

Hur man bygger mer energieffektiva och komfortabla småhusgrunder med känd teknik

Värdering av olika grundläggningssätt, golvmaterial och värmesystem

Trots skärpta byggregler och betydande satsningar på att minska småhusens energianvändning visar offentlig statistik och resultaten från många energiprojekt att den verkliga energibesparingen är mindre än förväntat eller har utblivit helt, samtidigt som byggkostnaderna har ökat kraftigt, *Energimyndigheten (2012)*, *SCB (2012)* och *Harrysson (2014)*. Orsaker till detta är bland annat komplicerade och svårskötta lösningar för golv och grunder jämte olämplig utformning och bristfälligt utförande.

Utvecklingen av golv och grunder har resulterat i många nya lösningar med oväntade problem bland annat beroende på bristen på helhetsgrepp och systemtänkande. Samspelet överbyggnad-grund-installationer måste beaktas i ökad utsträckning. Detta gäller särskilt för i klimatskärm integrerade värmesystem som golvvärme. Valet av golvmaterial och grundkonstruktion har stor inverkan på valet av värmesystem och kan i sin tur kraftigt påverka bygg- och driftkostnaderna bland annat energianvändningen.

Artikeln sammanfattar erfarenheter av olika lösningar för golv och grunder, särskilt för källarlösa småhus och till viss del för källare. Värderingar och jämförelser görs med hänsyn till byggkostnader, energianvändning, komfort och livscykelkostnader. Risker för inomhusproblem och byggsador belyses liksom betydelsen av samordning under hela byggprocessen mellan grundläggning och överbyggnad samt mellan byggt teknik och installationer. Inverkan av olika entreprenadformer och leveransomfattning diskuteras.

Medför skärpta värmehushållningskrav ökade skaderisker?

Andra fukt- och värmetekniska egenskaper. Oljekrisen 1973 har medfört en mångfasetterad och omtvistad utveckling av golv och grunder för småhus. Skärpta krav på värmehushållning och komfort har lett till lösningar med andra egenskaper än tidigare. Nya material, konstruk-

tioner och installationer har helt andra fukt- och värmetekniska prestanda, vilket kan medföra oväntade energiökningar, inomhusproblem och byggsador orsakat exempelvis av mer isolering eller golvvärme, dvs värmesystem integrerade i byggnadens klimatskärm, *Cajdert (2000)* och *Harrysson (2006b)*.

Strävan efter att bygga billigare tillsammans med högre krav på värmehushållning har lett till att allt fler hus byggs med platta på mark på bekostnad av krypgrunder, särskilt träbaserade. Därtill ska läggas den ökade användningen av klinkerplattor och golvvärme. Numera levererar därför trähusföretagen sällan småhus med träbjälklag över krypgrund. Främst är det volymbyggda småhus som fortfarande har träbaserade krypgrundsbjälklag.

Med ökad isolering minskar värmeflödet genom och uttorkningen av klimatskärmen, vars yttre partier blir kallare och fuktigare. Riskerna för inomhusproblem och byggsador av kondens, mögel och röta ökar, i synnerhet om det finns organiskt material som trä och träbaserade produkter på vilka det lätt uppstår påväxt av mögel. Med bättre isolering i plattan eller i kryprumsbjälklaget minskar värmeledningen genom grunden och marken, något som ökar riskerna för tjälskjutning liksom för fukt- och mögelproblem. Organiskt material ersätts därför ibland med oorganiskt till exempel skivor av cementcellulosa eller med produkter av lättbetong eller betong. Fuktskydd av syllar och träreglar, som vilar direkt mot plattan, krypgrund respektive grundmurar, har åter kommit i fokus.

Klagomål och skador. Golv och grunder är den byggnadsdel som har flest klagomål och skador. Varje tomt och grund har unika förutsättningar. Det är oftast olika parter som ansvarar för överbyggnad respektive grundläggning. Skador och problem förekommer hos alla grundläggningssätt. I media torgförs kontinuerligt uppgifter om fel hos samtliga grundläggningssätt, speciellt gäller detta för platta på mark och krypgrund. Att döma av mediauppgifter kan man fråga sig om det överhuvudtaget finns några "friska" grunder.

Entreprenadform – leveransomfattning. Frekvensen byggsador beror bland

Artikelförfattare är
Christer Harrysson,
professor i
byggt teknik,
Akademien för
Naturvetenskap och
Teknik, Örebro
universitet.



annat på material, konstruktioner, installationer samt graden av förtillverkning och leveransåtagande. Hus uppförda av företag, som även greppar byggplatsproblematiken, förefaller ha avsevärt färre problem härrörande från golv och grunder. Viktiga faktorer för att minska skadefrekvensen är därför att välja totalentreprenad, att byggföretaget har egen kunnig personal för grundarbetena liksom adekvata rutiner för kontroll av grunden innan montaget sker av överbyggnaden.

Platta på mark

Grundläggningssättet platta på mark användes tidigt i subtropiska delar av USA och introducerades i Sverige först i slutet på 1940-talet. Platta på mark förekommer både med och utan ångspärr över eller under plattan. Kantisolering förekommer med olika värmeteknisk standard samt med mer eller mindre stora köldbryggor. Dessa kan vanligtvis öka transmissionseffektbehovet med 10 till 20 procent. Isolering av plattan saknades ursprungligen eller var liten.

