2.2.



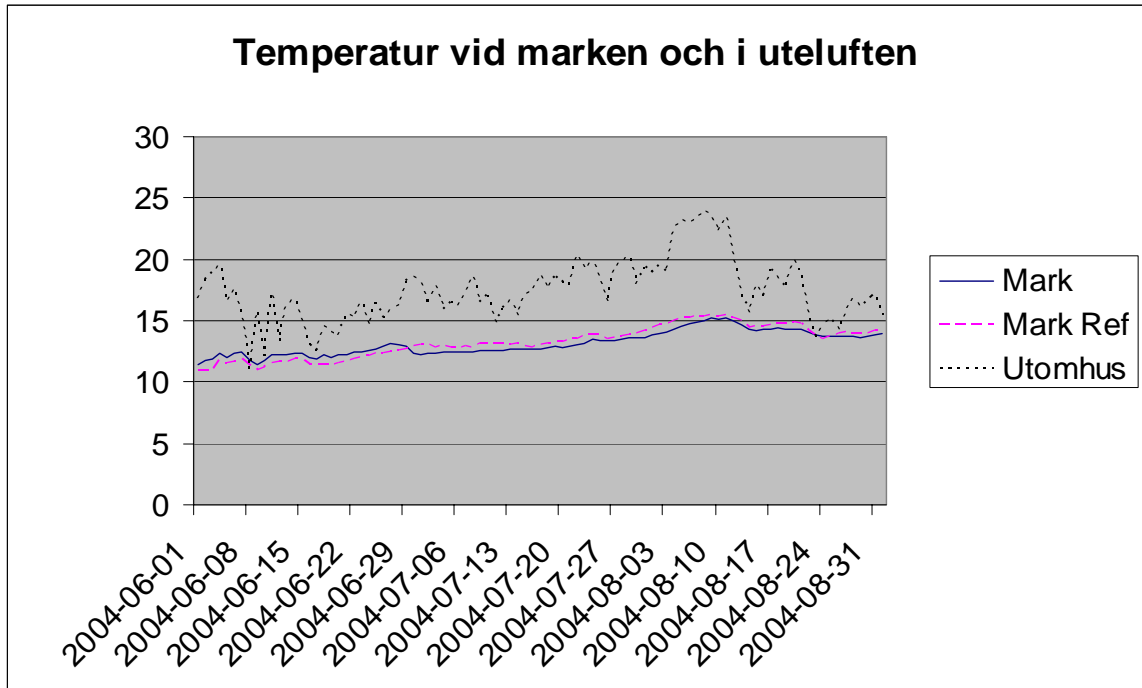
Figur 6.2.1 Temperatur vid bjälklag

RF vid bjälklaget i grunden med luftkuddarna sjönk något för att sedan stabilisera sig under nivån för kritiskt RF på 75 %, se figur 6.2.3, vilket är mycket positivt.



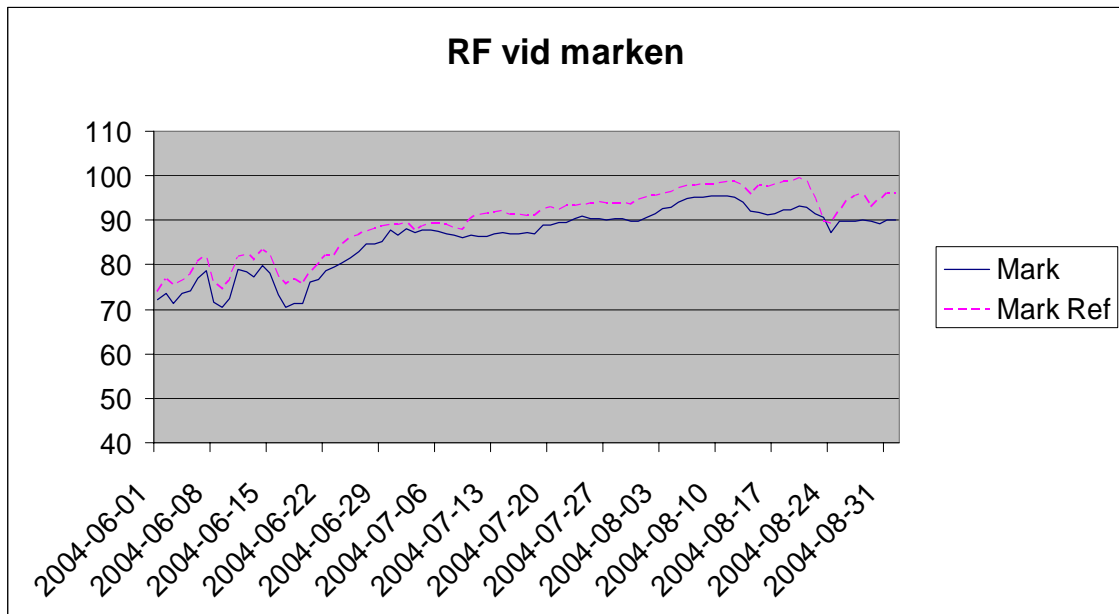
Figur 6.2.2 RF vid bjälklag

RF vid bjälklaget i referenshuset fortsatte att stiga under första halvan av mätperioden och i början av augusti steg RF över 100 %. Tillsammans med en temperatur kring 16-17°C är det ett gynnsamt klimat för mögel och röta. Temperaturen vid marken borde sjunka oberoende av utetemperaturen, på grund av att värmen från bjälklaget och uteluften tas bort. Jämfört med referenshuset sjunker temperaturen men följer ändå utetemperaturens svängningar, se figur 6.2.4.



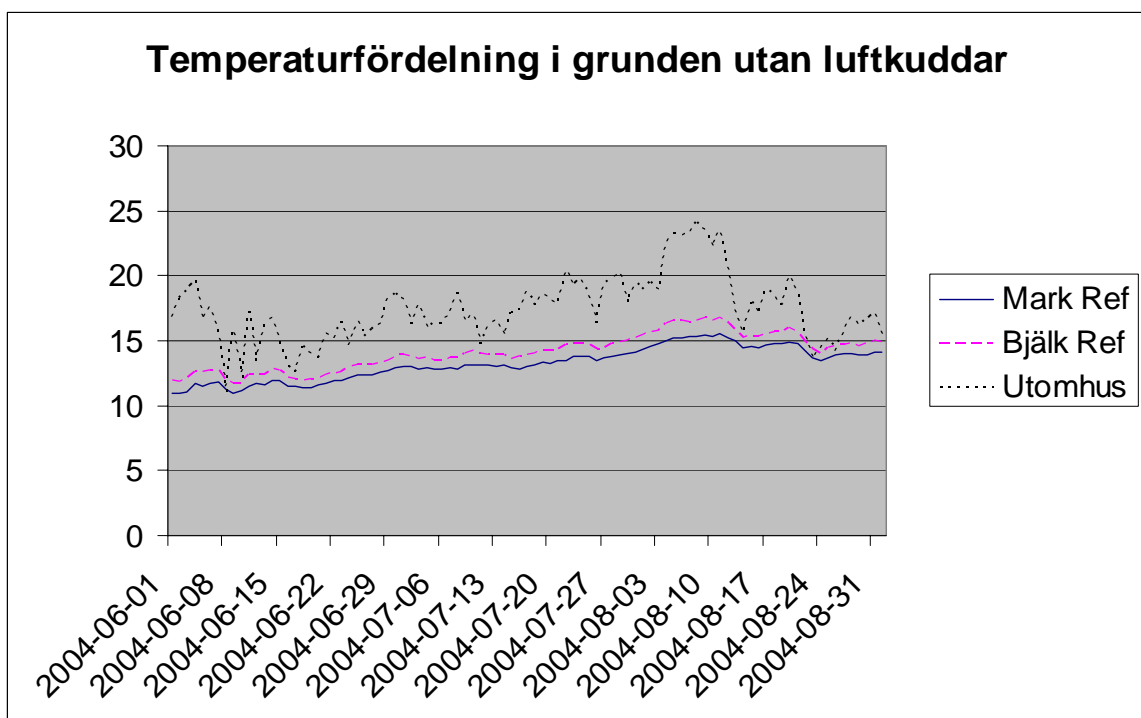
Figur 6.2.3 Temperatur vid marken

De olika temperaturerna följer varandra, vilket tyder på ett läckage av uteluft kring luftkuddarna. Läckaget värmer marken vilket gör att temperaturen svänger som referenshusets temperatur vid marken.



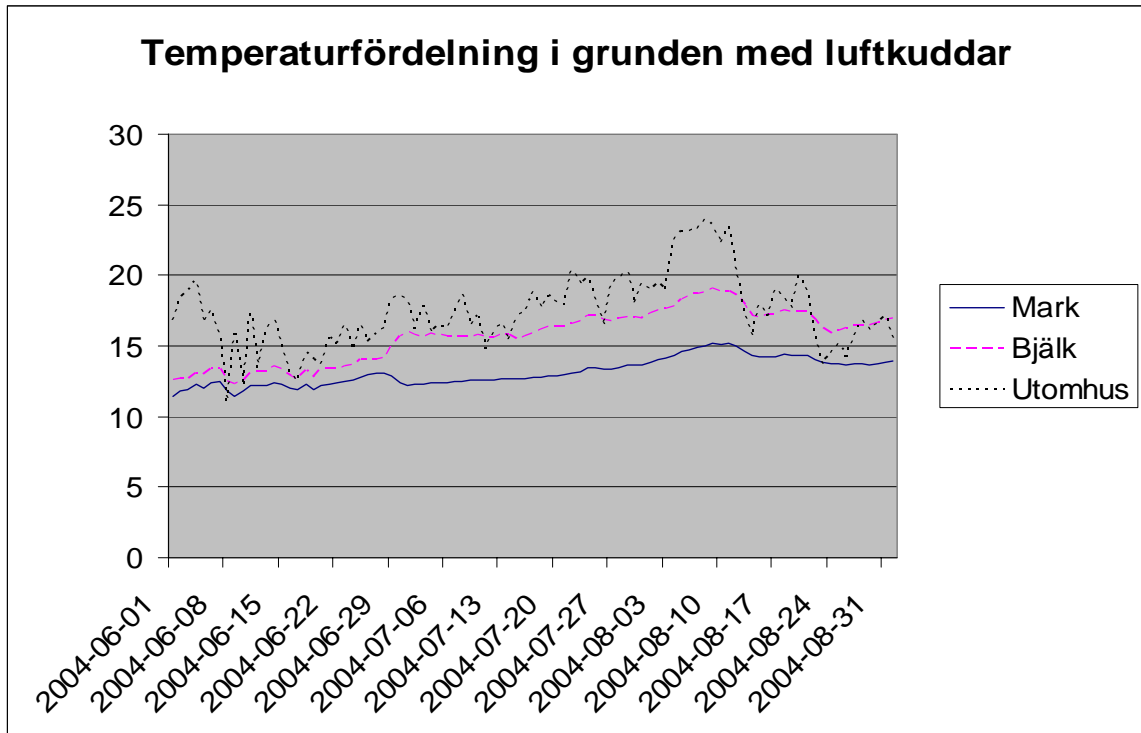
6.2.4 RF vid marken

Skillnaden mellan RF vid marken i grunden med luftkuddar och i referenshuset är så liten att den inte har någon större betydelse, se figur 6.2.5.



Figur 6.2.5 Temperaturfördelning i grunden utan luftkuddar

I jämförelse mellan de tre olika mätpunkternas värden ses att temperaturerna följs åt och styrs efter utetemperaturen som tidigare nämnts. Figur 6.2.6 visar hur temperaturfördelningen ser ut i en kryprumsgrund utan några åtgärder vidtagna.



Figur 6.2.6 Temperaturfördelning i grunden med luftkuddar

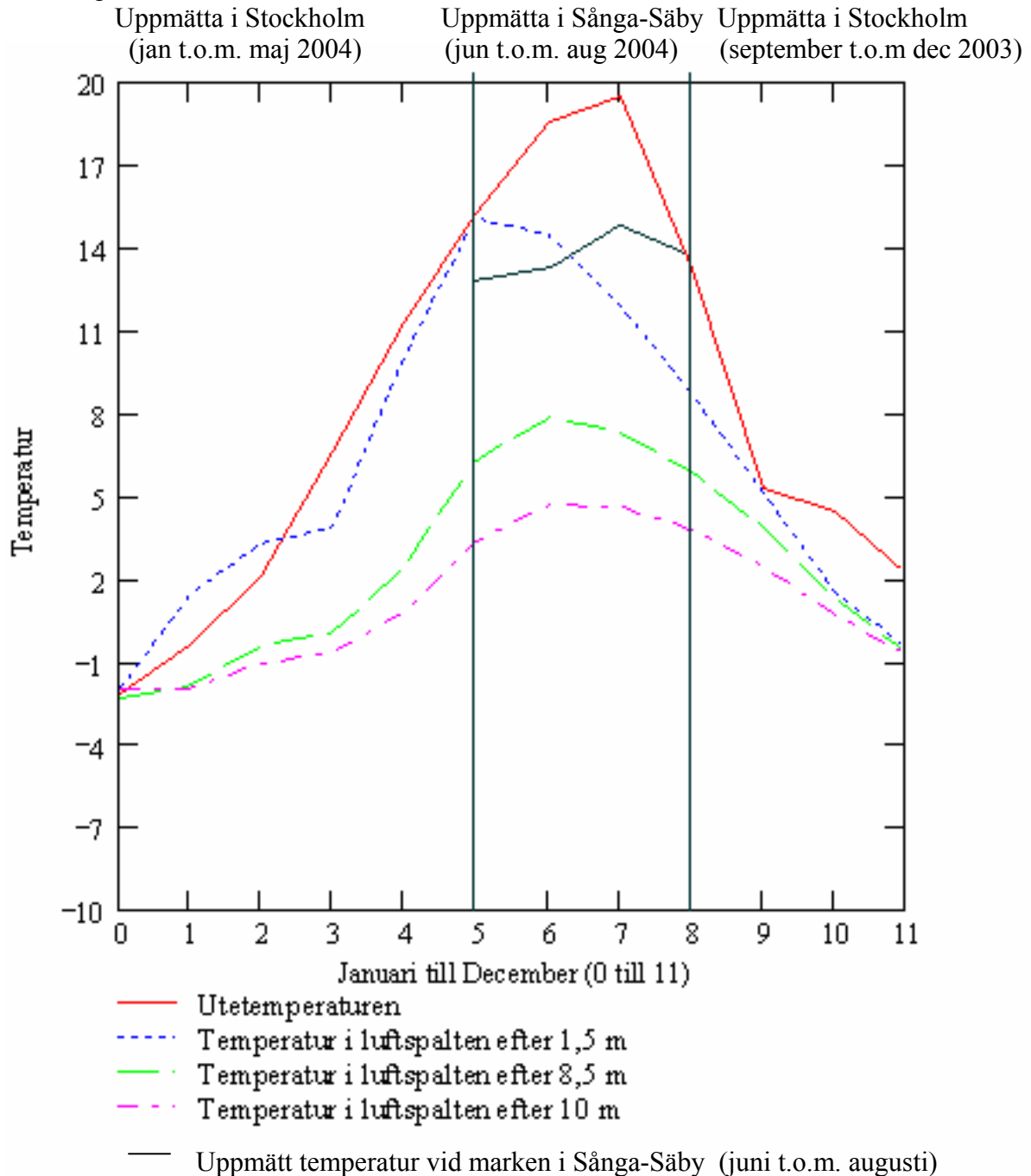
Med luftkuddarna installerade blev temperaturfördelningen annorlunda men följer fortfarande utetemperaturens svängningar, se figur 6.2.7.. Detta tyder på att utomhusluft läcker in och inverkar på temperaturerna både vid bjälklaget och vid marken. Skillnaden mellan grunden utan luftkuddarna och grunden med luftkuddarna visar tydligt att temperaturen ökar vid bjälklaget och sjunker vid marken när luftkuddar installerats.

6.2.6 Simulering av luftkuddar i beräkningsprogram

Temperaturkurvan i figur 6.2.3 och 6.2.6 tyder på att uteluft läcker in vid bjälklag och mark. Detta beror troligen på att det är mycket svårt att helt täta mot inläckage av uteluft då marken är mycket ojämn och på undersidan av bjälklaget sitter det längsgående lister som är svåra att täta intill. På grund av den höga relativa fuktigheten vid marken är det intressant att se temperaturens svängningar över året under luftkuddarna. Detta har simulerats genom att anta att det finns en ventilerad luftspalt mellan kuddarna och marken. Luftspaltens bredd är uppskattad till fem centimeter med en lufthastighet på 0,18 m/s. Spaltens längd är tio meter och är uppdelad i tre delar. Första mätpunkten är efter 1,5 meter, andra efter 8,5 meter och sista efter 10 meter. Anledningen till denna indelning är att det finns två ytterzoner och en bredare mittzon. Ytterzonerna påverkas mer av utetemperaturen och mittzonen som ligger mer skyddad påverkas mindre.

Temperaturfördelningen ses i figur 6.2.7, och är en teoretisk uppskattning av hur temperaturerna i luftspalten ser ut under ett år. Utetemperaturens påverkan är stor och resultatet varierar från år till år.

Temperaturer:



Figur 6.2.7 Temperaturfördelning längs luftspalten vid marken över ett år

De uppmätta temperaturerna i spalten efter 1,5 meter från Sånge-Såby är inritad i figur 6.2.7 under mätperioden juni till och med augusti. Där ses att till skillnad från spalttemperaturen i programmet följer de uppmätta temperaturerna uteluftens svängningar tydligare och fäsförskjutningen är mindre. Detta kan bero på att luftflödet är mycket större än vad som antagits i simuleringsprogrammet. I

simuleringsprogrammet antas en grund som är tio meter bred men i grunden i Sånga-Säby är luftkuddar endast installerade i en del av grunden vilket gör att det endast är möjligt att jämföra temperaturerna i den första delen av luftspalten.

6.2.7 Ekonomi

Installationskostnaden kan ses som en engångskostnad eftersom luftkuddarna inte kräver något underhåll. Produktionen är inte helt utvecklad utan är nu begränsad i viss mån. Ökar och effektiviseras produktionen sjunker priset och installationskostnaderna blir lägre. Om efterfrågan ökar kan det vara aktuellt med produktion på plats, vilket skulle medföra att transportkostnaderna blir mycket låga. I nuläget är kostnaden 550 SEK/m³.

6.2.8 Diskussion

Mätningarna visar tydligt att temperaturen vid bjälklaget stiger och RF sjunker och stabiliseras efter installation av luftkuddar. Temperaturen vid marken följer temperatursvängningarna i uteluften, precis som i en vanlig uteluftsventilerad kryprumsgrund. Detta beror på den luftspalt som bildats under luftkuddarna. En trolig anledning är att luftkuddarna inte är så komprimerade som först antagits och att det är svårt att helt täta mot marken som i detta fall är av makadam vilket ger en taggig yta. Vid bjälklagets undersida är längsgående lister fastspikade vilket gör det svårt att täta kring dessa med luftkuddar. Detta gör att det bildas en luftspalt även mellan bjälklaget och luftkuddarna. Likaså vid grundmurarna, som är av lecablock, och i makadamlagret runt och under grundmurarna är det svårt att utesluta ett inläckage av uteluft. Förmodligen sker även ett mindre luftutbyte mellan bjälklaget och marken via luften mellan luftkuddarna.

Luftspalterna ventileras och det resulterar i en uttorkning. Bjälklaget kommer att torkas ut men under sommaren höjs fukttinnehållet i uteluften och likaså i luftspalten. På grund av att luftkuddarna ger bjälklaget en högre temperatur och att tillförseln av uteluft i luftspalten är mycket liten ger det högre fukttinnehållet under sommaren en minimal ökning av risken för mögeltillväxt. Luftspalten mellan marken och luftkuddarna fungerar på samma sätt och p.g.a. att ventilationen är så pass liten är fukttinnehållet lägre än vid marken i referenshuset där ventilationen är betydligt större.

Efter installationen av luftkuddarna stabiliseras RF vid bjälklaget på mellan 70 och 75 % p.g.a. den temperaturhöjning luftkuddarna ger upphov till, den begränsade ventilationen samt diffusion av fukt till bostaden genom bjälklaget. Temperaturen vid bjälklaget efter installation av luftkuddarna uppgår som mest till 19°C. Vid dessa omständigheter är risken för mögeltillväxt enligt figur 5.1.1 minimal. Om temperaturen stiger till 20°C med en RF på 75 % skulle dessa förhållanden behöva bestå i minst 64 dagar för att risken för mögeltillväxt skulle

bli överhängande. Under mätperioden uppstod liknande förhållanden men det bestod endast i två dagar vilket resulterar i att risken för mögeltillväxt är väldigt liten. I jämförelse med referenshuset som har en maxtemperatur på 16,5°C och en maximal RF på 100 %. Dessa omständigheter skulle endast behöva bestå i tre till fyra dagar innan risken för mögeltillväxt blir överhängande. Den verkliga tidsperioden som dessa förhållanden bestod var fem till sex dagar och risken är väldigt stor att mögeltillväxt kan ha uppstått i bjälklaget i referenshuset under augusti 2004.

Mätperioden för detta arbete är tre månader, första juli till första september. För att få en helhetsbild av hur systemet fungerar rekommenderas att mätperioden sträcker sig över ett år. Detta arbete kan ses som en delstudie för att en indikation av hur idén med luftkuddar i en kryprumsgrund fungerar. Vid mätningarnas avslutning sågs en tydlig förändring av klimatet i kryprumsgrunden, RF sjönk och temperaturen steg vid bjälklaget. Dock är det svårt att säga vad som kommer att hända vid marken efter en studie på endast tre månader.

6.3 Värmare

Att värma kryprumsgrunden under sommaren är ett utmärkt sätt att kontrollera den relativa fuktigheten när avdunstningen från marken är låg. (Airaksinen, 2003) Principen för uppvärmning av kryprumsgrunden är att ventilationen med utomhusluft för bort fukten och uppvärmningen används för att kontrollera RF. (Matilainen, 2003)

6.3.1 Funktion

Det finns olika metoder för att värma en kryprumsgrund. Enligt Tore Hansson, 1992, är det enklaste sättet att värma upp grunden med små elektriska radiatorer. Även vanliga glödlampor kan användas. Detta har prövats i ett fall och en fördel var då att det nattetid var lätt att kontrollera att värmen var påslagen för då lyste också lamporna genom ventilerna. För att värmen skall spridas ut jämnt över grunden bör värmekällan kombineras med en fläkt. (Hansson 1992)

Ett annat alternativ är att varm luft blåses ner i grunden med hjälp av en fläkt. Luften kan tas från t.ex. takfoten eller fasaden. Luft från en nivå på någon meter över marken är torrare än luft i marknivå, den kan dessutom vara uppvärmd av strålning vilket gör den ännu bättre som tilluft.

