



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R84:1985

Fukt i småhus

Studier av skadefall

Carl-Henrik Kreuger

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
Tel 08-34 01 70
Telex 125 63. Telefax 08-32 48 59

Byggeforskningsrådet

R84:1985

FUKT I SMÅHUS

Studier av skadefall

Carl-Henrik Kreuger

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830945-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Firma
Carl-Henrik Kreuger, Djursholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R84:1985

ISBN 91-540-4420-0
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

		Sid
SAMMANFATTNING	Projektet	1
	Projektets förlopp	2
	Projektets resultat	4
AVHANDLING	Symptom	9
	Skadetyper	10
	Skadeorsaker	12
	Diagnosmetoder	15
	Åtgärder	18
	Juridiska konsekvenser	21
	Kostnader	24
	Återfall	25
	Sammanställning	26
REPARATIONSÅT- GÄRDER	Sekundäråtgärder	29
	Sanering	31
	Primäråtgärder	34
BILAGOR	1. INFORMATIONSKÄLLOR	
	2. ARBETSBLANKETT	
	3. FÖRDELNING AV PRIMÄRÅTGÄRDER PÅ OBJEKT	
	4. FÖRDELNING AV RÄTTSFALL	
	5. KOSTNADSNIVÅER	
	6. ÅTERFALL	
	7. INFORMATION OM OZON	
	8. NY METOD	

SAMMANFATTNING

Projektet

Bakgrund

I min rapport till BFR om "Fuktproblem i enbostadshus" (BFR-anslag 801463-9) analyserade jag ett stort antal fuktskadefall i småhus, med avseende på skadetyper, symptom, orsaker, etc.

Sedan dess har forskningsmaterialet på detta område utvecklats betydligt och det är till fullo klarlagt att utbredningen av fuktskador, speciellt i småhus, är mycket omfattande.

Fortsatt forskning har till större delen inriktats på skadeorsakerna och hur man i fortsättningen skall undvika att fuktskador uppkommer. Däremot finns inte nämnvärda systematiska studier av hur redan befintliga skador lämpligen bör åtgärdas - detta görs emellertid på empirisk väg. Reparationer av fuktskadade hus har de senaste åren gjorts i alltmer ökande omfattning. Samtidigt har man på många håll också tagit upp frågan om var ansvaret för de uppstådda skadorna ligger och detta har lett till många rättsfall med intressanta prejudikat som följd.

Syfte

Föreliggande projekt tar sikte på att studera reparationsåtgärder i fuktskadade småhus, med följande syften:

- Finna samband mellan skadeorsaker och typer av reparationsåtgärder.
- Analysera skillnaderna mellan olika "åtgärdsnivåer".
- Bedöma olika reparationsåtgärders resultat, bl.a. i relation till kostnaderna.

Sekundärt ger utredningsmaterialet också underlag för synpunkter på åtgärdskostnader vid olika skadetyper samt i vissa fall också på ansvarsfrågor och juridiska konsekvenser.

Avgränsningar

Urvalet av studieobjekt omfattar inte fuktskador som orsakats av rörledningsskador eller läckande tak. Urvalet har vidare inriktats huvudsakligen på objekt som tillhör de mest drabbade småhuskategorierna.

Projektets förlopp

Studieobjekt

Enligt beskrivningen till min ansökan om projektanslag planerade jag att ganska ingående studera högst 50 noggrant utvalda objekt. Projektarbetet inleddes enligt denna arbetshypotes men det visade sig ganska snart att detaljstudier var föga meningsfulla, att det var svårt göra vettiga val och att man med detta ringa antal studieobjekt knappast kunde få grepp om mera allmängiltiga tendenser.

Projektet har därför baserats på ett betydligt bredare material - 585 skadefall, varav 388 i gruppbyggda småhus inom 9 olika områden.

En enkel tvärstudie av olika tidigare gjorda utredningar, omfattande sammanlagt ca 6,000 skadefall, visade att över 80 % av skadorna drabbat hus tillhörande någon av följande kategorier:

- Gruppbyggda hus, huvudsakligen källarlösa, uppförda efter 1975.
- Källarlösa hus byggda efter 1972.
- Hus där tilläggsisolering utförts efter 1975.
- Hus med källare eller souterrain-våning, de flesta byggda före 1960.

Studieobjekten som valts tillhör huvudsakligen någon av dessa kategorier.

Källor Uppgifter om källmaterial som på olika sätt använts i projektet har sammanställts i Bilaga 1.

En väsentlig informationskälla har emellertid också varit fastighetsägarna själva från vilka jag erhållit uppgifter, huvudsakligen per telefon.

Särskilt utförlig information har det gått att få beträffande de objekt som varit föremål för rättsfall - där finns intressanta sakkunnigutlåtanden representerande respektive parter.

En naturlig informationskälla har också varit sådana företag som specialiserat sig på åtgärdande av fuktskador.

Metod Samtliga studieobjekt är småhus som har drabbats av fuktskador, upptäckta efter 1979. I samtliga fall har man försökt bedöma skadeorsakerna och sedan åtgärdat dessa på olika sätt. Bland studieobjekten finns hus byggda i olika delar av landet, från Lappland till Skåne, med en viss övervikt för Stockholms-området och Mälardalen.

För att få system i faktanoteringarna från de olika skadefallen har jag använt mig av en arbetsblankett enligt Bilaga 2.

De ifyllda blanketterna har endast använts för att få viss ordning på mina noteringar - de har sålunda inte utgjort underlag för någon statistisk bearbetning i egentlig mening.

Faktamaterialet har sedan analyserats så att de olika fallen kunnat grupperas på de sätt som bäst tjänar projektets syfte. Kriterier för "gruppbildning" har varit:

- Symptom
- Skadetyper
- Orsak
- Diagnosmetod
- Åtgärd
- Eventuella juridiska konsekvenser
- Kostnadsnivå
- Eventuella "återfall".

De olika grupperna har sedan ytterligare analyserats och jämförts sinsemellan för konstaterande av tydliga gemensamma nämnare resp. tendenser.

Projektarbetet avslutades med sammanställning av uppnådda resultat och synpunkter till föreliggande projektrapport.

Tid m.m.

Projektarbetet påbörjades i oktober 1983, men ledde relativt snart till en viss omstrukturering och annan princip för urval av studieobjekt. Det egentliga projektarbetet har sålunda i huvudsak utförts under 1984.

Såväl faktainsamling som faktabearbetning har utförts av mig själv - det har inte varit praktiskt eller nödvändigt att anlita underkonsulter eller utomstående expertis. Resor har företagits i mycket begränsad omfattning.

Projektets resultat

Projektarbetets resultat redovisas i det följande avsnittet "Avhandling" och därtill hörande bilagor.

Fakta och förhållanden, som verifieras av det bearbetade utredningsmaterialet och som det är väsentligt att framhålla, kan sammanfattas i följande punkter:

1. Trots att de fel som orsakar fuktskador nästan alltid begås under byggnadstiden tar det lång tid innan de första symtomen uppträder - vanligen 2-3 år. Denna tid förlängs ytterligare genom husägarens osäkerhet dels beträffande symtomens innebörd och dels avseende de åtgärder han lämpligen bör vidta. Det kan sedan förflyta ännu längre tid innan husägaren kommit så långt att faktiska reparationsåtgärder kan påbörjas. Flertalet av de studerade husen har hunnit bli 4-5 år gamla innan de reparerats.

Dessa förhållanden bidrar starkt till att öka reparationskostnaderna. Det krävs mer och bättre information till husägare och mer och lättare tillgänglig expertis för att ändra på denna situation.

2. Skadetypen sammanhänger starkt med hustypen - i påfallande ringa grad med t.ex. byggnadsmetod, byggnadsmaterial eller lokalisering. Vetskap om detta kan öka möjligheterna att tidigare upptäcka och åtgärda eventuella fuktskador.
3. Det är sällan en enda orsak (felkälla) till att fuktproblem uppstår - det finns en rik flora av orsakskombinationer ("felkedjor"). Detta försvårar avsevärt felsökning och val av lämpliga åtgärder. Man måste försöka skilja mellan primärfel och sekundärfel.
4. I cirka 60% av de undersökta fallen ligger de primära skadeorsakerna utanför (och/eller under) själva byggnaden - och kan knappast hänföras till egentliga byggfel. De flesta och allvarligaste fel som leder till fuktskador begås sålunda innan huset börjat byggas eller i det tidigaste grundläggningsskedet. Detta måste uppmärk-

sammas - det är här som kunskaper och normer är sämst och kontrollen ytterst schablonmässig.

5. För fastställande av skadeorsaker (diagnos) används en mängd olika undersöknings- och provningsmetoder med högst varierande kostnader och tillförlitlighet. En viss normering av provmetoder och mätutrustning behövs. I stora delar av landet är det också svårt att finna kompetenta utredare och laboratorier för provanalyser. Husägare borde kunna vända sig till sin kommun för att få hjälp härvidlag.
6. Byggnadsentreprenörerna har hamnat i "strykklass" i de fall då man utkräver skadestånd för fuktskador. Det finns en farlig tendens att åberopa sekundära byggfel som begåtts av entreprenören - när de primära felen egentligen är normfel, projekteringsfel eller kontrollfel! Detta beror på att de som gör normfel, projekteringsfel eller kontrollfel inte har något ekonomiskt ansvar i sammanhanget!
7. Det finns inte tillräckliga säkerhetsmarginaler i nu gällande normer t.ex. för kapillärbrytande skikt eller material för fuktspärrar. Normkraven på ventilation i småhus är för dåliga. Det saknas kontroll över kommuners sätt att ordna småhusområden med avseende på markkvalitet, grundvatten, dagvattenavrinning, etc. Det finns inga krav på geotekniska undersökningar. Det saknas preciserade krav på materialskydd vid byggande i dålig väderlek, etc.

8. Projektering av småhus sker slentrianmässigt "enligt AMA", utan anpassning till lokala förhållanden beträffande t.ex. mark, serviser och väderlek.
9. I nästan alla analyserade skadefall nämns dålig ventilation i samband med fuktskadorna.
Ändå åtgärdar man mycket sällan ventilationen - av rädsla för energiförluster. Det är mycket troligt att ventilationen är en betydligt större bov i dramat än man tror - småhus bör i allmänhet förses med mekanisk ventilation med värmeåtervinning, om man skall fortsätta att bygga så täta hus som vi nu gör.
10. Vid reparationsåtgärder är det mycket vanligt att man river upp stora delar av huset för att byta ut spärrskikt eller dylikt och detta medför stora kostnader. I andra fall tillgrips mycket kostsamma åtgärder för att försöka eliminera fuktkällan. Till detta kommer kostnader för avlägsnande av mögelhårdar, sanering, återställande etc. Ibland kostar reparationerna 250.000 kronor eller mer - snittkostnaden i det undersökta materialet ligger nära 100.000 kronor per hus.

I många fall har man otvivelaktigt tillgripit större våld än nöden kräver. På senare år har man utvecklat reparationsmetoder som är betydligt mindre kostsamma och förefaller vara effektiva. De beskrivs och kommenteras närmare i rapporten.

Det behövs ökad information om alternativa reparationsåtgärder så att man i varje enskilt fall kan bedöma vad som är lämpligast.

11. Mogen och mögellukt kan ses som en gemensam nämnare för fuktdrabbade småhus - sanering blir därför alltid en mycket viktig reparationsåtgärd. Många tillmäter nog inte detta tillräcklig betydelse varför ozonbehandling inte används i erforderlig stor utsträckning.

Rätt

använt är ozon ett absolut oöverträffat medel att ta bort lukt, döda bakterier, mögel- och rötsvamp, m.m. Det börjar nu utvecklas nya metoder och produkter för rationell ozonbehandling vilket de som föreskriver saneringsåtgärder bör ha kännedom om.

12. Bland de studerade åtgärdade fuktskadefallen förekommer anmärkningsvärt få "återfall". Detta skall förhoppningsvis innebära att reparationsåtgärderna har varit riktiga och tillräckliga - emellertid är flertalet reparationer inte mer än något år gamla varför man ännu inte kan uttala sig härom med säkerhet. Av de noterade återfallen har flertalet berott på feldiagnos.

De observationer, enligt ovan, som gjorts beträffande reparationsåtgärder i fuktskadade småhus, bör kunna utgöra underlag för utvidgad information och utbildning inom detta problemområde. Om projektresultatet dessutom kan bidra till förbättrade normer, anvisningar och kravspecifikationer vid fuktskadade reparationer och för undvikande av framtida fuktskador, har projektet fyllt en viktig uppgift.