Kraftigt höjda energipriser efter oljekrisen 1973 ledde till ökad isolering av plattan till exempel i form av lös lättklinker under plattan eller träreglar och mineralull ovanpå denna. Båda dessa konstruktioner ledde ofta till fukt-, lukt- och mögelproblem. "Lättklinkerkulorna" som tippades på marken krossades delvis och materialet blev därigenom kapillärsugande. Träreglarna lades ofta direkt på plattan utan fuktskydd. Ibland användes tryckimpregnerade reglar som vid nerfuktning kan ge upphov till obehaglig lukt och hälsoproblem för de boende.

Nämnda komfort-, fukt- och värmetekniska problem samt ytterligare kraftiga energiprishöjningar har initierat omfattande forskningsarbeten för att utveckla mer energieffektiva och fuktsäkra kon-

struktioner för platta på mark. Från oisolerade plattor har utvecklingen gått från träreglar och mineralulls-isolering på ovansidan alternativt lättklinkerkulor under betongplattan till isolering med cellplast eller mineralull under betongplattan. Denna konstruktion har emellertid ofta klagomål på hårda och kalla golv. I takt med ökad användning av klinkerplattor sedan 1980-talet har nämnda klagomål ökat. Detta har även lett till att allt fler väljer golvvärme i stället för radiatorer.

Golv med klinkerplattor eller träbaserade material? Valet av golvmaterial påverkar starkt valet av värmesystem, dvs golvvärme eller radiatorsystem. Klinkerplattor medför ett större behov av golvvärme än träbaserade golv, för att uppnå tillräcklig komfort. Olika golvmaterial som träbaserade golv, heltäckningsmattor eller lösa mattor har betydande värmemotstånd som bromsar värmeflödet från fötterna och gör att golvet känns varmare än om man har klinkerplattor. Det större värmemotståndet gör att temperaturen på värmebäraren i golvet vid golvvärme kan behöva höjas för att få tillräcklig värmeavgivning till rummet, *Harrysson (2000) och Persson (2000)*. Detta inverkar negativt på en eventuell värmepumps energianvändning. Beroende på konstruktionens utförande, utförande, fukt-förhållanden med mera kan problem uppstå med sprickbildning i trägolv.

Golvmaterial bör därför från energi- och komfortsynpunkt i görligaste mån ha låg värmekapacitet, densitet och värmeledningsförmåga. Kork, trä, träbaserade material, textilmaterial, linoleum och liknande material bör användas på plattan. Nämnda material känns komfortabla och mjuka att gå på även om de bara har rumstemperatur, *tabell 1*.

I våta utrymmen, som badrum, krävs för att de flesta människor ska uppleva golvet som varmt, en golvtemperatur på lägst 23 °C om man har linoleum- eller plastmattor och 27 °C om man har klinkerplattor. Har rummet inget värmebehov är det risk för komfortproblem på grund av att golvet känns kallt. Alternativet med golvvärmen i drift utan att värmebehov föreligger medför övertemperaturer och energilöseri.

Observera att Boverkets byggregler BBR 21 tillåter högst 27 °C golvtemperatur vid dimensionerande utetemperatur. Värmeeffekten från golvytan kan då bli uppemot 70 W/m² beroende på aktuell rumstemperatur, framledningstemperatur,

Termisk komfort - golvmaterial

Golvmaterial	Lägsta temperatur
Betong, klinkers	27°C
Linoleum, plastmattor	23°C
Trä, parkett, textila mattor	22°C
Kork	10°C

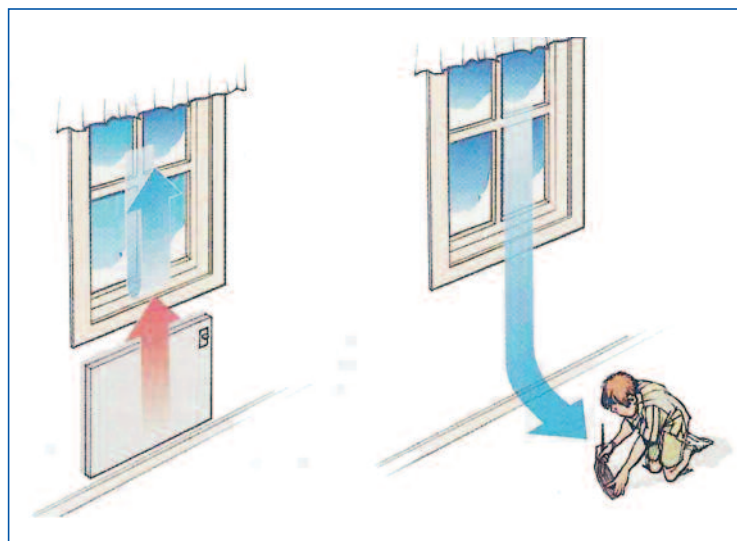
Tabell 1: Lägsta ytemperatur för att uppnå termisk komfort vid barfota kontakt med golvytan.

Källa: Isover

luftrörelser med mera. Ytor med golvvärme bör därför begränsas till områden där man brukar sätta fötterna för att inte få för varmt badrum och för hög energianvändning. Golvvärme kan vara lämplig som komfortvärme (komplement) i till exempel hallar för att torka blöta skor och stövlar samt fukt från dessa.