En annan lösning, vilken undersökts i Hansson, 1992, är att värma grunden genom att i söder ha en enkel svartmålad plåtsockel istället för en värmeisolerad sockel. Grundmuren i söder tas alltså bort och ersätts med t.ex. bärande plintar och en svartmålad plåtsockel. Genom denna konstruktion försämras värmeisoleringen i sockeln men försämringarna är marginella. Solinstrålningen

antas motsvara en höjning av plåtens temperatur till 50°C under fyra timmar varje dag. Detta motsvarar i medel ett nettotillskott på 250 W. Här har hänsyn inte tagits till utstrålning från plåten. Enligt Hansson 1992 skulle en sådan sockel förbättra klimatet i kryprumsgrunden med ca 15 % RF. Styrning av uppvärmare kan ske på olika sätt; manuellt, med tiden eller efter behovet. Exempel på manuell styrning kan vara att husägaren har fuktgivare i grunden och själv slår på värmaren när RF uppnår ett visst värde. Detta kan dock bli problematiskt om husägaren ej är hemma eller om denne glömmet att slå på värmaren. Ett alternativ kan vara att husägaren slår på värmaren ett visst datum varje år för att sedan låta den gå under hela den kritiska perioden av året. Tidsstyrning är också möjligt, tanken är då att värmaren programmeras i förväg att slå på under vissa kritiska tidsperioder. Ett tredje alternativ är att styra värmaren efter behovet, vilket kan ske genom att den sätts på när luften i kryprumsgrunden har en lägre temperatur än utomhusluften. Ett alternativ till detta är att styra direkt efter den relativa fuktigheten. (Hansson 1992)

Uppvärmning under byggtiden

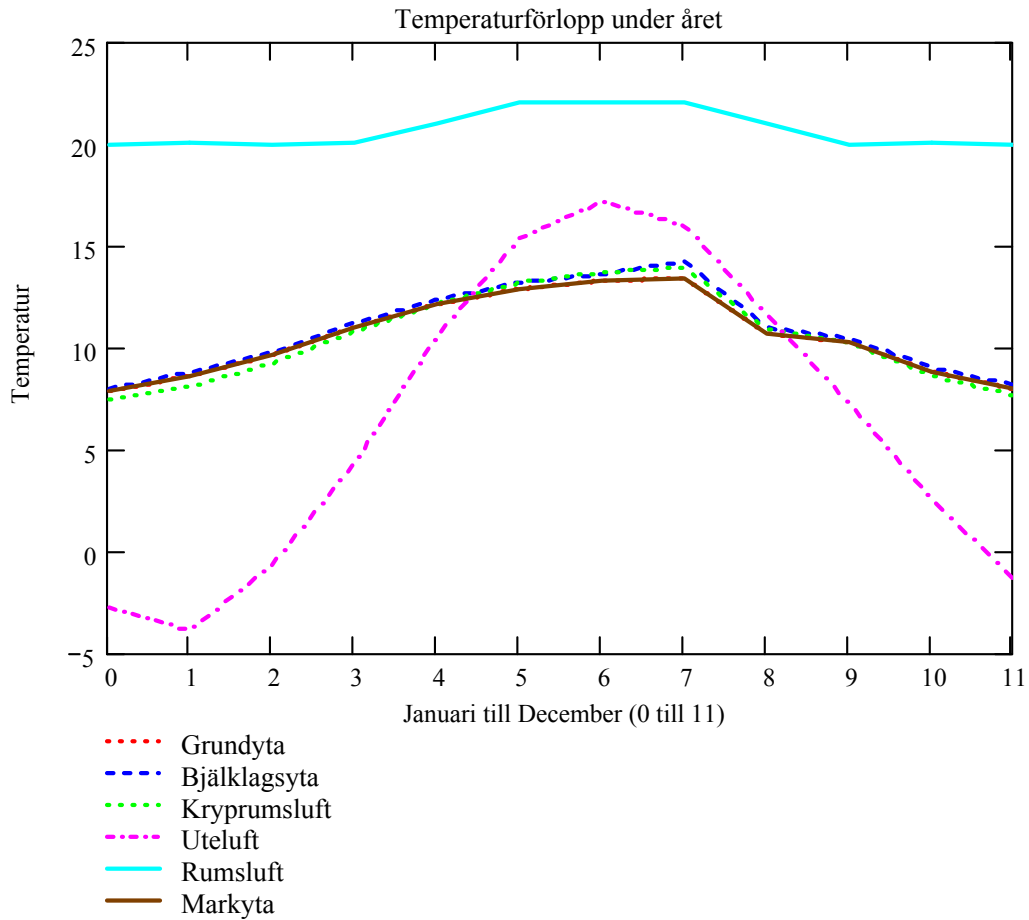
Att värma grunden under byggtiden är ett säkert sätt att minska risken för fuktskador under de första åren. (Hansson, 1992) Detta skulle vara särskilt aktuellt vid byggnation vintertid då temperaturen i marken ej hinner stiga tillräckligt fram till de kritiska månaderna på sommaren. Uppvärmningen kan starta när grundmurarna är klara och pågå fram till det att huset levereras. Denna kan t.ex. ske genom att grunden täcks med presenningar och varm luft blåses in under dessa. Det är då viktigt att en plastfolie är utlagd på marken innan värmningen startar, annars finns det risk för att fukt som tas upp från marken kondenserar på bjälklaget och andra känsliga konstruktionsdelar. Värmningen bör pågå under minst 4-6 veckor och kan sedan avbrytas vid leverans om marken uppnått tillräckligt hög temperatur, ca 5-7°C. (Hansson, 1992)

6.3.2 Simulering i beräkningsprogram

Vid simulering av uppvärmning av grunden har en viss effekt antagits värma grunden under ett visst antal månader. En liten fläkt i kryprummet krävs för att få tillräcklig cirkulation på luften. P.g.a. fläkten och luftens termiska rörelser har ventilationen här ökat till 1 omsättning/timme.

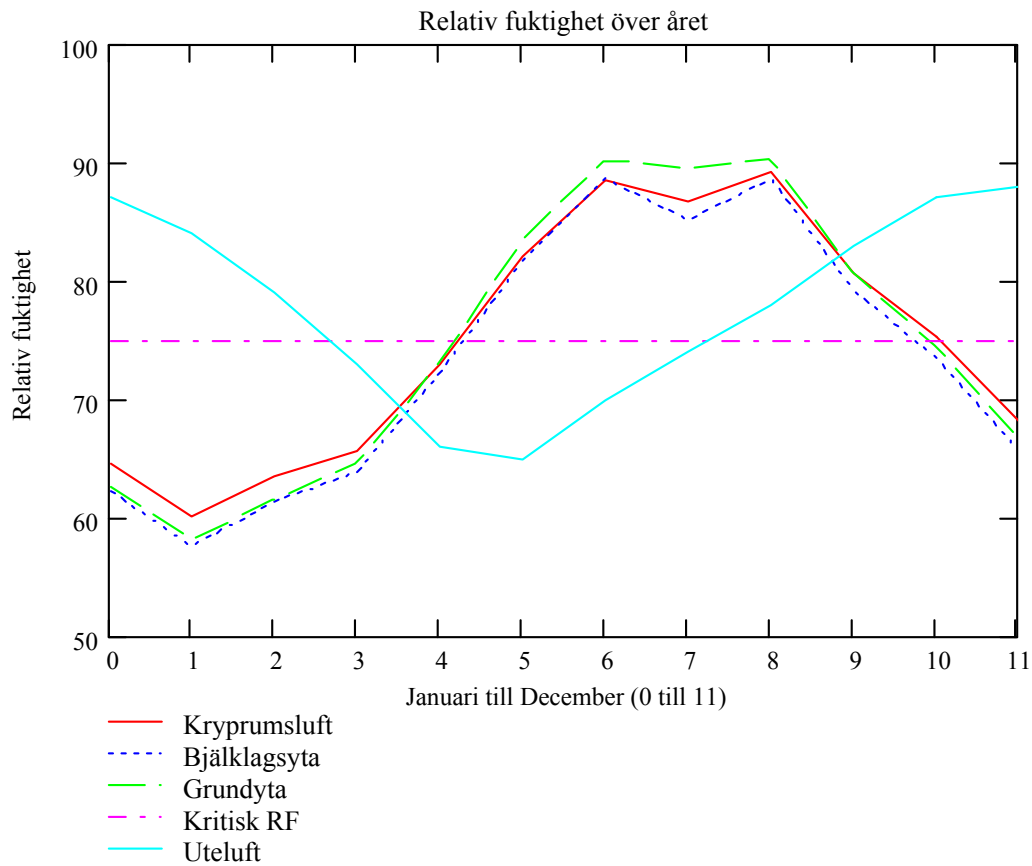
Uppvärmning styrd av riskfunktionen

Radiatoreffekten är här satt till 3 W/m² vilket totalt blir 300 W då grunden har en yta på 100 m². Här styrs uppvärmningen av riskfunktionen, risken får ej överstiga 0,5 riskmånader. Med hänsyn till detta behöver uppvärmningen vara igång under augusti månad. Resultaten ses i figur 6.3.1.



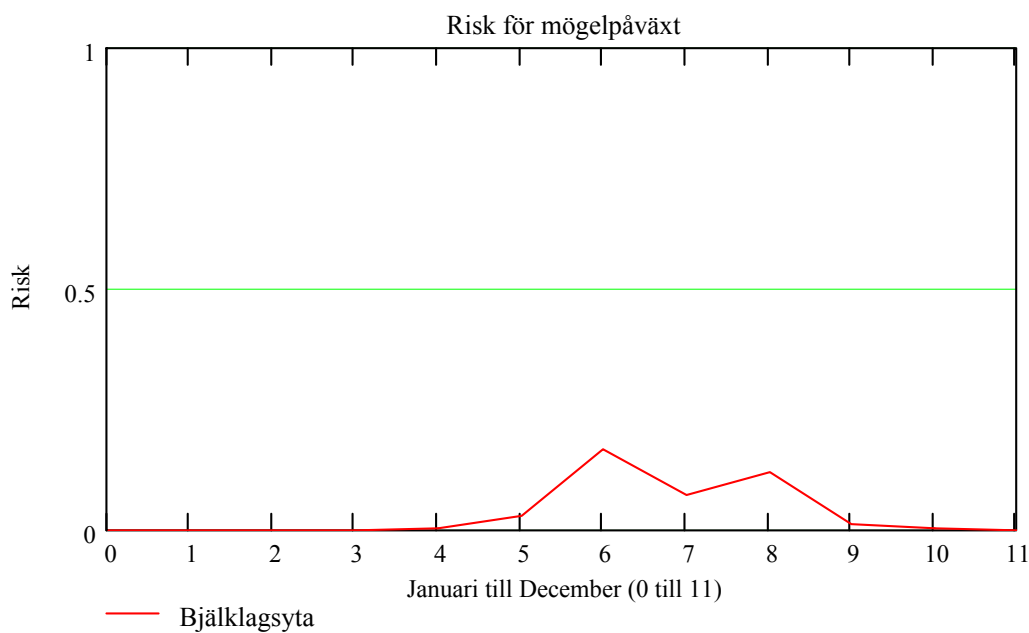
Figur 6.3.1. Temperaturer vid uppvärmning av krypgrund med plastfolie på marken

Temperaturen på kryprumsluften varierar här mellan 7,4 och 13,9°C. RF under året ses i figur 6.3.2.



Figur 6.3.2 RF vid uppvärmning av krypgrund med plastfolie på marken

RF ligger här över 75% mellan maj t.o.m. en bit in i november men p.g.a. att värmaren är igång i augusti är risken för fuktskador liten.

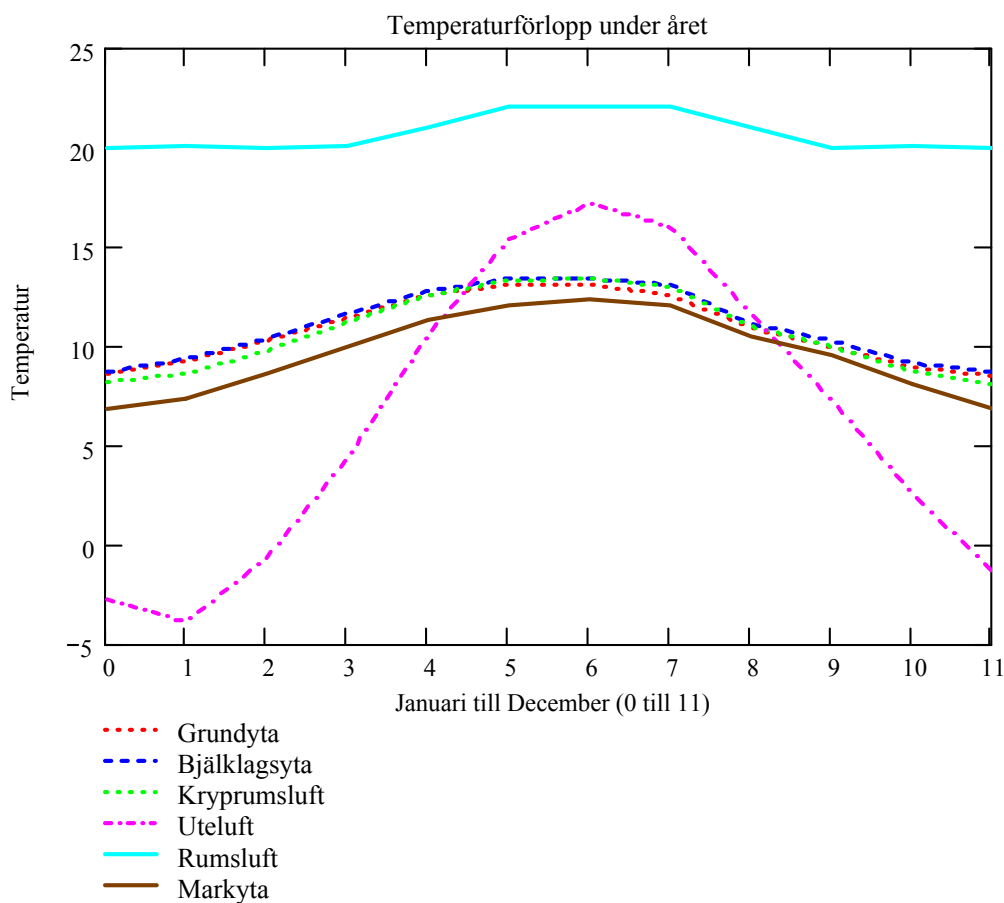


Figur 6.3.3. Risk för mögelpåväxt vid uppvärmning i en konstruktion med träbjälklag och marktäckning av plastfolie

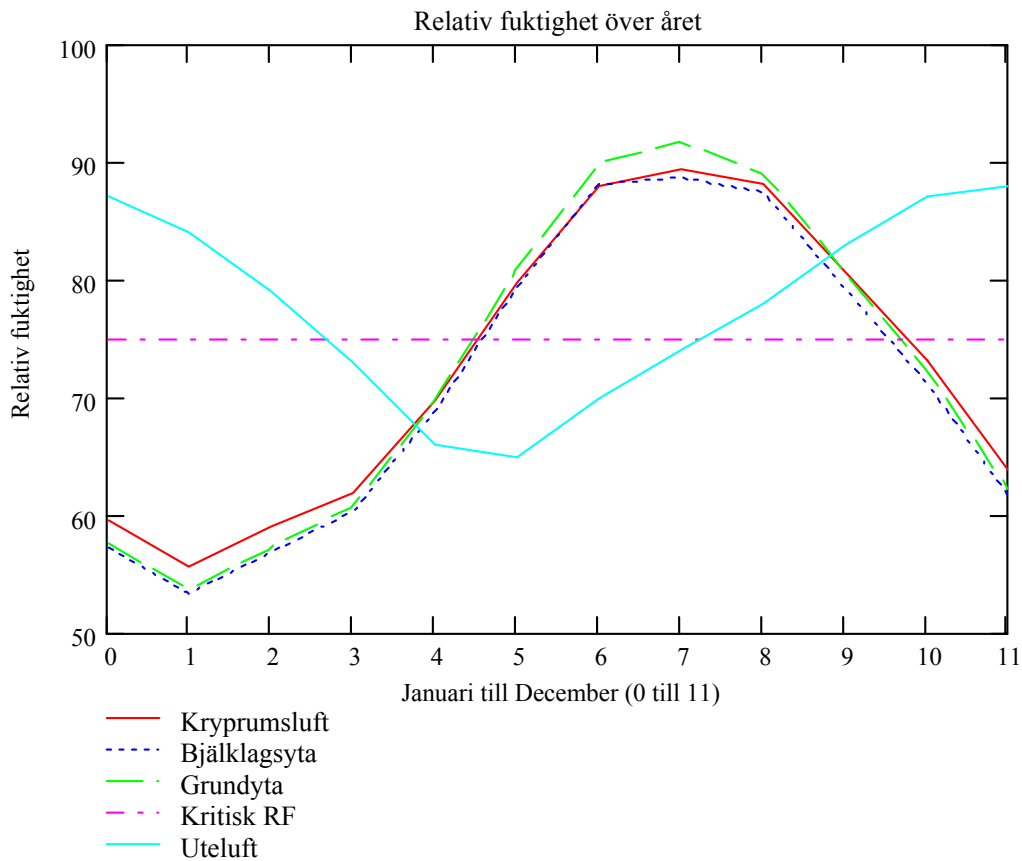
Den totala årsrisken för mögelpåväxt är här 0,4 riskmånader vilket är lägre än gränsvärdet 0,5, se figur 6.3.3. Detta är betydligt lägre än 9,053 riskmånader som en normal kryprumsgrund har utan några åtgärder vidtagna. Energibehovet vid denna lösning är 216 kWh/år.

Uppvärmning styrd av riskfunktionen med 50 mm mineralullsisolering

Med 50 mm mineralullsisolering på marken höjs temperaturen i kryprummet, enligt figur 6.3.4. Effekten på radiatorerna kan sänkas till 1W/m^2 , alltså 100W totalt, med dessa villkor behöver värmaren vara i drift under augusti månad.

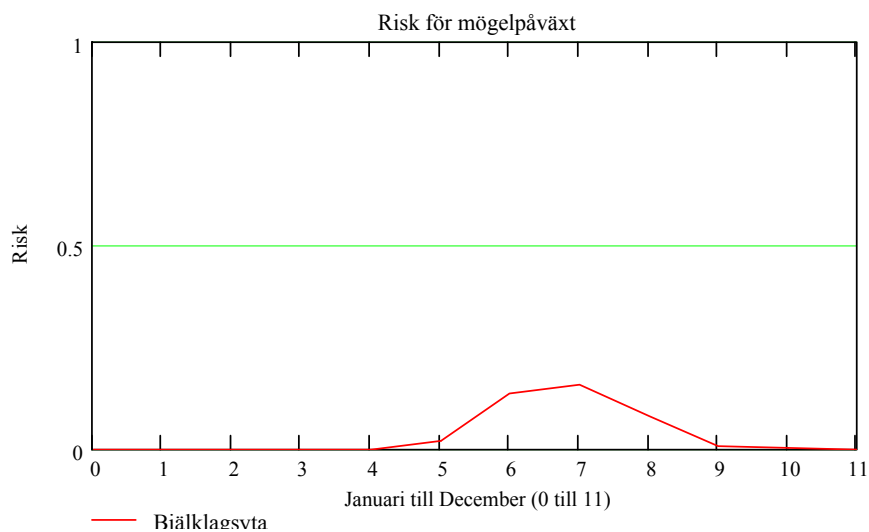


Figur 6.3.4. Temperaturer vid uppvärmning av kryprund med 50 mm mineralull på marken

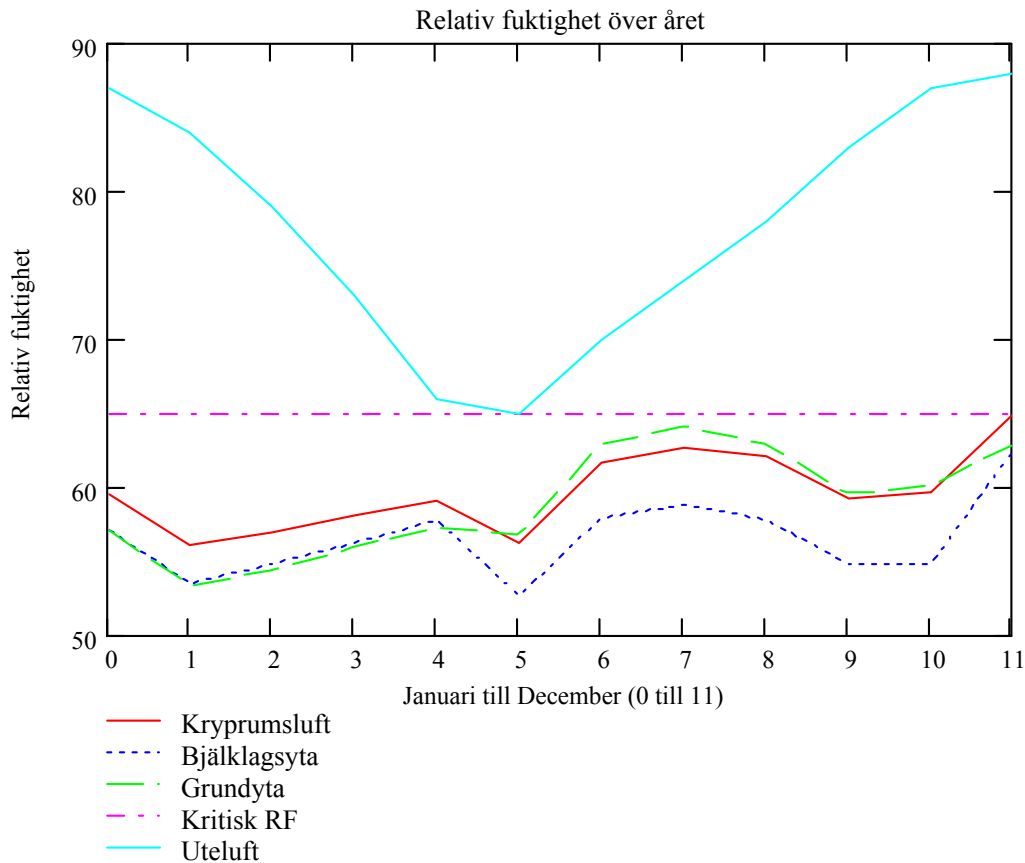


Figur 6.3.5. RF vid uppvärmning av kryppgrund med 50 mm mineralull på marken

Trots sänkt effekt och endast en månads drifttid stiger RF inte högre än i föregående fall, enligt figur 6.3.5. Den totala risken är även här 0,4 riskmånader/år, se figur 6.3.6. Detta är betydligt lägre än de ursprungliga 9,053 riskmånader för en kryprumsgrund