AVHANDLING

Analysen av det relativt väl sorterade faktamaterialet kan sägas ha utgjorts av ett antal "tvärvälsläsningar" - först av de enskilda faktagrupper som varje titel på faktablanketten utgör, sedan av kombinationer av sådana faktagrupper. På detta sätt har det varit möjligt att notera mycket ofta återkommande likheter samt mer eller mindre tydliga tendenser.

I det följande har jag sammanställt de väsentligaste synpunkter som framkommit - först beträffande enskilda faktagrupper sedan beträffande kombinationer av faktagrupper.

Symptom

För de typer av fuktskador som projektet gäller tillhör symptomen undantagslöst en av två typer, ibland kombinationer av dessa:

1. För ögat synliga symptom - fuktfläckar, uppluckrad eller avflagnande ytbeläggning, missfärgningar, mögelfläckar, etc. Ofta förekommer också vad som vanligen kallas "unken lukt", som ofta uppfattas innan någonting kan uppfattas med ögat.
2. Enbart luktsymptom - lukt av mögel, svamp eller mera odefinierat men påtagligt obehagligt. Ganska ofta är det omöjligt att med någorlunda säkerhet spåra källan till lukten utan några ingrepp i byggnaden.

När man studerar faktaunderlaget, bl.a. intervjusvar och uppgivna tidpunkter för byggande, symptomens uppträdande och skadans slutliga lokalisering, kan man bl.a. konstatera följande:

- Det finns inga direkta och entydiga samband mellan symptom och skadeorsaken. Det går sålunda inte att enbart med utgångspunkt från symptomen föreslå några reparationsåtgärder.
- Det finns endast ganska vaga samband mellan symptom och skadetyper. Samma symptom kan härröra från olika typer av skador.
- Även då skadan med säkerhet kan hänföras till byggnadsperioden kan det ta ganska lång tid innan de första symptomen uppträder. Som regel har t.ex. tvåårsgarantin hunnit gå ut.
- Det förflyter ofta ytterligare tid innan de boende "tar symptomen på allvar".
- Det kan sedan förflyta ytterligare tid innan man lyckas lokalisera skadan och bedöma tänkbara orsaker. I de studerade fallen har det som regel gått mer än fyra år, räknat från byggnadsåret, innan man börjar förhandla om åtgärder.

Den övergripande slutsatsen, baserad på utredningsmaterialet, är att det knappast finns några så entydiga symptom att man enbart av dessa kan avgöra skadeorsaken - knappast ens skadetyper.

Skadetyper

I de källarlösa husen är samtliga skador koncentrerade till bottenbjälklaget - eller mycket närliggande delar såsom

syllar, nederdelar av ytterväggar eller, i några fall, innerväggar. Skadorna yttrar sig som röt- eller mögelangrepp, fuktfläckar, gasutveckling från bindemedel, klister, färg, fogmassor och annat. Ofta förekommer kombinationer av dessa skadetyper. De första symtomen är nästan undantagslöst obehaglig lukt av något slag.

Vilken skadetyper som är tillämpbar i varje enskilt fall beror av bottenbjälklagets utformning, utformningen av anslutningsdetaljer och typer av ingående material t.ex. skivor och golvbeläggningar.

Det är knappast meningsfullt att mera detaljerat typindela dessa skador - de kan, i dessa sammanhang, gemensamt benämnas "markbjälklagsskador" eller "fuktvandringsskador i källarlösa hus".

I de tilläggsisolerade husen är det i de allra flesta fall fråga om kondensering som uppstår på grund av de förändringar i husets värmebalans som tilläggsisoleringarna medfört. Dessa "kondenssskador" yttrar sig som synbara fuktfläckar eller t.o.m. droppande vatten - om skadan upptäcks sent kan även mögelbildningar och röta ha hunnit uppstå. Dessa skadetyper skulle gemensamt kunna benämnas "fuktvandringsskador vid tilläggsisolering".

Då det gäller fuktskador i hus med källare eller suterrängvåning uppträder flertalet skador som en uppfuktning av källarytterväggarna och yttrar sig som fuktfläckar, puts-skador, unken lukt, etc. I några fall är det emellertid också källargolvet som fuktas upp, ibland så att det står fritt vatten på golvet.

Det är vanligen fråga om inträngande markfukt och dessa skador skulle kunna kallas "fuktvandringsskador i källare". Ibland har det visat sig att det dock istället är fråga om kondensering varför man också kan tala om "kondensskador i källare".

Sammanfattningsvis är det intressant att konstatera att skadetyper har betydligt starkare samband med byggnadstypen än med t.ex. byggnadssätt, byggnadsmaterial eller lokalisering.

Skadeorsaker

I föreliggande projekt är det framför allt de tekniska skadeorsakerna som är intressanta.

Att fuktskador uppstår måste dock ytterst ha orsakats av begångna fel vid byggandet - denna typ av skadeorsaker är intressant bl.a. ur rättslig synpunkt.

Vid analysen av projektets faktamaterial har jag därför försökt att, med utgångspunkt från den tekniska skadeorsaken, bedöma den mest sannolika feltypen. Man talar därvid om normfel, projekteringsfel, byggfel, kontrollfel och driftsfel.

Generellt kan man konstatera att knappast någon allvarlig fuktskada kan hänföras till en enda skadeorsak - det är nästan alltid fråga om kombinationer av orsaker som samverkar på ett olyckligt sätt. Analogt med detta kan man heller inte definiera någon enstaka felkälla utan allting bottnar i en kombination av fel - ett relativt obetydligt

normfel kan t.ex. förstöras genom ett projekteringsfel som ytterligare förvärras genom byggfel och bristande kontroll.

Det är detta förhållande som gör det så svårt att vidta tillräckligt effektiva reparationsåtgärder respektive att med någorlunda säkerhet undvika framtida fuktskador vid nybyggande!

De vanligaste skadeorsakerna då det gäller gruppbyggda källarlösa hus (platta på mark, kryppgrund) är, i frekvensordning:

- illa tillgogosedd dagvattenavrinning och dålig topografisk planering i kombination med för låga plushöjder på bottenplattorna.
- för dåligt material i kapillärbrytande skikt.
- felaktig dränering.
- felaktigt placerade och/eller felaktigt utförda spärrskikt i bjälklagskonstruktionen.

Ovanstående är primärorsaker som samtliga resulterar i en kraftig uppfuktning av bottenbjälklaget (bottenplattan). Sekundärorsaker i form av olika sorters byggslarv, t.ex. kvarlämnat organiskt material, illa utförda anslutningar, dåligt utförda fuktspärrar, etc., bidrar sedan ytterligare till att bl.a. mögelbildning uppstår.

I enstaka källarlösa hus är skadeorsakerna, i frekvensordning:

- obefintlig eller otillräcklig dränering, oftast i kombi-

nation med för dåligt material i kapillärbrytande skikt.

- frånvaro av eller felaktigt placerade och/eller illa utförda spärnskikt i bjälklagskonstruktionen.
- för dålig dagvattenavrinning, vanligen i kombination med olämplig topografi.

Även här kombineras ovannämnda primärorsaker med ungefär samma sekundära orsaker som för de gruppbyggda källarlösa husen.

Då det gäller hus med krypgrund är den allra vanligaste orsaken till fuktskador och mögelproblem att det bildats kvarstående vattensamling i krypgrunden (av flera skäl) samt att det finns kvarlämnat organiskt material i krypgrunden. Andra vanliga orsaker vid detta byggnadssätt är de samma som för övriga källarlösa hus.

De fuktskador som studerats på tilläggsisolerade hus har nästan undantagslöst sin orsak i medvetna eller omedvetna ångspärrar som blir felplacerade i samband med tilläggsisoleringen. Därigenom uppstår kondensering som kan leda till mögelbildning, röta och fuktfläckar.

Då det gäller fuktskador i källare och suterrängvåningar är skadeorsakerna i frekvensordning:

- dålig dränering i kombination med olämpligt återfyllnads-material.
- otillräcklig avrinning från stuprör.

- felaktig dagvattenavrinning i kombination med besvärliga terrängförhållanden.
- fel på grundmurarnas fuktisolering.
- då det gäller äldre hus (ca 1960 och äldre) är den vanligaste orsaken att grundmurarnas asfaltstrykning med tiden förstörts samtidigt som återfyllnadsmaterial och dränering "grott igen".
- ändrade temperatur- och fuktighetsförhållanden i samband med inredning (värmeisolering) av delar av källarvåningen.

Effekten av ovannämnda primärorsaker förstärks i vissa fall av mera sekundära orsaker såsom otillräcklig ventilation, ändrad användning av källarutrymmena, etc.

Sammanfattningsvis är det intressant att konstatera att ca 60% av alla skadeorsaker har med de yttre markförhållandena att göra.

Det gäller arbeten som normalt skall vara avklarade innan det egentliga husbygget påbörjas.

Diagnosmetoder

Då ett hus blivit fuktskadat finns det aldrig någon som vill påta sig ansvaret för detta. Det är också ont om expertis. Den boende har alltså redan från början en besvärlig situation. Ett skadeanalysförlopp ser normalt ut ungefär på följande sätt:

När den boende (husägaren) börjar ana att hans hus är fukt-

skadat tillkallas först byggnadsentreprenören, ibland husleverantören, ibland mäklaren. I ett följande steg kan också byggnadsinspektör, hälsovårdsinspektör eller någon konsult bli inblandade. Vad som uppnås under denna procedur är i bästa fall att man konstaterar skadan, dess läge och omfattning och typ - dock utan att någon är beredd att vidta eller ens föreslå några konkreta åtgärder. I ett följande steg kan möjligen husägaren, eventuellt under hot om rättsliga åtgärder, få hjälp med upprättande av förslag till åtgärder, eventuellt också kostnadsberäkning. I de fall då inga rättsliga åtgärder vidtas får som regel husägaren bekosta åtgärderna själv - har han tur är det rätt åtgärder och saken är ur världen. Alltför ofta fortsätter emellertid proceduren till någon rättslig process och mera omfattande åtgärder som någon får bekosta. Då har som regel expertis tillkallats så att en riktig diagnos blir fastställd.

De åtgärder som vanligen kommer i fråga för att bilda underlag för en diagnos är:

- uppbyggnad, håltagning, m.m. vid lokalisering av skadan och för bedömning av skadans omfattning.
- provtagningar på material med avseende på mögelförekomst - mykologisk analys.
- undersökning av ventilationen - luftomsättning, relativ fuktighet, temperaturer, m.m.
- mätning av temperaturförhållanden vid delar av byggnadsstrukturen, ibland även vid mark.

- mätning av den relativa fuktigheten i delar av byggnads-konstruktionen, ibland vid mark.
- framtagning av siktkurvor på kapillärbrytande material.
- håltagning för undersökning av dränering, analys av åter-fyllnadsmaterial, m.m.
- luftanalys (vid misstanke om skadliga gaser).

Mätvärden av ovanstående slag används sedan vid diagnos av skadeorsaker, på olika sätt:

- jämförelser med fastställda normvärden.
- fastställande av betingelser för mögeltillväxt.
- beräkning av kondensrisker.
- beräkningar av skillnader i ångtryck.
- beräkning av kapillär stighöjd, m.m.

De framräknade resultaten ger i allmänhet ganska entydiga besked om vilka förhållanden som måste ändras för att risker för fuktskador inte skall föreligga fortsättningsvis. Detta skall i sin tur ge besked om vilka reparationsåtgärder som behöver vidtas.

Ovannämnda exempel på provtagningar, analyser och diagnosmetoder förekommer givetvis endast i tillämpliga delar i varje enskilt skadefall. Det finns dock exempel på kombinationer

av så många skadetyper i en och samma byggnad att samtliga nämnda provtagningar behöver göras!

Av det tillgängliga utredningsmaterialet framgår att det ofta, på mindre orter, är mycket besvärligt att få provtagningar och analyser sakkunnigt gjorda - det blir dyrbart att tillkalla experter och tar lång tid att få fram analysresultat.

Åtgärder

Vad som ovan beskrivits såsom diagnosmetoder kan ju också sägas vara en typ av förberedande åtgärder - som i större eller mindre utsträckning måste tillgripas i varje skadefall för bedömning av vad som ytterligare behöver göras.

En annan typ av åtgärder som alltid, med några få undantag, har behövt vidtas är invändiga reparationer som t.ex.:

- borttagning av fuktskadat material, utbyte av rötskadade träkomponenter, etc.
- sanering av mögelhärddar.
- omläggning av golv, nybeklädnad av väggar eller tak, etc.
- utbyte av isoleringsmaterial.
- målningsarbeten.