Golvvärme eller radiatorsystem?

Nya småhus. Golvvärme kan vara vattenburen, luftburen eller bestå av värmekablar. Vattenburen värme medför ökad risk



Figur 1: Risk för kallstrålning, kallras och drag utan radiator under fönster. Källa: Energimyndigheten.

för vattenskador. Luftburen golvvärme har ofta problem med tillräckligt stor värmetransport till rum som ligger långt från värmeaggregatet exempelvis i långa och

Tabell 2: Energiökning vid golvvärme i platta på mark och olika isolertjocklekar med mineralull eller styrencellplast jämfört med om småhuset har radiatorsystem. Total energianvändning avser summa för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel.

Isolertjocklek (mm)	Ökning av total energianvändning (%)
100	30
200	20
300	10

smala hus. Dessutom visar det sig att risken är stor för att luftkanalerna av plåt skadas under gjutningen av betongplattan med minskad värmetransport som följd. Energiekonomin försämras också av att det endast finns en centralt placerad termostat som styr värmetillförseln. Ledningsbrott på värmekablar är vanliga efter ett antal år.

Golvvärme för hela uppvärmningsbehovet eller komfortvärme?

Golvvärmen kan svara för hela uppvärmningsbehovet eller bara en del av detta så kallad komfortvärme. I det senare fallet kan golvvärmen vara ett komplement till radiatorsystemet och utgöras av rums- och tidstyrd elektrisk golvvärme placerad nära golvytan. Då vinner man fördelar som lägre energianvändning och högre komfort genom snabbare reglering av värmetillförseln samt mindre komfortstörningar med varmare (radiatorer) under fönster och uteluftsdon (väggventiler). Å andra sidan ökar byggkostnaden för utrymmen som ska ha komfortvärme.

Komfort – energianvändning. Golvvärme har jämfört med radiatorsystem högre byggkostnad och energianvändning samt fler komfortstörningar. Sistnämnda typ av problem orsakas vid platta på mark av hög värmetroghet och kallras (drag) längs golvet och kallstrålning från fönster. Golvvärme, som är fördelad över hela golvytan, kan inte på samma sätt som radiatorer under fönstren, kompensera för kallras och drag från glasytor och ventilationsdon, *figur 1*.

Hög termisk komfort hänger ihop med lågt uppvärmningsbehov, högisolerad klimatskärm, små luftrörelser och små temperaturskillnader inom respektive rum. Värmeöverföringen

mellan en varm golvyta och luft ligger mellan 2 och 10 W/m² K och beror bland annat på luftens rörelser. Golvvärme behövs egentligen endast på en förhållandevis liten yta eftersom effektbehovet för att täcka värmeförlusterna till exempel i passivhus teoretiskt uppges till 10 å 12 W/m² vid dimensionerande utetemperatur.

Energianvändning – byggkostnader. Golvvärme i källarlösa hus med platta på mark och ingjuten golvvärme samt underliggande isolering har betydligt större total energianvändning (summa för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel) jämfört med radiatorsystem, *Harrysson (1997, 2001, 2004)*. Tabell 2 visar energiökningen vid olika isolertjocklekar. Orsaker till energiökningen är dålig isolering under plattan och längs kanterna,

Golvvärme

Nya småhus 1985-

Energieffektiv och komfortabel golvvärme + 700 kr/m²

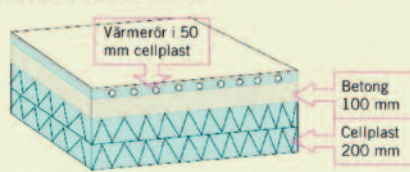
- öka isoleringen
- minska värmetrögheten
- rumsvis reglering

komfortvärme (del av uppvärmningsbehovet)
kombinera golvvärme – element

Den vanligaste konstruktionen
+ 30% energiökning



Så här borde det se ut

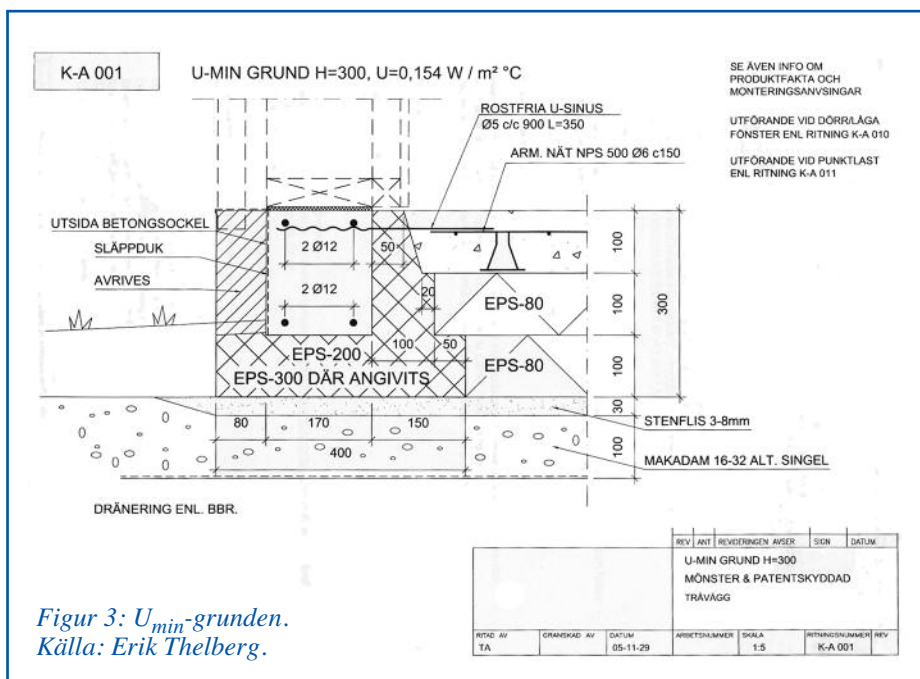


Figur 2: Vanliga respektive energieffektiva och komfortabla golvvärmekonstruktioner vid platta på mark.