Figur 6.3.6. Risk för mögelpåväxt vid uppvärmning i en konstruktion med träbjälklag och marktäckning av 50 mm mineralull



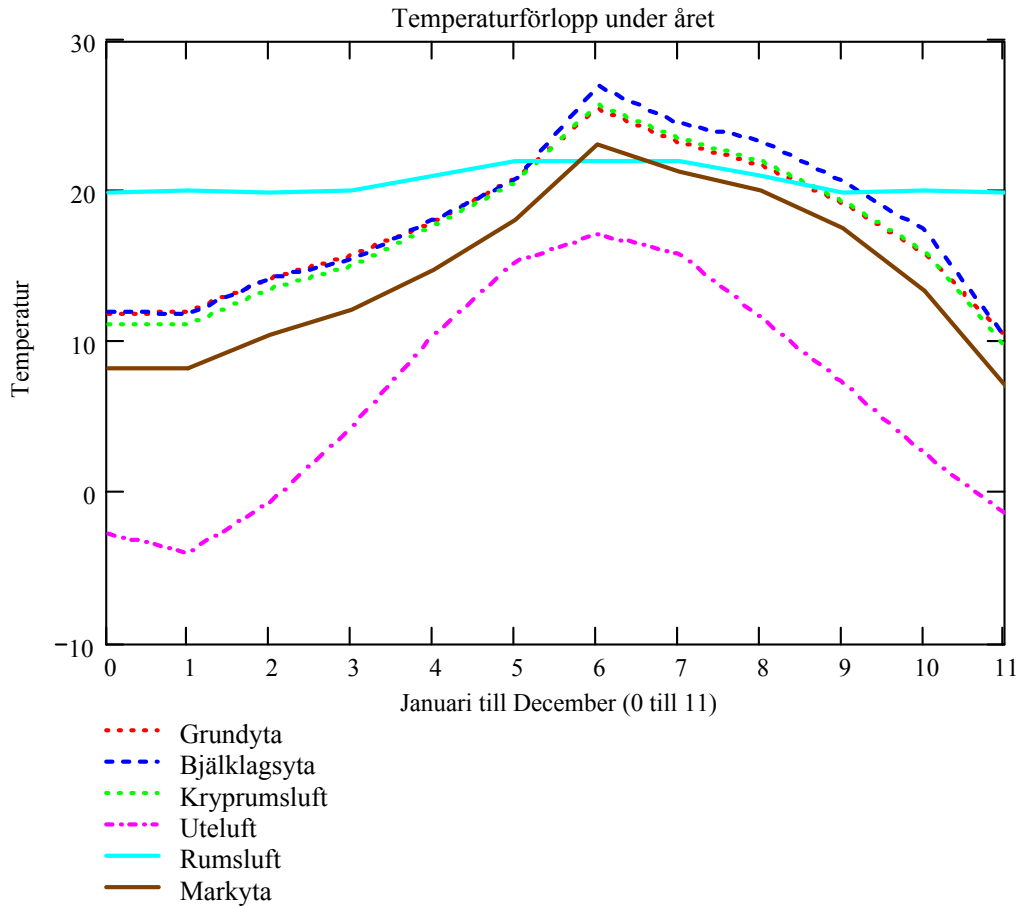
Figur 6.3.8. RF vid uppvärmning av kryppgrund med plastfolie på marken, 65 % RF

För att en RF på 65 % ska hållas måste uppvärmningen pågå under juni t.o.m. november, vilket innebär ett energibehov på 4320 kWh/år.

Om RF istället tillåts vara högst 75 % vid samma uppvärmningseffekt är energibehovet 2880 kWh/år. Värmaren kommer här att vara i drift under juli t.o.m. oktober.

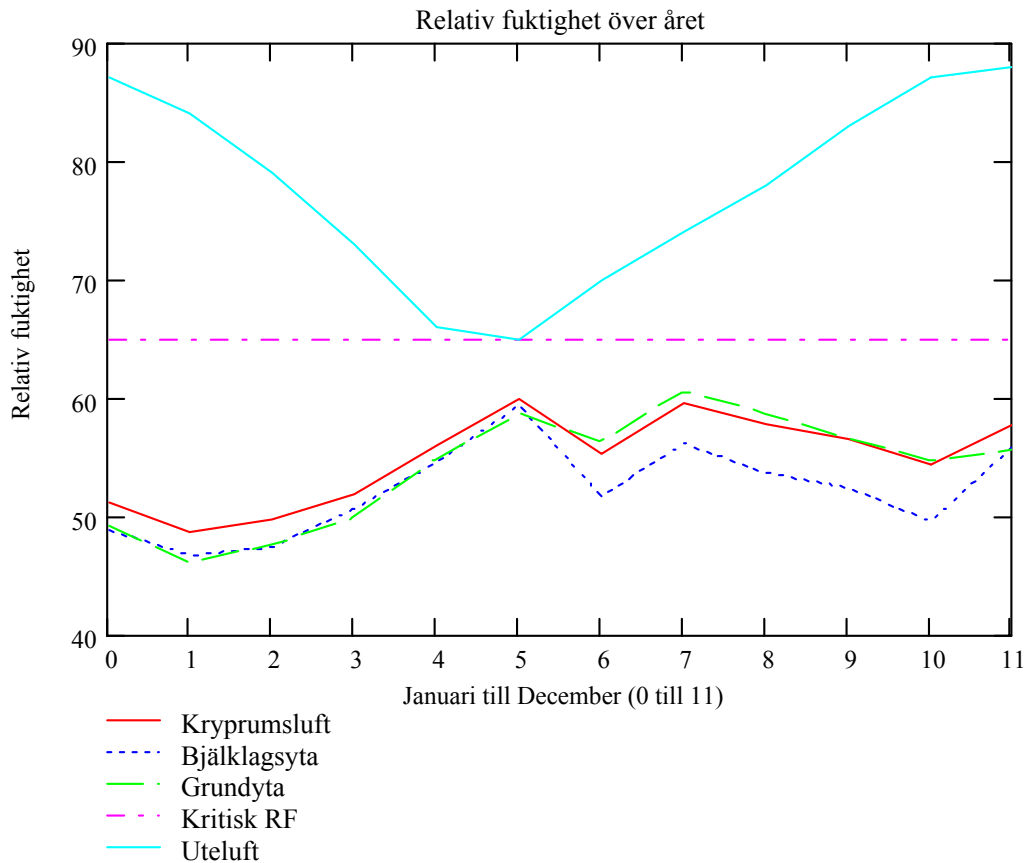
Uppvärmning styrd av den relativa fuktigheten med marktäckning av 50 mm mineralull

Plastfolien i föregående fall byts nu ut mot 50 mm mineralullsisolering och uppvärmningen styrs av ett gränsvärde på 65 % RF. Isoleringen medför här att temperaturen i kryprummet höjs något då strålningen från marken minskar.



Figur 6.3.9. Temperaturer vid uppvärmning av kryppgrund med marktäckning av 50 mm mineralull, 65 % RF

Temperaturen i kryprumsluften varierar här mellan 11,2 och 25,8°C, enligt figur 6.3.9. Uppvärmningen är här igång under juli t.o.m. november, alltså fem månader/år. Liksom i föregående fall är temperaturen i kryprumsluften hela året varmare än uteluften och under några månader varmare än inneluften. Detta gör att en låg RF hålls som visas i figur 6.3.10.



Figur 6.3.10. RF vid uppvärmning av kryppgrund med marktäckning av 50 mm mineralull, 65 % RF

För att en RF på 65 % ska hållas krävs i detta fall att avfuktaren är igång under fem månader. Energibehovet är då 3600 kWh/år.

Vid en kritisk RF nivå på 75 % och i övrigt samma förutsättningar är energibehovet 2160 kWh/år och drifttiden är augusti t.o.m. oktober, alltså endast tre månader.

6.3.3 Ekonomi

Vid beräkning av driftskostnaderna i tabell 6.3.1. har en fläkt med en effekt på 100W räknats med i årsenergibehovet. Ett elpris på 78,50 öre/kWh, vilket var Fortums aktuella pris augusti 2004, har antagits. Kostnaderna ska tolkas som ungefärliga värden då de är beräknade med parametrar från simuleringsprogrammet. I tabell 6.3.1 redovisas kostnaderna för ett år.

	Energibehov/år [kWh/år]	Driftkostnad/år [SEK]
Värmning styrd av riskfunktion med Marktäckning av plastfolie	288	226
Värmning styrd av riskfunktion med Marktäckning av mineralull	144	113
Värmning styrd av RF med Marktäckning av plastfolie, 65 % RF	4752	3730
Värmning styrd av RF med Marktäckning av mineralull, 65 % RF	3960	3109
Värmning styrd av RF med Marktäckning av plastfolie, 75 % RF	3312	2600
Värmning styrd av RF med Marktäckning av mineralull, 75 % RF	2376	1865

Tabell 6.3.1. Driftkostnader per år för värmare.

6.3.3 Varmluftsolångare

Principen med att tillföra värme är ganska enkel, det är bara att sätta in ett värmelement och en fläkt. Lösningen förbrukar dock en del energi vilket både är dåligt ur miljösynpunkt och med tanke på kostnaden. Ett företag i Danmark, Aidt Miljø A/S, har en patenterad lösning på en varmluftsolångare. På framsidan är solcellerna skyddade med en slagfast polykarbonatskiva. Luften kommer in genom en specialperforerad aluminiumplåt på baksidan och värms upp av värmen från solen. Solcellen driver en liten fläkt som blåser in den varma luften in i det tilltänkta objektet, se bild 6.3.1. Mätningar har gjorts av Søren Østergaard Jensen vid, Teknologisk Institut i Danmark. Dessa mätningar visade att temperaturen på den uppvärmda luften blir mellan 15-30°C högre än uteluften. Luften värms upp och då sjunker den relativa fuktigheten, vilket är positivt ur mögelsynpunkt.

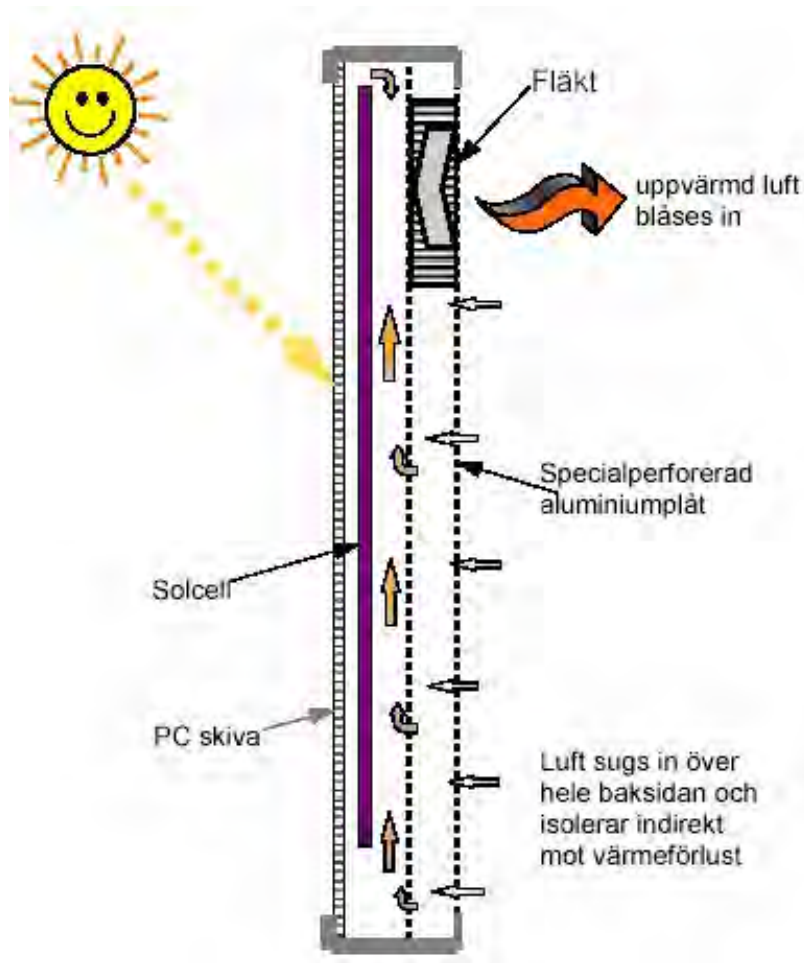


Bild 6.3.1 Varmluftsol­fångare

Varmluftsol­fångaren är i funktion så fort solen lyser och ger ett kontinuerligt värmetillskott under hela året. Aidt Miljø A/S har tre olika modeller som kan leverera ett luftflöde mellan 25-60 m³/h och solcellens effekt mellan 6-12 Watt. Varmluftsol­fångaren kan både monteras på väggen och på taket efter kundens önskan. Idén tillämpas främst till sommarstugor, friggebodar, garage, torp och jaktstugor för att ett bättre inomhusklimat när huset inte används.

Underhållsvärmen blir kostnadsfri och en torr ventilation skapas och tar bort eventuell elak lukt. Konceptet skulle mycket väl kunna tillämpas på en kryprumsgrund för att höja värmen och sänka RF. En annan mycket positiv aspekt är installationskostnaden. Enligt en prislista från mars 2004 låg priset mellan ca 3500-8000 SEK beroende av modell. Fraktkostnaden från Danmark varierar mellan 300-500 SEK beroende av modell från samma prislista. Montering görs av kund med hjälp av instruktioner.

6.3.6 Diskussion

Att värma kryprunden under delar av året är en bra och funktionell åtgärd. Skulle värmetillskottet minska eller försvinna under kortare tid så blir konsekvenserna inte märkbart stora eftersom viss del av värmen lagras, på grund

av värmetröghet, i de material som krypgrunden ansluter till, t.ex. bjälklaget och grundmuren. Andra saker att beakta är ekonomin, installationskostnaden och driftskostnaden. Lösningen med en elansluten värmare och till exempel med en tillhörande fläkt är inte heller miljövänlig med tanke på energin som måste användas för att åtgärden skall fungera.

De finns många olika sätt att värma grundkonstruktionen. Att sätta in en radiator med en fläkt för att fördela värmen jämt är en enkel lösning och har en låg installations- och driftskostnad. Om en marktäckning av mineralull kombineras med uppvärmning blir antalet drifttimmar färre. Det bästa skulle vara att kombinera uppvärmning med en marktäckning av plastfolie och mineralull ovanpå folien. Detta fall har ej simulerats p.g.a. simuleringsprogrammets uppbyggnad.

Att tillämpa varmluftsolfångare är en billigare lösning då den inte har någon driftskostnad. Installationskostnaden är också relativt låg. Varmluftsolfångaren blåser in luft som är 15-30°C högre än uteluften fast med samma fuktinnehåll vilket gör att kryprumsluften och mark, bjälklag och grundmurar värms upp.

6.4 Avfuktare

Ett sätt att få ner fuktigheten i en kryprumsgrund och minska risken för mögel och röta är att installera en avfuktare. Många sanerings- och husbyggnadsföretag rekommenderar sina kunder att installera avfuktare som åtgärd.

6.4.1 Funktion

Det finns två typer av avfuktare och de fungerar på olika sätt. Dessa typer är kondensavfuktare och sorptionsavfuktare.

Kondensavfuktare

Avfuktare kan arbeta enligt kondensationsprincipen, dvs. luften kyls så att vattnet i luften kondenseras ut. Den kylda luften värms igen av värmen från kondensorn. När vattnet kondenseras ut frigörs värme. Denna energi samt värme från fläkten medför att temperaturen höjs 5–10°C när luften passerar aggregatet. Avfuktarna är vanligen försedda med automatisk avfrostning. Dessa avfuktare är lämpliga för att skapa ett behagligt inomhusklimat. En nackdel med denna typ av avfuktare är att vid låga temperaturer är avfuktningsskapaciteten låg.

Sorptionsavfuktare

Den aktiva komponenten i en sorptionsavfuktare är en sorptionsrotor. Den är tillverkad i ett obrännbart kompositmaterial som innehåller ett sorptionsmedel,

vanligen kiselgel. Rotorn är korrugerad och innehåller en mängd små kanaler vilket resulterar i en mycket stor yta.

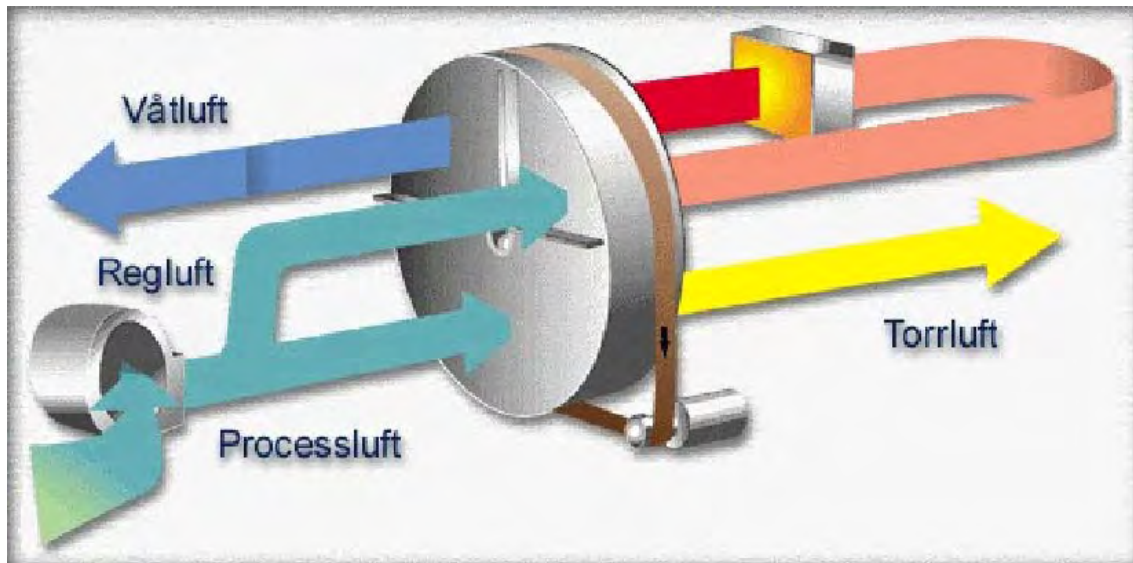


Bild 6.4.1 Sorptionsavfuktare

Genom att styra in kryprumsluften, som tas från en eller flera punkter i kryprummet, över $\frac{3}{4}$ av rotorn absorberas fukt i rotormaterialet. Den torra luften styrs sedan ut i kryprummet via en fläkt. Fukten leds ut från rotorn genom att låta varmluft, som kommer från ett värmepaket, passera över den återstående $\frac{1}{4}$ av rotorn. Den varma luften tar med sig fukten och kan sedan ledas ut ur kryprummet via en kanal, se bild 6.4.1. När avfuktaren är i drift avges en liten del av dess effekt i form av värme till kryprummet. Avfuktaren behöver inte användas under hela året och därför finns det olika sätt att minska drifttiden.

Några av de sätt som användas är:

- hygrostat, som startar avfuktaren när RF uppnår en bestämd nivå
- tidsinställning, en period ställs in då avfuktaren ska vara i drift
- manuellt, avfuktaren sätts på av användaren (Svensson, 2001)

De tre metoderna har sina nackdelar. Hygrostaten beror av RF. På vintern då fukttätheten är lågt men den låga temperaturen gör att RF blir hög resulterar detta i att avfuktaren arbetar utan att risken för mögeltillväxt är stor. Används tidsinställning kan riskperioden för hög RF ställas in. Nackdelen är att om vädret och temperaturen gör att luftens RF i kryprummet inte når upp till en kritisknivå är avfuktaren i drift i onödan. En manuell styrning kräver en observant användare som inte tar semester under sommaren och har bra tillsyn av kryprummet, vilket sällan eller aldrig villaägare har. Det bästa alternativet är att kombinera

tidsinställning med hygrostat. Då är avfuktaren i drift under den kritiska perioden och gör mest nytta.

6.4.2 Installation

När en avfuktare ska installeras måste vissa förberedelser göras för att avfuktaren ska fungera på ett effektivt sätt. Till en början ska allt organiskt material avlägsnas från kryprumsmarken och en plastfolie läggas ut för att minska avdunstningen från marken. Vidare ska ventilerna tätas så att kryprummet bli så lufttätt som möjligt, ju tätare grunden är ju mindre behöver avfuktaren vara i drift. Den fuktiga ventilationsluften ska minskas så mycket som det går. Avfuktaren bör placeras i ett hörn och nära en ventil där kanalen med den fuktiga returluften ska ledas ut. Kanaler, som ska sprida och öka intagningsområdet av luft, läggs ut i kryprummet och ansluts till avfuktaren. Användningen av avfuktaren leder till att ett undertryck bildas i kryprummet vilket är önskvärt för att inte trycka upp fukt i bjälklaget. När avfuktaren inte är i bruk drivs en fläkt för att upprätthålla undertrycket. (Ocab:s produktblad, Munters produktblad)

6.4.3 Skötselråd och säkerställning av drift

Enligt saneringsföretaget Ocab skall en avfuktare skötas och underhållas. Detta görs enklast enligt deras skötselinstruktion:

Följande punkter skall kontrolleras regelbundet:

- Inspektera grunden minst en gång per år.
- Se till att dagvatten från t.ex. takavlopp avleds från byggnaden, samt att luftläckage av uteluft kring ventiler och grundmurar ej förekommer.
- Kontrollera att undertryck erhållits i grunden i förhållande till bostaden.
- Kontrollera avfuktarens funktion enligt underhållsschema i bifogad bruksanvisning.

- Kontrollera minst 1 ggr per år att:
 - rotern fungerar
 - fläkten fungerar
 - värmepaketet är i funktion
 - hygrostatens inställning, funktion och eventuellt larm
 - kanaler och luftflöden fungerar
- Byt aggregatens dammfilter enligt maskinens instruktion.
- Förändringar som kan påverka systemet bör inte utföras utan att Ocab i Stockholm AB informeras.

Företaget Ocab har även serviceavtal att erbjuda kunderna, där allt underhåll och funktionskontroller görs årligen eller efter behov. I allmänhet är husägaren sällan

ner i grunden och inspekterar och då skulle ett serviceavtal vara en bra lösning. Största andelen av installationer av avfuktare sker i samband med besiktning och husförsäljning enligt Ocab, och det visar att husägarna har dålig uppmärksamhet kring deras grunder.