I det fortsatta utredningsarbetet har denna typ av åtgärder inte närmare analyserats - annat än delvis ur kostnadssynpunkt.

I stället har arbetet koncentrerats på den sorts åtgärder som syftar till förhindrande av att fuktskador uppstår igen. Faktamaterialet visar att man här kan skilja mellan tre principiellt olika åtgärdsgrupper:

- 1) fullständig eliminering av själva skadeorsaken. Detta kräver absolut säker vetskap om de verkliga orsakerna till skadan - detta är ofta ett dyrbart alternativ, (T.ex dagvattenavledning och ny dränering).
- 2) fullständig avskärmning av fuktkällan - detta ställer stora krav på material och metod vid åtgärdandet, (T.ex vattentät "hud" över hela bottenplattan).
- 3) förändring av betingelserna för att fuktskador skall kunna uppstå - detta kräver goda kunskaper om "fukt beteenden" och ställer ofta vissa krav på den boende i fråga om skötsel. Det är vanligen en förhållandevis billig lösning. (T.ex ventilationssystem med fuktkontroll).

Inom var och en av ovannämnda kategorier finns olika åtgärds typer och metoder. Typ av åtgärd i varje enskilt fall bestäms av skadetyper och typ av skadeobjekt. Dessa samband har översiktligt redovisats i bil. 3.

Analysen av faktamaterialet ger anledning till följande kommentarer avseende de ovannämnda tre åtgärdskategorierna:

Kategori 1 har tillämpats i nästan samtliga fall där reparationerna vidtagits under 1981 eller tidigare.

I de fall då reparationerna vidtagits under senare år har kategori 1 tillämpats nästan bara då juridiska åtgärder förelagt entreprenören (i vissa fall husleverantören) att svara för reparationskostnaderna. Detta gäller främst källarlösa hus, gruppbyggda eller enstaka.

Oavsett när reparationen gjorts är kategori 1 den vanligast använda då det gäller fuktskador på tilläggsisolerade hus respektive hus med källare.

Kategori 2 har tillämpats i successivt ökande omfattning vid reparationer på källarlösa hus. Det är uppenbart att man nu börjar få fram tillförlitliga metoder för läggning av verkligt effektiva fuktspärrar och ökad kunskap om deras tillämpning.

Kategori 2 tillämpas också vid reparationer av skadade källare - men inte alls i samma utsträckning som då det gäller källarlösa hus.

Kategori 3 har kunnat tillämpas i viss utsträckning (kanske 30%) för reparationsåtgärder i tilläggsisolerade hus och hus med källare.

Då det gäller reparationer i källarlösa hus har det de tre senaste åren kommit fram åtskilliga metoder som möjliggör tillämpning av kategori 3. Ännu har man relativt begränsad erfarenhet härvidlag men det förefaller som om flera av dessa metoder skulle vara tillförlitliga.

Valet mellan ovannämnda åtgärds-kategorier styrs naturligtvis i hög grad av skadetyper, skadeobjekt och rent tekniska faktorer. Det är emellertid också en fråga om avvägning mellan risk och kostnader.

För t.ex. källarlösa hus kostar åtgärder enligt kategori 1 i allmänhet från 100 000 - 250 000 kronor per hus, enligt kategori 2 hamnar kostnaderna mellan 30 000 och 80 000 kronor och enligt kategori 3 blir kostnaderna mellan 20 000 och 50 000 kronor.

Om alla tre kategorierna vore lika tillförlitliga skulle man ju alltid försöka tillämpa kategori 3. Emellertid är det nog så, åtminstone teoretiskt, att kategori 1 är den mest tillförlitliga och kategori 3 den minst tillförlitliga. I praktiken kan det vara annorlunda - det finns större möjligheter till fel eller slarv vid åtgärder enligt kategori 1 än det finns vid åtgärder enligt kategori 3!

Vid bestämning av lämpligaste åtgärder vid ett skadefall borde man kunna föra ett resonemang enligt ovan, och med hjälp av förnuft och kunskaper kunna göra ett riktigt val. Av det ganska omfattande faktamaterial jag haft att arbeta med har det emellertid inte i något fall framgått att man jämfört olika tänkbara reparationsåtgärder innan man beslutat om reparationen!

Det förefaller som om val av reparationsåtgärder i alltför hög grad styrs av tillfälligheter - hörsägen, anlita konsult, rekommendation från myndighet, rättslig situation, etc. Många gånger har man antagligen tillgripit betydligt "större våld än nöden kräver".

Juridiska konsekvenser

Av de studerade skadefallen har de allra flesta lett till skadeståndsanspråk i någon form från husägarens sida - många fall har också undergått rättslig prövning. Hur detta fördelar sig redovisas närmare i bil. 4.

De fem senaste årens många rättsfall rörande fuktskador har skapat ett antal prejudikat som numera kan "åberopas till

Fördel" för husägare då det gäller vem som skall bekosta de nödvändiga reparationerna. Husägare kan sålunda idag få sina fall rättsligt prövade med utsikter till framgång. De psykiska lidanden som sådana processer i de flesta fall innebär för husägaren går det dock sällan att få någon ersättning för.

Som framgår av bil. 4 är det i de flesta fall en byggnadsentreprenör som är husägarens motpart och som ådöms skadestånd eller reparationsåtaganden. I många fall har nog detta varit fullt berättigat men det synes nu föreligga en farlig tendens att mera generellt göra byggnadsentreprenörerna till syndabockar för fuktskador. Skälet är att det egentligen bara är mot byggnadsentreprenörerna man kan rikta anspråk på ansvar i byggprocessen - myndigheter, projektörer och kontrollanter har inget ekonomiskt ansvar i sammanhanget!

Analysen av det föreliggande faktamaterialet visar emellertid att de fel som ytterst orsakat fuktskadorna ofta ligger mycket tidigare i byggprocessen än i själva byggandet - och ibland även senare (husägaren själv).

Det är ofta normfel eller projekteringsfel eller kombinationer av dessa som i sin tur orsakar de byggfel som entreprenören fälls för!

Orsakerna till detta kan i korthet beskrivas på följande sätt:

- det finns inga, till den praktiska verkligheten anpassade, marginaler i många av de normer som skall tillämpas t.ex. då det gäller material för kapillärbrytande skikt eller fuktspärrar.

- det finns inga gränser för hur olämplig mark en kommun får upplåta för byggande av enbostadshus - eller minimi-krav på förberedande av sådan mark t.ex. beträffande vattenavrinning eller utdikning.
- projektörerna arbetar med standardritningar i stor utsträckning, gör slentrianmässiga beskrivningar hänvisande till AMA, m.m. - ofta utan anpassning till de lokala förhållandena t.ex. beträffande "väderläge", topografi eller markbeskaffenhet.
- ordentliga geotekniska undersökningar är sällsynta då det gäller småhusbyggande.
- Byggnadsnämndens normalkontroller får inte tas till intäkt för att allting är riktigt. Ansvariga arbetsledare måste få mycket större både ansvar och befogenheter i dessa sammanhang.
- det saknas normer och säkerhetsföreskrifter för byggande vid otjänlig väderlek.
- det finns ännu alltför mycket ogjort då det gäller information till husägaren om hur man sköter ett hus, isynnerhet då det är nybyggt - trots ansatser i denna riktning på senare år.

En annan konsekvens av ovannämnda tendens då det gäller att göra byggnadsentreprenörerna ansvariga för fuktskadorna är att man för reparationsåtgärderna nästan undantagslöst väljer de dyraste metoderna - det skall ju förhoppningsvis inte bli husägaren som skall betala! Som framgår av föreliggande rapport finns det ganska tillförlitliga metoder att åtgärda

fuktskadade hus som också är ganska billiga.

Min slutsats då det gäller fuktskadornas juridiska konsekvenser är sålunda att det sannolikt behövs ett mera nyanserat synsätt både beträffande den som bär det yttersta ansvaret och vilka reparationsåtgärder man behöver tillgripa.

Kostnader

Det har inte varit något primärt syfte att i projektet studera kostnaderna för reparationsåtgärder. Vid faktainsamlingen har emellertid ganska utförliga kostnadsuppgifter kommit med "på köpet" i de flesta fall - en summarisk översikt av kostnadsnivåerna redovisas i bil. 5.

Den avgjort högsta kostnadsnivån gäller gruppbyggda källarlösa hus - det är också denna typ av skadeobjekt som har den högsta andelen rättsfall (se bil. 4). Det finns antagligen ett samband mellan dessa förhållanden, som kan tolkas så att man här kollektivt orkat med att driva den rättsliga prövningen till slut utan förlikning och därigenom kunnat få ut maximala skadestånd.

Då det gäller enstaka källarlösa hus är kostnadsspridningen mycket stor varför jag här har gjort en grov uppdelning på olika åtgärdstyper. Av materialet framgår då att det även här är de rättsligt prövade fallen som blir den högsta kostnadsnivån - de som själva fått bekosta sina reparationer har valt billigare reparationsmetoder.

För kategorin hus med källare visar det sig att större delen av kostnaderna för reparationen gäller markarbeten av olika slag, för åtgärder inomhus är kostnaderna relativt små.

Vad som är verkligt skrämmande är att den genomsnittliga kostnadsnivån är så hög som över 100 000 kronor per hus. Om det t.ex. återstår att reparera ca 50 000 enbostadshus rör det sig sålunda om investeringar på ca 5 miljarder kronor de närmaste åren. Detta indikerar ett avsevärt lånebehov som, vid fortsatt kreditåtstramning, måste kunna tillgodoses på något särskilt sätt t.ex. någon form av "fuktskadekredit".

Återfall

Vid urvalet av studieobjekt och vid analysen av faktamaterialet har jag varit särskilt angelägen att hitta sådana skadefall för vilka reparationsåtgärderna misslyckats - d.v.s att fuktproblemen återkommit och fått åtgärdas igen. Tyvärr (eller lyckligtvis!) har jag funnit endast ett fåtal sådana återfall.

Förhoppningsvis innebär detta att det i huvudsak ställts riktiga diagnoser och vidtagits riktiga åtgärder. Det kan emellertid vara så att det ännu förflutit för kort tid efter vidtagna åtgärder för att fuktsymtomen skall ha hunnit visa sig igen. I flertalet studerade skadefall har nämligen reparationsåtgärderna vidtagits under 1982 eller senare. Egentligen borde en uppföljning göras om ungefär två år.

De få återfall som noterats redovisas i bil. 6.

Det gäller huvudsakligen de källarlösa husen. I några fall har man ställt rätt diagnos men vidtagit otillräckliga åtgärder - man har åtgärdat dräneringen, sanerat, lagt ny fuktspärr och ersatt skadade och uppbrutna delar med nytt material. Fuktbelastningen på bottenplattan har emellertid

förblivit hög, fuktspärren har varit dålig, mögelbetingelserna kvarstår och mögellukten har återkommit. Förutom den otillräckliga fuktspärren har en bidragande orsak antagligen varit att man inte kunnat byta ut det kapillärbrytande materialet under plattan, av kostnadsskäl. Enbart förbättrad dränering har inte varit tillräckligt.

Den vanligaste typen av "återfall" beror på feldiagnos - man har bedömt skadeorsakerna vara byggfukt och den enda åtgärden har varit en rejäl uttorkning av byggnaden efter sanering. Fuktskadorna har sedan återkommit. Man har då konstaterat för höga fuktbelastningar i bottenplattan, som inte kan ha med byggfukt att göra och har därför vidtagit mera omfattande åtgärder som sannolikt är riktiga.

Här bör tilläggas att det i utredningsmaterialet inte förekommer några ytterligare fall där diagnosen varit "byggfukt" och där åtgärderna visat sig tillräckliga. Detta kan naturligtvis bero på det begränsade urvalet av studieobjekt - men det kan också vara en indikation på att byggfukt mycket sällan är den egentliga orsaken till allvarligare fukt- och mögelskador kopplade till bottenplattan i källarlösa hus.

Däremot kan byggfukt åstadkomma rötskador och även mögelangrepp på andra husdelar - men denna typ av skadefall har uteslutits i föreliggande projekt.

Sammanställning

Den tväranalys av faktamaterialet som gjorts har framför allt tagit sikte på att precisera olika reparationsåtgärder och relatera dessa till bl.a. symtom, skadetyper, skadeorsa-

ker, etc. - men även att spåra eventuella tendenser eller gemensamma nämnare.

De metoder som används för att åtgärda de olika skadefallen redovisas i ett följande rapportavsnitt "reparationsåtgärder". Där lämnas också synpunkter på olika metoders lämplighet vid åtgärdande av fuktskador och även beträffande användning vid nybyggnad för att undvika fuktskador.