köldbryggor, stor värmetröghet och att värmesystemet ofta är i drift sommardag för att upprätthålla tillräcklig golvkomfort särskilt om man har klinkerplattor. Byggekostnaden för golvvärme med nämnda konstruktion och 100 mm isolering under plattan är cirka 20 000 kronor högre per småhus jämfört med om huset har radiatorsystem. Efter en intensiv golvvärmehetsdebatt under 1990-talet råder sedan 2004 konsensus om att golvvärme jämfört med radiatorsystem är energislösande, ger högre byggekostnader och fler komfortstörningar. Platta på mark med ingjuten golvvärme är oftast trögreglerad, har för dålig isolering av plattan och kanten. Dessutom är golvvärmerna ofta i drift hela året särskilt om golvet har klinkerplattor. Särskilda komfortproblem och energislöseri kan dessutom uppträda om man eldar i braskamin. Trots nämnda nackdelar byggs idag majoriteten av nya

småhus med platta på mark och golvvärme.

Förbättrad golvvärme. För att kraftigt minska energianvändningen i golvvärmdda hus måste i första hand värmetrögheten minskas och isoleringen kraftigt ökas. Detta kan ske genom att golvvärmerören flyttas upp nära ytan och läggs på värmefördelande plåtar, figur 2. Dylka plåtar kostar cirka 700 kr/m². Dessutom ska värmefördelningen regleras med rumstermostat. Först med plåtar, 300 mm isolering i plattan med mera och rumsreglering kommer man i närheten av den energianvändning huset skulle ha med radiatorsystem. Cellplastisolering lagd och klar på plats kostar cirka 700 kr/m³. Köldbryggor ska i görligaste mån minskas genom väl utförd kantbalkisolering till exempel genom att använda konstruktioner som U_{min}-grunden, figur 3. Observera att även den mest energieffektiva, komfortabla och dyrbara



Figur 3: U_{min}-grunden.
Källa: Erik Thelberg.

golvvärmekonstruktion har högre energi-användning än radiatorsystem, Gundersen (1992, 2001).

Uppvärmningsbehovet påverkas bland annat av byggnadens värmetekniska standard samt av den termiska komforten. Hus med golvvärme behöver under kalla vinterdagar högre rumstemperatur än om huset har radiatorsystem. Orsaker är kallras och kallstrålning från kalla ytor som fönster eller kalla luftströmmar från ventilationsdon. Sommardag kan i stället solstrålning genom fönster ge upphov till besvärande övertemperaturer, något som förvärras vid FTX-ventilation och passivhus om ventilationsaggregatet saknar bypass-kanal eller om luftintaget är placerat på en solvärmad vägg eller ett solvärmat tak.

Värmesystem – värmetröghet – regler-möjligheter. Nya hus har helt andra värmetekniska egenskaper än äldre. Större andel av uppvärmningsbehovet täcks med gratisvärme. Energieffektiva småhus med små energibehov fordrar ett följsamt och snabbreglerat värmesystem med liten värmetröghet. I annat fall är risken stor för energislöseri och komfortstörningar i form av lågt gratisvärmeutnyttjande. Ett snabbreglerat värmesystem med stor följsamhet ökar möjligheterna att utnyttja gratisvärme från solstrålning, personer med mera.

Radiatorer med liten värmetröghet samt med rums- eller radiatortemostater är den lösning som ger noggrannast och snabbast reglering av värmefördelningen. I våtrum och entréer med klinkerplattor kan tidstyrd elektrisk golvvärme som komfortvärme rekommenderas. Vid en sådan lösning täcks värmebehovet bara till en del av golvvärmerna och resten med radiatorer. Basvärmesystemet i hela huset är med andra ord ett radiatorsystem. Golvvärmerna kan då vara i gång vid behov från komfortsynpunkt eller för att torka upp på golvet efter dusch eller blöta skor. Golvvärmerna kan således vara avstängd under större delen av dagen, när det oftast inte finns någon hemma. Även under natten kan golvvärmerna vara avstängd, men kopplas på i god tid på morgonen, så att det är varmt, när den som först använder badrummet och därmed slipper frysa om fötterna.

Äldre småhus med källare. Dessa hus har i regel oisolerad bottenplatta. Avsevärda problem har därför uppstått när man bytt radiatorerna i källaren till golvvärme med syfte att öka komforten. Golvvärme och oisolerad betongplatta kan öka den totala energianvändningen (summa för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel) med så mycket som 40 procent. Allra sämst har det blivit för många husägare när "förrådkällaren" med radiatorsystem har byggts om till "gillestuga" med klinkerplattor och golvvärme utan att golvet isolering förbättrats.

Dessa ombyggnadsarbeten utförs ofta på delad entreprenad och med egna arbetsinsatser av husägaren. Konsekvenserna har bland annat blivit höga energikostnader orsakat av att ingen hade "helhetsgreppet" vid valet av teknisk lösning och utförande. Det är inte ovanligt att man helt glömt bort att isolera golvet. Därtill ska läggas osäkerheter om fuktförhållandena i plattor på mark med golvvärme, som inte är tillräckligt utredda.

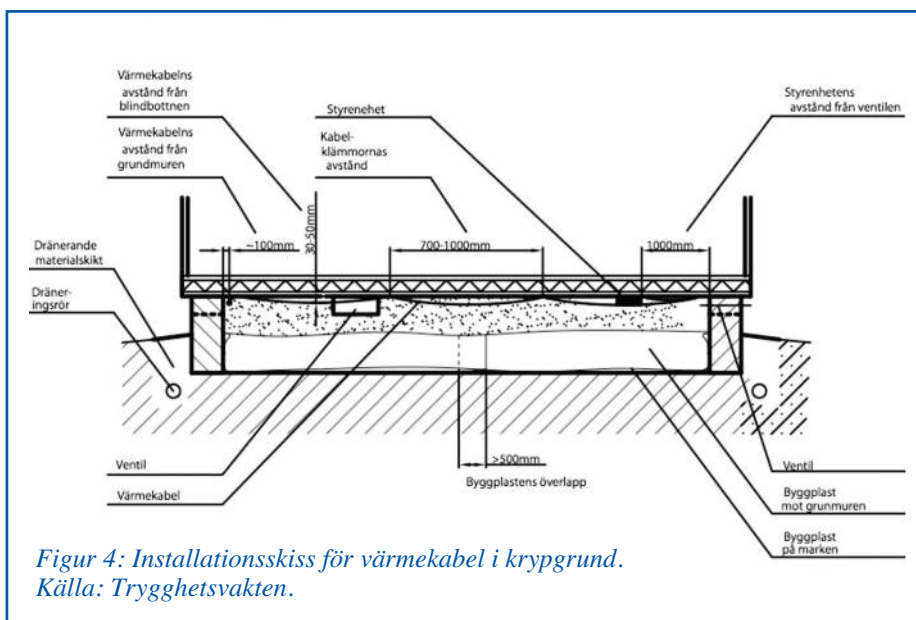
Flerbostadshus. Även i flerbostadshus har golvvärme gett upphov till en hel del energi-, regler- och komfortproblem till exempel i Bo01. Därför undviker flera stora byggföretag att bygga flerbostadshus med golvvärme.

Rekommendationer. Golvvärme är mycket populärt men ingalunda det billigaste, mest energieffektiva eller komfortabla värmesystemet. I nya hus med litet värmebehov täcks större andel av uppvärmningsbehovet med gratisvärme från sol, husållsel, personer med mera. Därför måste det gå snabbt att reglera värmeförseln. Vanligen använda golvvärmesystem uppfyller inte dessa krav. Systemen har ofta för dåligt isolerad platta och kanter. Värmeträgheten är hög och rumsvis reglering saknas. När uppvärmningsbehov inte föreligger är golvvärmen avstängd och golvet känns kallt. Alternativt är golvvärmesystemet i drift med energislöseri som följd. Det senare alternativet råder i många hus med klinkerplattor bland annat sommartid för att inte golvet ska kännas kallt. Liknande problem kan också uppstå när golvvärme ska kombineras med eldnings i braskamin, varvid man måste beakta samvariationen i tiden mellan gratisvärmeförsele till exempel från sol samt värmeförseln från golvvärmen eller braskaminen. Beaktar man inte samvariationen riskerar man att slösa bort hela eller delar av värmeförseln från braskaminen.

Behovet av golvvärme minskar om man som golvmaterial väljer trägolv, träbjälklag eller vid platta på mark ett "flytande golv" med 50 mm isolering ovanpå betongplattan och 250 mm under. Då får man ett tillräckligt komfortabelt golv även utan golvvärme. Hus med trägolv har därför lämpligen radiatorsystem med rums- eller radiatortermostater. I våtrum och entréer kan man vid behov komplettera med tidstyrd elektrisk golvvärme som "komfortvärme".

Krypgrund

Uteluftsventilerad. Fram till ungefär milienieskiftet byggdes många småhus med krypgrund och träbjälklag, men har därefter minskat beroende på ökad användning av golvvärme samt krav på allt bättre isolering av kryprumsbjälklaget, som hittills oftast har bestått av trä och träbaserade produkter. Skärpta värmehushållningskrav medför dessutom ökade fuktbelastningar på krypgrunden och ovanliggande bjälklag.



Figur 4: Installations-skiss för värmekabel i krypgrund.

Källa: Trygghetsvakten.

En av krypgrundens stora fördelar är de goda möjligheterna för inspektion till exempel vid ombyggnad och reparation. Tillgängligheten av huset kan vara sämre än vid platta på mark, då golvet i bottenvåningen ofta ligger högre. Detta kan vara en fördel i översvämningshotade områden. Positivt med krypgrunder är också att överbyggnad och grund "helt" har åtskiljts. Ju bättre kryprumsbjälklaget isoleras desto större blir riskerna för fukt- och mögelproblem i kryprummet och i bjälklaget, särskilt på undersidan och om det finns organiskt material. För att minska krypgrundens fuktbelastning till acceptabel nivå måste tillräckligt många av nedanstående åtgärder vidtas:

- luta marken från huset
- öppna och tillräckligt stora ventilationsöppningar, cirka 0,10 m² per 100 m² markyta i kryprummet
- städa rent i kryprummet från allt organiskt skräp som kan angripas av mögel till exempel trä, papper, rötter etcetera
- lägg plastfolie på marken i kryprummet. Punktera folien i lågpunkterna för att eventuellt kondensvatten och läckagevatten ska kunna avledas från kryprummet
- lägg dräneringsledning runt huset tillräckligt lågt, minst en halv meter under grundsulan.
- lägg dagvattenledning runt huset och anslut stuprören till dessa. Förse dagvattenledningen med inspektions- och spolbrunn
- förse dränerings- och dagvattenledningarna med inspektions- och spolbrunnar för att kunna göra funktionskontroll
- isolera grundmuren
- isolera marken i kryprummet med två skikt vardera av 50 mm cellplast med plastfolie mellan skikten.

Vanligtvis vidtas samtliga av dessa åtgärder utom de två sistnämnda. Beroende på de lokala förhållandena kan det bli ak-

tuellt att ytterligare sänka den relativa fuktigheten i kryprummet genom att höja temperaturen med värmekabel, figur 4, eller med hjälp av avfuktningssaggregat, figur 5. I båda fallen ökar energianvänd-

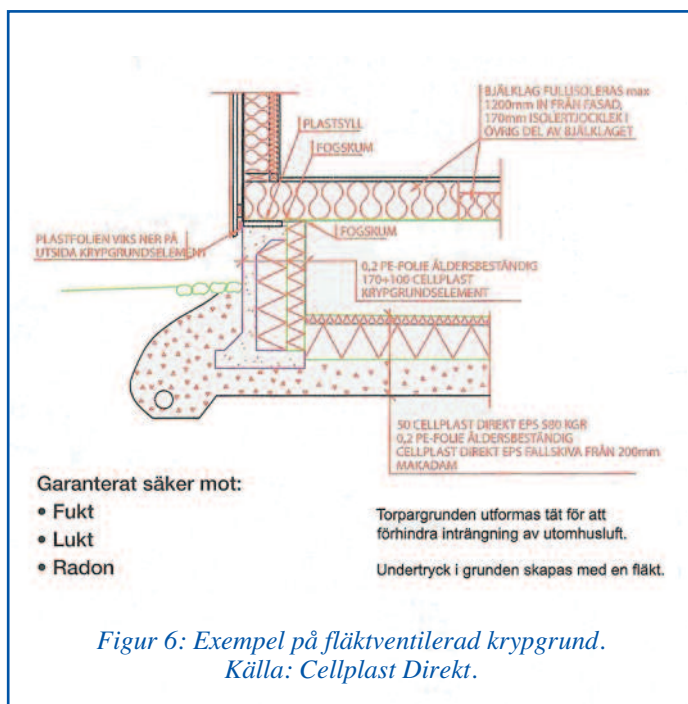


Figur 5: Installation med avfuktare i krypgrund.

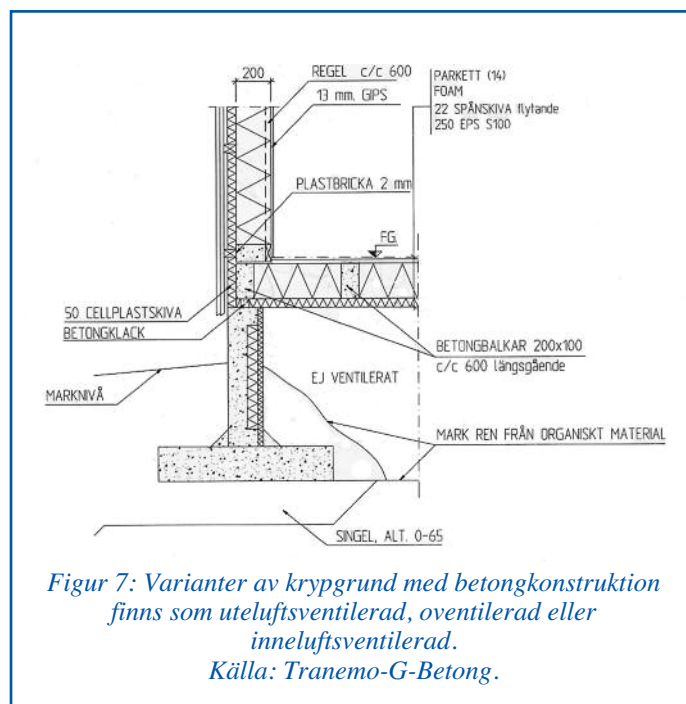
ningen och mest med avfuktningssaggregat. Inklusive installationsarbete kostar lösningen med värmekabel cirka 15 000 kronor per småhus och med avfuktningssaggregat cirka 40 000 kronor per småhus. Förespråkarna för avfuktningssaggregat rekommenderar att man stänger ventilerna i grundmuren.

Träbjälklag och fläktventilerad krypgrund utan ventiler i grundmuren. Fortfarande bygger man småhus med krypgrund och träbjälklag bland annat av volymhusföretag som Hjaltevadshus och Smålandsvillan. För att minska skaderisken i bjälklag och krypgrund har man dels infört ovanstående åtgärder dels tätat krypgrunden omsorgsfullt, slopat alla ventiler i grundmurarna och med en fläkt skapat ett undertrycksventilerat kryprum, figur 6. Därigenom kan man med ett relativt enkelt och billigt sätt gynnsamt påverka klimatförhållandena i kryprummet jämfört med om detta var uteluftsventilerat och utan fläkt.

Alternativ till träbjälklag och uteluftsventilerad krypgrund. Kryprumsbjälklag



Figur 6: Exempel på fläktventilerad kryppgrund.
Källa: Cellplast Direkt.



Figur 7: Varianter av kryppgrund med betongkonstruktion finns som uteluftsventilerad, oventilerad eller inneluftsventilerad.
Källa: Tranemo-G-Betong.

med allt bättre isolering och organiskt material som trä och träbaserade produkter har ökat intresset för bjälklag med organiskt material som betong eller gasbetong (så kallad lättbetong) liksom för inneluftsventilerade kryppgrunder. Såväl oventilerade som ventilerade kryppgrunder förekommer, figur 7.

Observera att krypprumsbjälklag av betong inte alltid har tillräckligt stort fuktmotstånd. Det finns hus med krypprumsbjälklag av betong och tryckimpregnerade syllar direkt ovanpå, som visat sig ge besvärande lukt inne på grund av syllarnas nedfuktning. Luktproblemen förstärks genom att syllarna är tryckimpregnerade.

Sammanfattningsvis, som alternativ till traditionella träbjälklag och uteluftsventilerade kryppgrunder, kan man exempelvis använda:

- oorganiskt material på undersidan av bjälklaget till exempel cementcellulosa-skivor eller mineralull
- bjälklag av betongkonstruktion eller lättbetong (även med oventilerat krypprum)
- inneluftsventilerad kryppgrund, som måste vara tät och välisolerad, med bjälklag av träkonstruktion, lättbetong eller betong etcetera.

Inneluftsventilerad kryppgrund. Många försök har gjorts med nya grundkonstruktioner. Av dessa är inneluftsventilerade kryppgrunder bland de mest intressanta, Harrysson (1986a, b). Förutom varmare golv och gynnsammare fuktförhållanden kan energianvändningen minskas med cirka 800 till 1 500 kWh/år och småhus. Praktiska erfarenheter visar dock på stora skillnader. Funktion och energianvändning kan kraftigt påverkas av otätheter med luftläckage genom grundmurar och anslutningar överbyggnad – grund, dåligt utförd isolering av grundmurar och på marken, fukt i och omkring grunden,

grundvattenströmning och hög grundvattennivå tillsammans med ventilations-systemets utformning och injustering med mera. Dessutom är det oklart hur isoleringen ska fördelas optimalt mellan krypprummet och bjälklaget.

Golvvärme – träbjälklag. Traditionellt utformade golvvärmesystem i platta på mark med golvvärmerören i och isoleringen under plattan har lägre byggkostnad än träbjälklag med golvvärme. Den senare konstruktionen fordrar värmefördelade plåtar där enbart dessa ger en merkostnad på 700 kr/m².

Helhetsgrepp och systemtänkande

Bättre golv och grunder fordrar ökad samordning över skrågränserna under hela byggprocessen från projektering till produktion och förvaltning mellan byggnadens olika delar som grund och överbyggnad samt mellan byggteknik och installationer med mera. Särskilt måste samspillet beaktas mellan byggteknik och installationer som värme- och ventilationsssystem. Byggnaden ska primärt utformas med hänsyn till:

- komfort (eftersträva små komfortskillnader inom rummet och möjligheter till rumsviss behovstyrning av värme- och lufttillförsel)
- energieffektivitet (speciellt energianvändningen under skedena framställning av material och byggnaden i drift)
- livscykelanalys (miljöpåverkan, energianvändning, kostnader med mera)

Rätt val av material, konstruktioner samt värme- och ventilationssystem är av största betydelse för att åstadkomma ett hus av hög kvalitet med hänsyn till energieffektivitet, innemiljö och livscykelkostnad samt för att även minimera riskerna för innemiljöproblem, byggfel och merkostnader. Genomförs bygget som totalentreprenad finns endast en ansvarig

motpart om problem uppstår. Kontrollansvariga och besiktningsmän måste vara opartiska. Observera dock att det finns försäkringsbolag som kräver att särskilt "utvalda" besiktningsmän med omtvistad objektivitet måste användas. ■

Referenser

- Blomsterberg, Å & Stadler, C-G (1985). *Välisolerade småhus med luftburen värme. Utvärdering av två småhus i Skultorp*. SP, Rapport 1985:42, Borås.
- Boverket (2014). *Regelsamling för byggnade, BBR21*. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.
- Cajdert, A (1999). "Bo92 – ett slag i luften? Bok om luftvärme får debattör att minnas bostadsmässan i Örebro. VVS-Forum, nr 2, 1999. Stockholm (Uppsatsen är även publicerad i boken "Byggnade med kunskap och moral").
- Cajdert, A red (2000). *Byggnade med kunskap och moral. En debattskrift om sjuka hus, miljögifter och forskningsetik*. Örebro universitet, nr 1, Örebro. ISBN 91-7668-246-3.
- Ekström, L (2014). *Personlig kommunikation*, Göteborg.
- Energimyndigheten (2012). *Energistatistik för småhus 2011*. Statens energimyndighet, ES 2012:04, Eskilstuna.
- Gundersen, P (1992). *Miljövennlige rimelige lavenergiboliger*. NBI, Prosjektrapport 105-1992, Oslo.
- Gundersen, P (2001). *Nyanser i golvvarmedebatten*. Bygg&teknik 2/01, Stockholm.
- Harrysson, C (1985a). *Kostnadsbesparing för småhus i trä. Produktionsmetoder och byggsystem*. Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R72:1985, Stockholm.
- Harrysson, C (1985b). *Kostnadsbesparing för småhus i trä. Grundkonstruktioner*. Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R73:1985, Stockholm.

- Harrysson, C (1986a). *Varmgrunder – Systemlösningar och erfarenheter*. Väg- och vattenbyggaren nr 10-1986, Stockholm.
- Harrysson, C (1986b). *Varmgrunder – Systemlösningar och erfarenheter*. vvs & energi 12/86, Stockholm.
- Harrysson, C (1988). *Småhusets energiomsättning. Analys med särskild hänsyn till ingående delposters variationer*. CTH, Avd för byggnadskonstruktion, Doktorsavhandling, Publ 88:2, Göteborg.
- Harrysson, C (1994). *Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme. Enkätundersökning och mätningar i 330 gruppbyggda småhus med olika systemlösningar*. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1994:8, Karlskrona. ISBN 1104-5671.
- Harrysson, C (1997). *Golvvärme eller radiatorsystem i småhus? Registrering av el-, gas- och vattenanvändning. Värdering genom praktiska mätningar enligt förlustfaktormetoden*. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.
- Harrysson, C (2000). *Energieffektiva golvvärmekonstruktioner kräver såväl minskad värmetröghet som ökad isolering*. Bygg & teknik 4/00, Stockholm.
- Harrysson, C (2001). *Energieffektiva värmesystem i småhus. Energi- och vattenanvändning, enkätundersökning, tekniska mätningar och vägledning*. SBUF Stockholm, DESS Kristianstad samt Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.
- Harrysson, C (2004). *Byggnadsutformning och värmekapacitet. Förstudie och litteraturinventering*. SBUF och Örebro universitet, Institutionen för teknik, Rapport nr 14, Örebro, ISSN 1404 - 7225.
- Harrysson, C (2006a). *Byggbranschens behov av förnyelse – en väg till småhus med lägre livscykelkostnader*. Bygg & teknik 5/06, Stockholm.
- Harrysson, C (2006b). *Husdoktorn går rondan. En bok om sjuka hus och drabbade människor*. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg. ISBN-10 91-631-9272-1, ISBN-13 978-91-631-9272-2.
- Harrysson, C (2012). *Samordning över skrågränserna ger hus och grunder med högre kvalitet. Helhetssyn på grundläggning – överbyggnad – installationer nödvändig under projekterings- och byggskedena*. Bygg & teknik 8/12, Stockholm.
- Harrysson, C (2013). *Myter och sanningar. Lärdomar från några "energiprojekt" under 40 år*. Bygg & teknik 5/13, Stockholm.
- Harrysson, C (2014). *Varför så svårt att spara energi i småhus? Beprövad och lättskött teknik ger lägst energianvändning*. Bygg & teknik 2/14, Stockholm.
- Olesen, B & Zöllner, G (1987). *Experimentelle Untersuchung zum Energieverbrauch unterschiedlicher Heizsysteme bei untereinander vergleichbarer thermischer Behaglichkeit*. 9th Internationaler Velta Kongress. Velta, Nordestedt, Deutschland.
- Olesen, B (1994). *Comparative Experimental Study of Performance of Radiant Floor-Heating Systems and a Wall Panel Heating under Dynamic Conditions*. ASHRAE Transactions Symposia 1994, Vol 100, Part 1, No 94-13-2.
- Persson, T (2000). *Lågtemperatursystem – en kunskapsöversikt*. Högskolan i Dalarna, Centrum för solenergiforskning, EKOS, Borlänge. ISSN 1401-7555, ISRN DU-SERC--67--SE.
- Persson, T (2005). *District Heating for Residential Areas with Single Family Housing – with Special Emphasis on Domestic Hot Water Comfort*. Lund Institute of Technology, Division of Energy Economics and Planning, Department of Heat and Power Engineering, Doctoral Thesis, Lund. ISBN 91-628-6504-8.
- Rockwool (1986). *Hur långt kan uppvärmningsbehovet isoleras bort? Redovisning av erfarenheter från två väl isolerade experimenthus med luftburen värme*. Rockwool AB, Byggprodukter, Skövde.
- Ruud, S & Lundin, L (2004). *Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat från två års mätningar*. SP, Rapport 2004:31, Borås. ISBN 91-85303-07-0, ISSN 0284-5172.
- SCB (2012). *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2012*. Statistiska Centralbyrån, Örebro. ISBN 978-91-618-1560-9.
- Sörensen, S E (1981). *Energibesparing ved etterisolering av småhus*. NBI, särtryck 267, Oslo.