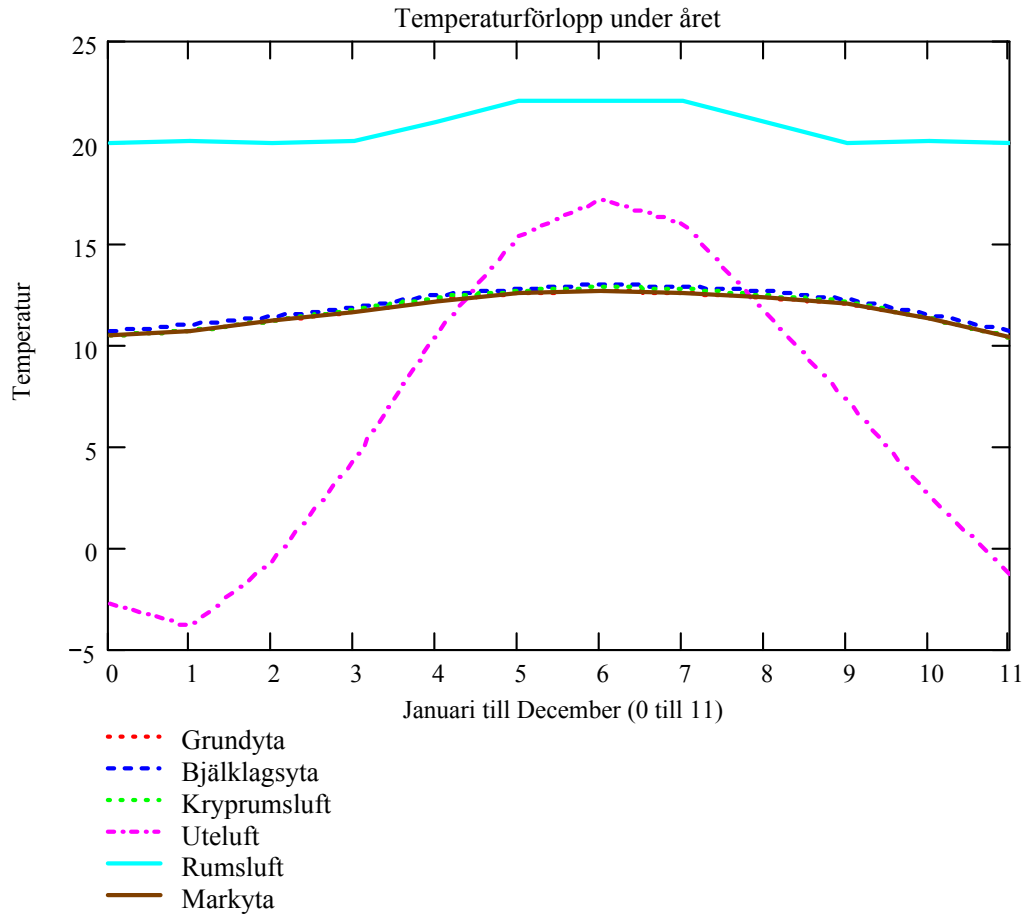
En nackdel med avfuktaren är att driftskontroller måste ske på något sätt. Förr användes vanligen en lampa som var kopplad från avfuktaren in till huset som lyste när RF översteg 75 %. En nackdel var om lampan var trasig. Hur skulle användaren då märka om avfuktaren inte var i drift? Lösningen med lampan har frångåtts och nu tillämpas trådlösa termohygrometrar. De trådlösa termohygrometrarna kan ha flera sensorer i grunden och då får användaren en klar bild av klimatet i grunden och blir medveten om hur klimatet förändras. Termohygrometern kan förutom att mäta temperatur och relativ fuktighet, även utlösa ett larm vid kritisk nivå, barometer och minne för max- och minvärden.

6.4.4 Simulering i beräkningsprogram

Innan installationen av avfuktare varierade RF för kryprumsluften mellan 98 och 100 %. Vid installation av avfuktare sänktes ventilationen i kryprumsgrunden till 0,2 omsättningar/timme. Även en plastfolie lades ut på marken. Endast dessa åtgärder leder till att RF för kryprumsluften istället varierar mellan 80 och 97 %. Temperaturvariationerna för kryprumsluften över året jämnas också ut något, 9,1-12,7°C i grundfallet och nu mellan 10,4 och 12,8°C.

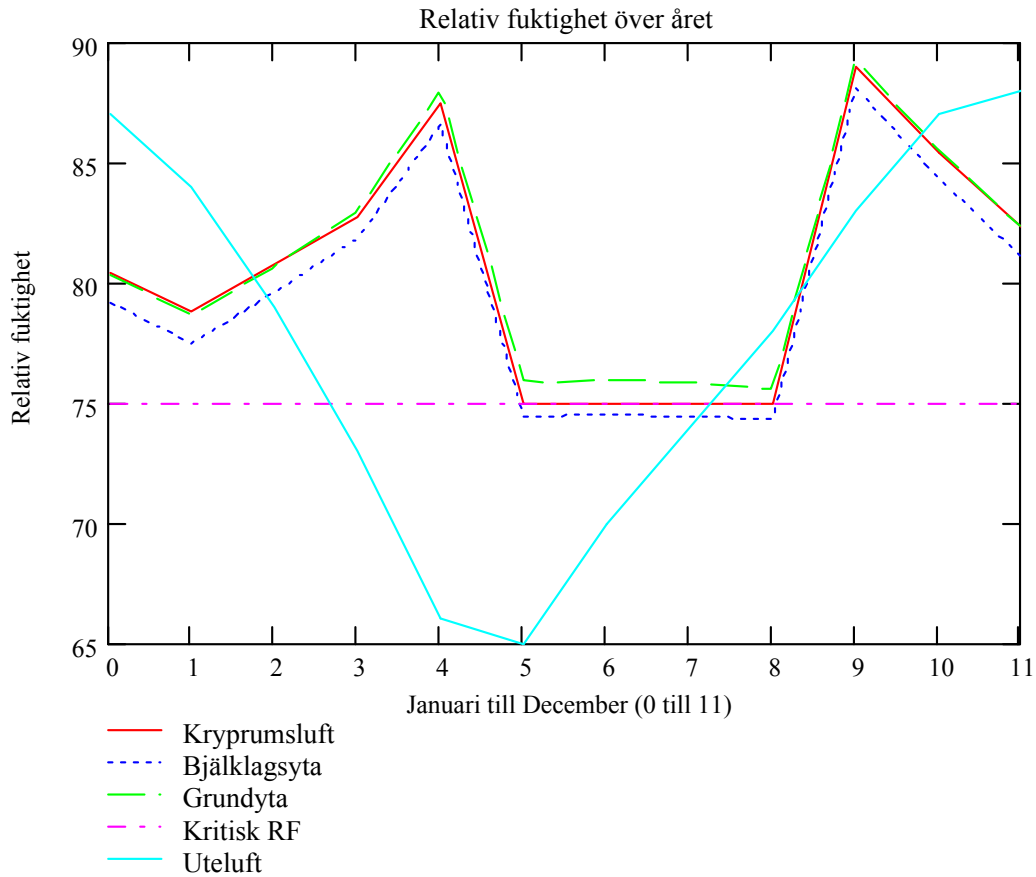
Avfuktare styrd av riskfunktion

Avfuktaren styrdes i detta fall av riskfunktionen, d.v.s. av att den totala årsrisken ej fick överstiga 0,5 riskmånader. Med hänsyn till detta var avfuktaren i drift under juni-september. Resultaten visas i figur 6.4.1.



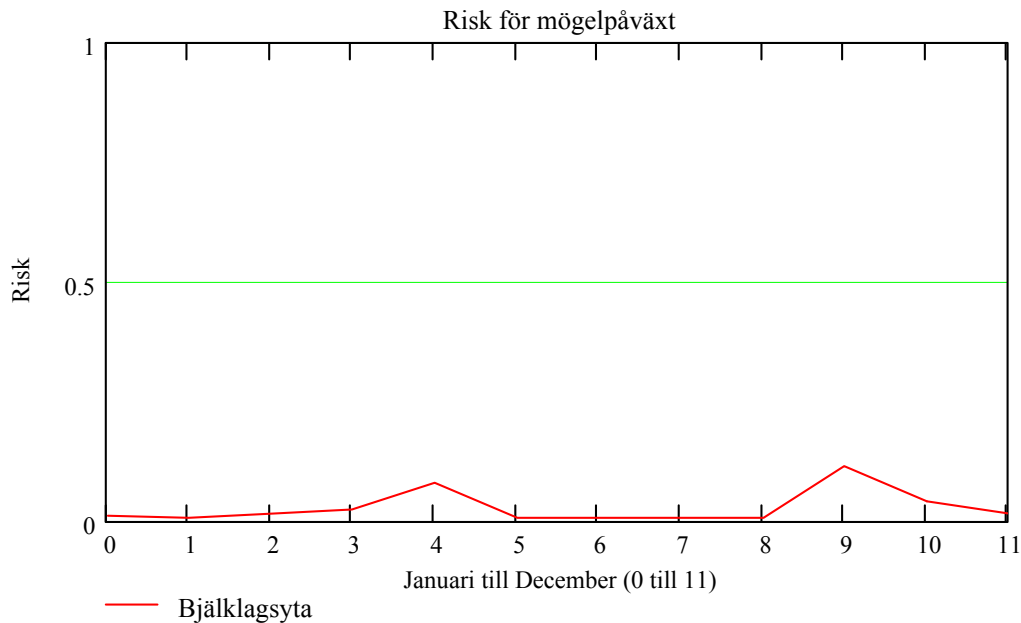
Figur 6.4.1. Temperaturer vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av plastfolie

Temperaturen för kryprumsluften varierar som ovan mellan 10,4 och 12,8°C. Temperaturerna för markytan och bjälklagsytan sammanfaller även här ungefär med kryprumsluftens temperatur. Den relativa fuktigheten visas i figur 6.4.2.



Figur 6.4.2. RF vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av plastfolie

RF överstiger här den satta risknivån på 75 % vissa perioder av året. Detta är ej farligt, dels p.g.a. att bjälklaget torkar ut något under vintern och dels för att bjälklaget under sommaren inte tar upp samma mängd fukt som innan avfuktaren installerades.



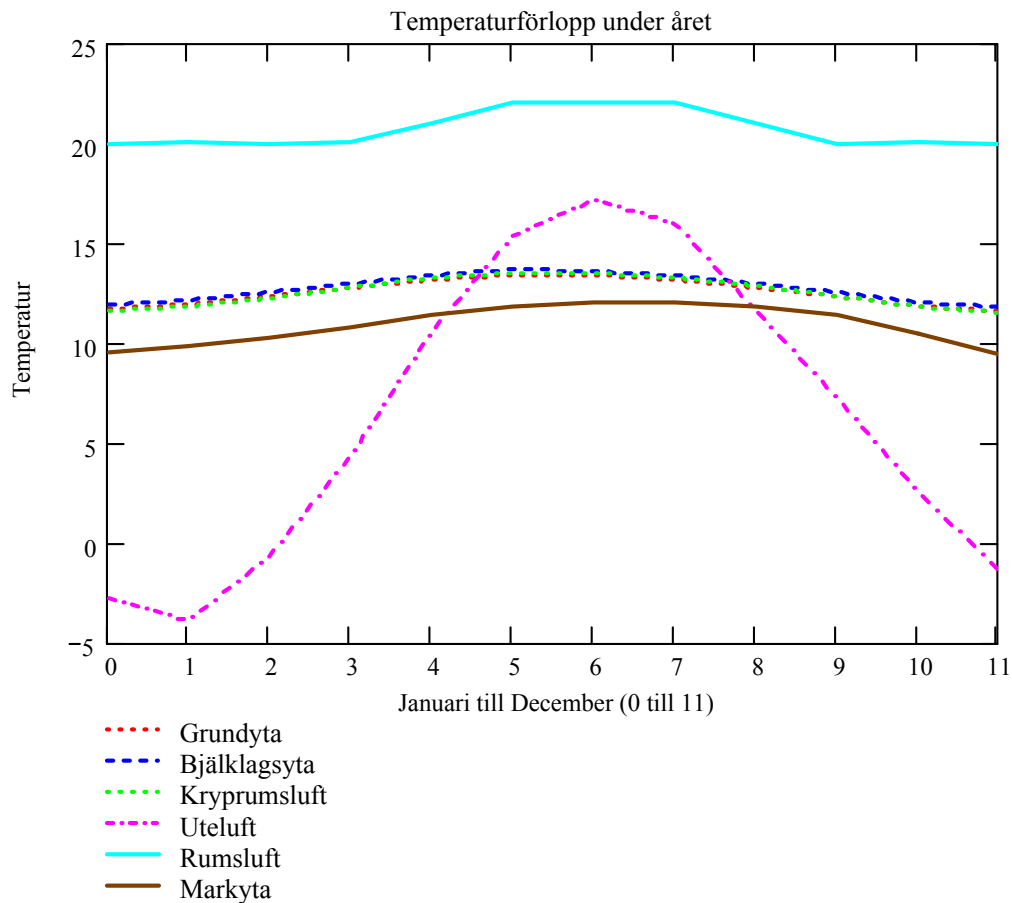
Figur 6.4.3. Risk för mögelpåväxt vid avfuktare i en konstruktion med träbjälklag och marktäckning av plastfolie

Den totala årsrisken är här 0,332 riskmånader, enligt figur 6.4.3, vilket är således helt acceptabelt och en betydlig förbättring jämfört med 9,053 riskmånader som i grundfallet.

Drifttiden vid ovanstående lösning är 2880 h/år. Det maximala avfuktningensbehovet är 0,136 kg/h vilket betyder att den avfuktare som väljs skall ha en kapacitet på minst 0,14 kg/h vid en ventilation på 0,2 omsättningar/timme.

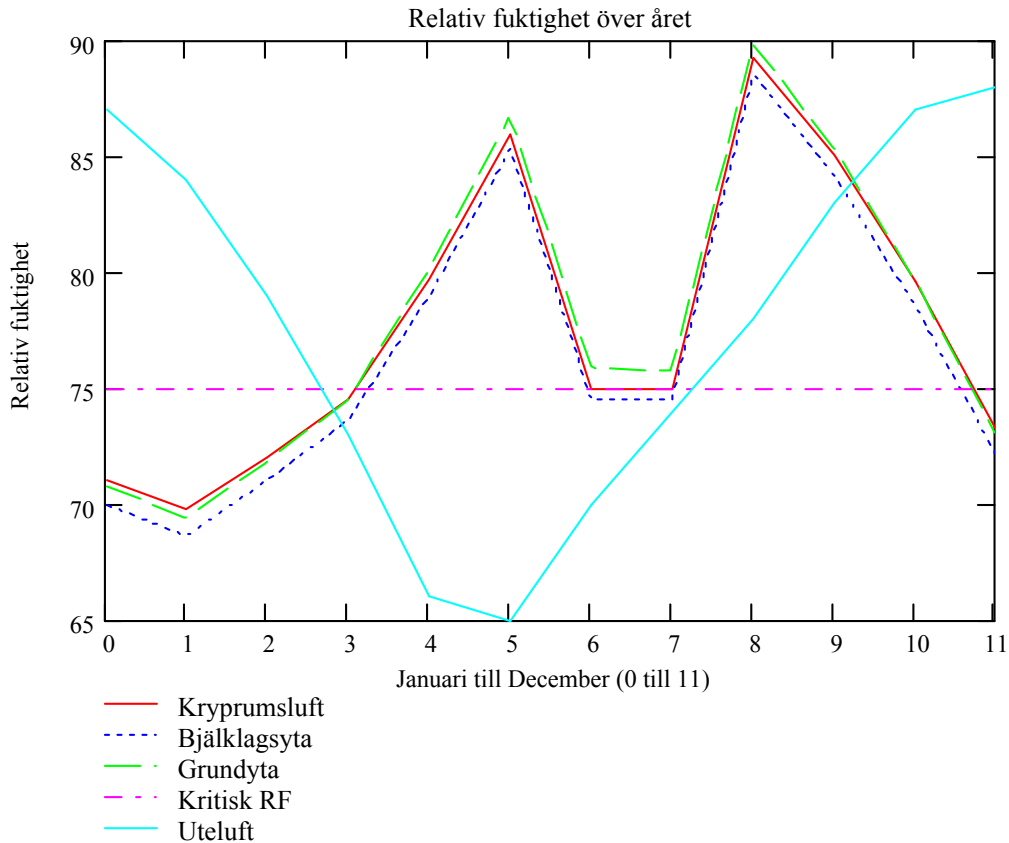
Avfuktare styrd av riskfunktion med 50 mm mineralullsisolering

Marktäckning med 50 mm mineralullsisolering. Detta medför att temperaturen i kryprummet höjs vilket gör att avfuktaren ej behöver vara igång lika många timmar, till skillnad från föregående fall behöver nu avfuktaren endast vara igång under juli och augusti.



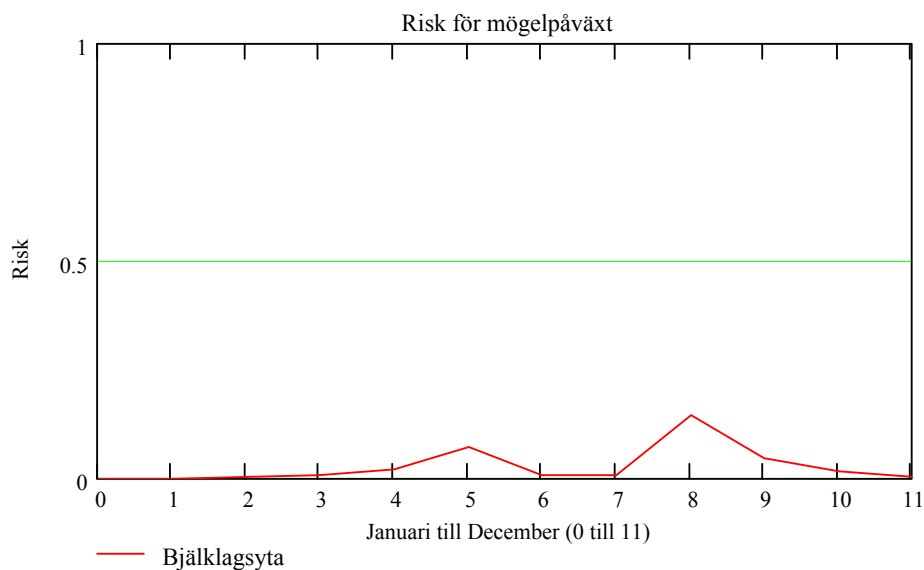
Figur 6.4.4 Temperaturer vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av 50mm mineralull

Temperaturen på bjälklagsytan och i kryprumsluften skiljer sig nu markant från temperaturen på markytan. Markytan är något kallare och bjälklagsytan och kryprumsluften är varmare, se figur 6.4.4, än i tidigare fall.



Figur 6.4.5. RF vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av 50 mm mineralull

Skillnaden i RF från föregående fall är att den har ett lägre värde under början av året vilket också gör att den första toppen kommer något senare. Därefter går avfuktaren i två månader, när den stängs av går RF upp till ca 90 % för att mot slutet av året sjunka under 75 %, se figur 6.4.5.

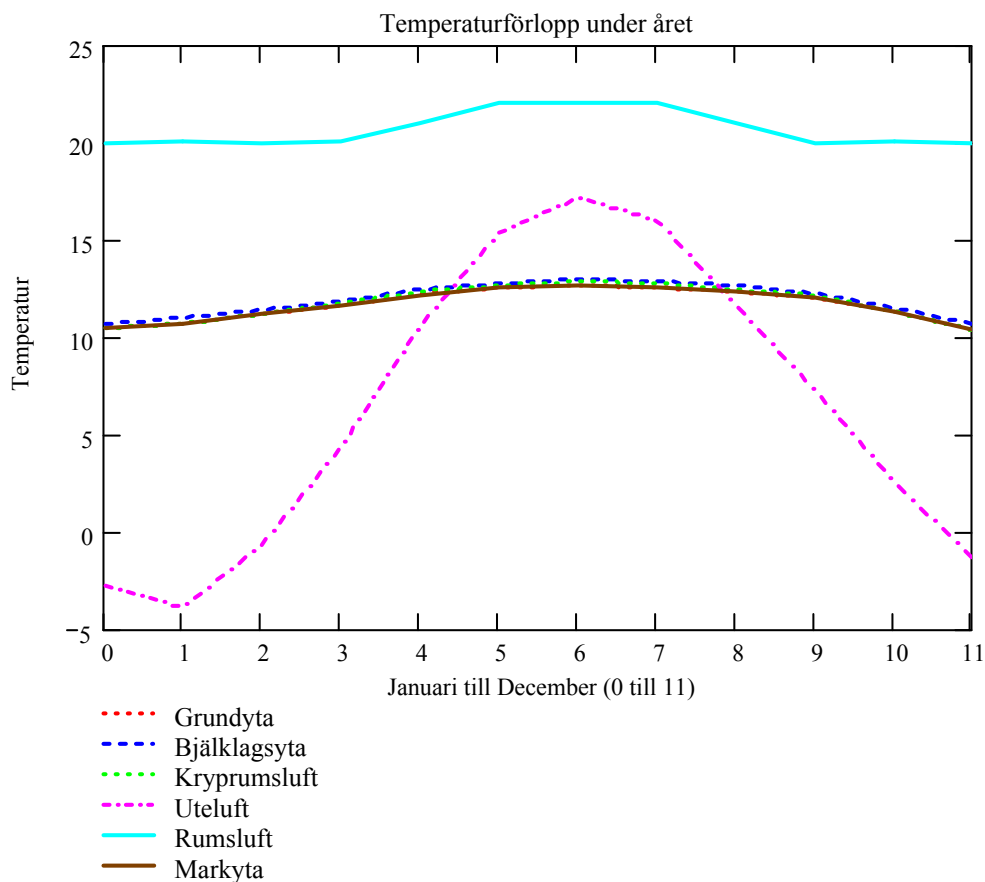


Figur 6.4.6. Risk för mögelpåväxt vid avfuktare i en konstruktion med träbjälklag och marktäckning av 50 mm mineralull

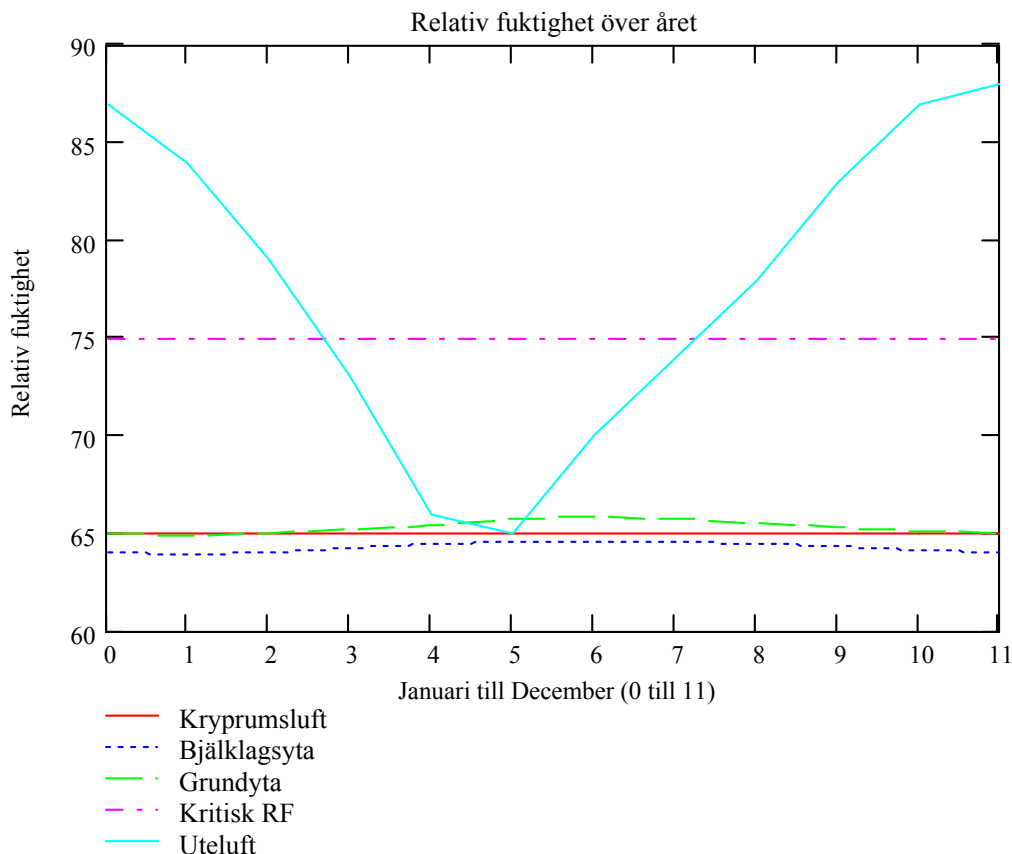
Den totala årsrisken är något lägre; 0,322 riskmånader vilket betyder att med denna konstruktion uppnås ungefär samma resultat men energi sparas då avfuktaren endast går 1440 h. Det maximala avfuktningens behovet är också något lägre.

Avfuktare styrd av den relativa fuktigheten

Den största delen av de avfuktare som installeras idag styrs enbart efter RF. Vanligen ställs avfuktaren in så att den går igång när RF överstiger 65 %, gränsvärdet varierar dock något mellan olika tillverkare. Detta betyder att avfuktaren är i drift under en stor del av året. Vid en simulering med detta krav fås följande resultat, se figur 6.4.7.



Figur 6.4.7. Temperaturer vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av plastfolie



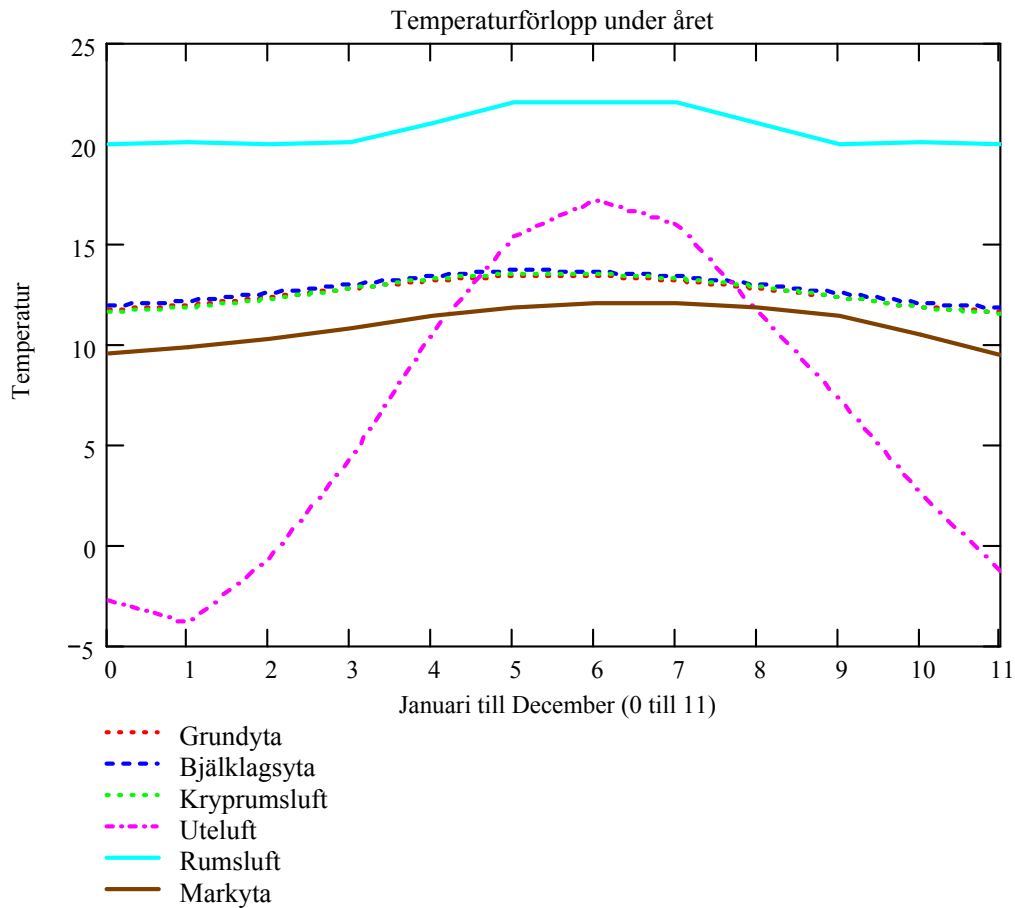
Figur 6.4.8. RF vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av plastfolie

För att RF ska hållas under 65 % måste avfuktaren i detta fall vara i drift hela året. När den stängs av stiger RF direkt, se figur 6.4.8 Detta betyder att avfuktaren vid denna lösning har 8640 drifttimmar/år. Avfuktaren måste även ha en kapacitet på minst 0,2 kg/h när vid en ventilation på 0,2 omsättningar/timme.

Även om avfuktaren är inställd på 75 % RF kommer den att vara i drift hela året. I simuleringsmodellen går det dock endast att ställa in avfuktaren månadsvis, i verkligheten registreras RF oftare vilket kan innebära en något kortare drifttid.

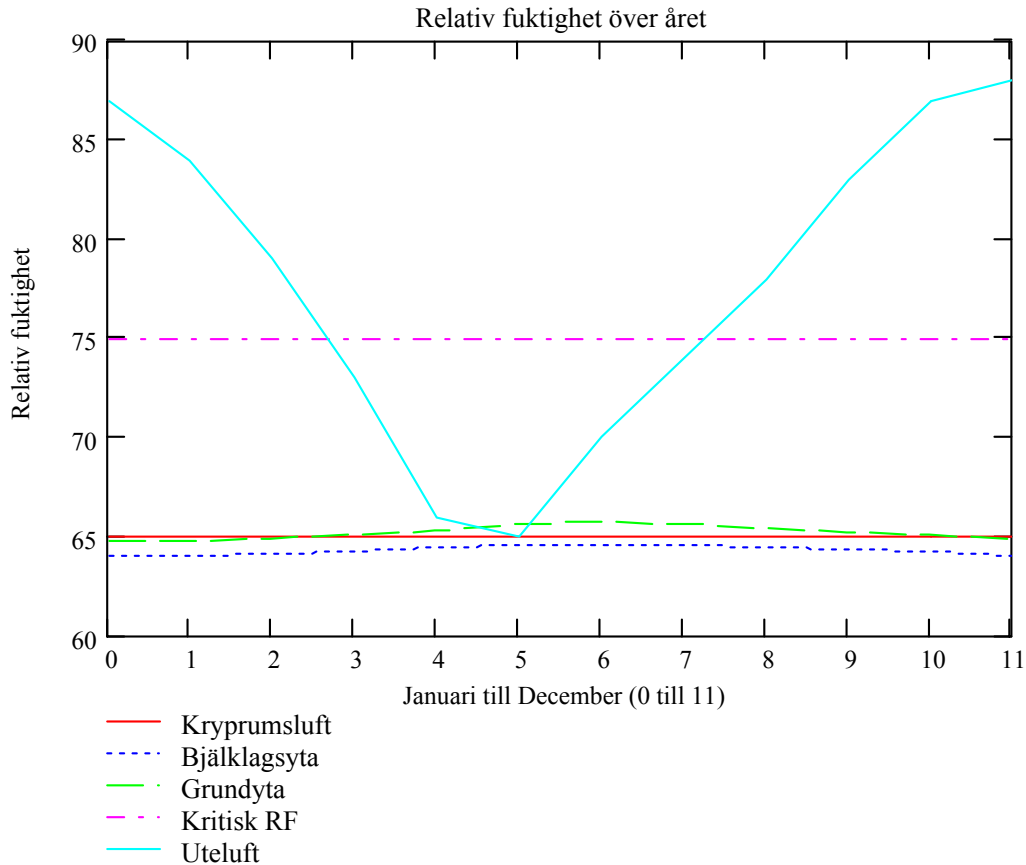
Avfuktare styrd av den relativa fuktigheten med 50 mm mineralullsisolering

Plastfolien byts ut mot 50 mm mineralullsisolering och avfuktaren styrs av ett gränsvärde på 65 % RF. Isoleringen medför här, liksom i fallet ovan, att temperaturen i kryprummet höjs då strålningen från marken minskar, som visas i figur 6.4.9.



Figur 6.4.9 Temperaturer vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av 50mm mineralull

Även i detta fall måste avfuktaren gå hela året. RF sjunker visserligen när mineralullen läggs in men dock inte under 65 % RF, se figur 6.4.10. Avfuktaren behöver här inte ha lika stor kapacitet, det maximala avfuktningensbehovet är 0,17 kg/h vilket är något lägre än i fallet utan mineralull.



Figur 6.4.10 RF vid insatt avfuktare med träbjälklag och marktäckning av 50 mm mineralull

Om avfuktaren istället ställs in på 75 % RF minskar drifttiden till 5040 h/år.

6.4.5 Ekonomi

Avfuktarens Akilles häls är installations- och driftskostnaderna. Installationskostnaden är en stor investering och löpande driftskostnader följer. Om avfuktaren styrs av en riskfunktion, vilket simulerats ovan, blir driftskostnaderna lägre. Detta kan dock vara komplicerat och kostsamt att praktiskt utföra. Om den istället styrs av RF, vilket den oftast gör i dagsläget, kommer avfuktaren vara igång under stora delar av året. I simuleringsfallet där avfuktaren styrs månadsvis av RF måste den vara igång under hela året om RF ska hållas under 65 %. Driftskostnaderna per år kan ses i tabell 6.4.1 och har samma simuleringsutförande som för värmare och kan därför jämföras.

	Drifttimmar/år	Driftkostnad/år [SEK]
Avfuktare styrd av riskfunktion med Marktäckning av plastfolie	2880	1 673
Avfuktare styrd av riskfunktion med Marktäckning av mineralull	1440	837
Avfuktare styrd av RF med Marktäckning av plastfolie, 65 % RF	8640	5 019
Avfuktare styrd av RF med Marktäckning av mineralull, 65 % RF	8640	5 019
Avfuktare styrd av RF med Marktäckning av plastfolie, 75 % RF	8640	5019
Avfuktare styrd av RF med Marktäckning av mineralull, 75 % RF	5040	2928

Tabell 6.4.1 Driftskostnader per år för avfuktare.

Vid beräkning av ovanstående värden har avfuktare MG 90 från Munters använts. Den förbrukar 740 W/h och avfuktar 0,3 g/h vid 10°C och 80 % RF. Ett elpris på 78,50 öre/kWh, vilket var Fortums aktuella pris augusti 2004, har antagits. Kostnaderna ska tolkas som ungefärliga värden då de är beräknade med parametrar från simuleringsprogrammet. I programmet kunde simulering inte genomföras tillsammans med två extra åtgärder så som plastfolie och mineralull. Mineralull höjer temperaturen och plastfolien minskar fuktavgivningen, vilket gör att avfuktarens drifttimmar borde vara ytterligare något lägre och driftkostnaden lika så.

Kostnaden för en avfuktare är ungefär 15 000 kr, installationskostnaden är 10-15 000 kr om den görs av en fackman. Installationen är dock ej så komplicerad utan kan utföras till ett självkostnadspris av ca 3000 kr.

6.4.6 Diskussion

Metoden med avfuktare är mycket bra metod ur fuktsynpunkt. När avfuktaren är i drift är det inget problem att hålla ett lågt värde på RF. Skulle avfuktaren och fläkten sluta fungera förloras undertrycket i kryprummet och troligen kommer utomhusluften in genom otätheter. Temperaturförhållandena är samma som före installationen och problemet med fuktig luft och kondens kommer tillbaka. Detta kan dock övervakas av en hygrometer. En avfuktare kräver underhåll och tillsyn som ägaren måste stå för under avfuktarens hela livslängd. Viktigt är att informera köpare och ägare om att detta inte är en underhållsfri åtgärd och som ovan nämnt inte en engångskostnad. Vid en installation av en avfuktare tätas grunden mot inläckande uteluft. Det har visat sig vara mycket svårt att helt täta grunden, det är alltid en viss mängd luft som läcker in vilket gör att avfuktaren får arbeta mer. Metoden är ur miljösynpunkt i ett underläge eftersom driften kräver elförsörjning och får inverkan på val av åtgärd. Vid möte med tillverkare av avfuktare förespråkades att endast plastfolie installeras som marktäckning. Simuleringen visar att antalet driftstimmar blir färre med mineralull än med plastfolie med en gräns på 75 % RF. Sätts gränsen vid 65 % RF blir det inte någon skillnad mellan de två.

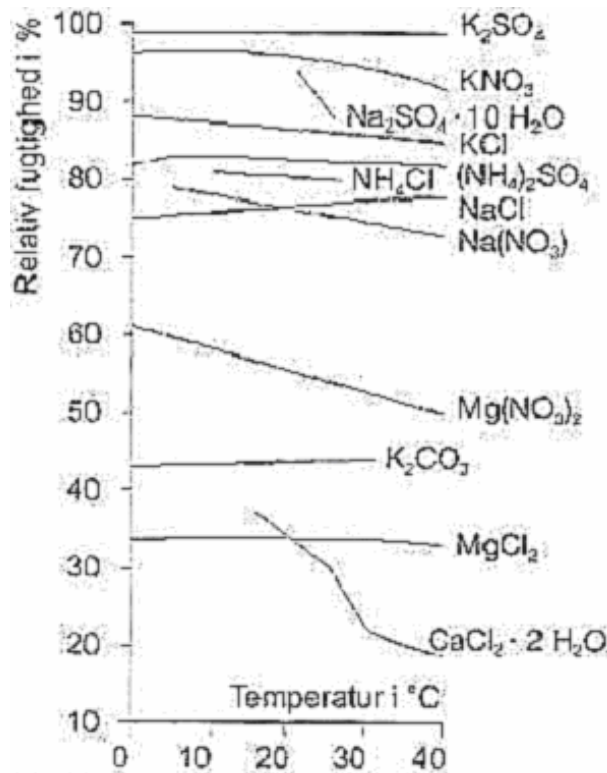
6.5 Statisk avfuktning

I detta kapitel kommer ytterligare en princip att undersökas. Denna går ut på att ett ämne som tar upp fukt placeras i kryprummet. Denna lösning fungerar på ett liknande sätt som en s.k. torrboll. De torrbollar som finns på marknaden idag används till att hålla torrt i sommarstugor, båtar, husvagnar, m.m. Två olika ämnen kommer att tas upp, saltet kalciumklorid, även kallat vägsalt, och kiselgel. Beräkningarna är gjorda med data från simuleringsprogrammet som använts i fallen med avfuktare och värmare.

6.5.1 Kalciumklorid

Kalciumklorid, CaCl_2 , är ett delikvescent salt, absorptionstork. Denna typ av salter har egenskapen att kunna ta upp vatten från luften för att sedan lösas upp till vätskeform. När saltet drar åt sig fukt och löses upp bildas i första skedet en mättad lösning men denna kan fortfarande ta upp fukt från luften. I kontakt med en mättad lösning av kalciumklorid blir luftens RF över ytan ca 38 %. (Detta kan variera något beroende på temperaturen, se figur 6.5.1) Även magnesiumklorid, MgCl_2 , är ett delikvescent salt och i ett slutet utrymme med detta salt styrs RF mot 33 %. Natriumklorid, NaCl , är inte delikvescent men vanligt koksalt och tekniska kvaliteter av natriumklorid kan vara förorenade med små mängder av kalciumklorid och magnesiumklorid och har i så fall en viss tendens att dra åt sig fukt ur luften. I ett slutet utrymme med detta salt styrs RF mot 75 %, vilket innebär att natriumklorid ej är något bra torkmedel. (Norstedt 2004)

Kalciumklorid och magnesiumklorid har även förmågan att binda kristallvatten vilket betyder att saltet i ett första steg tar upp vatten utan att det löses upp i vätskeform. För kalciumklorid innebär detta att det kan ta upp nästan hela sin vikt i vatten innan det övergår i vätskeform. Den mättade lösningen fortsätter därefter att fungera som torkmedel tills dess att den blivit för utspädd. Det är dock skillnad på effekten mellan kalciumklorid och magnesiumklorid. Båda salterna kan hålla upp till sex kristallvatten vilket innebär att varje saltmolekyl kan binda sex molekyler vatten och fortfarande vara i fast form. Men vanligen innehåller den magnesiumklorid som säljs just sex kristallvatten vilket gör att den omedelbart börjar flyta sönder när den tar upp vatten ur luften. Den kalciumklorid som säljs innehåller däremot endast två kristallvatten och kan således ta upp nästan hela sin vikt i vatten innan den övergår till en flytande lösning. Detta betyder att av ovanstående salter är kalciumklorid den bäst lämpade för uttorkning av luft. (Norstedt 2004)



Figur 6.5.1 Jämviktsfukt för olika salter vid olika temperaturer

Om kalciumklorid läggs in i en kryprumsgrund skulle den ta upp fukt från luften tills dess att en RF på ca 38 % nås. Därefter fortsätter saltet att ta upp fukt tills det är mättat, d.v.s. har tagit upp ett kg vatten per kg salt.

Om kalciumklorid läggs in i samma kryprumsgrund som i simuleringsfallen tidigare, d.v.s. en grund med en volym på 70 m³. Fukttillskottet i grunden fås ur simuleringsprogrammet genom att beräkna mängden fukt som avfuktaren avfuktar i luften över 40 %. Det behövs det ca 25 kg salt / år, se tabell 6.5.1, och RF kommer då att hållas på 40 %. Detta kan verka väl lågt men om t.ex. endast

10 kg salt används skulle det ändå leda till att en RF på ca 40 % men då endast under några månader.

Kalciumklorid

Månad	Fukttillskott Kg/s	Kg vatten/månad
Januari	0,00000621	1,6
Februari	0,00000606	1,6
Mars	0,00000654	1,7
April	0,00000708	1,8
Maj	0,00000813	2,1
Juni	0,00000929	2,4
Juli	0,0000101	2,6
Augusti	0,000001	2,6
September	0,00000922	2,4
Oktober	0,00000828	2,1
November	0,00000734	1,9
December	0,00000646	1,7
	Totalt [Kg vatten/år]	24,5
	Totalt [Kg salt/år]	24,5

Kalciumklorid: RF 40 %

Denistet: 2,15 kg/liter

Tabell 6.5.1 Beräkning av mängd kalciumklorid per år

6.5.2 Kiselgel

I avfuktare används ofta kiselgel p.g.a. materialets stora adsorptionsyta, vilken kan vara upp till 800m²/g. När torr kiselgel kommer i kontakt med fuktig luft tar kiselgelen upp fuktigheten p.g.a. att ångtrycket är lägre i kiselgelen än i den omgivande luften. Kiselgelen strävar efter att utjämna denna ångtryckskillnad och nå ett jämviktstillstånd med ångtrycket i luften. Detta gör att luften avfuktas samtidigt som fuktinnehållet i kiselgelen ökar. Den mängd fukt kiselgel kan ta upp bestäms i huvudsak av luftens RF men också av temperaturen. Fuktupptagningsförmågan minskar med stigande temperatur men vid de förekommande utomhustemperaturerna i vårt klimatområde är temperaturberoendet försumbart. (FMV:AUH 14 611:3149/99)

Kiselgelen kan lätt torkas och återanvändas. Vanligen sker detta genom att uppvärmd luft med låg RF strömmar genom torkmedlet. Denna regenerering sker oftast vid temperaturer mellan 100- 250°C. All fukt går dock ej att värma bort utan efter regenereringen finns det ca 5-6 % kvar i kiselgelen. Att försöka värma bort restfukten vid en högre temperatur resulterar endast i att kiselgelens fysikaliska egenskaper ändras och att adsorptionsförmågan minskar. Kiselgel är kemisk neutral och kan regenereras många gånger utan att egenskaperna ändras.

Dock kan kiselgel avge damm när den regenereras p.g.a. att en del av kiselkornen pulveriseras. Detta kan vara skadligt i vissa sammanhang, t.ex. i elektrisk utrustning och mekaniska detaljer. P.g.a. detta innesluts kiselgelen ofta i dammtäta påsar vilket minskar dammriskerna. (FMV:AUH 14 611:3149/99)

Kiselgel kan suga upp 0,22 kg vatten per kg kiselgel. Ofta har kiselgel en inbyggd indikator vilken ändrar färg när gelen är mättad med vatten, t.ex. så kan den vara blå i torrt tillstånd och rosa i mättad. Om kiselgel läggs in i en kryprumsgrund skulle den ta upp fukt från luften till dess att en RF på ca 40 % nås. Därefter fortsätter den, liksom kalciumklorid, att ta upp fukt tills den är mättad. Om samma försök som ovan görs med kiselgel, d.v.s. att en grund med en volym på 70 m³ behövs skall avfuktas krävs det ca 39 kg kiselgel / år. RF kommer då att hållas på 40 %. Sammanställning av beräkning visas i tabell 6.5.2.

Kiselgel

Månad	Fukttillskott Kg/s	Kg vatten/månad
Januari	0,00000621	1,6
Februari	0,00000606	1,6
Mars	0,00000654	1,7
April	0,00000708	1,8
Maj	0,00000813	2,1
Juni	0,00000929	2,4
Juli	0,0000101	2,6
Augusti	0,000001	2,6
September	0,00000922	2,4
Oktober	0,00000828	2,1
November	0,00000734	1,9
December	0,00000646	1,7
Totalt [Kg vatten/år]		24,5
Totalt [Kg kiselgel/år]		111,6

Kiselgel: RF 40 %
Kapacitet: 22 %
Densitet: 0,35 kg/liter

Tabell 6.5.2 Beräkning av mängd kiselgel per år

6.5.3 Ekonomi

Priset för ovanstående åtgärder är dels en inköps/installationskostnad och dels en underhållskostnad. Kalciumklorid kostar 2 kr/kg att köpa in vid köp av stora mängder från Kemira. Detta ger en årlig kostnad på 50 kr. Det enklaste sättet är sedan att byta ut kalciumkloriden när den är mättad. Kostnaden kommer därmed att vara återkommande varje år.

Kiselgelen kostar ca 100 kr/kg, vilket blir ca 1160 kr i inköpskostnad. Till skillnad mot kalciumkloriden är denna mycket lätta att återanvända vilket nämnts ovan. Uppvärmningen kan göras i en vanlig ugn som är ventilerad.

6.5.4 Diskussion

Denna lösning är endast en teori och det finns ännu många frågetecken. Resultaten ovan visar hur mycket material som behövs och hur mycket denna mängd kan suga upp. Vid installation av dessa material bör en plastfolie läggas på marken och grunden bör tätas så bra som möjligt. Frågan är sedan hur dessa material skall förpackas för att kunna installeras och tas ut för utbyte eller regenerering på ett enkelt sätt.

Då grunden stängs kommer luftrörelserna att bli begränsade och det gäller därför att fördela materialet jämt i lagom stora omgångar på kryprumsbotten så att inte endast fukt i en del av grunden tas upp.

Ytterligare ett frågetecken är om saltet ökar risken för korrosion så pass mycket att skruvar och spikar i bjälklaget börjar korrodera.

Kiselgel är som sagts ovan relativt lätt att torka ut och återanvända. Kalciumkloriden är så pass billig att det knappast lönar sig att återanvända denna utan det är bättre att byta ut den. Frågan är då om den mättade kalciumkloridlösningen kan tillåtas rinna ned i marken genom en dräneringsanordning för att sedan fylla på med nytt salt ovanpå eller om saltet måste tas ut.

7.2 Diskussion

I nyproduktion används fortfarande kryprumsgrund trots de problem som finns. Vissa hustillverkare bygger hus med prefabricerade element eller moduler och säljer avfuktare som standard till hus med kryprumsgrund. Andra rekommenderar att inte bygga med kryprumsgrund. Anledningen till detta är de fuktproblem som uppstått i många hus byggda på detta sätt. Problemen beror även på att de tomter som kommunen tillåter att bygga på ofta är relativt dåliga med stor risk för fuktproblem som följd.

Luftkuddar är ett isoleringsmaterial som bygger på principen med inaktiv luft i flera skikt. Isoleringsförmågan är låg i jämförelse med andra isoleringsmaterial som t.ex. mineralull, stenull och cellplast. Mätningarna i detta arbete har visat att vid installation av luftkuddar i en kryprumsgrund höjs temperaturen under bjälklaget samtidigt som den relativa fuktigheten faller och stabiliseras, vilket gör att risken för mögeltillväxt är minimal. En annan fördel med luftkuddar är att om det skulle ske ett missöde med till exempel ett avloppsrör så behövs endast en kniv eller liknande för att skära sig in i grunden och åtgärda missödet, sedan kan hålet fyllas igen med nya luftkuddar. För andra isoleringsmaterial, som till exempel lösull eller lecakulor, krävs det väldigt mycket jobb för att komma ner i grunden och åtgärda läckage eller liknande. Kostnaden för installationen är den högsta av de åtgärder som undersökts men är helt fri från underhåll och driftskostnader.

Värmare är en enkel åtgärd som ger ett bra resultat, temperaturen stiger vilket gör att RF sjunker. Simuleringen visar att en värmare behöver färre driftstimmar än en avfuktare och får därmed en lägre driftskostnad. En förutsättning är att värmen sprids jämnt i hela grunden med en fläkt eller liknande. Om värmen ej sprids ut i hela grunden kan det uppstå fuktskador på de kallare delarna. En fördel med värmaren är att om driftförsörjningen skulle försvinna så har värme lagrats i närliggande material vilket ger en slags eftervärme under en begränsad tid. Nackdelen är att värmaren kräver elförsörjning. Alternativet med varmluftsolångare kräver dock inte elförsörjning. Denna installation har många fördelar; den höjer temperaturen på tilluften vilket gör att RF sjunker, den är i drift så länge solen lyser och det är då den behövs, den är även billig att installera. Frågetecknen finns dock kring livslängd, underhåll och praktiska erfarenheter från kryprumsgrunder.

Enligt de simuleringar som genomförts i rapporten är avfuktaren den dyraste åtgärden med avseende på driftskostnad. Resultatet med en avfuktare är bra och åtgärden ger ett torrt och bra klimat i grunden. För att övervaka klimatet i grunden och funktionen hos avfuktaren kan en termohygrometer installeras som tillval. En avfuktare kräver dock att användaren är relativt aktiv, sköter underhållet av avfuktaren, håller röret med frånluften rent och ser till att avfuktaren är i drift. Vet användaren om att underhållet inte kommer att skötas finns alternativet med serviceavtal. Avfuktaren är en bra åtgärd för att säkerställa

ett lågt RF under hela året men det är väldigt svårt att helt täta grunden mot inläckande uteluft vilket gör att avfuktaren ofta får arbeta mycket.

Vid valet av åtgärd uppstår alltid dilemmat att välja mellan kostnad och effektivitet. Avfuktaren är dyrast och kräver underhåll men ger ett säkert resultat. Luftkuddarna kräver inget underhåll, ger enligt mätningarna ett stabilt klimat men är dyrast att installera. Värmaren med elförsörjning har en lägre installationskostnad och ger ett säkert resultat, har dock höga driftskostnader. Varmluftsolångaren har låg inköpskostnad, ingen driftskostnad men är oprövad i praktiken när det gäller kryprumsgrunder. De statiska avfuktarna, kalciumklorid och kiselgel, är endast undersökta i teorin och konsekvenserna är inte studerade, vilket ger en osäkerhet som åtgärd men som bör undersökas vidare.

Vid simuleringarna av värmare och avfuktare är även försök utförda där de respektive åtgärderna styrs av en riskfunktion. Denna styranordning kan utgöras av en sensor vid bjälklaget som känner av RF och temperatur. För att värmaren/avfuktaren sedan skall vara i drift måste klimatet i kryprumsgrunden både överstiga en viss temperatur och en viss RF. Med denna lösning skulle drifttimmarna och således driftskostnaden minska i hög grad. Istället för en driftskostnad på drygt 5000 SEK/år för en avfuktare fås då en driftskostnad på drygt 800 SEK/år. För värmare blir motsvarande besparing från 3700 till drygt 200 SEK/år. Driftskostnaden kan sänkas ytterligare om marken isoleras.

Att använda statiska avfuktare är en teoretisk och oprövad åtgärd. Konsekvenserna av att använda kalciumklorid i en krypgrund med tanke på de metaller som finns är inte klarlagda. För att få en klar bild av hur dessa åtgärder fungerar bör dessa prövas och observeras vidare.

Husägaren bör ta alla olika faktorer i beaktning innan val av åtgärd och även ta hänsyn till de olika kombinationer av enklare åtgärder som finns. Alla åtgärder förutsätter att tillskottet av fukt är minimerat in i grunden, i form av dränering och marklutning, samt allt organiskt material är borttaget för att undvika dålig lukt.

8. Referenser

- Airaksinen Miimu, Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering, *Moisture and fungal spore transport in air-ventilated crawl spaces in a cold climate*, Rapport A7, ISBN 951-22-6771-3, 2003
- Anderlind Gunnar, Gullfiber AB, ”*Fukthandboken*”, ISBN 91-630-0504-2, 1991
- Björk Folke, Eriksson Sven-Erik, Johannesson Carl.Michael, Jóhannesson Gudní, Levin Per, Lindfors Thomas, Mattsson Bertil, Novak Andreas, Ottosson Göran, Avdelningen för byggnadsteknik KTH, ”*Byggnadsteknikens grunder*”, 1994
- Björk Folke, Nilvér Kjell, Paulsen Jacob, Ödeen Kai, Byggnadsmaterial KTH ”*Kompendium i Byggnadsmaterial*”, 2001
- Bjerking Sven-Erik, Byggeforskningsrådet, ”*Skador på hus, vad gör man? Grunder*”, ISBN 91-540-5069-3, 1989
- Carling Olle, Follin Tom, Jermer Jöran, Lundström Hans, Svensk Byggtjänst, ”*Träskyddshandbok*”, ISBN 91-7332-259-8, 1984
- Engwall, Sten, Byggeforskningsrådet ”*Installationsgrund – ny systemlösning för småhus*”, ISBN 91-540 5646-2, 1994
- Hansson Tore, Gross Holger, Trätekt, ”*Träbyggnadshandbok 5 – Grunder*”, ISBN 91-85576-19-0, 1991
- Hansson Tore, Trätekt, Institutet för träteknisk forskning, *Torrare kryprunder genom uppvärmning*, Rapport P 9211075, Stockholm 1992
- HDB Avfuktningsteknisk, M7786-010301, FMV:AUH 14 611:3149/99
- Hukka A., Viitanen H., ”*A mathematical model of mould growth on wooden material*” Wood Science and Technology 33: 475-485
- Institutionen för installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, ”*Teknisk termodynamik – särtryck för Installationsteknik, KTH*”, ISSN 0280-8862, 2003
- Jóhannesson Gudní, KTH, ”*Lectures on Building Physics*”, 2001
- Miimu Matilainen, Jarek Kurnitski, Olli Seppänen, Helsinki University of Technology, Laboratory of Heating, Ventilating and Air-Conditioning, *Moisture conditions and energy consumption in heated crawl spaces in cold climates*, Energy and Buildings 35 203-216, 2003

Nevander Lars-Erik, Elmarsson Bengt, Svensk byggtjänst, ”*Fukt handbok – praktik och teori*”, ISBN 91-7332-716-6, 1994

Padt Moses, KTH, ”*Fuktproblem i uteluftsventilerade krypgrunder – Tekniska åtgärder*”, 2004

Sedlbauer, Klaus, ”*Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen*”, 2001

Svenska Träskyddsinstitutet, ”*Röta*”, Träskydd – information 1982:1, ISSN 0348-4858, 1992

Svensson Charlotte, LTH, ”*Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade kryprumsgrunder med fukt- och mögelskador*”, ISBN 91 88722-22-8, 2001

Träinformation, ”*Att välja trä*”, 1999

Åkerlind Lars-Olof, AK-konsult Indoor AB, ”*Torpargrund och krypgrund*”, 1999

Internet

www.silica-gel.com

Företags-/Personkontakter

Aidt Miljø A/S, Danmark

Fuktkontroll AB, Viktor Lundgren, civilingenjör, Täby

Fuktkontroll AB, Ulf Rahle, civilingenjör, VD, Täby

HERoVation AB, Hans Rosendal VD

Kemira, Lars Olof Garpvall, Affärsenhetschef

Norstedt Curt, Bromma

Ocab Stockholm AB, Christer Nilsson, Rotebro

Ocab Stockholm AB, Thomas Karhu, Rotebro

Datorprogram

ATCom 1.0

EasyViewer 5.0

Mathcad 2001i Professional

Bilaga 1. Luftkuddar

- **Bilder från installationen**
- **Bilder på avgränsningar**
- **Bilder på mätinstrument**
- **Bilder på tillverkningsmaskin**
- **Ritningar från mätobjektet (plan och sektion)**



Kryrummet innan installationen av luftkuddar (avloppsrör)



Under installationen



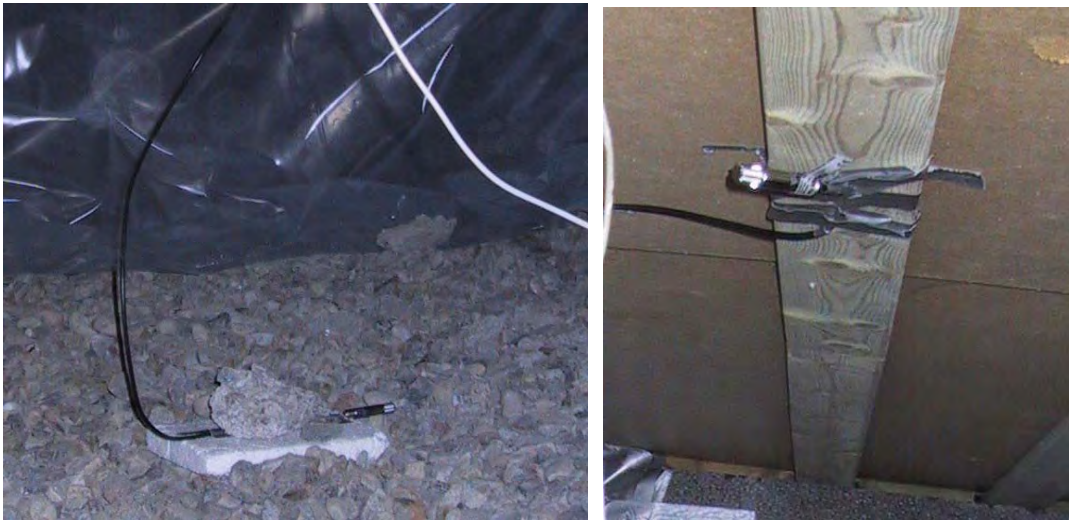
Efter installationen, inspektionssluckan



Avgränsning, 1, i kryprummet med plastfolie



Avgränsning, 2, kryprummet med plastfolie



*Mätinstrument i grunden där luftkuddar ska installeras
Till vänster, mätare vid marken, och till höger, mätare vid bjälklaget*



Mätinstrument i referenshuset



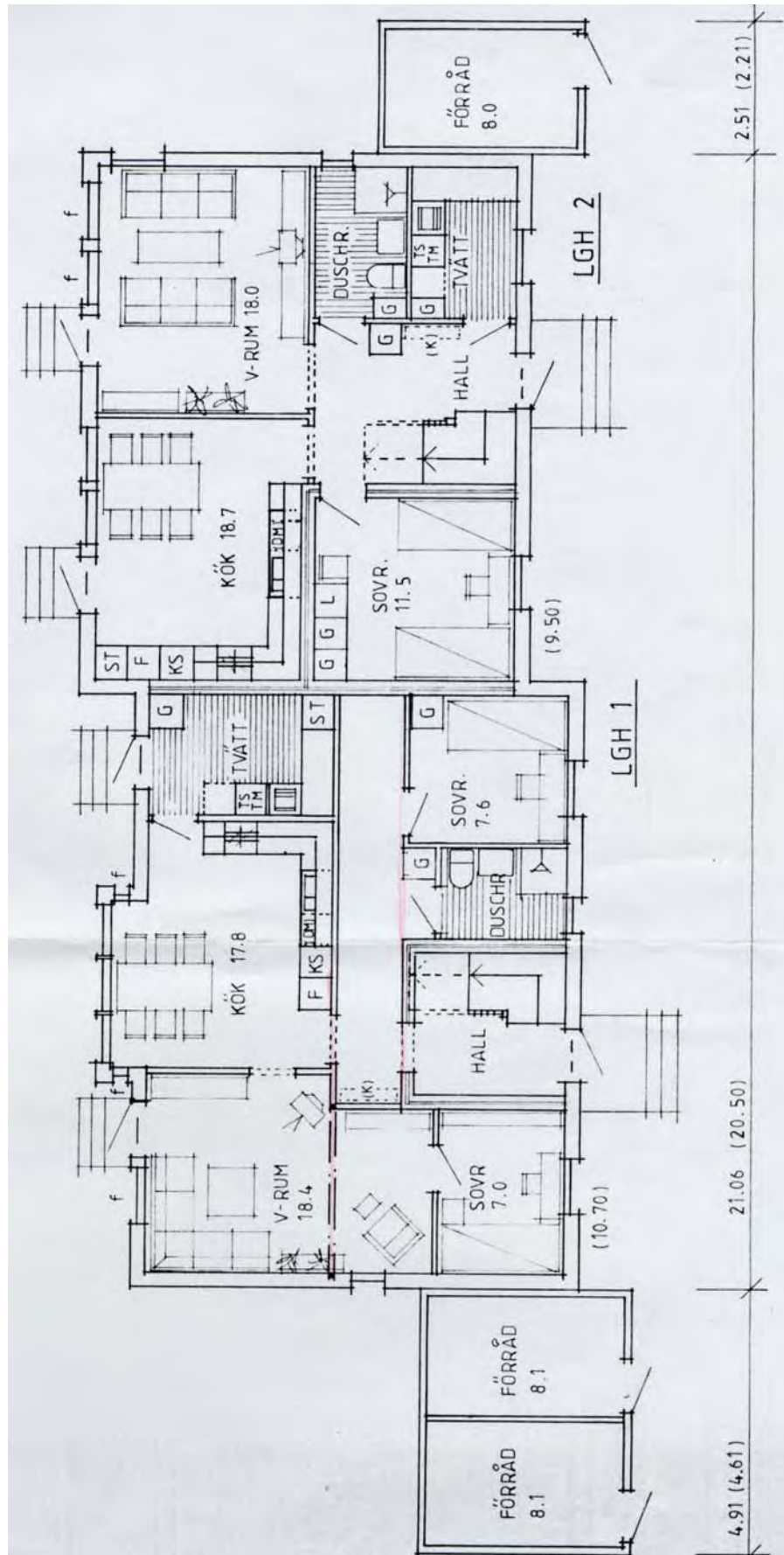
Till vänster, mätare vid bjälklaget, och till höger, mätare vid marken



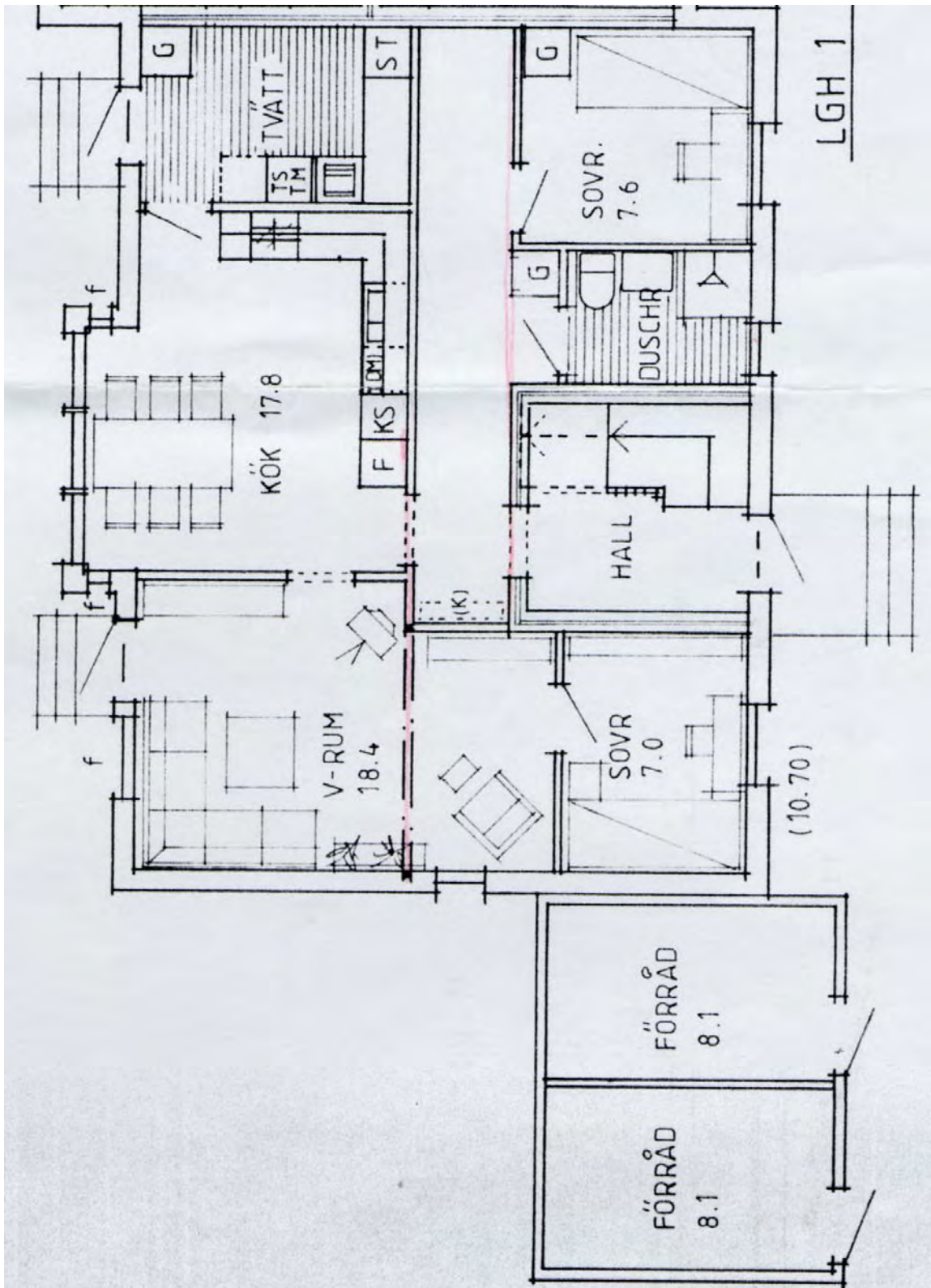
Mätinstrument vid fasaden, utomhus, i norrläge



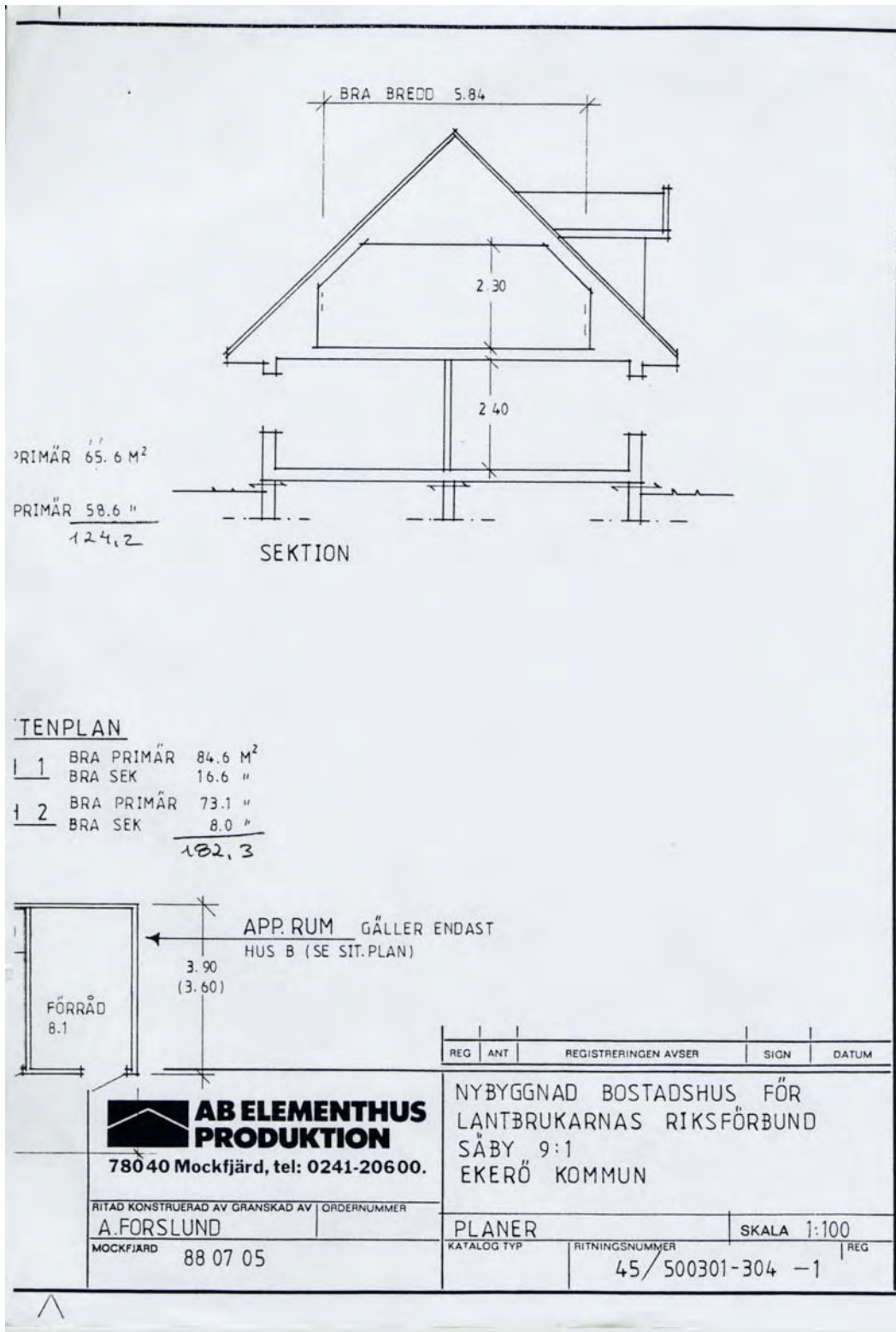
Tillverkningsmaskinen till bandformade luftkuddar



Planritning av mätobjektet i Sånge-Säby



Förstoring av planritning för det aktuella mätområdet



Sektionsritning av mätobjektet i Sånge-Säby

Bilaga 2. Teknisk data varmluftsolångare

Tekniska data: Varmluftsolångare
SolarVenti Tillverkare: Aidt Miljø A/S

	<i>Solfångare Mini (sv3)</i>	<i>Medium (sv7)</i>	<i>Maxi (sv14)</i>
Dimension:	54 x 72 x 10 cm	102 x 72 x 10 cm	199 x 72 x 10 cm
Vikt:	9 kg	16 kg	25 kg
Ram:	Kraftig Aluminiumprofil,		
Färger:	----- svart/vit/aluminium -----		
Front:	----- Slagfast Polykarbonat -----		
Absorbent:	----- Svart filt -----		
Luftkanal:	100 mm m/reglerbar ventil	125 mm m/reglerbar ventil	

	<i>Solcell</i>		
Fabrikat:	SolarCells, Croatia		
Dimension:	46 x 31 x 0,8 cm	92 x 31 x 0,8 cm	92 x 31 x 0,8 cm
Effekt:	6 Watt	11 Watt	12 Watt

FLÄKT

	Papst	Papst	Papst
Producent:	Multifan 8412	Multifan 4312	Multifan 4312
Dimension:	85 x 85 x 25 mm	119 x 119 x 32 mm	119 x 119 x 32 mm

Effekt	ca. 25 m ³ /timma	50 m ³ /timma (Kan reduceras)	60 m ³ /timma
Yta	upp till 25m ² hus	upp till 40 m ²	upp till 70m ²

Temperaturhöjning:	ca 15 grader	ca 15 grader	ca. 30 grader
--------------------	--------------	--------------	---------------

Alle modeller kan levereras med kontakt. SV7 och SV 14 dessutom med elektronisk regulator

Rätt till ändringar förbehålles



Solarventi på gaveln till det lilla trähuset håller det friskt och torrt.

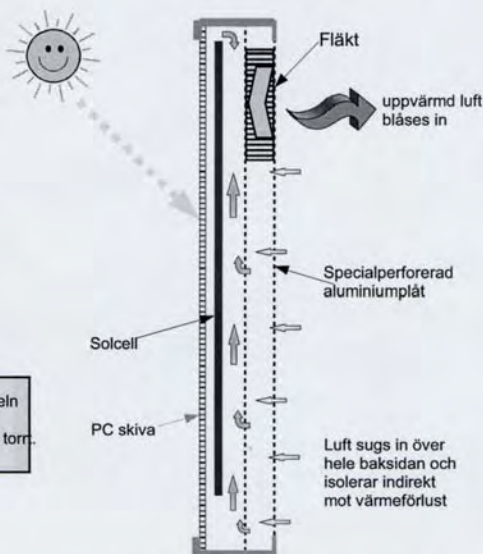
Detta är ett alternativ till

- Torrbollar
- Traditionell värme i tomma byggnader
- Eldrivna apparater som avlägsnar fukt

Varför är då detta sätt att avlägsna fukt på bättre?

- Anläggningarna kör helautomatiskt och gratis efter installationen.
- Ny oxiderad luft tillförs byggnaden.
- Risken för röta och svamp minskar väsentligt.
- Du är oberoende av elnätet.
- Huset behöver normalt ingen värme för att vara torrt.
- Avlägsnar samtidigt lukt.

I SolarVenti har panel, solcell och fläkt byggts ihop till en enhet. (Patent nr PR 174935 DK)



Var har man speciellt användning för varm, torr och frisk luft?

Verandan, källarvåningen, sommarstugan, containern, garaget osv. Det är bara fantasin som sätter gränser.

Överallt där solen är, finns det hopp!

Aidt Miljø A/S grundades 1981 med produktion av vätskesolvärmeanläggningar och har sedan 1985 framställt luftsolvärmeanläggningar, i synnerhet till fritidshus- och stugor. Dessa har visat sig ha ett mycket stort användningsområde, ända från Spanien i söder till Grönland i norr.

Patenterad produkt



Den speciella konstruktionen, som är patenterad, har flera fördelar:

Bakväggen isolerar uteslutande genom luftens rörelser. Detta betyder t.ex. att man undgår hög stagnationstemperatur. Dessutom verkar de många små hålen, som luften sugas in igenom, som ett filter. Solcellen sitter väl skyddad mot luftförorening m.m. och kyls automatisk av under driften. En lätt installation eftersom allt är samlat i ett.

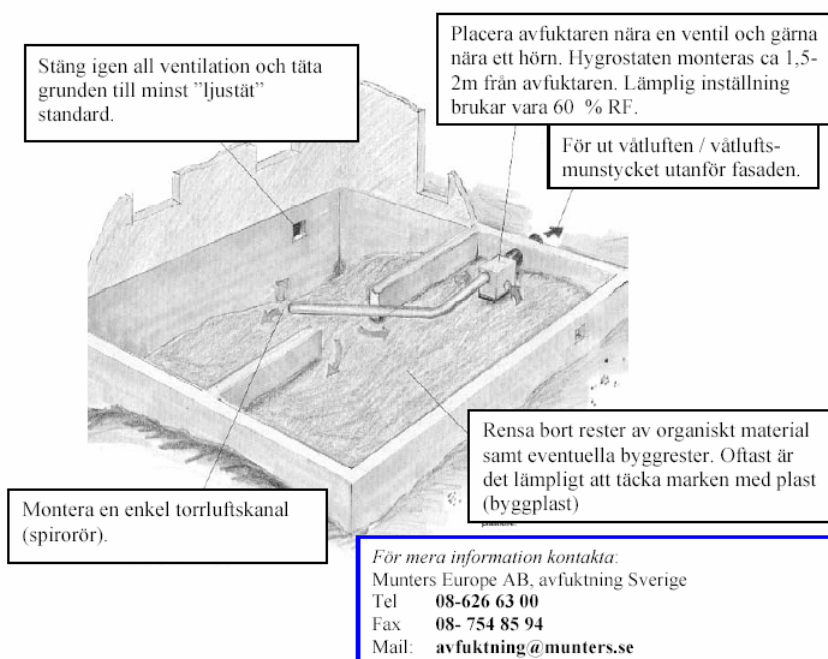
Aidt Miljø A/S
Kongensbrovej, Aidt
DK 8881 Thorsø, Danmark tlf +45 86966700
Svensk representant
Tlf: 0300 77260 fax: 0300 77260
www.solarventi.com ekj@aidt.dk

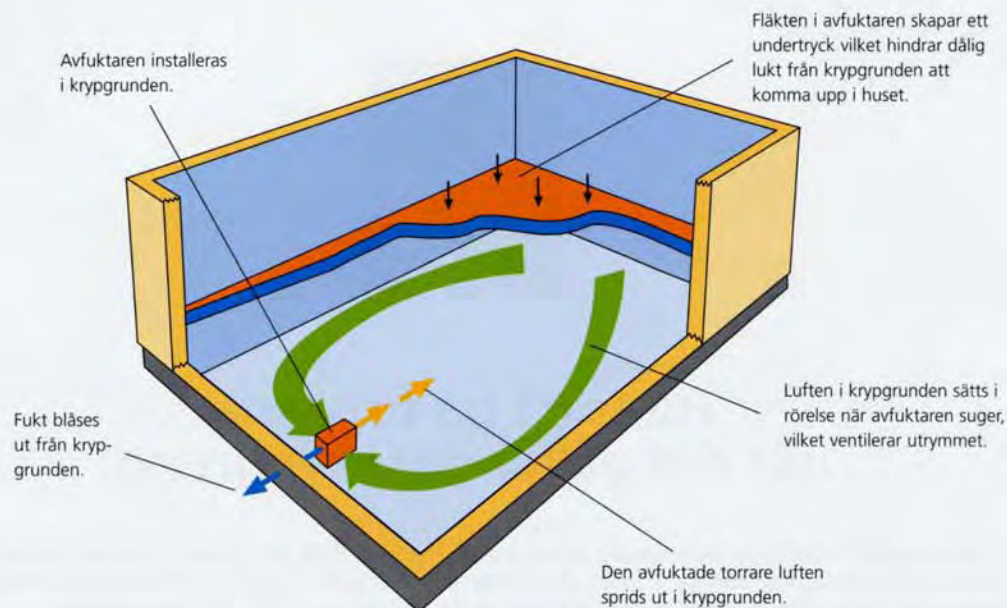
Bilaga 3. Avfuktare

- **Munters instruktion för installation av avfuktare**
- **Informationsblad Ocab**
- **Informationsblad Fuktkontroll AB**
- **Bild på avfuktare från Fuktkontroll AB**
- **Trådlösa termohygrometer**
- **Sprängskiss avfuktare DST**

Lathund – Munters MG50/90. Några enkla principer vid installation av avfuktare i kryppgrund.

1. Börja med att rensa bort rester av organiskt material samt eventuella byggrester och täta därefter grunden. Polyuretanskum brukar fungera bra.
2. När det är dags att montera avfuktaren välj gärna ett hörn och nära en ventil.
3. Kanalsystemet för torrluften görs så enkel som möjligt. Kanalen anslutes på stosen till avfuktarens torrluftsutlopp. Munters MG50/90 har 63 mm diameter. För att minska risken för tryckfall rekommenderar vi 80mm spirokanal. Den torra luften blåses om möjligt diagonalt i grunden.
4. Hygrostaten som styr avfuktaren ställs på ca 60 % RF. Avfuktaren ställd i "auto"-läge startar automatiskt då fuktigheten överstiger inställt värde.
5. Våtluftslangen monteras fast i avfuktaren med hjälp av en slangklämma. I andra ändan monteras våtluftsmunstycket. Detta munstycke monteras ut genom ventilen/väggen. Spetsen på munstycket skall vara utanför grunden/fasaden och skall luta något nedåt för att förhindra eventuell kondens från att rinna tillbaka till avfuktaren.
6. Finns det lukter från grund kan avfuktare ställas in för kontinuerlig fläkdirift. För mera info se sid 14 i teknisk handbok för MG50/90.





Principen för en avfuktare är enkel. Men varje fastighet är unik. Det innebär att ditt fuktproblem ska åtgärdas med speciell hänsyn till ditt hus. Installationen av en avfuktare utformas efter att våra yrkesmän noggrant undersökt din situation.

När avfuktaren är på plats suger den upp luft i krypgrunden. Fukt i luften avlägsnas och blåses ut utanför huset där den inte gör någon skada. Den nu torrare luften fördelas därefter i krypgrunden genom ett särskilt rörsystem. Viktigt är att luftflödet är tillräckligt så att varje del i krypgrunden ventileras och att avfuktaren har kapacitet för den fuktmängd som är aktuell i ditt hus. Den torrare luften gör krypgrunden varmare, vilket kommer hela huset till gagn.

Vid installationen tätas alla hål och ventiler i krypgrunden blockeras för att förhindra ny fuktig luft att tränga in under huset. Marken kan täckas med plastfolie vilket stoppar fukt som tränger upp genom jordlagren. Åtgärderna leder till ett önskat undertryck i krypgrunden vilket gör att luktproblem undviks och även är en hjälp vid förekomst av radongas.

Vid valet av avfuktare är det viktigt att även se till energiförbrukningen. Avfuktaren bör omfatta en intern energiåtervinning för lägsta driftkostnad. Avfuktningen kan också styras med en hygrostat (fuktgivare). Den startar torkprocessen när fuktigheten blivit för hög och stänger därefter av när krypgrunden har tillräckligt låg fukthalt för att hålla ditt hus torrt i grunden. Fläkten i avfuktaren går däremot konstant för att skapa undertryck.

Här hittar du Ocab

Boden, Bollnäs, Enköping, Falun, Gävle, Halmstad, Helsingborg, Jönköping, Linköping, Malmö, Norrköping, Oskarshamn, Kalmar, Karlstad, Kristianstad, Skövde, Stockholm, Sundsvall, Tranås, Uppsala, Växjö

För ytterligare information:
www.ocab.com



Luftavfuktare

Sortimentet omfattar avfuktare i olika utföranden och av följande typer:

Sorptionsavfuktare för torkning av luft även vid låga temperaturer och lågt vatteninnehåll.

Avfuktarna är utrustade med en patenterad, svensktillverkad adsorptionsrotor. Rotorn tål hög fuktighet och luftföroreningar samt är tvättbar.

Kompleta simhallsaggregat med avfuktungs-, ventilations- och återvinningsfunktion.

Kondensationsavfuktare (kylavfuktare) för torkning av luft vid temperaturer över cirka +12 °C.

Exempel på användningsområden:

Industri- och torkprocesser, lagerlokaler, arkiv, kryppgrunder, ishallar, avloppsreningsverk, kyl- och fryslager, garage, berggrum, kraftverk, ridhus, vattenverk, simhallar, pooler samt torkning av vatten- och fuktskador m.m.

PRODUKTBESKRIVNING

Sorptionsavfuktare

Aggregaten är indelade i zoner. I den ena zonen adsorberar rotorn fukt från processluften och torr luft lämnar aggregatet kontinuerligt. I den andra zonen, regenereringszonen, värms rotorn och den upptagna vattenångan förs bort som våtluft. Vissa av aggregaten är försedda med en extra återvinningszon vilken höjer verkningsgraden samt reducerar energiförbrukningen och eventuellt efterkylningsbehov.

Sorptionsavfuktning ger effektiv avfuktning även vid lufttemperaturer långt under fryspunkten.

De flesta av företagets sorptionsavfuktare kan utrustas med luftkyld kondensator för användning vid avfuktning av helt slutna utrymmen.



Fig 1. Funktionsprincip, sorptionsavfuktare

Mått - Vikt

Beteckning	Längd mm	Bredd mm	Höjd mm	Vikt kg
DA 160	315	315	297	14
DA 210	315	315	460	18,5
DA 250	335	350	407	18
DA 300 M ³⁾	399	350	412	19
DA 320	335	350	407	19
DA 400	500	425	518	22
DA 450	500	425	518	23
DA 600	800	465	775	60
DA 1000	1 122	805	900	120
DA 1400	1 410	775	1 165	175
DA 2400	1 410	775	1 165	190
DA 3400	1 410	775	1 165	195
DA 5000	1 800	1 150	1 730	540
DA 6000	1 850	1 150	1 800	600
DA 8000	2 000	1 350	2 050	800
DA 13000	2 250	1 600	2 300	1 200
DA 19000 ⁴⁾	2 400	1 900	2 600	1 700

Bruksegenskaper

Beteckning	Avfuktningsskapacitet, kg/h ¹⁾	Torrluftflöde, m ³ /h ²⁾	Anslutnings-effekt kW
DA 160	0,6	160	1,0
DA 210	0,6	210	1,1
DA 250	1,1	250	1,4
DA 300 M ³⁾	1,3	300	2,1
DA 320	1,4	300	1,8
DA 400	1,5	400	2,3
DA 450	2,2	450	3,5
DA 600	4,1	650	7,5
DA 1000	7,4	1 000	12,5
DA 1400	9,7	1 400	15,0 ³⁾
DA 2400	16,4	2 400	26,0 ³⁾
DA 3400	15,4	3 400	26,0 ³⁾
DA 5000	31,0	5 000	40,0 ³⁾
DA 6000	39,0	6 000	53,0 ³⁾
DA 8000	53,0	8 000	83,0 ³⁾
DA 13000	86,0	13 000	132,0 ³⁾
DA 19000 ⁴⁾	126,0	19 000	193,0 ³⁾

¹⁾ Vid +20 °C och 60 % RF.

²⁾ Flöde vid densiteten 1,2 kg/m³.

³⁾ Alternativt med el-, ång- eller gasregenerering.

⁴⁾ Större avfuktare med torrluftflöde upp till 60 000 m³/h ordertillverkas enligt kundspecifikation.

⁵⁾ Avfuktaren är en patentsökt hybridmaskin som även kan fungera som luftvärmare. Mycket bra mot vattenskador.



Fig 2. Sorptionsavfuktare typ DA



Trådlösa termohygrometrar

BAR 122 HG

- Barometer med väder prognos för de närmaste 12/24 timmarna med grafiska symboler (sol, molnigt, svag molnighet, regn)
- Termometer & hygrometer mäter invändig/utvändig temperatur och relativ luftfuktighet via trådlösa sensorer
- Minne för minimum/maximum temperatur & luftfuktighet
- Trendangivelse för lufttryck, temperatur och luftfuktighet
- Komfortzonangivelse: komfortabelt, fuktigt och torrt
- Räckvidd beroende på omgivning och placering, max 100 m
- Radiostyrd klocka
- Kalender med dag, månad och veckodag
- Klocka med dubbelt larm
- Hög/Låg larm för temperatur och relativ luftfuktighet (enbart kanal 1)
- Mäter temperatur från upp till 3 st olika trådlösa sensorenheter (varav 1 st ingår)



EMR 812 HGN



- Jumbo LCD display som visar: Inomhustemperatur (-5°C till 50°C) och trådlös överföring av mätdata från upp till 3 olika sensorer
- Minne för min/max temperatur och relativ luftfuktighet
- Alarm för relativ luftfuktighet
- Räckvidd beroende på omgivning och placering, max 30 m
- Grafisk display med pilsymbol för temperaturtrend och luftfuktighetstrend
- Relativ luftfuktighet inomhus (25% till 95%) och trådlös överföring av mätdata från upp till 3 st olika sensorenheter (varav 1 st ingår)

Trådlösa sensorenheter



Extra givare temperatur och fukt

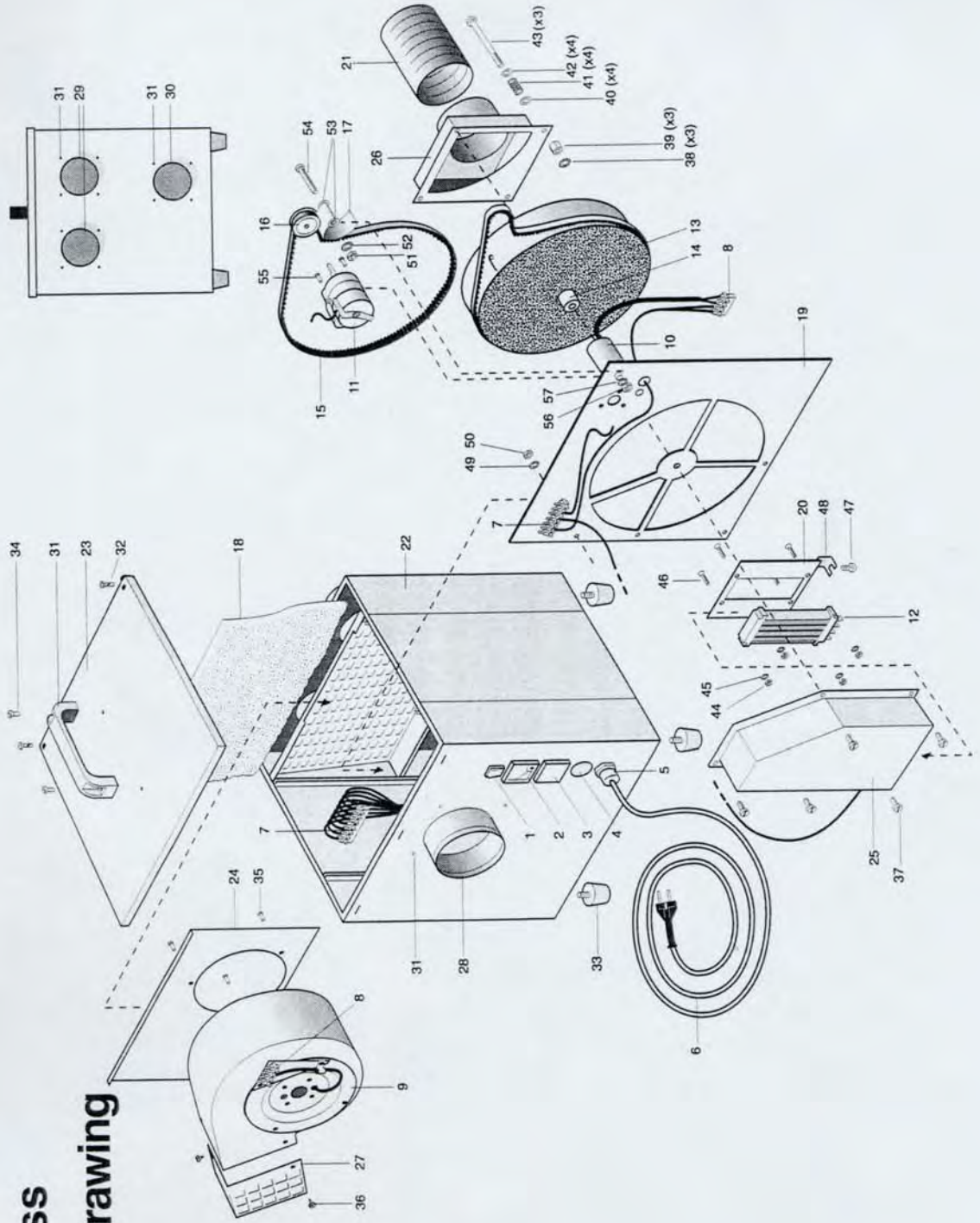
Postadress
Box 75, 186 03 Brottby

Besöksadress
Vargmötesv. 2G, 186 30 Vallentuna

Telefon 008-514 50 390
Telefax 08-514 50 395

E:mail:
info@garnsviken.nu

Sprängskiss Exploded drawing



Bilaga 4. Kalciumklorid

- **Varuinformation kalciumklorid från Kemira**
- **Varuinformation kalciumklorid från Comet chemical company Ltd**

REF. : 290/1.0/S/S
REVIDERAT DATUM: 16.12.1994
DATUM : 23.03.1995

Kalciumklorid 72-95 %
FÖREG. DATUM:

SIDA : 1

1. PRODUKTNAMN OCH LEVERANTÖR

Handelsnamn Kalciumklorid 72-95 %

Leverantör Kemira Kemi AB
Box 902
S-25109 Helsingborg

Tel. 42-171000 Fax. 42-140738

Nödtelefonnummer
Tel. 42-171000

2. SAMMANSÄTTNINGSSUPPGIFTER

Kemisk produktbenämning
Vita flingor, pulver, granulat.