Vad jag har kunnat finna i materialet av genomgående tendenser eller någorlunda entydiga "gemensamma nämnare" är i huvudsak följande:

- i nästan samtliga studerade skadefall är "obehaglig lukt" ett av symtomen - ibland det enda. Ibland anges ganska entydigt mögellukt, men ofta är lukten svår att definiera. Lukten är nästan alltid det tidigast uppträdande symtomet - längre fram kan man upptäcka fuktfläckar och andra synliga skador.

Av detta kan man dra två slutsatser. För det första att det krävs mer information till husägare om att vara uppmärksamma på främmande lukter och att reagera snabbt om man misstänker något. För det andra att det kanske behövs särskilt anpassade analysmetoder för lukter och deras koncentrationer, så att man också kan finna luktkällan. (I min BFR-rapport 1981 framkastade jag möjligheten att utbilda "mögelhundar" - något som lär ha prövats med framgång nyligen).

- i nästan alla studerade skadefall (med undantag för skador i samband med tilläggsisolering) är någon skadeorsak, ofta alla, att finna utanför byggnaden. Det är alldeles uppen-

bart att de flesta felen begås vid markplanering, markarbeten och arbeten i anslutning till grundmur eller grundplatta - det kan vara normfel, projekteringsfel, kontrollfel, byggfel eller kombinationer därav. Uppenbarligen är det på detta område som kunskap, utbildning, normer och metoder måste förbättras för att man skall undvika fuktskador i framtiden.

- ovannämnda "yttre fel" skall ses som primärorsaker till fuktskador - de skapar förutsättningarna för att skador kan uppstå. Det finns sedan en mängd sekundärorsaker (huvudsakligen byggslarv eller felaktiga materialval) som inte i sig själva skulle orsaka fuktskador om inte primärorsakerna funnits. Ofta är en sekundärorsak en sorts "utlösningfaktor". Mer än hälften av de studerade skadefallen synes härröra från sådana kombinationer av primärorsaker och sekundärorsaker.
- åtgärder för att undanröja primärorsaker blir nästan undantagslöst mycket dyrbara - omvänt är åtgärder mot sekundärorsaker mindre kostsamma. Det finns mycket som tyder på att riktiga åtgärder för att undanröja sekundärorsaker kan vara tillräckliga för att eliminera fuktskaderisker. Det finns dock ont om sådan expertis som rätt kan bedöma detta.

REPARATIONSÅTGÄRDER

Det ligger i sakens natur att man vid fuktskadefall ofta måste ta bort fuktskadat material och ersätta det med nytt. Som regel krävs också sanering. Dessutom måste man i de allra flesta fall åtgärda själva skadeorsaken genom mer eller mindre omfattande arbeten. Man kan logiskt dela upp reparationsåtgärderna i följande tre kategorier:

Sekundäråtgärder - upptagning av hål, provtagningar, provborrning, m.m. i samband med felsökning och diagnos, flyttning av fast och lös inredning, bortrivning av skadade byggdelar samt återställning.

Sanering - en nödvändig åtgärd i alla fall av mögelförekomst eller uppenbar risk för mögelbildning, borttagning av lukt, m.m.

Primäråtgärder - vad som måste göras för att fuktskadorna inte skall återkomma, sedan man fastställt skadeorsaken eller -orsakerna.

Alla dessa åtgärder är förenade med kostnader som drabbar husägaren - ibland kan han få ersättning helt eller delvis. Reparationsåtgärderna innebär emellertid också alltid stort obehag och psykiskt lidande för de boende, något som de aldrig får rimlig ersättning för.

Sekundäråtgärder

Vad som här avses med sekundäråtgärder är antingen utredning, undersökning och provtagning eller byggnadsarbeten och transporter. Det är i huvudsak "konventionellt" arbete

enligt gängse byggteknisk praxis - och ägnas därför inte här någon närmare analys.

Man kan bara konstatera att sekundäråtgärderna i allmänhet svarar för en mycket stor andel av den totala reparationskostnaden. Ett undantag är fuktskador i tilläggsisolerade hus där det vanligen är primäråtgärderna som blir kostsammast.

Orsaken till att sekundäråtgärderna ofta blir så omfattande är tidsfaktorn. Det framgår ganska klart av utredningsmaterialet att flertalet sekundäråtgärder i många fall skulle kunnat undvikas helt - om husägaren agerat på ett tidigare stadium och man med rätt primäråtgärder kunnat eliminera eller "avsnöra" skadeorsaken. Det gäller särskilt sådana skadefall där mögellukt varit enda symtomet. Om betingelserna för mögelbildning avlägsnas genom rätt primäråtgärd och huset saneras rätt behöver kanske ingenting rivas bort och ersättas med nytt.

I den mån som kunskaperna om fuktproblemen ökar och expertis utbildas i större omfattning skulle man kanske kunna införa en "fuktbesiktning" av nybyggda småhus - inom ett år efter inflyttningen.

Då det gäller källarlösa hus händer det att flertalet sekundäråtgärder kommer att ingå i primäråtgärden. Det är när primäråtgärden innebär påläggning av ny fuktspärr över hela bottenplattan. Min uppdelning i åtgärds-kategorier är sålunda inte helt konsekvent.

Vissa uppgifter om sekundäråtgärder och deras kostnader finns i bil. 5.

Sanering

Eftersom det i flertalet fuktskadefall förekommer mögelbildning eller finns påtagliga risker för mögelbildning, är sanering en nödvändig och viktig åtgärd.

Man kanske kan säga att ersättning av rötskadat virke och annat skadat material är en form av sanering - detta har jag emellertid hänfört till ovannämnda sekundäråtgärder. Med sanering avses här efterbehandling av mögelhårdar och svampangrepp m.m. med kemikalier (fungicider) eller ozon samt definitiv borttagning av obehaglig lukt genom ozonering.

I andra industriländer används ozon i reningssammanhang i mycket stor utsträckning men här i Sverige är kunskaperna om och användningen av ozon ganska obetydliga. De många fuktskadefallen på senare år har emellertid skapat nya användningsområden för ozon och man börjar också uppmärksamma denna märkliga gas även som ersättning för klor vid vattenrening, m.m.

Jag har varit i kontakt med två av de få specialister vi har, Lars Peter Larsson i Eskilstuna och Harry Krüger i Stockholm. Information om ozon, dess uppbyggnad och egenskaper, har jag sammanställt i bil. 7.

Då det gäller mögelsanering måste man komma ihåg att

ingen sanering har bestående effekt om betingelserna (viss fuktighet och viss temperatur) för mögelbildning kvarstår - mögelsporer finns överallt. Fungicider har nästan ingen långtidseffekt alls, ozon har, enligt uppgift, verkan upp till ett halvår. En annan skillnad mellan fungicider och ozon är att fungiciderna inte tar bort den obehagliga lukten - en ozonbehandling är sålunda alltid nödvändig där obehaglig lukt förekommit.

Det är inte bara mögel som orsakar luktbesvären - illaluktande och även farliga gaser kan bildas genom kemiska processer i olika material som fortlöpande hålls fuktiga eller är i kontakt med en fuktig yta.

Den vanligaste orsaken till de återfall som analyserats i projektet är just bristande sanering i samband med reparationsåtgärderna. Med sanering avses därvid inte bara olika former av kemisk behandling utan även rensning och rengöring. Det är utomordentligt viktigt att alla rester av skadat material avlägsnas innan de slutliga reparationsåtgärderna utförs. I källarlösa hus är det t.ex. nödvändigt att fullständigt avlägsna limrester och dylikt från bottenplattan innan den beläggs med något nytt.

Bland det intressantaste jag funnit i utredningsmaterialet är användningen av ozon på olika sätt. Detta är otvivelaktigt ett utvecklingsområde, där man med förbättrade kunskaper och kompletterande säkerhetsföreskrifter bör kunna finna vägar att komma tillrätta med mögelproblemen på effektivare och billigare sätt än hittills.

Anticimex har i några saneringsuppdrag använt en av Peter Larsson, Eskilstuna, utvecklad apparatur, Maxozon. Man kan med denna effektivt döda mögelhärddar t.ex. i väggar, utan att först riva upp hela väggen och sedan återställa den. Ozonet "trycks in" i väggen, bildligt talat. Samtidigt sker en fullständig eliminering av mögellukt.

I Skåne har Harry Krüger gjort en annan mycket intressant installation. Det gäller fem mögeldrabbade hus där diagnosen är osäker men pekar emot att man antagligen skulle behöva göra om hela grundläggningen (platta på mark). Husägarna har inga möjligheter att klara de kostnader detta skulle medföra. Istället har de fem husen med enkla rör i marken kopplats till ett litet, stationärt ozoneringsaggregat och en fläkt. Kostnaden har kunnat hållas till ca 5.000 kronor per hus. Två gånger om året ozonbehandlas husen vilket innebär att ingen då kan vistas i husen under ca 12 timmar. De fem husägarna har utan större svårigheter kunnat acceptera denna olägenhet och samordna "utrymningen". Under de drygt två år som systemet fungerat har husägarna varit helt befriade från alla mögelbesvär. Att man valt behandling i två omgångar per år är en säkerhetsåtgärd - det är ganska sannolikt att det skulle kunna räcka med behandling endast en gång om året eller t.o.m. mindre.

De två ovannämnda metoderna är kanske inte generellt användbara men är intressanta exempel på ozonets möjligheter. Med forskning och ökade kunskaper på detta område kan man antagligen utveckla metoderna och även finna nya intressanta lösningar. Detta bör vara angeläget eftersom mögelbildning och mögellukt är den definitivt vanligaste

olägenheten i hus med fuktproblem. Man eliminerar visserligen inte fuktskadeorsaken men man slipper den obehagligaste effekten därav. I många fall är mögelproblemet den enda olägenheten av fuktskadan. I andra fall då fukten också på sikt kan åstadkomma rötbildning på trävirket eller på annat sätt äventyra husets bestånd, måste givetvis andra metoder tillämpas.

I en skrift från BFR (T7:1984) har B Axén, A Hyppel och S Moqvist särskilt kommenterat saneringsåtgärder och även angivit utvecklade saneringsmetoder. Man har dock där huvudsakligen inriktat sig på kemiska bekämpningsmedel.

Det är emellertid min uppfattning att det också kan vara värdefullt med ytterligare forskningsinsatser avseende användning av ozon i saneringssammanhang. Det krävs fördjupade och vidgade kunskaper och erfarenheter kring denna intressanta - och farliga - gas.

Primäråtgärder

Det är primäråtgärderna som skall garantera att fuktskadorna inte återuppstår. Som tidigare berörts och som översiktligt redovisas i bil. 3 kan man särskilja tre olika åtgärds-kategorier.

Kategori I Primäråtgärder som direkt angriper bedömda orsaker till fuktskador är t.ex.:

- förbättrad ytvattenavrinning, det kan gälla dagvatten från egen och/eller andra tomter, vatten från stuprör, etc. Förekommer vid objekt med platta på mark,

krypgrund och källare. Åtgärder av detta slag borde inte behöva förekomma om kommunerna planerade tomtområdena rätt och byggherrarna gjorde ordentliga geotekniska förundersökningar! Vissa skadefall har uppstått genom att dagvattenbrunnar inte räckt till vid kraftiga regn, så att återgångsvatten tränger upp i golvbrunnar i källare. En uppfinnare, Gert Söderström (08/754 76 97) har utvecklat en ny brunnstyp som eliminerar denna risk.

- dränering, där dränering är obefintlig eller har utförts så dåligt att den måste förbättras samt för omläggning av äldre dräneringssystem som satts igen. Förekommer vid objekt med platta på mark, krypgrund och källare. Mycket ofta förekommer dräneringsåtgärder i samband med ovannämnda åtgärder för ytvattenavrinning. Det är ganska sällan som enbart dräneringsåtgärder är tillräckliga för att eliminera fuktskaderisker. Man får ett intryck av att dräneringsåtgärder ofta vidtas som en extra säkerhet, eftersom de är förhållandevis enkla att utföra.

- åtgärder då det kapillärbrytande skiktet är otillräckligt och/eller av felaktigt material. Det gäller objekt med platta på mark och ibland krypgrund. Detta är ett av de vanligaste och kanske det mest svårlösta problemet som orsakar fuktskador. Vanligen tillgriper man åtgärder enligt kategori II eller kategori III eftersom det knappast finns möjligheter att till rimliga kostnader byta ut ett kapillärbrytande skikt under ett befintligt hus. Vissa försök att direkt åtgärda det kapillärbrytande skiktet har dock gjorts:

Konsultföretaget Tyréns i Stockholm har prövat en metod att genom ett hål i betongplattan blåsa ner vanlig rums-luft så att det bildas ett visst övertryck i det kapillär-brytande skiktet. Redan efter någon månad har den relativa fuktigheten under plattan sänkts avsevärt. En förutsättning måste dock vara att luften får utlopp någonstans. Metoden kan vara en i många fall enkel och billig väg att komma åt problemen med fuktiga plattor på mark och eliminera mögelriskerna i många fall.

En annan metod kan vara att via ett hål mitt på grund-plattan suga ut det felaktiga kapillärbrytande materialet och stegvis ersätta detta med en ické kapillärsugande 3-komponentsmassa (Berndt Liljegren, 0301/111 53).

Man har också prövat en metod att utifrån trycka in drä-neringsrör under bottenplattan och sedan ventilera rö-ren för att få uttorkningseffekt. (BFR-rapport 820355-7, Hartzen, Nilsson, Sandqvist).

Några åtgärder enligt nyssnämnda metoder förekommer inte i det faktamaterial som utgör underlag för denna rapport.

- särskilda åtgärder beträffande kryppgrunder - bortrensning av diverse "kvarglömt" organiskt material, utjämning och påläggning av ren sand, uttorkning, förbättrad ven-tilation, påläggning av plastfolie, etc. Vanligen är det kombinationer av sådana åtgärder. De flesta skade-fallen har orsakats av kvarstående vatten inne i krypp-grunden, då fordras också en sorts "utdikning" - och därefter fall på marken i kryppgrunden. Några av de åter-fall som noterats beror på att man glömt sanera ordent-

ligt - något som är lika viktigt i krypgrunden som i huset i övrigt. Man har prövat olika metoder att koppla utrymmet i krypgrunden till husets ventilationssystem - det är tveksamt om sådana åtgärder utgör någon garanti mot fuktskador i längden. Den av Skanska utvecklade s.k. riksgrunden är t.ex. ventilerad med innerluft.

Skanska har också utvecklat en ny modell för grundläggning av källarlösa hus, TEC-grunden, där man med en tryckfallsduk delar kryprummet i två horisontella skikt. Förvärmad tilluft förs ovanför duken och frånluften tas från undersidan av duken. Man anser att detta kan bli en garanterat fuktsäker metod. Den är avsedd för nybyggnad men i princip borde man faktiskt också kunna använda samma idé för åtgärdande av fuktskadade befintliga hus.

- utvändiga åtgärder vid källarväggar - vanligen en kombination av ny fuktisolering, förbättrad dränering och nytt, och lämpligare, återfyllnadsmaterial. Om det gäller relativt nybyggda hus är orsakerna vanligen olika former av byggsjarv - gäller det äldre hus är det huvudsakligen just åldern som är orsaken.

Det mest iögonenfallande vid betraktelse av ovannämnda primäråtgärder är att de egentligen inte berör själva huskroppen. Innebörden av detta är värd att poängtera:

De flesta, och allvarligaste, fel som leder till fuktskador på enbostadshus, begås innan huset börjat byggas - eller i det allra tidigaste grundläggningsskedet.

Detta beror antagligen på att man i alltför hög grad inriktat sig på de rent byggnadstekniska problemen då det gäller forskning, utbildning, normering, planering, projektering och kontroll. Det är nödvändigt att ägna de förberedande och allra tidigaste byggskedena samma uppmärksamhet!

Kategori II Då man har svårt att med säkerhet ställa rätt diagnos eller då fuktskadeorsaken är mycket svår att åtgärda (t.ex. kapillärbrytande skikt) får man försöka att istället avskärma huset, eller del därav, mot varje form av fuktinträngning. Exempel på denna typ av primäråtgärder är:

- användning av vattentät betong genom gjutning eller injicering, vid svårartade fuktproblem i källare eller souterrainplan.
- utläggning av en hermetiskt tät, fuktsäker "hud" över bottenplattan i hus med platta på mark. Plattan kan då fortsätta att ha 100% relativ fuktighet utan att tidigare fuktskador skall behöva återkomma. Detta kan vara en betydligt billigare metod än att försöka sänka den relativa fuktighetshalten i bottenplattan med andra metoder.

En sådan total "fuktavskärmning" kräver emellertid ett utomordentligt noggrant arbete vid utförandet och ställer mycket höga krav på själva spärrskiktets kvalitet. Särskilt komplicerat kan det bli om skiktet måste dras ut under ytterväggarnas syllar respektive där bärande mellanväggar

kommer ned på plattan. De material som används måste uppfylla betydligt högre krav än minimikraven på fuktspärrar enligt gällande normer. I utredningsmaterialet finns ett par exempel på försök att tillämpa denna metod - i det äldsta fallet har man konstaterat återfall, sannolikt beroende på att arbetet inte utförts tillräckligt noggrant.

Svenska Platon AB har nyligen fått typgodkännande på en utarbetad avskärningsmetod enligt ovan - huvudsakligen avsedd för nybyggnad av hus med platta på mark. Metoden beskrivs något närmare i bil. 8. I princip borde metoden också kunna tillämpas på redan befintliga hus med platta på mark och den typ av fuktskada som skulle bli mycket dyrbar att primäratgärda på annat sätt. Något fall där detta tillämpats ingår dock inte i utredningsmaterialet.

Kategori III Som primära bör man också räkna sådana åtgärder som väsentligt ändrar betingelserna för att fuktproblem skall uppstå - utan att egentligen eliminera själva fuktkällan som enligt kategori I. De flesta primäratgärderna enligt kategori III är förknippade med någon form av ventilation, t.ex.:

- anbringande av en ventilerbar luftspalt mellan en effektiv fuktspärr och den yta som avger fukt t.ex. en platta på marken eller en källarmur. Exempel på detta är användning av Platonmatta - ett relativt hårt fuktsäkert plastmaterial med upphöjningar som skapar luftspalten. Ett mycket stort antal av de i utredningsmaterialet ingående fukt-skadefallen har åtgärdats på detta sätt - det gäller huvudsakligen hus med platta på mark, där golvmaterialet skadats av fukt och (som regel) mögel har bildats. Luftspalten under Platonmattan ventileras via öppna slitsar

vid golvsocklarna i rummen. Rätt utfört förefaller detta vara en användbar metod - antingen som enda åtgärd i enklare skadefall eller i kombination med andra primäråtgärder har Platonmattan använts på ett ungefär motsvarande sätt i några skadefall i utredningsmaterialet - med tillfredsställande resultat.

- en metod som utvecklats av AVS-Konsult i Glanshammar innebär installation av ett mekaniskt ventilationssystem för undertrycksventilation i uppreglade golv på betongplatta med tilluft från boutrymmet via ventiler. Det är en förhållandevis billig metod som i kombination med värmewäxlare och värmepump förbättrar boutrymmets ventilation, med god driftsekonomi. De fall i utredningsmaterialet där detta system tillämpats har varit hus med platta på mark och uppreglade golv. Åtgärderna synes ha fungerat tillfredsställande. Enligt uppgift kan systemet också tillämpas i fall med platta på mark utan uppreglade golv, varvid man dels ventilerar vid syllarna och dels även under grundplattan. Det är kanske tveksamt om detta är en tillförlitlig åtgärd i svårare fall. Däremot bör systemet kunna fungera bra även i fuktdrabbade bjälklag över kryppgrunder.
- i en del fall har man konstaterat att mögelangrepp uppstått enbart av den orsaken att husets ventilation varit för dålig. Efter ordentlig sanering har man med ett förbättrat ventilationssystem i huset och kontrollerbar luftfuktighet blivit av med alla mögelbesvär.
- inläggning av speciella spärrskikt mot fuktvandring - vanligen vid fuktproblem i samband med tilläggsisoleringsringar.

Gemensamt för de metoder som tillhör kategori III är att man genom kontinuerlig uttorkning och kontrollerbar luftfuktighet eliminerar betingelserna för mögelbildning. Ingen av dessa metoder är generellt användbar utan måste anpassas mycket noga till varje enskild fuktskadetyp. Ganska ofta kombineras åtgärder enligt kategori III med någon eller några av åtgärderna enligt kategori I varvid endera åtgärden kan betraktas som en extra säkerhetsåtgärd för att den andra åtgärden skall fungera.

Värt att särskilt notera i detta sammanhang är att man i nästan samtliga studerade skadefall från hus byggda efter 1973 har konstaterat otillräcklig ventilation. Eftersom fuktskador uppstått har man sedan letat efter - och funnit - andra skadeorsaker, som åtgärdats. En obehaglig och obesvarad fråga uppstår då: Skulle fuktskadorna kanske ändå ha uppstått, enbart på grund av den dåliga ventilationen (och därigenom den höga relativa fuktigheten hos innerluften)?

Enligt min uppfattning är nog detta fullt möjligt i åtskilliga fall, vilket leder till påståendet att alla småhus borde ha mekanisk, fuktkontrollerad ventilation med värmeåtervinning - om man vill undvika fuktproblem och samtidigt vara tillräckligt energisnål!

Även om det är höjt över allt tvivel att alltför mycket byggfel begås, att det görs projekteringsfel i stor utsträckning och föreligger vissa norm- och kontrollfel, har ventilationsfrågan kommit alltför mycket i skymundan i fuktdebatten. Detta går ganska lätt att "läsa mellan raderna" i det utredningsmaterial jag arbetat med. Endast i undantagsfall har man direkt åtgärdat ventilationen - men i nästan samtliga fall har man konstaterat dålig ventilation, utan åtgärd, av rädsla för energiförluster.

INFORMATIONSKÄLLOR

1. Eget källmaterial från tidigare BFR-projekt (801463-9), ett 50-tal utvalda skadefall.
2. K-Konsult, 85 utredningar (Johan Idvall) avseende 143 skadefall i enstaka eller gruppbyggda hus.
3. Advokatforum (Bengt Sternung), 183 skadefall (5 enstaka, 178 gruppbyggda).
4. FUKTA-Konsult HB (Dan Gustavsson), Tvååker - 7 skadefall.
5. Svenska Platon AB, Solna, ett 30-tal projekt.
6. AVS-Konsult, Glanshammar, 7 projekt.
7. Geolog Hans Lindquist AB, Deje, information.
8. Munters Torkteknik AB, Västra Frölunda, information.
9. BARAB, Stockholm, Information.
10. Lars Peter Larsson, Eskilstuna (Anticimex), information.
11. Ingenjörsfirma H. Krüger, Enebyberg, information.
12. AB FASENTA, Danderyd, information.

BFR 830945-4

FUKTSKADEFALL

Bilaga 2

NR:

ORT :

BYGGN.ÅR:

HUSTYP :

BOST.YTA:

KONSTR.:

GRUNDL.:

MARK:

ANM.

SYMPTOM,
SKADOR

NÄR?

ANMÄLT:

NÄR?

ORSAK:

FELTYP:

ÅTGÄRD:

FÖRSLAG:

VIDTAGEN.

RESULTAT:

KOLL.

RÄTTSFALL:

UTSLAG:

ANM.

DOKUMENTATION

FÖRDELNING AV PRIMÄRÅTGÄRDER PÅ OBJEKT

KATEGORI	OBJEKTYP	platta på mark		krypgrund		källare		tilläggs- isolering	
		grupp	enstaka	grupp	enstaka	kondens	inträngn.		
I	PRIMÄR- ÅTGÄRD	TOT.ANPAL		SKADETYP					
		286	57	102	10	19	16	79	16
		märkbjälklag		märkbjälklag		kryprum		kondens inträngn.	
II	Yttre markarb. + dränering Förbättrat kryputryme Utv.förbättr. vid vägg Injicering Förbättrad fuktspärr "Avskärmning"	272	55	36	10			79	
		91	21	102	10	19			3
			6						
III	Frånluft i kryputryme Platomatta på golv Mek. undertrycksventilation Bättre ventilation Spärrskikt	86	27	14	3				
		12	5		6				
		45				16	19	9	12

OBS! Siffrorna i kolumnerna skall inte adderas, emedan ofta flera åtgärder vidtagits på samma objekt.