Farliga komponenter

CAS-No.	Farliga komponenter/ Klassificering	Vikt %
10043-52-4	Kalciumklorid Xi, R 36 EU nr 2331408	72-95 %

Ämnesnamn Kalciumklorid

3. RISKSAMMANFATTNING

Irriterar ögonen.

4. FÖRSTA HJÄLP

Generell rekommendation

Inandning Flytta ut i frisk luft.

Hudkontakt Tvätta med mycket vatten.

Stänk i ögon Spola omedelbart med mycket vatten, även under ögonlocken, i minst 15 minuter. Kontakta genast läkare.

Förtäring Drick mycket vatten. Framkalla omedelbart kräkning och kontakta läkare. Ge aldrig någonting till en medvetslös person.

5. ÅTGÄRDER VID BRAND

Lämpliga brandsläckningsmedel
Standardförfarande för kemikaliebrand.

Brandsläckningsmedel som av säkerhetsskäl inte får användas

Särskilda risker
Upphettning över sönderdelningstemperatur frigör giftiga rökgaser (Cl⁻).

Speciell skyddsutrustning för brandpersonal
Använd tryckluftsmask och skyddskläder.

REF. : 290/1.0/S/S

Kalciumklorid 72-95 %

REVIDERAT DATUM: 16.12.1994

FÖREG. DATUM:

DATUM : 23.03.1995

SIDA : 2

6. ÅTGÄRDER VID SPILL

Personliga försiktighetsåtgärder

Undvik kontakt med huden och ögonen.

Försiktighetsåtgärder beträffande miljön

Inga speciella försiktighetsåtgärder beträffande miljön krävs.

Åtgärder vid omhändertagande av spill

Skyffla eller sopa upp. Skyffla upp på lämplig behållare för bortskaffande. Undvik dammbildning. Kastas som särskilt avfall och i överensstämmelse med lokala och nationella bestämmelser.

7. HANTERING OCH LAGRING

Hantering

Rekommendation för säker hantering

Undvik kontakt med huden och ögonen. Förhindra spridning och anhopning av damm. Sörj för lämplig ventilation.

Lagring

Hantering och lagring

Förvaras väl tillsluten (hygroskopisk).

Icke blandbara produkter

 $B_2O_3 + CaO ; BrF_3$

8. FÖREBYGGANDE SKYDDSÅTGÄRDER

Konstruktionsmässiga åtgärder

Sörj för lämplig ventilation. Bär lämplig andningsapparat då ventilationen är bristfällig.

Kontrollparametrar

Exponeringsgräns(er): ej tillgängligt

Personlig skyddsutrustning

Åtgärder beträffande hygien

Undvik kontakt med huden och ögonen. Undvik dammbildning.

Andningsskydd

Halvmask med partikelfilter P2.

Skyddshandskar

Handskar av PVC eller annan plast. Använd inte läderhandskar.

Ögonskydd

Skyddsglasögon / ansiktsskydd.

Skyddskläder

Lätt skyddsdräkt / skyddsdräkt ogenomtränglig för damm. Gummi- eller plastförkläde. Använd inte läderkåder eller laderskor. Ta

av och tvätta förorenade kläder innan de används igen.

9. FYSIKALISKA OCH KEMISKA EGENSKAPER

Form flingor, pulver, granulat**Färg** vit**Lukt** ingen**pH** 8.5 (45 % lösning)**Kokpunkt/kokpunktsområde**

>1600 °C

Smältpunkt/smältpunktsområde

772 °C

Sönderdelningstemperatur

>1600 °C

REF. : 290/1.0/S/S

Kalciumklorid 72-95 %

REVIDERAT DATUM: 16.12.1994

FÖREG. DATUM:

DATUM : 23.03.1995

SIDA : 3

Flampunkt inte tillämpligt
Brännbarhet (fast, gas) inte tillämpligt
Självantändningstemperatur inte tillämpligt
Explosionsegenskaper inte tillämpligt
Explosionsgränser
- nedre inte tillämpligt
- övre inte tillämpligt
Ångtryck obetydlig
Relativ densitet 2.15
Löslighet
- vattenlöslighet 745 g/l (20 °C)
- fettlöslighet inga tillgängliga data
Fördelningskoefficient (n-oktanol/vatten) inte tillämpligt

10. STABILITET OCH REAKTIVITET

Förhållanden som skall undvikas

Förvara behållare torrt och tätt tillslutna för att undvika fuktabsorption och förorening (hygroskopisk).

Material som skall undvikas

$B_2O_3 + CaO$; BrF_3

Farliga sönderdelningsprodukter

inte tillämpligt

11. TOXIKOLOGISK INFORMATION

Akut toxicitet

LD50/oralt/råtta = 1000-4000 mg/kg

Lokala effekter

Hudirritation, ögonirritation.

Sensibilisering

inga tillgängliga data

Kronisk toxicitet

inga tillgängliga data

Erfarenhet människa

Hudirritation, ögonirritation.

12. EKOLOGISK INFORMATION

Persistens och nedbrytbarhet

Stabil

Bioackumulering

inga tillgängliga data

Rörlighet

inga tillgängliga data

REF. : 290/1.0/S/S

Kalciumklorid 72-95 %

REVIDERAT DATUM: 16.12.1994

FÖREG. DATUM:

DATUM : 23.03.1995

SIDA : 4

Ekotoxicitetseffekter

LC50/96h/Gambusia affinis = 13 400 mg/l
LC50/96h/Lepomis macrochirus = 10 650 mg/l
LC50/96h/Daphnia = 649 mg/l
LC50/96h/Nitocra spinipes = 1600 mg/l
LC50/120h/Nitzschia linearis = 3130 mg/l

13. AVFALLSHANTERING**Förorenad förpackning**

Enligt lokala och nationella bestämmelser.

Avfall från överskott/oanvända produkter

Enligt lokala och nationella bestämmelser.

14. TRANSPORTINFORMATION

UN-No inga bestämmelser finns

Packing group

inga bestämmelser finns

ADR-RID inga bestämmelser finns

IMO inga bestämmelser finns

ICAO inga bestämmelser finns

15. KLASSIFICERING, MÄRKNING MM

Produkten är klassificerad och märkt enligt EU-direktiv:

Xi - Irriterande

Innehåll:

Kalciumklorid

R-fras(er)

R36 - Irriterar ögonen.

S-fras(er)

S22 - Förhindra spridning och anhopning av damm.

S24 - Undvik kontakt med huden.

16. ÖVRIG INFORMATION

Informationen i detta varuinformationsblad är enligt vår information och så vitt vi vet korrekt vid det angivna datumet för revidering. Informationen avser endast att vara en vägledning för säker hantering, användning, bearbetning, lagring, transport, avfallshantering och utsläpp och skall inte anses vara en garanti eller kvalitetsspecifikation, eftersom förhållandena vid ovannämnda åtgärder står utanför vår kontroll. Informationen hänför sig endast till det angivna materialet och gäller inte för detta material använt i kombination med något annat material eller någon annan process om inte angivet i texten. Kemira Kemi AB avsäger sig allt ansvar för förlust eller skada som beror på användning av dessa uppgifter, förslag eller denna information.

Comet Chemical Company Ltd.

3463 Thomas Street Innisfil ,ON L9S 3W4

Tel: (705) 436-5580

Fax: (705) 436-7194



Materials Safety Data - **CALCIUM CHLORIDE** (dihydrate)

UN - not regulated for transport

Shipping Name	not regulated
for transport	
Transport of Dangerous Goods Class	not regulated for transport
WHMIS Class	D 2B
(borderline - see section 4)	
Material Use	antifreeze,
flocculant in waste water, ice melting	

1. HAZARDOUS INGREDIENTS

	CAS NUMBER	%	TWAEV (ppm)	LD ₅₀ ORAL	(mg/kg) SKIN	LC ₅₀ ppm INHALATION
Calcium Chloride (dihydrate)	10035-04-8	77%*	none listed	1000	not known	not known

* The impurity is the water of hydration.

2.

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Odour & Appearance	white flakes or pellets; strongly hygroscopic and deliquescent
Odour Threshold	none, odourless
Vapour Pressure	none
Vapour Density (air = 1)	water vapour forms at 200°C - no other vapour created
Boiling Point	1670°C
Melting Point	176°C - but loses water of hydration at 200°C; anhydrous CaCl ₂
melts at 772°C	
Specific Gravity	1.85
Water Solubility	980 grams per litre (0°C) (dihydrate); 370
grams per litre (0°C) (anhydrous)	
	Also soluble in acetone, ethanol and acetic acid
Hygroscopic (dihydrate)	picks up 1g water per gram CaCl ₂ at 40% relative humidity
pH	8.0 - 9.0 (35% solution) slightly alkaline,

3.

FLAMMABILITY & REACTIVITY

Flash Point	none – will not burn
Autoignition Temperature	none
Hazardous Combustion Products	none
Firefighting Precautions	as for flammable materials sustaining fire
Sensitivity to Static Discharge	not sensitive
Sensitivity to Mechanical Impact	not sensitive
Chemical Stability	stable; will not polymerize
Reactive With	boiling water – rapidly generates heat; vigorous reaction with
B ₂ O ₃ , CaO, BrF ₃ ,	
	furan-2-peroxycarboxylic acid, vinyl methyl ether; reacts slowly with zinc
	(galvanized metals) yielding hydrogen gas; corrodes some stainless steels
Dangerous Decomposition Products	none

4.

EFFECTS OF ACUTE EXPOSURE

Skin Contact	little effect
Skin Absorption	slight, if any

TOXICOLOGY

Eye Contact irritating, may damage eyes (*only reason for D 2B classification*)
Inhalation dust irritating and osmotically dehydrating
Ingestion low toxicity; << very bitter taste strongly discourages ingestion >>

(Calcium Chloride (dihydrate), cont'd)

EFFECTS OF CHRONIC EXPOSURE

General prolonged exposure may cause irritation
Sensitising no
Carcinogenic no effects documented in humans
Reproductive Effect in vitro mutagenic data equivocal; no effects documented in humans
Synergistic With not known
Estimated LD₅₀ 1000 mg/kg (oral, rat), 1950mg/kg (oral, mouse)
Estimated LC₅₀ no data

5. PROTECTIVE EQUIPMENT

Hands not required
Eyes safety glasses with side shields
Respirator not required
Clothing not required

6. ENVIRONMENT

Leak Precaution not required
Handling Spill sweep and shovel before product absorbs moisture and dissolves making clean-up more difficult
Waste Disposal **do not flush to sewer without dilution to at least 50:1**; not a hazardous waste; may be dumped
in sanitary landfill, but consult local authorities first

7. STORAGE & HANDLING

Store and use in a dry environment. Avoid dust generation which may be astringent to breathe. Avoid prolonged contact with skin and wash work clothes frequently. An eye bath and safety shower should be available near the workplace. This product avidly absorbs moisture from the air, eventually dissolving in its own puddle. The solution is slippery and may become dangerous for this reason. **NOTE: This product generates considerable heat as it dissolves in water. Addition of this product to hot water may cause boiling!**

8. FIRST AID

SKIN: Wash with plenty of water. Remove contaminated clothing and do not reuse until thoroughly laundered.
EYES: Wash eyes with plenty of water, holding eyelids open. Seek medical assistance promptly if there is any irritation.
INHALATION: Remove from contaminated area promptly. **CAUTION: Rescuer must not endanger himself!** If breathing stops, administer artificial respiration and seek medical aid promptly.
INGESTION: Give plenty of water to dilute product. Do not induce vomiting (NOTE below). Keep victim quiet. If vomiting occurs, keep victim's head below hips to prevent inhalation of vomited material. Seek medical help promptly.

NOTE: Inadvertent inhalation of vomited material may seriously damage the lungs. The risk and danger of this is greater than the risk of poisoning through absorption of this product. The stomach should be emptied under medical supervision, after the installation of an airway to protect the lungs.

Emergency telephone numbers - weekdays from 8:00 - 5:00 (705) 436-5580
at all other times (800) 567-7455
(Philip Environmental)

Prepared for Comet Chemical Co. Ltd., by Nicholas Morgan, September 2002

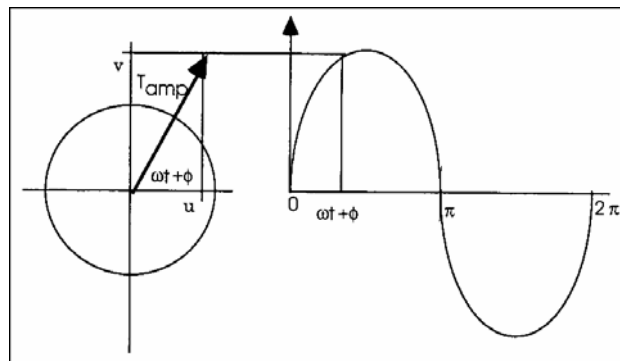
The information herein is given in good faith but no warranty, expressed or implied is made.

PLEASE ENSURE THAT THIS MSDS IS GIVEN TO AND EXPLAINED TO THE PERSON USING THIS PRODUCT.

**Bilaga 5. Beskrivning av beräkningsgång i
simuleringsprogram**

Beräkningsprogram för värmare och avfuktare

En sinus- eller cosinuskurva räknas till de harmoniska svängningarna. De svängningarna som inte är harmoniska kan transformeras till summer av harmoniska svängningar med hjälp av Fourierserier. Anledning till att temperaturen skrivs om till harmoniska svängningar är att dessa har sådana egenskaper att de vid en given frekvens kan uttryckas med ett komplext tal, vilka anpassar den ursprungliga svängningen till en bassvängning. För att göra denna anpassning måste det bestämmas vilken period som skall studeras. Ett medelvärde skapas efter att de ursprungliga temperaturerna varierats över de olika frekvenserna och sedan summerats. (Padt, 2004) Medelvärdet uttrycks som i en harmonisk svängning. I denna simulering är tidsperioden ett år. Icke-harmoniska svängningar anpassas till harmoniska svängningar genom att den studerade svängningen delas upp i flera harmoniska signaler med olika frekvenser där amplitud och fas bestäms av så kallade Fourierkoefficienter. Uppdelningen av signalen på flera frekvenser medför att den skapade harmoniska svängningen anpassas bättre till den givna temperaturkurvan och risken för att eventuella toppar missas minskar. Anpassningen av den givna temperaturkurvan till en summa av harmoniska svängningar görs genom att varje temperaturavläsning multipliceras med cosinus och sinus och varieras med frekvenserna, varpå de summeras och delas upp på antalet frekvenser. Med hjälp av denna omskrivning kan temperaturen skrivas på komplexform med en riktning och en amplitud.



Transformation av en harmonisk funktion till det komplexa planet (Jóhannesson, 2000)

Den transformerade temperaturkurvan, Rtf_j , ges dels av årsmedelvärdet samt summan av Fourierkoefficienterna för varje given temperatur.

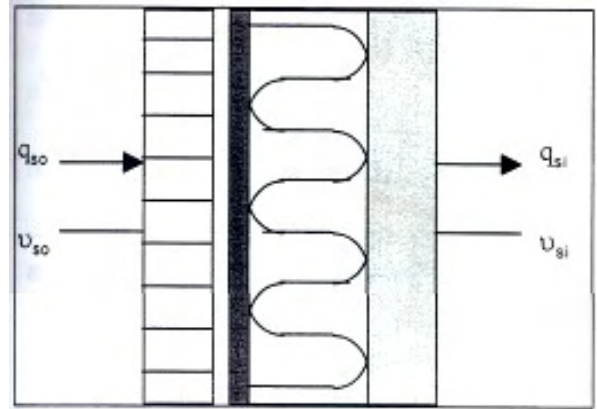
$$Rtf_j := \frac{aRt_0}{2} + \sum_{n=1}^6 (aRt_n \cdot \cos(\omega_n \cdot j) + bRt_n \cdot \sin(\omega_n \cdot j))$$

Samband för den transformerade temperatursvängningen

Vid många temperaturberäkningar görs förenklingen att temperaturen ställer in sig direkt efter en temperaturändring. I verkligheten medför dock materialens värmekapacitet att en tröghet finns mot temperaturförändringar då en viss del av värmen lagrats i materialet. För att ta hänsyn till detta i

simuleringsprogrammet används en kvadratisk matris som är uppbyggd av fyra element. Dessa element är ett

materialslikts transmittans och admittans från vardera sida av skiktet.



$$\begin{pmatrix} v_{si} \\ q_{si} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_{so} \\ q_{so} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Elementen multipliceras med ingångs temperatur och ingångs värmeflöde. Av detta fås temperaturen och värmeflödet på andra sidan av materialskiktet.

Elementen, A och D, beskriver hur mycket värme som lagrats i materialskiktet och elementen, B och C, beskriver hur stort värmeflödet är genom materialskiktet. Dessa kan beräknas enligt:

$$A := \cosh[\kappa \cdot l \cdot (1 + i)]$$

$$B := \frac{-\sinh[\kappa \cdot l \cdot (1 + i)]}{\lambda \cdot \kappa \cdot (1 + i)}$$

$$C := -\lambda \cdot \kappa \cdot (1 + i) \cdot \sinh[\kappa \cdot l \cdot (1 + i)]$$

$$D := \cosh[\kappa \cdot l \cdot (1 + i)]$$

Lager som enbart är resistiva, t.ex. värmeövergångsmotstånd vid ytor, representeras av en matris med värmeövergångsmotstånden vid respektive in och utsida:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 1 & R \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

I en konstruktion med flera skikt görs en matris för varje ingående skikt. Genom att sedan multiplicera samman dessa matriser fås den totala transmittansen och admittansen för en byggnadsdel. Detta visas i nedanstående matriser:

$$\begin{pmatrix} A_k & B_k \\ C_k & D_k \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} A_n & B_n \\ C_n & D_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} A_{n-1} & B_{n-1} \\ C_{n-1} & D_{n-1} \end{pmatrix} \dots \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Matris (1) kan skrivas om så att värmeflödet varierar som en funktion av temperaturerna på båda sidorna. Se matris nedan:

$$\begin{pmatrix} q_{si} \\ q_{so} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} E & F \\ G & H \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_{si} \\ v_{so} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Där: $E=D/A$ $F=C - DA/B$ $G=1/B$ $H= - A/B$

Beräkningsprogram för luftspalt

Grundstrukturen för temperatursvängningarna i beräkningsprogrammet med luftspalten är lika som för beräkningsprogrammet för värmare och avfuktare. Skillnaden är att i det första beräkningsprogrammet är temperatursvängningens indata är reella och i luftspaltens beräkningsprogram är de komplexa med en reell och en imaginär. Den imaginära delen sätts negativ enligt fourierserie och fouriertransformation i TEFYMA, Handbok för teknisk fysik, fysik och matematik av Igelstam, Rönngren och Sjöberg på sidan 37.

Simuleringsprogrammet som används vid beräkningen med ventilerad luftspalt är uppbyggd med tre segment. Dessa är till för att bygga upp alternativa och dynamiska egenskaper i randzonen. Segmentet är snitt i lodrätt led inklusive bjälklag, luftkuddar, luftspalt och marken. Uteluften kommer in i luftspalten i segment 1 och fortsätter genom segment 2 och 3. Segment 1 och 3 är 1,2 meter vardera och segment 2 är 7,6 meter. I segment 1 och 3 beräknas med uteluftens temperatur medan i segment 2 beräknas utgående ifrån markens temperatur. Beräkningsmetodiken är att en starttemperatur beräknas fram och sedan med hjälp av en differentialekvation beräknas de nya ändtemperaturerna fram. Differentialekvationens lösning ses nedan:

$$\rho \cdot u \cdot c \cdot A \cdot d \cdot T := (-q_u - q_d) dx$$

$$\frac{\delta T}{\delta x} + \frac{(q_u + q_d)}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A} := 0$$

$$q_u := E_a \cdot T + F_a \cdot T_i$$

$$q_d := E_b \cdot T + F_b \cdot T_g$$

$$\frac{\delta \Gamma}{\delta x} + \frac{(E_a + E_b)}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A} \cdot v := - \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A}$$

Lösningen blir:

$$A \cdot e^{\frac{-(E_a + E_b) \cdot x}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A}} + \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b}$$

Randvilkoren ger:

$$x := 0 \quad \longrightarrow \quad T := T_0$$

$$T_0 := A + \frac{(F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g)}{E_a + E_b}$$

$$A := T_0 - \frac{(F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g)}{E_a + E_b}$$

Ändtemperaturerna beräknas fram enligt:

$$T := \left(T_0 - \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b} \right) \cdot e^{\frac{-(E_a + E_b) \cdot x}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A}} + \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b}$$

I programmet beräknas de tre segmentens temperaturer enligt:

$$T_1 := \left(T_0 - \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b} \right) \cdot e^{\frac{-(E_a + E_b) \cdot x}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A}} + \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b}$$

$$T_2 := \left(T_1 - \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b} \right) \cdot e^{\frac{-(E_a + E_b) \cdot x}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A}} + \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b}$$

$$T_3 := \left(T_2 - \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b} \right) \cdot e^{\frac{-(E_a + E_b) \cdot x}{\rho \cdot u \cdot c \cdot A}} + \frac{F_a \cdot T_i + F_b \cdot T_g}{E_a + E_b}$$