RÄTTSFALL

OBJEKTYP	Totalt antal objekt	ANTAL RÄTTSFALL/MOTPART		
		Kommun	Entreprenör	Tidigare ägare
platta på mark	grupp 286	106	144	-
	enstaka 57		18	1
krypgrund	grupp 102	-	102	-
	enstaka 29	-	10	2
källare	95	-	16	48
tilläggsisolering	16	-	-	1

KOSTNADSNIVÅER

OBJEKTYP		KOSTNADSNIVÅER (1.000 kr)		
		primäråtgärder	sanering	sekundäråtgärder
platta på mark	grupp	150	15	80
	enstaka	80	12	70
krypgrund	grupp	90	8	30
	enstaka	60	8	25
källare	enstaka	70	3	30
tilläggsisolering	enstaka	15	3	10

"ÅTERFALL"

Typ av åtgärd (se bilaga 3)	Totalt antal åtgär- der	Antal återfall	Sannolika orsaker
Yttre markarb. + dränering	452	7	Otillräckligt *)
Förbättr. kryputrymme	131	1	Dålig sanering
Utv. förbättr. vid vägg	51	-	
Injicering	3	-	
Förbättr. fuktspärr	112	3	Dålig sanering
"Avskärmning"	6	1	Åtgärden illa genomförd
Frånluft i kryputrymme	17	-	
Platonmatta på golv	119	1	Förspikad ventilationsspalt vid sockel
Mek. undertrycksvent.	17	-	
Bättre ventilation	89	3	Otillräckligt
Spärrskikt	12	-	

*)

I samtliga fall objekt med platta på mark - på för dåliga kapillär-
brytande skikt. Nödvändigt komplettera med ytterligare åtgärder
(typ "avskärmning").

Användning av OZON.

I Sverige används Ozon industriellt f n i begränsad omfattning, bl.a. inom mögelsaneringar, luktsaneringar (matos, fiskluk, brandluk)mm. Ozonet som sådant lämnar i stort inga påvisbara rester efter en Ozonering. Positiva erfarenheter från användning av Ozon i dricksvatten finns lång tid tillbaka kokumenterade från anläggningar i Canada, Frankrike, Västtyskland och Sovjet. I Frankrike daterar sig användningen av Ozon cirka 70 år tillbaka. I USA har man först nu under de senaste 5-10 åren börjat använda Ozon för vattenbehandling. I dag finns ett flertal anläggningar i gång eller i olika stadier av utveckling. Vad som framför allt i USA aktualiserat intresset för Ozonering är den förutsedda nödvändigheten, att inom en snar framtid tvingas återanvända renat avloppsvatten. Ozonets egenskaper:

Ur syre bildas Ozon genom att syremolekylerna först sönderfaller till syreatomer varefter dessa förenar sig med syremolekyler till Ozonmolekyler. Reaktionen fordrar energi. Denna fås bl.a. genom högspänningsaggregat. Ozon bildas också i mindre mängd genom UV-strålning (130 - 170 nm).

Vid svenska västkusten har mätningar av Ozonhalten över de normala bakgrunds nivåerna (0.01 ppm - 0.05 ppm) uppträtt sommartid. Vid flera tillfällen har varje sommar halter över 0.10 ppm uppmätts. Högsta observerade entimmarsmedelvärde har varit 0.20 ppm.

Ozon är en instabil blå gas med en karakteristisk lukt. Grekiska ordet OZEIN = att lukta. Lukttröskeln är ca 0.015 ppm. Hygieniska gränsvärdet för Ozon i Sverige är 0.1 ppm (0.2 mg/m³luft) för exponering under en 8 timmars dag. Såsom skyddsutrustning över tillåtna värden bör tryckluftsapparat användas.

Ozonet har visat sig effektivt kunna förstöra sulfider, cyanider, tiocynat liksom pesticider. Ozonet dödar virus och bakterier. Det har stark effekt på fecala bakterier. Eter, alkohol, lysgas eller bomull indränkt med terpentinolja antänds av Ozon. En koncentration i luft över 25 % är explosiv (250.000 PPM). Flera växter skadas svårt redan då de under två timmar utsätts för en Ozonhalt av 0.25 ppm.

L P Larsson

Matr. hämtat från bl.a. Skandia tips, ärgång 14 nr 3 nov-79

Några typiska exempel på utnyttjandet av ozon

Ozons enastående och unika egenskaper gör att man ständigt finner nya användningsområden för denna gas, som snabbt förmår förgöra t.o.m. de intensivaste odörer, döda bakterier och sporer samt inaktivera virus.

Det faktum att endast luft och elektrisk ström erfordras för att alstra ozon, gör att man är helt oberoende av några som helst kemikalier. En modern ozonproducerande enhet - en ozonator - har ett mycket lågt energibehov, vilket gör ozonet billigt att framställa.

Bland de otaliga användningsområdena för ozon kan nämnas utnyttjandet av denna gas i samband med luftkonditionering. Genom att mata begränsade mängder ozon till den återcirkulerande och redan tidigare uppvärmda luften, befrias denna luft från lukt och mikroorganismer, vilket innebär att volymen återcirkulerad luft kan ökas betydligt, samtidigt som intaget av ny kall luft utifrån reduceras i motsvarande grad. Detta medför naturligtvis avsevärda kostnadsreduceringar då det gäller uppvärmningen av fastigheter. Det är inte alls ovanligt att man, från att tidigare ha utnyttjat återcirkulerad luft och ny kall luft i proportionerna 50 : 50, efter installationen av en ozonator ändrat dessa proportioner till 80 : 20. Med beaktande av vårt kyliga vinterklimat och de ständigt stigande kostnaderna för eldningsolja, är det lätt att inse vilka inbesparingar ozonet kan ge i detta sammanhang.

Världen över utnyttjas ozon i allt större omfattning för desinfektion i vattenreningsverk. Ozonet är helt överlägset klor, som ännu används i många vattenverk. Ozonet kräver en avsevärt mycket kortare kontakttid med vattnet än vad som är fallet med klor. Ozonet ger inte vattnet någon som helst lukt eller smak och emedan ozonet inom kort tid åtgår till sin ursprungsför - oxygen, finns det ingen möjlighet för att ozon skall nå vattenkonsumenten. Ozonet eliminerar färg, lukt och smak hos vattnet, reducerar det fria innehållet av koldioxid, ökar oxygeninnehållet, samtidigt som det utfällor Fe, Mn etc. Ozonet har även förmågan att förgöra spår av fenol och liknande ämnen, i motsats till vad fallet är med klor, som producerar klorerade ämnen med otillfredsställande smak och som innebär risker för uppkomsten av cancer.

Ozon användes i allt större omfattning även i samband med nyutvecklade processer för desinfektion av avloppsvatten och representerar ett nytt och högseffektivt vapen i kampen för en effektivare miljökontroll.

För neutralisering av utströmmande och illaluktande gaser från olika slag av industrier, som ofta kan vara mycket besvärande för omgivningen, har man allt mer börjat utnyttja ozon, med utmärkta resultat som följd.

I samband med bränder, är det lätt att över en enda natt kunna förgöra lukten av brandrök i en fastighet samt för att befria rökskadade textilier, stoppade möbler, pälsar etc. från lukten av brandrök. I motsats till vad som är fallet vid användandet av dyra kemiska preparat, som enbart förmår maskera den missagliga lukten med en doft av citron, tallbarr eller dylikt, förmår ozonet helt eliminera missagliga odörer - utan att tillföra de behandlade objekten några som helst främmande ämnen. Med utnyttjande av en SONOZAIRE ozonator är det enkelt att avlägsna lukter av bl.a. matos, gammal inpyrd lukt av tobaksrök, förruttelse, sumpgas, likluk, lukten av nymålat i en nyrenoverad lägenhet etc.

What is ozone?

Brief facts

Ozone (O_3) is a powerful oxidizing agent which consists of three oxygen atoms. Ozone is formed by the splitting of an oxygen molecule into two free oxygen atoms, after which each oxygen atom combines with an oxygen molecule to form a molecule of ozone.

The cleavage of oxygen molecules can be brought about by collision with free electrons or by exposure to ultraviolet radiation.

Ozone is broken down to oxygen in a number of different ways. At high temperatures, decomposition can occur through collision with other molecules. Decomposition can proceed rapidly in the presence of substances with catalytic action. Ozone can also react with other gases, especially nitric oxide (NO), and thereby cease to exist.

Ozone occurs naturally in the atmosphere.



Fig. 2 Ozone molecule

An ozone molecule is also composed solely of oxygen atoms, but in this case there are three atoms in the molecule, as is indicated by the chemical symbol O_3 .

Around 1785, a Dutchman by the name of van Marum became interested in a characteristic odour which he detected in the vicinity of electrical machinery. The same odour was noted some ten years later in the gas that is formed at the anode during the electrolysis of water. In the mid-nineteenth century, the chemical composition of the substance that gave off this odour was elucidated. The gas was given the name "ozone" from the Greek word "ozein" which means "to smell".



Fig. 1 Oxygen molecule

An oxygen molecule consists of two oxygen atoms. The chemical symbol O_2 indicates that there are two oxygen atoms per molecule.

General properties

Concentrated ozone is blue in colour. When the gas is present in diluted form, it is normally colourless. Ozone condenses to form a dark blue liquid at a temperature of -112°C .

The bond energy of ozone, i.e. the energy required to separate an oxygen atom from an ozone molecule, is comparatively low (1 eV)*, while the bond energy for oxygen is higher (5 eV). This means that ozone is highly unstable and therefore decomposes readily. In concentrated form, ozone is explosive. With a low energy input, oxygen atoms can be liberated from ozone molecules and, with a high release of energy (heat), combine to form oxygen molecules.

Ozone is a powerful oxidizing agent due to the fact that oxygen atoms can so easily be separated from ozone mole-

cules. Ozone dissolves various materials such as rubber, textiles and organic paints. Ozone is also a germicide and is therefore used as an atmospheric disinfectant in operating theatres and laboratories.

Ozone occurs in the atmosphere

Ozone occurs naturally in the atmosphere. Its concentration at lower altitudes is low, but in the stratosphere, at an altitude of 10–15 km, it is present in higher concentrations. The ozone layer reaches its greatest density at an altitude of about 25 km. Some of the sun's ultraviolet (UV) radiation is absorbed by the ozone layer, which thereby protects us from the harmful effects of excessive UV radiation. The ozone layer in the stratosphere has recently become a subject of interest, since it has been discovered that various substances, such as the freon gases used in aerosol spray cans, can reduce the level of ozone up there. This could result in an increase in the amount of UV radiation which gets through the stratosphere, with harmful effects on human beings.

When smog forms in large urban areas, abnormally high ozone concentrations are created through the interaction of sunlight, atmospheric oxygen, nitrous gases and hydrocarbons. The latter two compounds stem from automotive and industrial emissions.

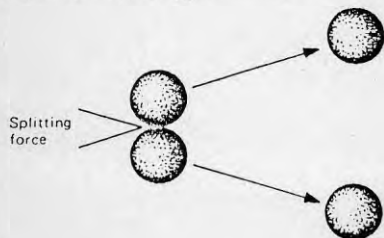
Ozone gas is used industrially in a number of chemical processes, owing to its extremely powerful oxidizing effect. Ozone is used in the production of certain chemical products as well as for the breakdown of certain chemical waste products, such as cyanides and phenols.

The first important application of ozone was for the disinfection of water in water treatment plants in central Europe during the last century. This method is still in wide use. Ozone in low concentrations is also occasionally added to the air in air-conditioning systems. It is believed to reduce the quantity of fresh air that has to be supplied.

Ozone generators are used to produce ozone. In these apparatuses, ozone gas is formed by means of a special type of electrical gas discharge known as "corona discharge" or with the aid of ultraviolet lamps.

* eV = electron volt, an energy unit used in nuclear physics.
1 kWh = 2.25×10^{21} eV.

Ozone is formed from oxygen



First stage in the formation of ozone:
an oxygen molecule is split into two free oxygen atoms.



Next stage:
a free atom collides with an oxygen molecule.



Result:
a bond is formed, creating a molecule with three oxygen atoms, i.e. an ozone molecule.

Fig. 3 Formation of ozone

The tendency of the free oxygen atoms to combine with oxygen molecules to form ozone can be increased by supplying a little extra energy during the splitting process to raise the atoms to an excited (=activated) state. Splitting of the very stable oxygen molecule requires five electron volts (eV). In order to excite the free atoms to an energy state which is particularly conducive to ozone formation, an additional 2 eV is required. The energy required for splitting and excitation can be supplied in different ways.

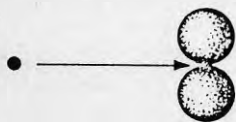


Fig. 4 An energetic electron can split the oxygen molecule

One method which is used in the industrial production of ozone is to split oxygen molecules (dissociation) by means of electrical discharges (corona discharge) in oxygen or air. Such discharges cause the formation of free energetic electrons which, when they collide with an oxygen molecule, split it and simultaneously excite the oxygen atoms.

But energy can be supplied in other ways as well. When ozone is formed in the atmosphere, energy is supplied by ultraviolet (UV) radiation from the sun (Fig. 5). During welding, UV radiation is supplied by the electric arc. One speaks of a photochemical process.

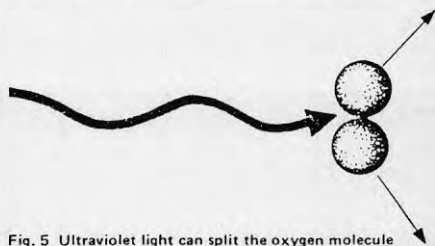


Fig. 5 Ultraviolet light can split the oxygen molecule

Within the UV wavelength range, only short-wave (130–175 nm) radiation can form ozone efficiently. This radiation attenuates rapidly as the distance from the electric arc increases. This explains why most of the ozone is formed close to the arc.

Ozone can decompose to oxygen

Ozone can be broken down and converted to oxygen in many different ways.

Decomposition can occur in the absence of other active substances, for example due to thermal collisions between ozone molecules and other gas molecules. The rate of decomposition rises sharply with rising temperature. It is also proportional to concentration. At concentrations of several ppm and at room temperature, the half-life of ozone due to thermal decomposition is very long. Only at temperatures as high as 200°C does the half-life become as short as a day. Thermal decomposition is therefore without practical importance from an environmental standpoint.

But ozone can break down very rapidly under the influence of catalysts*. Many solid materials act as catalysts. The activity of these materials depends on how finely they are divided, their crystalline structure, the presence of moisture etc. Some types of iron oxide, for example, are very active. A mixture of copper and manganese oxides in finely divided form is used as a "filter" in air or gas flows where a breakdown and conversion of ozone is desired.

Some gaseous substances can have a similar catalytic effect. One example of such a gas is freon, which was mentioned above. Chlorine is another example.

Ozone can also react directly with other gases and thereby disappear. In connection with welding, the presence of nitrous gases has been found to be of great importance for the ozone equilibrium. The most active of these gases is nitric oxide (NO), which has a very pronounced tendency to react with ozone, even at room temperature. The reaction products are oxygen (O₂) and nitrogen dioxide (NO₂). Ozone can also be caused to decompose by UV radiation with a wavelength of 230–280 nm.

* A catalyst is a substance that does not participate and is not consumed in the chemical reaction, but simply facilitates and accelerates it.

How dangerous is ozone?*

Brief facts

Even ozone levels which only slightly exceed the threshold limit value (0.1 ppm) are unacceptable in areas frequented by human beings, due solely to the acute effects of short-term exposure. Furthermore, ozone is probably poisonous to the lungs in connection with long-term exposure due to its chronic effects. As yet, however, no evidence has been found of chronic poisoning in areas where smog and air pollution result in high ozone levels. But it must be remembered that long-term studies on large groups of people are difficult to carry out and that clear results are obtained only for extreme effects.

UV wavelengths that can generate ozone

Since the energy content of each light quantum (photon)* is inversely proportional to the wavelength of the radiation, only light of wavelength below a certain limit is effective.

$$\text{Photon energy} = \frac{\text{constant}}{\text{wavelength}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Thus, in order for the photon to have enough energy to be able to split the oxygen molecule (5 eV), the wavelength of the light must be shorter than 240 nm**. Similarly, a wavelength of 175 nm corresponds to a photon energy of 7 eV.

Since the energy of the UV radiation is used for the dissociation (splitting) of oxygen molecules with subsequent ozone formation, a measure of the tendency of the radiation to form ozone can be obtained by measuring the absorption of the wavelength in question in oxygen.

The coefficient of absorption at wavelengths where dissociation combined with excitation takes place (130–175 nm) is 10–50 per nm in pure oxygen. From this, it can be calculated that in air, 99% of the radiation is absorbed within a range of 0.5–2.5 nm. This means that the wavelengths which are most effective in forming ozone do not get farther away from the light source than 0.5–2.5 nm.

The wavelength range of 175–240 nm, which corresponds to the dissociation energy of 5 eV, has a coefficient of absorption which is a million times lower. Such radiation therefore reaches a greater distance from the light source. But its ozone-producing capacity is correspondingly lower.

Radiation with a wavelength greater than 240 nm is completely incapable of forming ozone.

* All types of radiation contain energy. Radiation is composed of indivisible energy units called light quanta or photons.

** One nm (nanometer) = 10^{-9} m = 0.000000001 m.

The threshold limit value for ozone is 0.1 ppm

Sweden and most other industrial countries have agreed upon a threshold limit value (TLV) for the permissible ozone concentration in breathing air at workplaces. The so-called "TWA" has been set at 0.1 ppm (parts per million). The TWA is the time-weighted average of the ozone concentration measured over an 8-hour workday. In addition, there is a rule of thumb which, in the case of ozone, says that the ceiling value (time-weighted average calculated over a 15-minute period) should never exceed 0.3 ppm.

For a person with a normal sense of smell, the threshold value for the olfactory perception of ozone is 0.05 ppm. But one should not rely upon smell to warn of the presence of ozone, since olfactory perception of ozone can fade after 15–30 minutes of exposure to air containing ozone (15).

Medical effects of ozone

Mankind has always breathed air containing ozone in concentrations of 0.005–0.05 ppm.

It has long been known that high levels of ozone in air can quickly kill animals. In recent years, however, many studies have shown that even lower levels of ozone can have harmful effects on animals and probably people as well. Research in this area has been very intensive since it was discovered that ozone is a very common air pollutant in areas with smog.

The picture that has been obtained from various studies of the medical effects of ozone is very complex, and many questions remain to be answered. Following is a brief summary of some known facts. The literature references on which this review is based are cited in the appendix (bibliography) at the end of this booklet.

Ozone primarily attacks the respiratory passages

Many experiments with animals and people have shown that ozone in high concentrations is poisonous. Ozone attacks the mucus membranes, especially in the respiratory passages. The symptoms are usually a prickly or burning sensation in the throat, coughing and chest pains or wheezing.

It is believed that these effects are due to the fact that ozone reacts with cell membranes and/or fatty parts of the cell (1).

The immediate, acute effect of ozone on the cell is a retardation of the cell's biochemical activity. As a result of direct or indirect oxidation damage, there is leakage through the cell membrane, resulting in swelling of the tissues. Over a long period of exposure, however, the cell adapts biochemically and its biochemical activity increases. The eventual result is fibrosis, a proliferation of connective tissue which impairs the normal functions of the organ (1).

Results of animal experiments

(It should be noted that the results of animal experiments cannot be indiscriminately applied to human beings.)

Two studies in 1957 showed that the concentration of ozone that kills half of the experimental animals is 3.8 ppm for mice, 5.0 ppm for rats and 10.6 ppm for guinea pigs (2).

3). These results stem from acute exposures for 4 hours. Toxicity increased with increasing doses, physical exertion, alcohol, high temperatures and infections. Young animals were more susceptible than old animals. Intermittent and initially low doses inhibited pulmonary edema and produced a tolerance for subsequent ozone exposure.

Experiments aimed at ascertaining the chronic effects of long-term exposure to ozone concentrations of 1 ppm revealed exfoliation (= scaling off) of surface cells. Tissue proliferation and fibrosis (= conversion into solid connective tissue) of the respiratory passage walls as well as mild emphysema (= dilation of the alveolar sacs in the lungs) could also be observed (4). The effects of ozone were most pronounced at the borders between the alveolar sacs and the small bronchial passages. It was noticed that the rabbits in the group that were given ozone in breath aged rapidly and became wrinkled. Even the costal cartilage became calcified. This observation has given rise to recurrent speculation that ozone may be the cause of premature aging.

Numerous studies involving animal experiments have shown how ozone weakens the defences of the lungs against infection (5, 6, 7, 8, 9, 10).

In experiments with mice in 1971, 7% of the experimental animals developed benign lung tumours. The experiment went on for 75 days and the animals were exposed to an ozone concentration of 5 ppm for 2 hours a day (11). A subsequent study concluded that the evidence was sufficient to classify ozone as a cancerogen (12).

All ozone that is inhaled through the nose and mouth does not reach the lungs. The absorption and decomposition of ozone on the mucus membranes is great, and various defence mechanisms also do their part. Ozone absorption is believed to be greatest in the nose. But experiments with dogs have shown that absorption in the nose and throat declines the longer the experiments continue (13). Thus, over a long-term period of exposure, large quantities of ozone eventually find their way down into the lungs.

Experiments have been conducted with both ozone (levels below 1 ppm) and nitrogen dioxide (levels below 2.5 ppm), each of which alone can cause emphysema. It was concluded that in order to obtain the same degree of cell change and mortality following exposure to nitrogen dioxide as following exposure to ozone, the nitrogen dioxide levels would have to be 20 times higher than the ozone levels. In other words, the toxicity of the two substances differed in this case by a factor of 20 (14). The authors were of the opinion that lung changes due to smog are primarily the result of exposure to ozone, while lung changes that take place in connection with smoking are primarily attributable to nitrogen dioxide.

Ozone poisoning in man

Ozone can be smelled at levels as low as about half of the TLV, or 0.05 ppm (15). Concentrations of around 0.1 ppm (the TLV) soon cause a feeling of dryness and irritation in the nose and throat. At levels of up to 1.0 ppm, ozone also causes congestion and sometimes wheezing and pains in the chest as well as shortness of breath (16, 17, 18, 19). In one reported case of poisoning involving exposure to 2 ppm for 2 hours, the victim exhibited the following symptoms: coughing, chest pains and extreme fatigue, which lasted for two weeks following exposure (20). In an experiment where 11 persons were exposed to an ozone concentration of 3.0

ppm for 30 minutes, 6 were forced to withdraw from the experiment, owing chiefly to severe coughing (21).

No deaths have been reported following exposure to ozone, but very high concentrations undoubtedly lead to pulmonary edema (= excessive liquid in the lungs) and death in human beings just as they do in animals. The symptoms in six different experiments were the same: sore throat, cough, chest pains and wheezing (17, 18, 19, 21, 22, 23). Headache is described in only one case, but then an ozone concentration of 3.0 ppm was used, while the others used no more than 0.75 ppm (21).

The smokers in the subject group generally suffered milder symptoms, but they also exhibited measurable changes in lung function (19). Smokers probably develop a tolerance to irritant gases. But this tolerance does not prevent disease. It is possible that smokers have some acute defence in the form of heavier mucous secretion in the air passages.

The effects of ozone on other parts of the body than the lungs

Despite the fact that the effects of ozone appear to be greatest on the lungs, there are general symptoms such as headache and fatigue which suggest systematic poisoning. An impairment of visual acuity has been noted (24), as has a tendency for the red blood cells to undergo a special change (25). The potential hazard of genetic damage due to ozone, similar to that caused by radioactivity, has long been known (26, 27).

Gas tungsten arc (TIG) welding

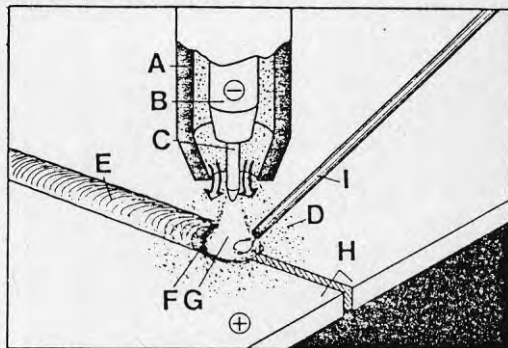


Fig. 6 Schematic presentation of TIG welding

A Gas cup	E Completed weld
B Collet	F Weld pool
C Non-consumable tungsten electrode	G Arc
D Shielding gas	H Parent metal
	I Filler rod

The electrode can be seen in the middle of the drawing. The arc burns at a temperature of 7000–15000°C between the tip of the electrode and the work. The electrode and the arc are surrounded by a flow of shielding gas which shields the electrode, the arc and the weld pool from the harmful effects of the surrounding air. The gas flows down through a shielding gas cup surrounding the electrode.

Measurement of ozone concentration

Different measuring methods

Commercial techniques for measuring ozone concentrations in the ppm range have been developed rapidly over the past decade. Sophisticated methods of measurement are required for the continuous monitoring and recording of ozone levels. The most widely used instruments today are based on the chemiluminescence method¹.

The chemiluminescence method

The chemiluminescence method is based on the fact that ozone reacts very readily with ethylene (C_2H_4) to form formaldehyde (HCHO) and oxygen (O_2). The formaldehyde molecules are formed in the excited state, but return immediately to the ground state, emitting light (Fig. 30).

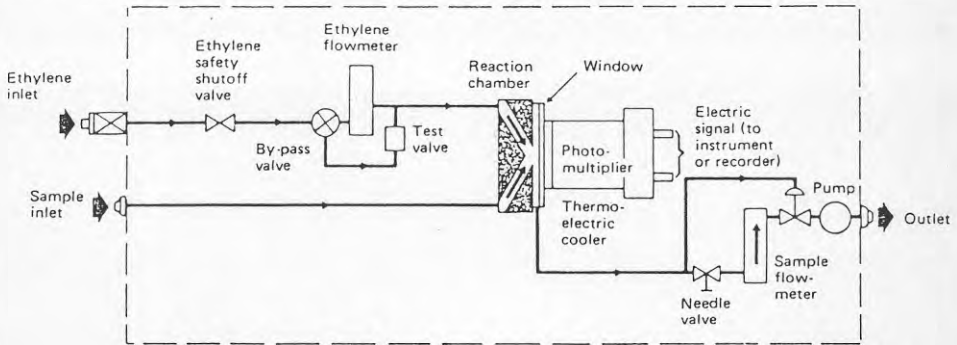


Fig. 30 Chemiluminescence instrument — simplified schematic flow diagram

The heart of the instrument is a reaction chamber, one of whose walls is optically connected to the light-sensitive layer in a photo-multiplier. (A photomultiplier responds to light in the same way as an exposure meter in a camera.)

The reaction chamber is fed with two carefully controlled flows: The ozone-bearing air to be measured and ethylene.

The two flows are mixed, react and emit light. The intensity of the light is proportional to the ozone content of the gas. The photo-multiplier generates an electric current that is proportional to the light intensity. The current is amplified and acts on an indicator instrument or a recorder.

¹ Manufacturer:
Analytical Instrument Development (AID) Inc., USA
Beckman Instruments Inc., USA
Bendix Corp., USA
Columbia Scientific Industries, USA
Monitor Labs, Inc., USA

The ampoule method

The ampoule method is a simple and inexpensive method to obtain indicative and approximate measurements. Continuous measurements are not possible with this method. A powder in an ampoule¹ is the indicator and changes colour in the presence of ozone. Ozone gas is one of more than a hundred different gases that can be measured by means of the ampoule method.

The end tips of the ampoule are first broken off. The ampoule is then placed in a simple pump, which is normally manual (Fig. 31).

A set quantity of the air to be tested is pumped through the ampoule. The powder in the ampoule will change colour in the presence of ozone up to a certain length of the ampoule. The length of the coloured column of powder is a measure of the ozone content of the air, which can be read off directly on a scale on the ampoule. There are two different ampoules for ozone measurements. One for the ranges 0.05–1.4 ppm and 0.5–14 ppm and the other for the range 10–300 ppm.

It should be observed that the ampoule method indicates the ozone level at the point in the room where the sample is taken at the time in question. Near the weld, the ozone level can vary widely, both in time and in space over very

small distances (the ozone level can be compared to the strands of smoke issuing from a cigarette). The ampoule method is therefore not reliable for exposure measurement at or near the weld. The method may possibly be used for indicative measurement of the background level on the premises, far from the weld.

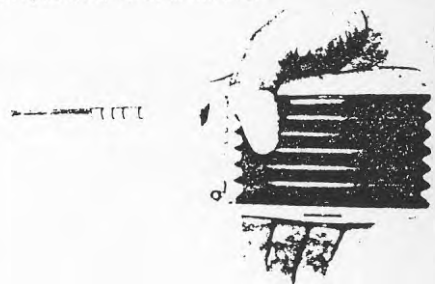


Fig. 31 Manual pump and ampoule ready for measurement

¹ Manufacturer:
Drägerwerk AG, Lübeck, West Germany
Gastec Corp., Tokyo, Japan.

Bibliography

- 1 Cross C.E., DeLucia A.J., Reddy A.K., Hussain M.Z., Chow C. and Mustafa M.G.: Ozone interactions with lung tissue. *Am.J.Med* 60: 929-935, 1976
- 2 Stokinger H.E.: Evaluation of the hazards of O₃ and oxides of nitrogen: A.M.A. *Arch Industr. Health* 15: 181-190, 1957.
- 3 Stokinger H.E., Wagner B.S. and Dobrogorski O.J.: Toxicity studies III; Chronic injury to lungs of animals following exposure at low levels. *Arch. Industr. Health* 16: 514-22, 1957.
- 4 Scheel D.L., Dobrogorski O.J., Mountain J.T., Svrbely J.L. and Stokinger H.E.: Physiological, biochemical, immunologic and patologic changes to ozone exposure. *J. Appl. Physiol.* 14: 67-80, 1959.
- 5 Coffin D.L., Gardner D.E., Hozman R.S. and Wolock F.J.: Influence of ozone on pulmonary cells. *Arch. Environ. Health* 16: 633-36, 1968.
- 6 Holzman P.S., Gardner D.E., Coffin D.L.: In vivo inactivation of lysozym by ozone. *J.Bacteriol.* 96: 1562-1566, 1968.
- 7 Alpert S.M., Gardner D.E., Hurst D.J., Lewis T.R. and Coffin D.L.: Effect of exposure to ozone on defense mechanisms of the lung. *J. Appl. Physiol.* 31: 247-252, 1971.
- 8 Goldstein E., Tyler W.S., Hoeprich P.D.: Ozone and the antibacterial lung defense mechanisms of the murine lung. *Arch. Intern. Med.* 127: 1099-1102, 1971.
- 9 Goldstein E., Warschauer D., Lippert W., Tarkington B.: Ozone and nitrogen dioxide exposure. *Arch. Envir. Hlth.* 28: 85, 1974.
- 10 Gardner D.E., Pfitzer E.A., Christian R.T. and Coffin D.L.: Loss of protective factor for alveolar macrophages when exposed to ozone. *Arch. Intern. Med.* 127: 1078-1084, 1971.
- 11 Werthamer S., Schwartz L.H. and Sosking L.: Bronchial epithelial alterations and pulmonary neoplasia induced by ozone. *Pathol. Microbiol.* 35: 224-230, 1970.
- 12 Penha P.D., Werthamer S.: Pulmonary lesions induced by long-term exposure to ozone. II. Ultrastructure observations of proliferative regressive lesions. *Arch. Environ. Health* 29:282, 1974.
- 13 Mooman W.J., Chmiel J.J., Stara J.F. and Lewis T.R.: Comparative decomposition of ozone in the nasopharynx of beagles: acute vs. chronic exposure. *Arch. Environ. Hlth.* 26: 153-55, 1973.
- 14 Freeman G., Juhos L.T., Furosi N.J. Mussenden R., Stephens R.J. and Evans M.J.: Pathology of pulmonary disease from exposure to independent ambient gases (nitrogen dioxide and ozone). *Arch. Environ. Health* 29: 203, 1974.
- 15 Henschler D., Stier A., Beck H. und Neuman W.: Geruschschwelen einiger wichtigen Reizgase und Erscheinungen bei der Einwirkung geringen Konzentrationen auf den Menschen. *Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehigiene.* 17: 547-570, 1960.
- 16 Young W.A., Shaw D.B. and Bates D.V.: Effect of low concentrations of ozone on pulmonary function in man. *J. Appl. Physiol.* 19:765-68, 1964.
- 17 Kerr H.D., Kulle T.J., Mellany M.L. and Swidersky P.: Effects of ozone on pulmonary function in normal subjects. *Am. Rev. Resp. Dis.* 111: 763-773, 1975.
- 18 Folinsbee L.J., Silverman F. and Shephard R.J.: Exercise responses following ozone exposure. *J. Appl. Physiol.* 38: 996-1001, 1975.
- 19 Hackney Jo. O., Linn W.S., Buckley P.D., Pedersen E.E., Karuza S.K., Law D.C. and Fischer A.: Experimental studies on human health effects of air pollutants I, II and III. *Arch. Envir. Health* 30: 373-378, 379-385, 385-390, 1975.
- 20 Griswold S.S., Chambers L.A. and Motley H.L.: Report of a case of exposure to high ozone concentrations for two hours. *AMA Arch. Ind. Health* 15: 108-10, 1957.
- 21 Hallet W.: Effect of ozone and cigarette smoke on lung function. *Arch. Envir. Health* 10: 295-302, 1965.
- 22 Hazucha M., Silverman F., Parent C., Field S. and Bates D.V.: Pulmonary function in man after short-term exposure to ozone. *Arch. Environ. Health* 27: 183-188, 1973.
- 23 Bates D.N., Bell G.M., Burnham C.D., Hazucha M., Mantha J., Pengelly L.D. and Silverman F.: Short-term effects of ozone on the lung. *J. Appl. Physiol.* 32: 176-181, 1972.
- 24 Lagerwerff J.M.: Prolonged ozone inhalation and its effect on visual parameters. *Aerospace Med.* 34: 479-86, 1963.
- 25 Brinkman R., Laberts H.B. and Veninga T.S.: Radiometric toxicity of ozonized air. *Lancet* 18: 133-136, 1964.
- 26 Brinkman R. and Lamberts H.B.: Ozone as a possible radiomimetic gas. *Nature (Lond)* 181: 1202-3, 1958.
- 27 Buell G.C., Toikiwa Y. and Mueller P.K.: Potential crosslinking agents in lung tissue. *Arch. Envir. Health* 10: 213-219, 1965.

EFFEKTIV FUKTSPÄRR FÖR GOLV MOT MARKBeprövad produkt

Svenska Platon AB har under många år försett den svenska marknaden med produkter och arbetsmetoder som givit goda tekniska lösningar på isoleringsproblem vid grundmurar, bottenplattor, källarväggar samt golv i källarlösa hus. Platon-mattan är numera en etablerad och väl beprövad produkt.

Aktuellt behov

Behovet av effektiv fuktisolering accentueras av det mycket stora antalet fuktskadade hus, som de senaste åren ofta om- talats i både dagspress och fackpress. De flesta, och all- varligaste, skadorna uppträder i källarlösa hus och beror på fukttransport från marken, på olika sätt. Det behövs nya och effektiva metoder dels vid reparation av sådana skador och dels för att i nya byggnader eliminera riskerna för att sådana skador uppkommer.

Behovsanpassad lösning

En pålitlig fuktspärr ovanpå bottenplattan är det effekti- vaste sättet att förhindra varje form av fukttransport från plattan upp till mera fuktkänsliga material i huset. Platon-mattan uppfyller de krav som kan ställas på mate- rialet för en sådan fuktspärr.

Med Platon-mattan som utgångspunkt och med användning av uppnådda forskningsresultat och egna erfarenheter har Svenska Platon AB under några år provat fram de arbets- metoder och kompletterande produkter som behövs för lägg- ning av en säker fuktspärr för alla typer av golv mot mark, vid reparation eller vid nyproduktion.

Ett genomtänkt system

När Svenska Platon AB nu presenterar "System Platon" enligt Planverkets typgodkännande nr 3463/83 är det kanske inte några sensationella nyheter utan snarare ett förnuftigt an- vändande av en beprövad produkt, Platon-mattan, med syste- matiskt genomtänkta anslutningsdetaljer, särskilt utprovade komplement i form av lister, skarvband, fogmassa, m.m. samt noggrant utformade projekterings- och läggningsanvisningar.

System Platon fungerar både som kapilärbrytande skikt och som ångspärr. Anslutningar, skarvar och genomföringar tätas enligt anvisningarna och ger marginaler för "slarv". Säker- hetsfaktorn är sålunda hög.

Utprovade arbetsmetoder

I ett nära samarbete med Göbohus har System Platon installerats och provats i småhus i Borås sedan juni 1983. Entreprenörens erfarenheter är mycket positiva, systemet är effektivt och tidsbesparande.

God ekonomi

Det säkra skydd mot fukt underifrån, som System Platon ger, innebär bl.a. att man kan avkorta uttorkningstiden för bottenplattan och därmed hela byggnadstiden. Det blir heller inte nödvändigt att använda tvättat material i makadam-bädden under plattan.

Efterkalkyler från de utförda provhusen (enligt ovan) visar att de besparingar man sålunda kan göra mer än väl täcker hela kostnaden för installationen av System Platon!

Med System Platon får man med andra ord vid nybyggande ett säkrare fuktskydd utan merkostnad.

I sådana fuktskadade hus där bottenplattan av olika skäl är ständigt fuktig, erbjuder System Platon ett fuktskydd som blir oerhört mycket billigare än de, ofta mycket omfattande, åtgärder som skulle behövas för att få bottenplattan torr.

Stockholm 1984-10-10

Carl-Henrik Kreuger



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830945-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Firma
Carl-Henrik Kreuger, Djursholm.**

R84: 1985

ISBN 91-540-4420-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705084

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms