

FÖRENINGEN HALMBALSHUS

Halmbalshuset – Storkeboda

att bygga med halmbalar – en dokumentation



Olav Sandvej

 **LBE arkitekt AB**
Lindstam Broman Elgström

FÖRENINGEN HALMBALSHUS

Halmbalshuset – Storkeboda

att bygga med halmbalar – en dokumentation

Olav Sandvej



Omslagsbild framsida: Storkeboda fotograferat från nordöst hösten 2001. Foto: Olav Sandvej.

Omslagsbild baksida: Interiörbild från bottenvåningen. Foto: Sara Norrby Wallin.

@ copyright: Föreningen Halmbalshus, Bergunda, Storkeboda, 355 93 VÄXJÖ.

Upplaga 2: Växjö 2002.

INNEHÅLL

INNEHÅLL	1
FÖRORD	4
SAMMANFATTNING.....	5
1 INLEDNING.....	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Byggprojektet i Storkeboda	7
2 HALM FÖR HUSBYGGE – HISTORIK.....	9
2.1 Odling – hus – halm.....	9
2.2 Lerhalm.....	9
2.3 Hus av halmbalar – förr och nu	10
2.3.1 Flera typer av konstruktioner.....	10
2.4 Projekt i Norden.....	13
2.4.1 Danmark	13
2.4.2 Norge	14
2.4.3 Finland	15
2.4.4 Sverige	15
2.5 Halmplattor – byggblock av halm	18
2.5.1 Isobord	18
2.5.2 Byggblock av halm	18
3 HALM SOM BYGGNADSMATERIAL.....	19
3.1 Vad är halm?.....	19
3.2 Halm – en resurs	20
3.3 Halmens kemi	20
3.4 Användningsområden idag	20
3.5 Olika typer av halmbalar	21
3.5.1 Halmbalar för husbygge	21
3.5.2 Har sädesslaget betydelse?	22
3.6 Halmbalens egenskaper som byggnadsmaterial	22
3.6.1 Värmeledningsförmåga, λ -värde	22
3.6.2 Värmegenomgångskoefficient, U-värde.....	22
3.6.3 Brand.....	23
3.6.4 Hållfasthet – elasticitet.....	23
3.6.5 Fukt	23
3.6.6 Hållbarhet	25
3.6.7 Skadedjur	25
3.6.8 Insekter	26
3.6.9 Inneklimat – hälsa.....	26
3.6.10 Ljud.....	26
3.7 Miljöeffekt	26
3.8 Ekonomi.....	27
3.9 Ytskikt på halmbalsväggar	27
3.9.1 Cement baserat puts	28

3.9.2	Kalkputs	28
3.9.3	Lerputs	29
4	BESKRIVNING AV STORKEBODA	31
4.1	Bakgrund	31
4.2	Platsen	33
4.3	Huset	34
4.3.1	Gestaltning	34
4.3.2	Planlösning	35
4.3.3	Material	35
4.3.4	Installationer	36
4.3.5	Översikt – installationer och material	37
4.4	Ritningar	38
4.4.1	Situationsplan	38
4.4.2	Plan bottenvåning	39
4.4.3	Plan övervåning	40
4.4.4	Sektion	41
4.4.5	Fasader	42
4.4.6	Sektionsdetalj	43
4.4.7	Detaljer – takfot och grundmur	44
4.4.8	Detaljer – fönster	45
4.4.9	Detaljer – golv i våtrum och farstukvist	46
5	SÅ BYGGDES STORKEBODA	47
5.1	Inledning	47
5.2	Grund	48
5.2.1	Kommentarer – grund	48
5.3	Stomme	49
5.3.1	Kommentarer – stomme	50
5.4	Bjälklag mot krypgrund	52
5.4.1	Kommentarer – bjälklag mot krypgrund	52
5.5	Ytterväggar	53
5.5.1	Första skiftet halmbalar	53
5.5.2	Mötet halmbal –väggregel	54
5.5.3	Andra skiftet	54
5.5.4	Tredje skiftet	55
5.5.5	Delning av halmbalarna	55
5.5.6	Momenten i sammanfattning	55
5.5.7	Sista skiftet – takfot och gavelspets	56
5.5.8	Kommentarer – balning av ytterväggar	56
5.6	Innervägg	58
5.7	Isolering av snedtak och övre bjälklag	58
5.8	Att putsa med lerputs	59
5.8.1	Utvändig putsning	60
5.8.2	Hur möter putsen andra material?	62
5.8.3	Kommentarer utvändig grov- och finputsning	63
5.8.4	Invändig putsning	64
5.8.5	Kommentarer - invändig putsning	65

6	FUKTMÄTNINGAR	66
7	Energihushållning	66
7.1	Inledning	66
7.2	Energiförbrukning första året.....	66
8	EKONOMI.....	68
8.1	Inledning	68
8.2	Kostnader	68
8.2.1	Kommentarer	69
8.3	Arbetsstimmar	70
8.4	Finansiering	70
9	ATT BO I ETT HALMBALSHUS	71
9.1	Erfarenheter första året	71
9.1.1	Boendekomfort	71
9.1.2	Installationer	71
9.1.3	Byggnadsmaterialen.....	72
9.1.4	Insekter och gnagare	72
10	SLUTORD	73
11	KÄLLFÖRTECKNING.....	75
12	Figurförteckning.....	77
Bilaga 1		78
Bilaga 2		80

FÖRORD

Sommaren 1998 besökte jag Storkeboda och träffade Sara Norrby Wallin och Pär Wallin för första gången. Grunden till deras framtida hem var lagt och de första halmbalarna hade hittat sin plats i väggen. Syftet med mitt besök var att bilda mig en uppfattning om uppgiften, jag hade framför mig. Jag hade just fått uppdraget att dokumentera bygget, som var planerat att pågå fram till oktober –99, då huset skulle stå klart för inflyttning. Av olika anledningar (familjen fick sitt första barn) kom byggtiden att sträcka sig fram till hösten 2000.

Dokumentationens första kapitel skrevs 1998 och 1999, de sista kapitlen 2001. Tonvikten har lagts på att beskriva halmbalsbyggandet samt erfarenheterna från första året i Storkeboda i detalj – förhoppningsvis till nytta för kommande halmhusbyggare. Att jag skulle komma att tillbringa nästan tusen arbetstimmar vid bygget i Storkeboda, hade jag inte en tanke på vid mitt första besök – men så blev det. Tack till Sara och Pär för ett gott samarbete och tack till alla som har bidragit med råd och hjälp till denna skrift.

Byggprojektet i Storkeboda beviljades bidrag från det lokala investeringsprogrammet till ekologisk omställning och utveckling i Växjö kommun. I detta bidrag var en summa avsatt för dokumentationen av projektet.

Växjö november 2001.

Olav Sandvej

SAMMANFATTNING

Halm är en resurs som inte tas tillvara inom dagens byggande. Användandet av den hårdpressade halmbalen som byggnadsmaterial befinner sig fortfarande på experimentstadiet. I Europa och Nordamerika finns ett utbrett nätverk för utvecklandet av halmbalshus. Beträffande halmbalens egenskaper som byggnadsmaterial finns numera ett ganska omfattande testmaterial att tillgå. På sikt kommer kanske halmen att förädlas och användas i det industrialiserade byggeriet. I Canada och USA produceras byggsivor där halm är råmaterialet.

Det finns gott om råvaran halm i Sverige. Av de cirka sex miljoner ton halm som varje år står gyllengul på Sveriges åkrar går största delen direkt tillbaka till jorden. En ökad användning av denna förnybara resurs skulle kunna minska koldioxidutsläppen från industrin. Isoleringsmaterial av hög förädlingsgrad, t.ex. mineralull, kräver en stor mängd energi vid produktionen. Beräkningar gjorda vid Norges byggforskningsinstitut, där 1 m² halmbalsvägg har jämförts med motsvarande mineralullsvägg, visar att halmbalsväggen endast förbrukar en tiondel av mineralullväggens energi vid framställning. Här kan man alltså med rätta tala om **faktor tio**.

Sommaren 1998 tog paret Sara Norrby Wallin och Pär Wallin de första stegen till förverkligandet av en idé: Ett eget hus – ett halmbalshus, till stor del byggt med egna händer. Hösten 2000 stod huset klart för inflyttning. I Storkeboda tillämpades den så kallade infill-metoden, d.v.s. halmbalar resta mot en bärande träregelstomme.

Husets utvändiga isolering i golv, väggar och tak utgörs av halmbalar. U-värdet beräknas ligga runt 0,13 W/m² K för ytterväggen. Årsförbrukningen av köpt energi för uppvärmning är beräknad till 9864 kWh eller cirka 82 kWh/m². En beräkning som mot bakgrund av första årets faktiska förbrukning tycks motsvara verkligheten. I Storkeboda finns inga installationer för värmeåtervinning.

Arkitektoniskt är Storkeboda ett tämligen traditionellt småhus. Byggnadstekniskt bör infill-metoden utvecklas. I Storkeboda kunde konstateras att ramarna för montering av fönstren i liv med ytterväggen utsattes för stor last och delvis deformades när väggen putsades.

Vid flera tillfällen under byggtiden ordnades workshops. Många intresserade fick prova på att bygga med halmbalar och även putsa med lerputs. Projektet var inte bara ett byggprojekt, men också ett socialt projekt till glädje och inspiration för många intresserade. Det finns anledning att tro att även framtida studiebesökare kommer att inspireras.



Figur 1.1 Storkeboda från infarten vintern 2001.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Halmbalen är en resurs – för husbygge. Billig, lågförädlad, en naturprodukt – för kretslopp. Några av pionjärerna i Sverige inom området halmbalshus är Pär Wallin och Sara Norrby Wallin. Sommaren 1998 lade de grunden till sitt framtida hem i Storkeboda utanför Växjö. Ett hus som till stor del består av hårdpressade halmbalar skördade på en veteåker två mil från byggplatsen.

Att bygga hus av hårdpressade halmbalar är på väg att utvecklas på flera håll i världen. I USA har tekniken funnits sedan början av 1900-talet. I Sverige är erfarenheten av halmbalshus fortfarande begränsad. 1996 byggdes ett bostadshus med halmbalar vid Skåve gård utanför Järna i Sörmland. Sedan dess har några flera kommit till. Förhoppningsvis kommer Storkeboda att bli ett viktigt referensobjekt för utvecklandet av halmbalshus i Sverige.

Projektet "Halmbalshus i Storkeboda" har kommit till stånd på initiativ av Föreningen Halmbalshus i Växjö. Intressenter i projektet är: LRF, Skanska, Stadsbyggnadskontoret, Växjö kommun, Kommunfastigheter AB (KFAB), Växjö, LBE arkitekter AB, Växjö samt MiljöUtveckling i Småland. Projektet har beviljats bidrag ur det lokala investeringsprogrammet för ekologisk omställning i Växjö kommun.

1.2 Byggprojektet i Storkeboda

Storkeboda är det första enfamiljs halmbalshus i Sverige som har dokumenterats under byggtiden och till viss del utvärderats i bruksskedet. Huset är byggt med en konventionell träregelstomme rest på en s.k. kryprumsgrund. All utvändig isolering utgörs av hårdpressade halmbalar. Ytterväggarna är putsade med lerputs på utsida och insida.

Projektets mål var:

Att bygga ett halmbalshus

Att dokumentera och utvärdera ett halmbalshus i bygg- och bruksskedet

Att låta huset bli ett referensobjekt för utvecklandet av halmbalsbygge.



Figur 2.1
Den klassiska bilden i skrifter om halmbalshus: Simonton House, Purdum, Nebraska, 1908.

2 HALM FÖR HUSBYGGE - HISTORIK

2.1 Odling – hus – halm

Så länge människor har odlat jorden och byggt hus har halm använts som byggnadsmaterial. Halm är ett lätt och hållbart byggnadsmaterial om det används på rätt sätt. I de flesta jordbruksområden finns det halm att tillgå i riklig mängd. I Norden har halm främst använts för taktäckning. Ett material som lagt på rätt sätt står emot väder och vind under årtionden.

2.2 Lerhalm

Att blanda den lösa halmen med en lervälling är kanske den vanligaste metoden att använda halm som byggnadsmaterial. Metoden utvecklades starkt i Västtyskland efter andra världskriget i samband med återuppbyggnaden. Byggnadsmaterialet halm kunde odlas och lera fanns nära byggplatsen. Dessutom var det en byggmetod lämpad för självbyggare. Under senare år har metoden åter blivit intressant i samband med det ökade intresset för ekologiskt byggande. Inom området finns en hel del litteratur att tillgå. Vidare ger intresseorganisationen Nordisk Organisation för Lerjordsbyggeri (NOL) ut tidskriften *LER & HALM byggaren*.

2.3 Hus av halmbalar – förr och nu

Halmbalar användes, som nämndes inledningsvis, i USA redan i början av seklet. Det var i nordvästra Nebraska, ett kargt slättlandskap, där de första nybyggarna troligen av brist på annat byggnadsmaterial kom på att använda balar av hö och halm för husbygge. Tekniken utvecklades efter hand till en byggnadstradition som kom att kallas "*The Nebraska style house*". Flera av dessa hus, idag omkring hundra år gamla, finns kvar och är enligt uppgift i gott skick.

Sjuttioalet blev ett uppvaknandets årtionde beträffande miljö- och resursproblematiken. Cirka tio år tidigare hade den amerikanska zoologen Rachel Carson publicerat boken *The silent spring* (Tyst vår 1962). En bok som väckte stark debatt beträffande användningen av miljögifter. Det ledde i sin tur till att den industrialiserade världens resursförbrukning på allvar började ifrågasättas. Forskare inom området frågade sig: Är en ständig tillväxt i längden hållbar på en planet med ändliga resurser? Mot den bakgrunden blev halmbalstekniken åter intressant.

Det började i USA och Canada. En handfull entusiaster tog åter upp den nästan bortglömda halmbalstekniken "The Nebraska style". Dessa pionjärer bildade senare ett utbildnings- och resurscenter, "Out on Bale", för halmbalsbyggnad. Även en tidskrift, "The Last Straw", ges numera ut för att sprida kunskap och erfarenheter. Idag är halmbalstekniken en accepterad byggnadsteknik och byggnormer har utvecklats i flera delstater i USA. Senare har idéerna om denna byggnadsteknik spritt sig till en rad länder.

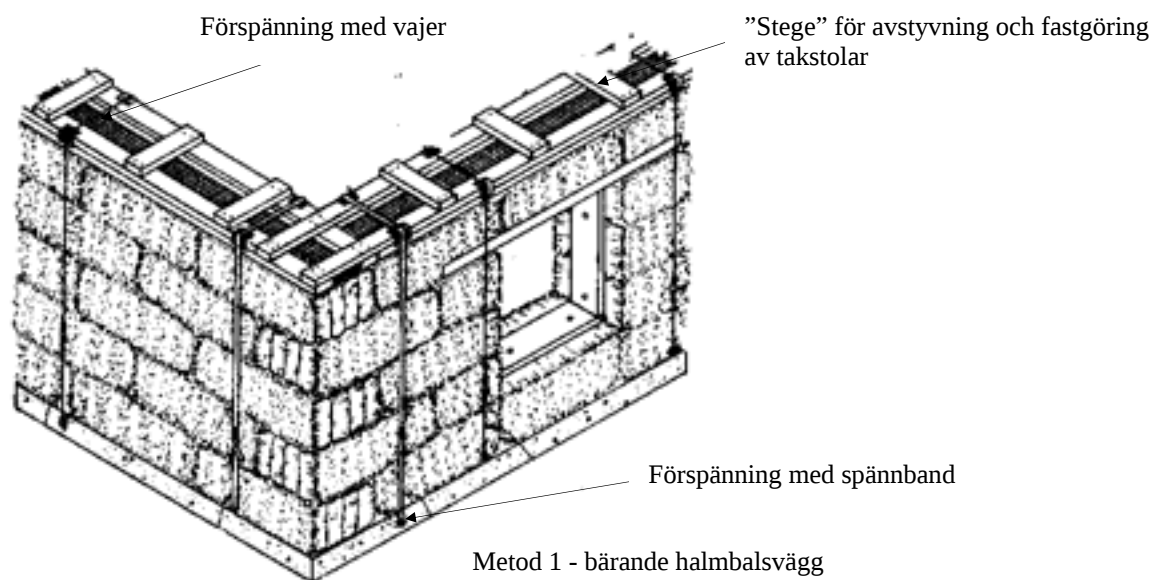
I flera europeiska länder pågår f.n. byggprojekt där halmbalar används som byggnadsmaterial. Via internet går det att skaffa sig information om dessa projekt.

2.3.1 Flera typer av konstruktioner

Halmbalstekniken är under utveckling och experimenterandet för att hitta optimala konstruktioner tycks pågå för fullt, särskilt i Nordamerika. Skiftande klimatiska förhållanden från Mexico i söder till Canada i norr ger olika förutsättningar att ta hänsyn till. Två konstruktionstyper tycks dock dominera, *bärande* och *icke bärande väggar* (*infill*).

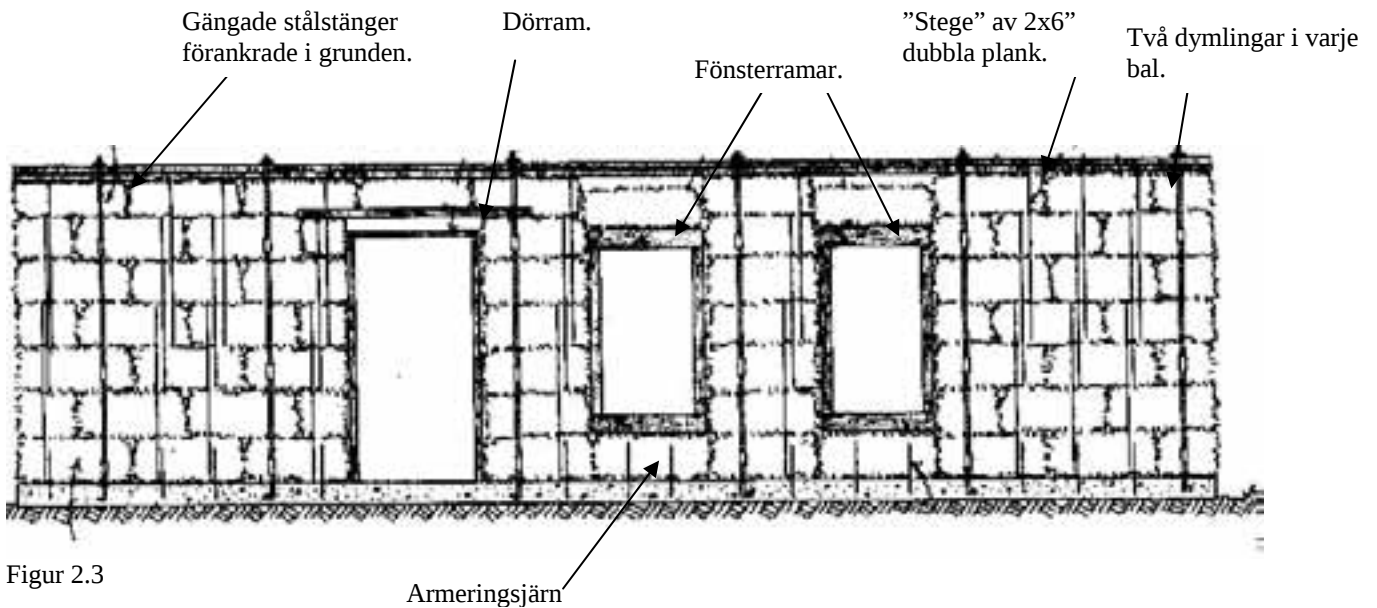
Bärande väggar

The Nebraska style house byggdes med bärande väggar. Huvudprincipen är att ytterväggarna består av endast halmbalar som bär upp taket. För att stabilisera en sådan konstruktion finns det ett antal lösningar under utveckling. Här ges exempel på två metoder.¹



Figur 2.2

¹ *The strawbale house* s 75 ff.



Figur 2.3

Metod 2. Bärande halmbalsvägg.

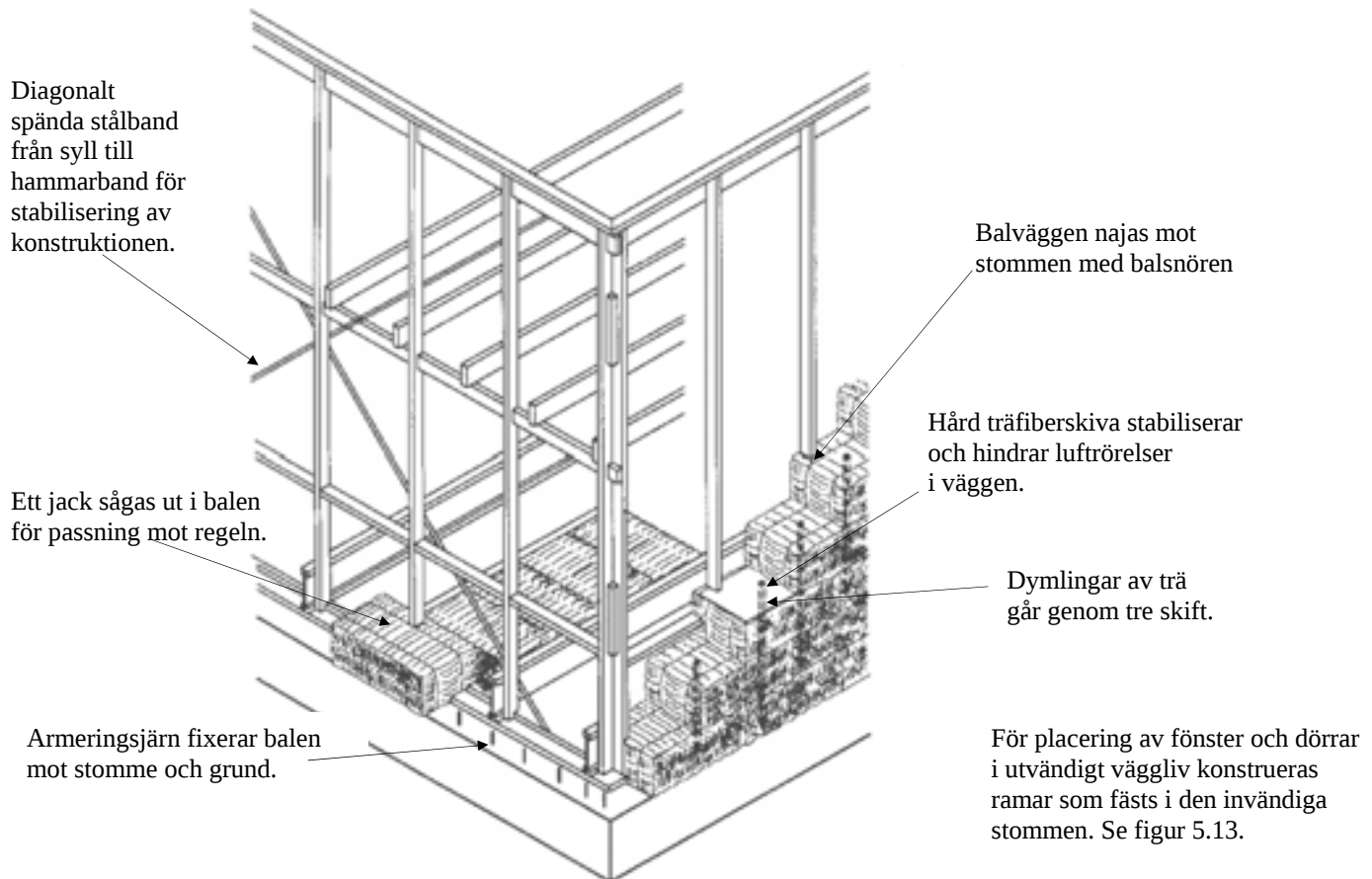
Denna metod går ut på att gängade stålstänger förankras i grunden och går vertikalt genom hela väggen. Stängerna förses med grova muttrar och med hjälp av dessa kan en träkonstruktion av grova plank och ev. plywood på väggens krön pressa ihop halmbalarna så sättningen minimeras.

Den bärande halmbalsväggen bör enligt uppgift inte byggas högre än sju skift. Längden av väggen bör begränsas till maximalt 5 m i rak linje. Önskas en längre vägg bör den vara böjd eller ha en stödjande tvärvägg för att bli tillräckligt stabil.

Icke bärande väggar

Icke bärande väggar är troligen än så länge den säkraste konstruktionstypen. En stomme av trä, stål eller betong bär upp taket och ger fäste för dörrar och fönster. Halmbalarna bär endast putsen och sin egen vikt. Balarna läggs i förband på utsidan av stommen och förbinds med dymlingar. I Storkeboda är trästommen integrerad i halmbalsväggen för att få en slät invändig väggyta. För att hindra väggen från att röra sig ut från stommen förbinds balar och regler med balsnören. Fast inredning och elinstallationer kan fästas i trästommen.

Utöver dessa två dominerande konstruktionstyper har det utvecklats hybrider av olika slag. I Canada och Frankrike byggdes på 80-talet hus med murade halmbalar vilket skulle ge en styv konstruktion. Med denna metod lades halmbalarna inte i förband, utan murades som pelare.²



Figur 2.4 Icke bärande halmbalsvägg typ Storkeboda, enfamiljshus i 1½ plan.

² Jacobsen s37 f

2.4 Projekt i Norden

2.4.1 Danmark

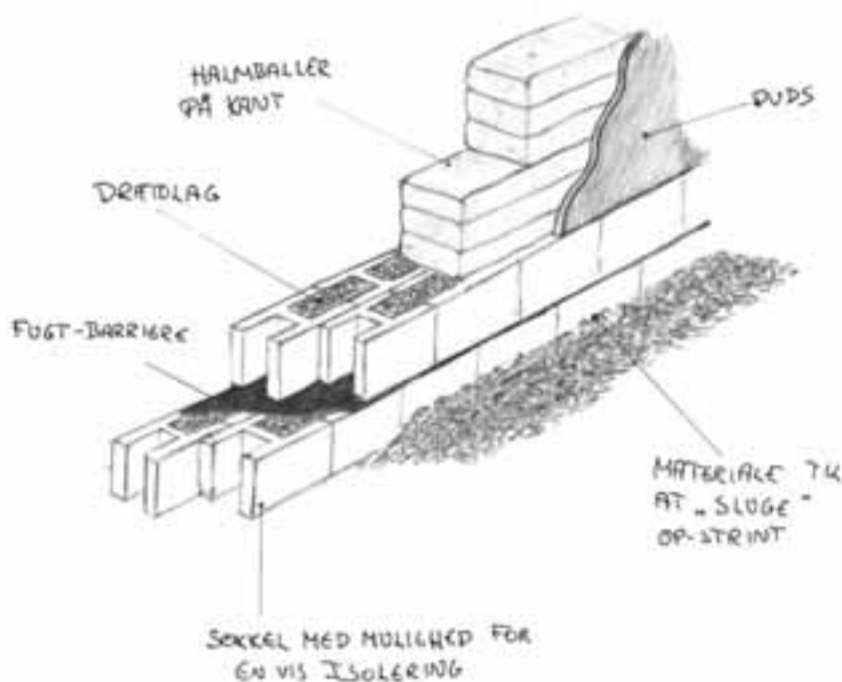
I Danmark är Steen Möller en känd person bland halmhus-entusiaster. Redan för flera år sedan byggde han sitt eget halmbalshus, och har under de senaste åren medverkat till att göra tekniken

känd i Danmark. Ett TV-program 1999 där en handfull personer tillsammans med Steen Möller byggde ett enkelt halmbalshus på tio dagar ökade troligen intresset. Via internet kan man för närvarande hämta hem information om ett antal halmhusprojekt i Danmark.



Figur 2.5 Enkelt halmbalshus byggt på tio dagar

Vidare har The Folkecenter for Renewable Energy gett ut en skrift: *Inspirations Manual for Halmbyggeri*. (Keller och Kruse, 2000)



Figur 2.6 Exempel på grundläggning

2.4.2 Norge

Det första permanenta huset med halmbalskonstruktion i Norge, uppfört på Søndre Tvetter i Vestby kommune, blev 1993 korat till *Norges Miljøhus 1993*. Den norska arkitekten Rolf Jacobsen har medverkat i flera halmhusprojekt och har bl.a. gett ut skriften: *Halm som byggemateriale*. Ett flertal halmbalshus har byggts i Norge under senare år.



Figur 2.7 Rolf Jacobsens Tegnestue.



Figur 2.8 Ateljé, Sol, Norge

Halmbalshuset - Storkeboda



Figur 2.9 Finskt halmbygge med spåntak

2.4.3 Finland

Vid Helsingfors universitet, fakultet för arkitektur, planeras ett FoU projekt beträffande halmens möjligheter som byggnadsmaterial. Projektet planeras av Mikael Westermarck.

2.4.4 Sverige

På Moderna museets Araratutställning i Stockholm 1973 byggdes ett halmbygge. Ett ellipsformat hus på knappt 35 m² ritat av arkitekten Klas Anshelm. Efter utställningen monterades huset ner. Det kanske var det första halmbygget i Sverige?

Under 90-talet då intresset för kretsloppsanpassade byggnadsmaterial och ekologiskt byggande ökat har halmbygge åter blivit intressanta. Kanske mycket tack vare nyss nämnda Rolf Jacobsen som sedan början av 90-talet, inspirerad av förebilder i USA, har arbetat för att sprida kunskap om halmbyggnadstekniken.

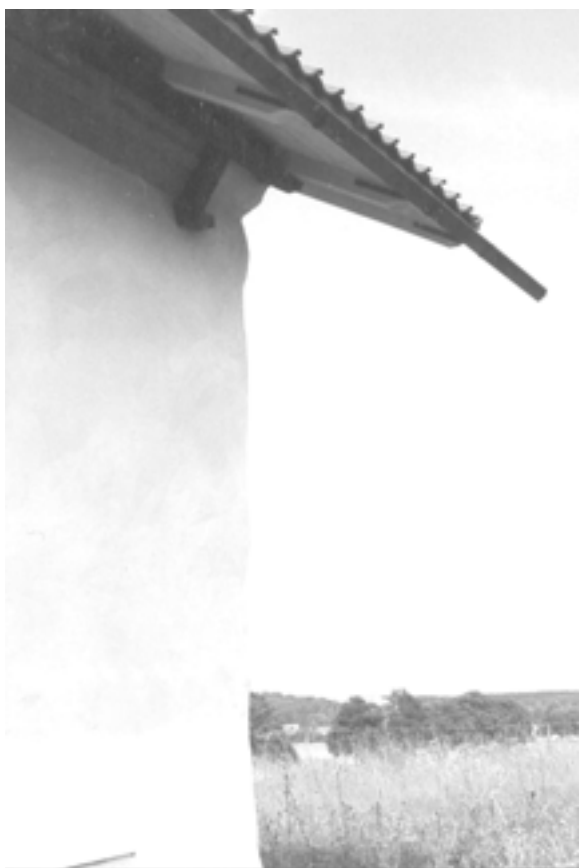
I Sverige har det under 90-talet byggts några få hus där putsade halmbalar utgör klimatskärmen.³

³ Furby och Malm beskriver några av dessa projekt.

Vid Skäve gård i Järna söder om Stockholm uppfördes under sommaren -96 ett enfamiljshus ritat av arkitekt Walter Druml med Michael Valldén som byggledare. Huset är byggt med en bärande stomme av grovt timmer som är synligt i rummen, s.k. timberframe.



Figur 2.10 Halmbalshus vid Skäve gård i utanför Järna byggt 1996. Våtrumsdelen till höger byggt i lättklinker.



Figur 2.11 Takfot – lerputsat hörn.

Familjen Wallner byggde under sommaren –98 ett enfamiljshus utanför Göteborg.



Figur 2.12



Figur 2.12 och 2.13 Familjen Wallners hus under byggtiden

2.5 Halmplattor – byggblock av halm

I sökandet efter bra isoleringsmaterial gjordes i början av förra seklet försök med framställning av pressade, impregnerade plattor av halm som hölls ihop med ståltråd. Plattorna producerades i tjocklekar på 30-50 mm och blev ofta använt som underlag för puts. I Sverige fanns en sådan produktion fram till 1960.

2.5.1 Isobord

Isobord är ett produktnamn på en halmplatta som produceras i Canada. Även i USA produceras halmplattor för byggeriet. Råvaran är vetehalm som har rensats och impregnerats. Materialet uppvärms och pressas under högt tryck för att frigöra ligninet, som därmed fungerar som bindemedel.

2.5.2 Byggblock av halm

En svensk uppfinnare, Bengt Johan Gullberg, har under en längre tid gjort försök med ett industriellt framställt byggblock av halm med bärande egenskaper. Blocken är tänkta att ingå i ett komplett byggsystem. Halmblocken har en densitet på 200-250 kg/m³. U-värdet är enligt uppgift 0,1 W/m²K vid en blocktjocklek på 460 mm.



Figur 3.1

3 HALM SOM BYGGNADSMATERIAL

3.1 Vad är halm?

Halm är enligt Nationalencyklopedin: "Örtartade växters överjordiska delar sedan frukter och frön skördats. Den vanligaste typen av halm är stråsädeshalm. Det förekommer även gräsfröhalm från odling av vallväxtfrö, rapshalm, ärthalm osv." Denna skrift är i huvudsak tänkt att dokumentera halmbalshuset Storkeboda, därför ges här endast en översiktlig beskrivning av halmens kemi, användningsområden osv.

3.2 Halm – en resurs

Förnybara resurser kommer att bli viktiga i det samhälle vi nu strävar mot – det ekologiskt uthålliga samhället. Halm är en förnybar resurs vars användningsområde bör kunna utvecklas. Av cirka sex miljoner ton halm, som varje år i augusti står gyllengul på Sveriges åkrar, går största delen direkt tillbaka till jorden. Den finfördelas och sprids vid tröskningen. Det kan tyckas bra och riktigt – att gödsla jorden med organiskt material – att låta så mycket som möjligt gå tillbaka till jorden. Halm är emellertid ett material som jorden har ganska svårt att bryta ner, bl. a. förbrukas kväve. Detta kväve ersätter svenska bönder i viss utsträckning med konstgödsel kväve med kända miljöproblem till följd. Cirka 1–3 miljoner ton halm skulle kunna användas till andra ändamål än nedplöjning utan att jordbruksmarkens innehåll av organiskt material påverkas negativt. Vissa förespråkar förbränning i större eller mindre anläggningar, vanligt i Danmark där många gårdar har egna anläggningar. Andra, de är fortfarande få, vill ha halmbalen till yttervägg i kanske 100 år innan den får omvandlas till värme.

3.3 Halmens kemi

I kemiskt hänseende är skillnaden på halm från de olika sädesslagen liten. Råg har högsta cellulosa- och proteininnehållet medan havre är rikast på vax. Huvudbeståndsdelarna är:

- Cellulosa
- Hemi-cellulosa
- Pentosaner
- Lignin

Halmstrået är belagt med en tunn hinna av vax som minskar under lagringstiden. Att få puts att fästa på nyskördad halm kan därför enligt vissa uppgifter vara svårt på grund av detta vaxlager⁴.

3.4 Användningsområden idag

Den halm som inte går direkt tillbaka till jorden vid skörden används i huvudsak till:

Strömedel (liggunderlag) till djur
Grovfoder till idisslare, hästar och grisar
Förbränning i pannor och värmeverk
Vattenrening
Trädgårdsodling

Inom byggnadsindustrin i Sverige är halm ännu en oupptäckt resurs. Som nämnts inledningsvis är det endast ett fåtal entusiaster som har intresserat sig för halmbalens möjligheter.

⁴ Jacobsen s 18

3.5 Olika typer av halmbalar

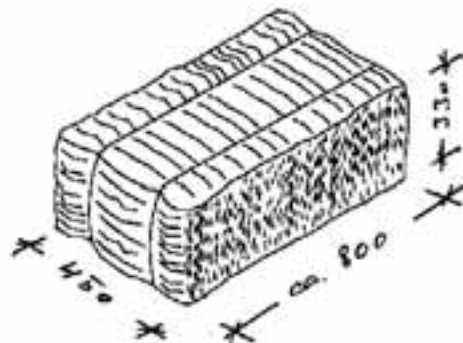
Det finns olika typer av halmbalar beroende på typen av balpressar:

- Lättpressade, vikt ca.5 kg, rektangulära, densitet ca 35 kg/m^3
- Hårdpressade, vikt 10–15 kg, rektangulära, densitet ca 125 kg/m^3
- Storbalar, vikt 100–300 kg, rektangulära, densitet ca 250 kg/m^3
- Rundbalar vikt 300–500 kg, cylindriska, densitet ca 400 kg/m^3 .

I det numera starkt rationaliserade lantbruket har de två sistnämnda typerna, stor- och rundbalarna, blivit allt vanligare.

3.5.1 Halmbalar för husbygge

Den vanligaste balen för husbygge i Norden är den hårdpressade, rektangulära med vikten 10-15 kg. Balen hålls ihop av två parallella balsnören av plast eller sisal. Men även rektangulära storbalar borde kunna användas i vissa fall, t.ex. till djurstallar m.m.



Figur 3.2

Den ideala halmbalen är:

- Torr och väldoftande (10 – 16%, inte över 20% fukt).
- Precis i formen. Den vanliga hårdpressade balen har cirkamått enligt figur 3.2.
- Väl tröskad utan sädeskorn som kan dra till sig gnagare.
- Cirka 10–12 kg tung och därför lätt att hantera.
- Lagrad över vintern, då viss vaxbeläggning på strået bryts ner vilket underlättar putsens vidhäftning.

3.5.2 Har sädesslaget betydelse?

Halmen från de olika sädesslagen vi känner i Sverige, höstvet, vårvete, havre, korn och råg har lite olika egenskaper. Rent översiktligt kan sägas att de värmeisolerande egenskaperna inte skiljer sig nämnvärt enligt mätningar gjorda i USA.

Vetehalm av höstvet ska ha större motståndskraft mot röta än vårvete.

Råghalm består av långa, smidiga strån som är rätt smala. Det ger en hårdpressad bal som säkert lämpar sig bra för husbygge – en fast bal som ändå inte är tyngre än 10–12 kg. Förr, på halmtakens tid, användes alltid råghalm. Ett sådant tak kunde enligt uppgift ligga i 30 år.

Havrehalm ger ett halare intryck. Strået är ofta ganska grovt. Den högre vaxbeläggningen på havrestrået kan troligen ge svårigheter att få lerputs att fästa.

Kornhalm är kort, mjukt och fint i strået. Detta leder ofta till liggsäd innan skörd. Troligen kan det på grund av detta vara svårt att få kornhalm av bra kvalitet för husbygge – åtminstone i Sverige där skördarbetet sker sent på året.

3.6 Halmbalens egenskaper som byggnadsmaterial

Lägg en torr halmbal på jorden en kall vinterdag, sätt dig på den och du förstår hur bra halm stänger ute kyla. Det följande är en kortfattat beskrivning av halmbalens egenskaper rörande exempelvis värmeisolering, hållfasthet, fukt, ljud, och brand

3.6.1 Värmeledningsförmåga, λ -värde

Uppgifterna om halmbalens λ -värde varierar naturligt nog. Många faktorer inverkar, såsom halmsort, densitet och fuktighet. För liggande balar (längs fibrerna) bör värdet ligga på **0,06 W/mK**, medan det för balar på högkant (tvärs fibrerna) bör hamna på **0,048 W/mK**⁵. Uppgifterna om balarnas densitet är oklara, men kan antas vara cirka 150 kg/m³.

3.6.2 Värmegenomgångskoefficient, U-värde

En vanlig tjocklek för en yttervägg av liggande hårdpressade halmbalar är 45 cm. Därtill kommer några centimeters puts på in och utsida. En sådan vägg får med ovan nämnda λ -värde U-värdet **0,13 W/m² K**. Om man lyckas täta ytterväggen och husets övriga klimatskal väl bör man få ett hus som kräver mycket lite energi för uppvärmning. Dagens gängse ytterväggskonstruktioner har ett U-värde omkring 0,23 W/m² K.

⁵ Jacobsen s 20

3.6.3 Brand

Torr, lös halm brinner mycket bra. Det krävs därför stor försiktighet i byggskedet. En putsad halmbalsvägg är däremot mycket svår att antända. Brandtest gjorda i Canada i mitten på åttiotalet gav överraskande, positiva resultat. En putsad halmbalsvägg med murade fogar utsattes för 1010 °C i två timmar innan små sprickor visade sig i putsen. Temperaturökningen på andra sidan väggen var efter fyra timmar anmärkningsvärt låg, endast 39,5 °C.⁶

Beträffande Storkeboda fanns det inga hinder att teckna en brandförsäkring under samma villkor som ett vanligt småhus.

3.6.4 Hållfasthet – elasticitet

Det har gjorts ett antal tester beträffande halmbalarnas hållfasthet och elasticitet. I USA pågår mätningar som kan ligga till grund för en utveckling av konstruktioner med bärande halmbalsväggar. Enligt dessa mätresultat ska en halmbalsvägg kunna ha en bärande kapacitet på ca. 2250 kg/löpmeter. Rolf Jacobsen nämner i detta sammanhang att lasten per löpmeter vägg i ett 6 m brett hus (inkl. snölast) i Norge kan antas ligga i underkant av 1500 kg.

Simon Svensson har i sitt examensarbete vid avd. för byggteknik vid Växjö universitet: *Framtagning av halmbalens elasticitetsmodul* (1997) kommit fram till att halmbalar med densiteten 60-85 kg/m³, har elasticitetsmodulen 0,100 MPa. Metoden för att få fram elasticitetsmodulen går, enligt Simon Svensson, ut på att tryck och påfrestning räknas fram och redovisas i ett diagram. Med påfrestningen på X-axeln och trycket på Y-axeln fås en kurva varvid elasticitetsmodulen lätt tas fram (tryck/påfrestning).

Det vanliga och kanske säkraste sättet vid husbygge med halmbalar är än så länge att använda balarna som icke bärande element i ytterväggskonstruktioner. En halmbalsvägg som endast bär putsen samt sin egen last sätter sig obetydligt. Sättningen är naturligtvis beroende av flera faktorer, hur noggrant väggen är byggd, höjden på väggen och balarnas densitet. Enklare halmbalshus kan däremot med fördel byggas med bärande väggar.

3.6.5 Fukt

Fukt och mögel i byggnadskonstruktioner är ett stort och svårt kapitel. Åtskilliga spaltmeter har skrivits om detta ämne – inte minst under de senaste årens debatt om *sjuka hus*. Fukt i halmbalskonstruktioner är ett tämligen outforskat område. Äldre halmbalshus, en del idag 100 år gamla och fullt beboeliga, byggdes alltid utan ångspärr. Mycket tyder på att en diffusionsöppen konstruktion är den bästa säkerheten mot

⁶ Jacobsen s 21

diffusionsbaserade fuktskador i ett halmbalshus.

Fuktskador kan uppstå genom:

- Nederbörd
- Kapillärsugning (fukttransport)
- Markfukt
- Byggfukt
- Oförutsedda läckage
- Luftfukt

Luktsinnet – viktigt vid halmbalsbyggande

Byggande av halmbalshus skiljer sig inte avsevärt från konventionellt byggande beträffande fukt. Möjligen bör man vara ännu mer försiktig och skydda materialet noggrant mot regn och markfukt i alla skeden under processen från skörd till färdig vägg. Egentligen är detta självklart. Halmbalarna måste vara torra och väldoftande när de byggs in i väggar eller bjälklag. Luktsinnet är ett viktigt instrument vid halmbalsbyggande. När balen väl sitter i väggen är det mycket svårt att byta ut den. Att däremot kassera en bal som inte har en god frisk doft direkt i byggskedet är ingen stor förlust. Materialet är billigt. Vissa våta somrar kan det kanske vara omöjligt att få tillräckligt bra kvalitet på halmbalarna. Då är det bara att vänta och hoppas på nästa sommar!

Halmbalshus – slagregn

Det är naturligtvis mycket viktigt att halmbalskonstruktioner skyddas mot inträngande vatten. Vatten som når en sådan konstruktion riskerar att transporteras vidare in i halmen där mögel och röta snabbt vill uppstå. Viktiga punkter för att undvika detta är:

- Höjden på grundmuren bör inte vara lägre än 30 cm
- Regelbunden översyn av putsen
- Väl tilltagna taksprång
- Noggrant utförande av droppbleck över fönster och dörrar i utsatta lägen

Halmbalsväggen – goda fuktreglerande egenskaper

Halm är ett mycket fuktkänsligt material, är starkt hygroskopiskt och har därför goda fuktreglerande egenskaper. Fukt transporteras relativt snabbt igenom en halmbalsvägg. Vidare kan nämnas att en putsad halmbalsvägg utan ångspärr har en stor fuktkapacitet. Det genomsnittliga fuktinnehållet i en sådan vägg är enligt uppgift ca 10% medan den övre säkerhetsgränsen beträffande mögel ligger på 18%. Under dessa förutsättningar kan ett normalt enfamiljs halmbalshus,

som i vanliga fall har ca 5 ton halm i väggarna, ta emot och sedan avge 400 kg vatten⁷.

Fuktmätning i halmbalshus

Det finns mycket få mätresultat att tillgå beträffande fukt i halmbalsväggar. *Canada Mortgage and Housing corporation* gjorde 1983 mätningar i ett halmbalshus byggt utan ångspärr. Mätningarna som gjordes med tre års intervall gav ingen anledning till oro. Fuktinnehållet i väggen låg på 13% – även i badrumsväggen. Den genomsnittliga invändiga luftfuktigheten var 35% RF. Putsade halmbalsväggar har av naturliga skäl ingen invändig ångspärr. Väggen fungerar ungefär som en putsad, massiv vägg av lättklinker, där fukten under normala förhållanden rör sig fritt beroende av rådande ångtryck.

3.6.6 Hållbarhet

Hus behöver omsorg och underhåll. Om halmbalshus behöver mer omsorg och underhåll än andra hus är kanske inte bevisat, men det är ganska troligt att de åtminstone inte behöver mindre. Ägare till lerputsade halmbalshus bör se över väggarna åtminstone en gång varje vår. Hålls det yttersta skiktet helt och tätt kan ett halmbalshus säkert stå i många år. De tidigare nämnda husen i Nebraska vittnar om ett material med lång livslängd.

Halm från lin och hampa

Ur hållbarhetssynpunkt kan halm från lin och hampa vara intressant då dessa har mycket hög motståndskraft mot röta. Tillgången i Sverige till dessa material är dock begränsad.

3.6.7 Skadedjur

Möss söker sig till halm, det kan säkert inte ens den varmaste halmhus förespråkare förneka. Problemet sägs dock inte vara större än i vanliga hus. Erfarenheter gjorda vid det norska halmbalshuset i Søndre Tveter visar att mössen visserligen flyttade in i halmen under byggtiden, men sedan, när väggarna blev putsade, försvann de efterhand. Att stänga ute möss genom att sätta nät osv. i övergångar kan vara ett sätt att hindra intrång. I Storkeboda användes endast hydratkalk (kalkpulver) som skydd mot skadedjur. Däremot tätades noggrant med finmaskigt ståltrådsnät vid genomföringar i tak, samt vid luftspalten vid takfot ochnock.



Figur 3.3

⁷ Jacobsen s 23 f

3.6.8 Insekter

Vissa insekter kan trivas i halm. Getingar bygger gärna sina bon i halmbalar. Flugor av olika slag kan lägga ägg i halmbalen. I Storkeboda kunde man den första tiden efter inflyttningen se skalbaggar, knappt synliga för ögat, krypa över golvbräderna. Senare under vintern försvann insekterna. Om detta fenomen är relaterat till årstiden är för närvarande oklart.

3.6.9 Inneklimat – hälsa

Torr halm dammar vid hantering. Personer som är känsliga för halmdamm kan ha svårt att delta i halmbalsbygge. Vilken inverkan halmen har på inneklimatet är ett utforskat område. Det kan nämnas att byggherrarna i Storkeboda båda är gräs- och päldjursallergiker. Flera faktorer inverkar på inneklimatet i ett halmbalshus:

- Halmens kvalitet vid skörd och pressning
- Lagring
- Skydd mot fukt i byggskedet
- Putsens beskaffenhet, täthet och ytbehandling
- Fuktbelastningen i väggen i bruksskedet
- Ventilation

3.6.10 Ljud

En väl tätad halmbalsvägg har en god ljudisolerande effekt. Vid en densitet på 200 kg/m^3 (vanligtvis är densiteten betydligt lägre) uppmättes 44 dB vid 500 Hz ⁸.

3.7 Miljöeffekt

Ett isoleringsmaterial med hög förädlingsgrad kräver mycket energi vid tillverkning och transport. Detta ökar belastningen på miljön. Halm som isoleringsmaterial har låg förädlingsgrad. Den kan pressas till användbara balar för husbygge direkt på åkern nära byggplatsen och har därför mycket låg miljöbelastning. Skälen till det är flera:

- Halmen är en förnybar resurs
- har låg förädlingsgrad
- har hög värmeisolerande förmåga
- kräver vanligen kort transportsträcka till byggplatsen
- är lätt att hantera
- kan återanvändas för olika ändamål vid rivning
- kan återvinnas (förbränning)

⁸ Jacobsen s 28

Norges byggforskningsinstitut har gjort en jämförelse mellan halm och mineralull beträffande miljöbelastningen vid produktion. En jämförelse mellan en halmbalsvägg och en konventionell 30 centimeters mineralullsvägg har gjorts med underlag av dessa värden. Energiåtgången per m² vägg med samma U-värde blir för:

1 m² halmbalsvägg (45 cm) av Storkebodas typ 19,68 MJ.

1 m² mineralullsvägg (30 cm) 202,54 MJ.

Som framgår av dessa siffror hamnar halmbalsväggen på **under en tiondel** av mineralullsväggens energiförbrukning vid produktion. Även utsläppsnivåerna för kväveoxider och svaveldioxid hamnar enligt denna studie på under en tiondel.⁹ man kan med fog säga att halmbalsväggen är faktor 10-vägg.

3.8 Ekonomi

De ekonomiska frågorna beträffande halmbalshus är naturligtvis av stort intresse. Under de senaste åren har det byggts ett antal halmbalshus i Norden – från enkla fritidshus där materialkostnaden har uppgått till 15 000 kr till enfamiljshus för permanentboende där den totala kostnaden har beräknats till 1,17 milj. kr. Eftersom halmbalsbyggandet befinner sig på experimentstadiet är prisjämförelser än så länge svåra att göra.

Furby och Malm (2000) har studerat de ekonomiska frågorna och gjort en jämförelse i materialkostnad mellan en konventionell trähusvägg och halmbalsväggen. Resultatet visar att den förstnämnda väggen är cirka 240 % dyrare än halmbalsväggen, som hamnar på 96,7 kr/m² för den icke bärande väggen. Materialkostnaden för den bärande halmbalsväggen har beräknats till 84,5 kr/m². Den värmeisolerande förmågan hos halmbalsväggen är dessutom cirka dubbelt så hög.

3.9 Ytskikt på halmbalsväggar

Ytskikt på halmbalsväggar är ett omdiskuterat ämne bland halmhusbyggare. Det traditionella är att putsa med cement-, kalk- eller lerputs. Men även utvändig panel har använts, bl. a. i Norge på Søndre Tvetter där en vägg kläddes med asfaboard och träpanel. Problemet med ett sådant ytskikt är att det lätt uppstår hålrum bakom det vindtätande materialet. Dessutom måste en spikläkt förankras mot halmbalsväggen.

⁹ Bilaga 1

3.9.1 Cementbaserad puts

Cementbaserad puts har använts i stor utsträckning i USA under senare år. Det vanliga är att man armerar putsen med finmaskigt trådnät för bättre fäste. Fördelen med denna metod är att den är väl beprövad och att en cementbaserad puts ger ett hållbart ytskikt.

Nackdelarna är att cement i sig ur ekologisk synpunkt är diskutabelt om det finns alternativ som fyller samma funktion lika bra. Generellt har denna typ av puts, jämfört med kalk- och lerputs, sämre egenskaper när det gäller transport av fukt. Andra nackdelar är att trådnätsarmeringen möjligen kan skapa en s.k. Faradays bur. Uppstår det i ett sådant hus elektromagnetiska förhållanden som kan vara skadliga för människor?

Det kan i detta sammanhang nämnas att man på Søndre Tveter i Norge gjorde försök med att till en cementbaserad puts tillsätta kalk och dessutom fiber i form av kutterspån och hackad halm. Detta för att få en mera diffusionsöppen och lättare puts. Nätarmering användes endast över hörn och kring öppningar i väggen. Receptet ser ut som följer¹⁰.

1.0 murcement
0.5 kalk
4,5 putssand
0,5 kutterspån

Jacobsen föreslår vidare att försök görs med en ”lättputs” baserad på perlite eller fin leca.

3.9.2 Kalkputs

Kalkputs är välkänd i Sverige vid restaurering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Det är en puts som är mer elastisk och därför inte spricker lika lätt som den cementbaserade. Dessutom är de fuktreglerande egenskaperna bättre. Emellertid kräver en kalkputsad vägg, som är utsatt för slagregn, årlig översyn i form av strykning med kalkvatten. Ett underhåll som inte kräver någon stor arbetsinsats, dessutom är kalken billig och miljövänlig.

Beträffande kalkputs på halmbalsväggar är kunskaperna av naturliga skäl begränsade i Sverige. Om kalkens alkaliska egenskaper så småningom bryter ner halmstrået är oklart. Här behövs mer kunskap påpekar Rolf Jacobsen. I Frankrike och Danmark har kalkputs använts i samband med jord- och halmhusbyggande.

¹⁰ Jacobsen s 49

3.9.3 Lerputs

Lerputs anses bland halmhusentusiaster vara den ideala putstypen. Den är:

- Fuktreglerande
- Diffusionsöppen
- Elastisk
- Lätt att tillverka lokalt
- Endast svagt alkalisk
- Anpassad för kretslopp

Nackdelarna är att lerputs inte är lika väderbeständig som de ovan nämnda putstyperna. Enligt Rolf Jacobsen kan lerputs inte rekommenderas i områden utsatta för stora mängder slagregn. Troligen kräver ett lerputsat halmbalshus årliga översyn i minst lika hög grad som det kalkputsade.

Att blanda till en lämplig lerputs kräver att man provar sig fram eftersom lerans egenskaper är olika från plats till plats. Det har gjorts försök med olika tillsatser i lerputs. I Storkeboda där Johannes Riesterer¹¹ tog fram en lämplig lerputs tillsattes, förutom putssand, hästgödsel/kutterspån och hackad halm. Vid finputsningen tillsattes dessutom nöthår. När aggregat för spritputsning användes, ersattes den hackade halmen med torvströ.

Emanuel Eklund¹² har gjort en studie av fuktupptagning för lerputs m.m. Under rubriken slutsatser heter det bland annat: ”Fukten transporteras snabbt i lerputsen. Det framgår av att ökningen i fukthalt var lika för tunna och tjocka putsprover. Ett ökat innehåll av organiska ämnen gör att putsen tar upp mer fukt i förhållande till sin vikt.

Två reservationer för användningen av lerputs måste göras. För det första bör lerputs inte användas i rum med konstant hög luftfuktighet, om underlaget inte leder bort fukt effektivt. För det andra är lerputs inte stenhårt och därmed ”pillvänligt” och känsligt för mekaniska påkänningar.

Frånsett reservationerna ovan är lerputs, ur klimatsynpunkt, mycket lämpligt som väggbeklädnad, eftersom putsen balanserar luftfuktigheten i rummet”.

De kommande åren kommer troligen att ge svar på en del frågor angående lerputsens egenskaper som ytskikt på halmbalsväggar i svenskt klimat.

¹¹ Johannes Riesterer har arbetat med lerputs ett antal år.

¹² Se källförteckning.



Figur 3.4 Lerputsad halmbalsvägg - Storkeboda.



Figur 4.1

4 BESKRIVNING AV STORKEBODA

4.1 Bakgrund

Storkeboda var ursprungligen ett torpställe i närheten av Bergunda ca. 8 km. söder om Växjö. Sommaren 1998 köpte paret Pär Wallin och Sara Norrby Wallin tomten av Växjö kommun. Avstyckning och byggnadslov för ett bostadshus i 1½ plan ordnades under våren 1998. Paret, som under flera år intresserat sig för och medverkat i olika halmhusprojekt, såg nu en möjlighet att bygga ett eget halmhus.

Den torra sommaren -97 inhandlades 1100 hårdpressade halmbalar av KRAV-odlat vete, som sedan magasinerades i en lada i närheten av byggplatsen. I juni -98 sattes bygget igång. Det planerades att dela upp byggprocessen i två etapper

Etapp 1 sommaren -98:

- Grundläggning
- Stomresning
- Balning av ytterväggar
- Första utvändiga putslaget
- Underlagstak med underlagspapp

Därefter skulle husets utsatta delar skyddas med presenningar för att klara vintern. Andra etappen planerades att börja i april -99.

Inflyttning var planerat till hösten -99. Av olika skäl visade det sig inte möjligt att hålla tidsramarna. Inflyttning kunde därför först äga rum i september 2000.

Huset är till stor del ett självbygge. Många släktingar och vänner har fått vara med och uppleva halmbalens möjligheter som byggnadsmaterial. Vid ett par tillfällen ordnades workshops och studiebesöken har varit många.¹³



Figur 4.2. Studiebesök under etapp 1 sommaren 1998.

¹³ Storkeboda finns beskrivet i *Halmhus – en byggteknisk evaluering*, ett examensarbete av Furby och Malm, Chalmers Lindholmen, 2000.



Figur 4.3 Platsen för huset valdes med omsorg – ett öppet läge åt söder, skydd av träd åt norr och öster.

4.2 Platsen

Platsen är som nämnts ovan en ödetomt där ett torpställe tidigare legat. De enda spåren från tidigare släkters boende är högväxta grupper av nässlor och ett gammalt vårdträd. Det nya huset byggdes dock inte exakt på samma plats som det tidigare torpet utan i ett lite högre och öppnare läge i kanten av en mindre åker. Marken sluttar svagt mot sydväst. Åt öster och norr skyddar skogen mot kalla vindar. Ändå är läget öppet och soligt. Tomten är 3424 m². Det finns goda möjligheter för odling söder och väster om huset.

Landskapet består i huvudsak av ett svagt kuperat skogs- och odlingslandskap. Till närmaste grannhus är det cirka en halv kilometer. Från övervåningens fönster mot väster ser man ut över en dalgång med blandskog – i horisonten endast skog.



Figur 4.4 Huset är orienterat med långsidan åt söder. Solfångare kommer att monteras på taket.

4.3 Huset

Byggherrarna, Pär Wallin och Sara Norrby Wallin, har själva ritat huset. Eftersom paret är starkt engagerat i miljöfrågor, var det viktigt att huset skulle utgöra en så låg miljöbelastning som möjligt under hela dess livscykel. För att utnyttja den passiva solvärmens placerades huset med långsidan mot söder i ett öppet läge på tomten. Det finns möjlighet att så småningom bygga till ett glasat rum åt söder eller väster.

4.3.1 Gestaltning

Storkeboda utmärker sig inte på något påfallande sätt trots att huset ligger ensamt i landskapet. Förbipasserande på den närliggande grusvägen ser huset på cirka hundra meters håll – under sommaren delvis dolt av lövträd. Ett hus som med sin färgsättning, resning, fönstersättning, taklutning och taksprång, vilar i sitt landskap på ett sätt som vissa hus på landsbygden ”bara” gör. En gestalt av enkel självklarhet.

Från den nyanlagda infarten, som går i en svag uppförslutning ser besökande huset genom lövverket eller lövträdens kala grenar – allt beroende av årstiden. Lite tillbakadraget, avvaktande står det i motljuset. Gavelns väl tilltagna taksprång, den putsade väggens ojämna yta, knutbrädan mot putsad vägg, bottenvåningens fönster så ovanligt högt över sockeln, farstukvistens bredd, det är sånt som säger den besökande att detta inte är ett vanligt hus.

4.3.2 Planlösning

Farstukvisten är traditionellt placerad i mitten på husets långsida och inbyggd. Det är ett mycket speciellt rum. Doften av linolja, de för

detta lilla rum påtagligt djupa fönstersmygerna – även farstun har halmbalsväggar. Två fönster vetter åt norr och väster. Takets träpanel går upp inock. De lerputsade väggarna. Golvet, belagt med samma material som putsen på väggarna, är nedsänkt ett steg i förhållande till det övriga huset. I farstun, som har golvvärme, kan ytterkläder m.m. förvaras.

Husets boyta är 127 m² i 1½ plan. Bottenvåningen har en öppen planlösning där hall, kök och vardagsrum flyter samman. Värmen från den centralt placerade kakelugnen kan sprida sig till övervåningen.

Från farstukvisten ser man över hallen in i vardagsrummet, som ligger i husets längdriktning åt söder. Rumshöjden är väl tilltagen, 260 cm. Fönster åt öster, söder och väster ger rummet ett fint dagsljus. Från vardagsrummet finns en glasad dörr till uteplatsen. För att nå köket får man passera en del av vardagsrummet. Intill köket finns ett skafferi. Även köket har ett fint dagsljus från fönster åt norr och öster. Från arbetsplatsen i köket har man uppsikt över infarten till huset. Det finns möjlighet att skilja av ett mindre arbetsrum i vardagsrummets västra del om så önskas.

Intill hallen finns våtrummen, badrum och tvättstuga. En öppen trappa leder till övervåningens hall som får sitt dagsljus från låga fönster åt norr och söder. Smala fönster in till sovrummen ger utblickar och en viss sekundär belysning. Rummet är möblerbart. Från övre hallen når man två sovrum åt öster, ett sovrum och badrum åt väster samt klädkammare åt norr. Eftersom den s.k. stödbensväggen är hög, 180 cm, går det att utnyttja övervåningens rum fullt ut.

4.3.3 Material

Husets viktigaste material beskrivs i figur 4.5. Målet var att i möjligaste mån använda material med låg miljöbelastning. För att begränsa användningen av plast lades ingen ångspärr mot mark i kryprumsgrunden. Återanvänt tegel användes till mellanväggar i våtrummen. Av ekonomiska skäl användes rör och dosor för elinstallation av PVC. Det visade sig vara tio gånger dyrare att välja ett PVC-fritt material. En detaljerad redovisning av materialen i grund, stomme, bjälklag och tak finns under detaljritningar.

Snickerier

Fönster och dörrar är av trä. Köksinredningen samt övrig skåpsinredning är av massiv furu liksom trappor, räcken, överstycken i fönstersmygar samt fönsterbänkar.

Utvändig målning

För utvändig målning användes linoljefärg för allt trä. Fasaderna är målade med slamfärg.

Invändig målning

Furugolven är lut- och oljebehandlade. Lergolvet i farstukvisten är behandlat med rå linolja. Köksinredningen, bröstpanel, dörrar och foder samt mellanväggarna på övervåningen är täckmålade med linoljefärg. Taken av träpanel är behandlade med linoljelasyr. Fönsterbänkar samt trappa och räcken är behandlade med linolja/balsamterpentin – s.k. halvolja.

De lerputsade väggarna behandlades i två omgångar med ”lerfärg” bestående av:

keramiklera
vetemjöl
vatten
zinkvitt

Slutstrykningen bestod av vetemjöl, vatten och zinkvitt.

4.3.4 Installationer

Husets installationer framgår översiktligt av figur 4.5.

Uppvärmning

En vattenmantlad kakelugn som eldas mot en ackumulatortank samt lösa el-element är värmekällorna. Det ansågs inte nödvändigt att placera element under fönstren. Ackumulatortanken är försedd med elpatron. Kakelugnen förses med tilluft utifrån via en kanal genom kryprumsgrunden. Våtrummen samt farstukvisten har vattenburen golvvärme. Under sommaren 2002 planeras installation av solfångare för att värma tappvarmvatten när inte kakelugnen eldas.

Ventilation

Ventilationen sker med hjälp av självdrag – förutom fläkt för att undvika lukt från torrtoaletterna. Uteluft tillförs via kanaler i ytterväggarna. Skafferiet förses med sval luft via markrör.

Avlopp

Torrtoalett med urinseparering har installerats på botten- och övervåning. BDT-vatten infiltreras i marken via tre öppna dammar. En rotzonanläggning kommer på sikt att etableras. Fekalier komposteras.

4.3.5 Översikt – installationer och material

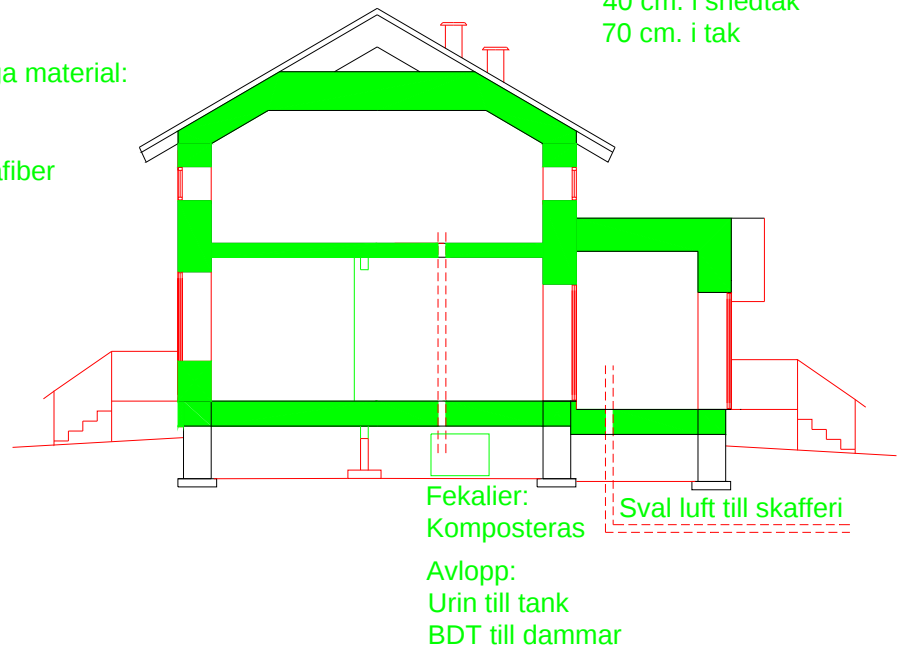
Uppvärmning:
Ved
Sol
EI

Ventilation:
Förstärkt självdrag

Isolering:
Halmbalar
35 cm. i golv
45 cm. i vägg
40 cm. i snedtak
70 cm. i tak

Huvudsakliga material:

Lättklinker
Trä
Skivor av träfiber
Vetehalm
Kutterspån
Lerputs
Lertegel
Papp
Slamfärg
Linoljefärg
Lerfärg

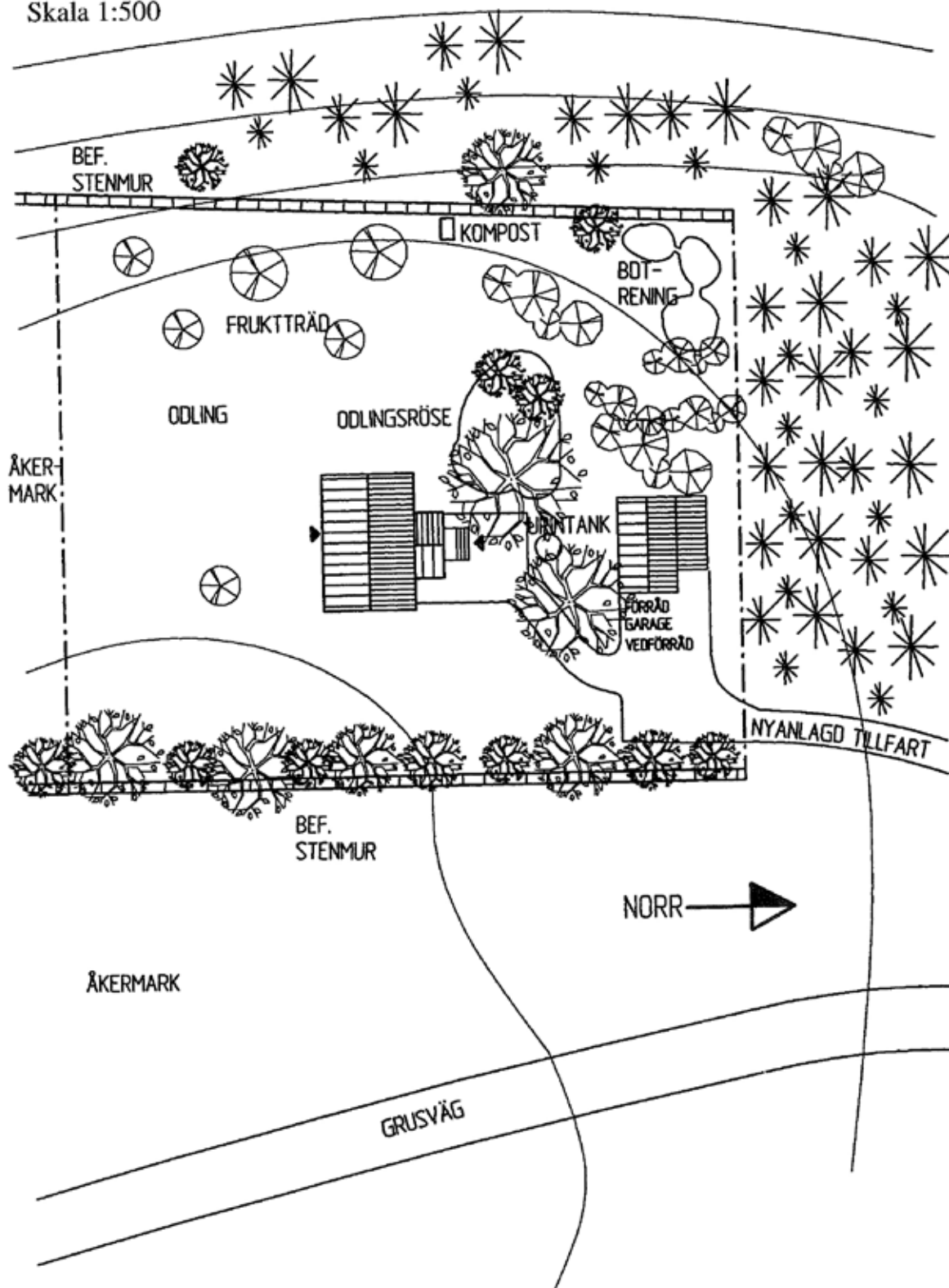


Figur 4.5

4.4 Ritningar

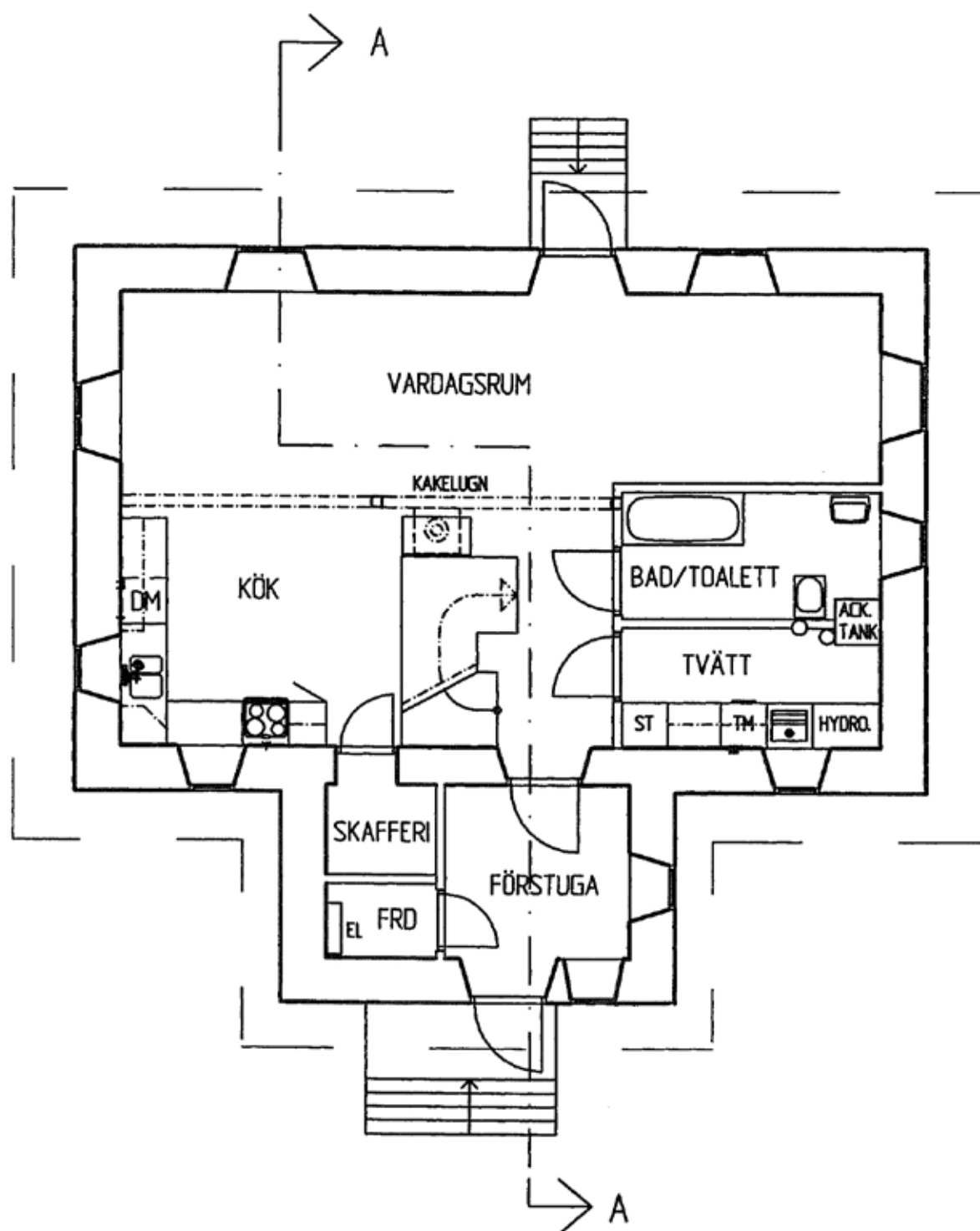
4.4.1 Situationsplan

Skala 1:500



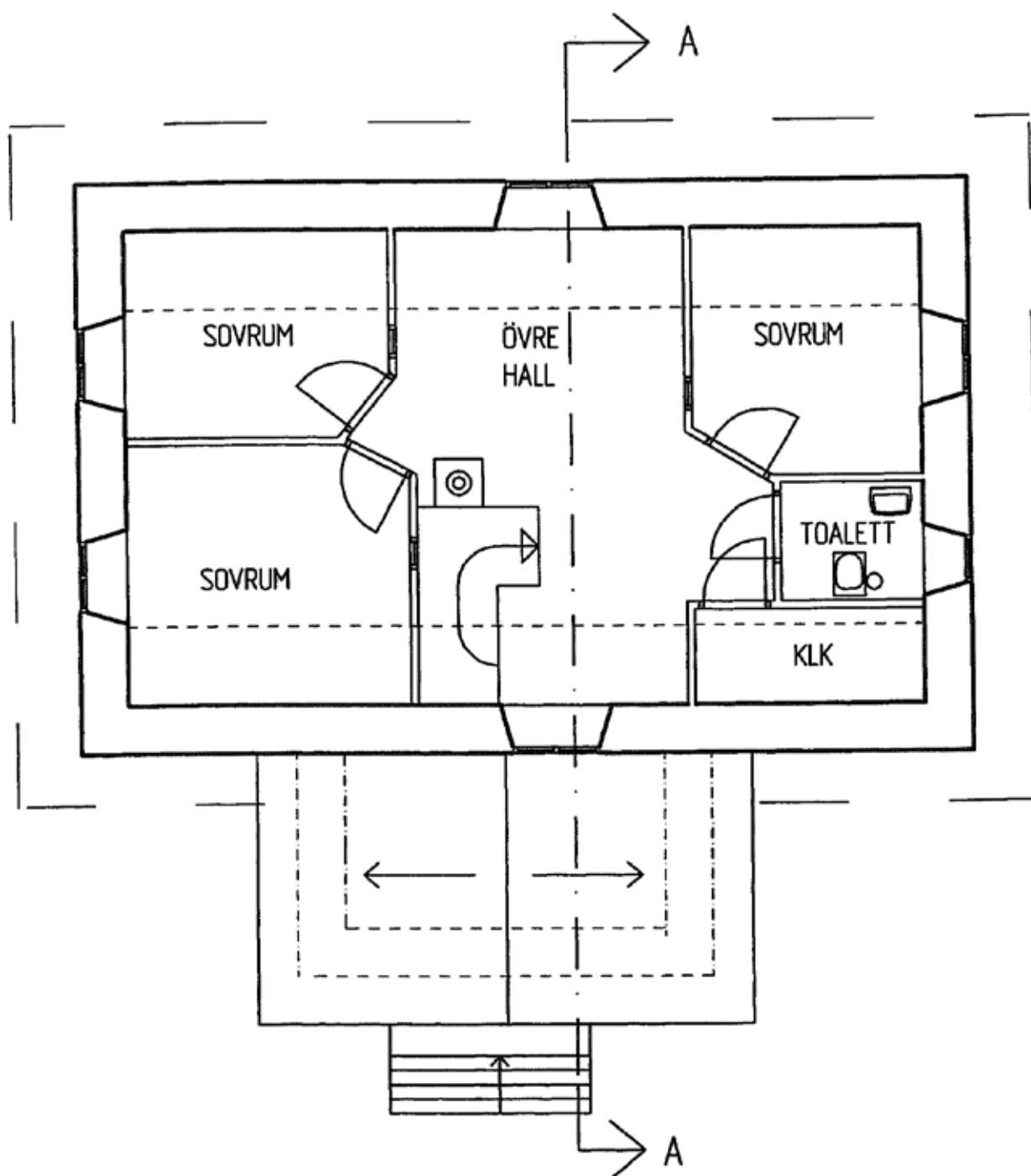
4.4.2 Plan bottenvåning

Skala 1:100



4.4.3 Plan övervåning

Skala 1:100



4.4.4 Sektion

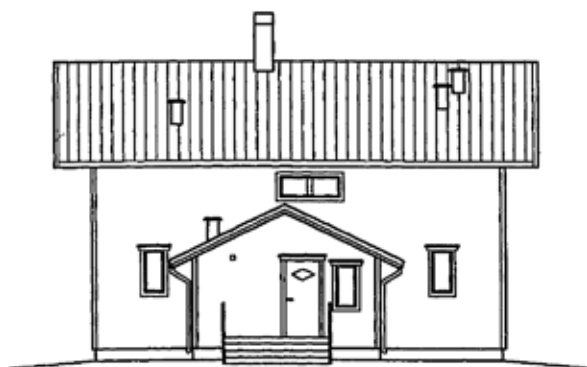
Skala 1:100



SEKTION A-A

Fasader

Skala 1:200



FASAD MOT NORR



FASAD MOT ÖSTER



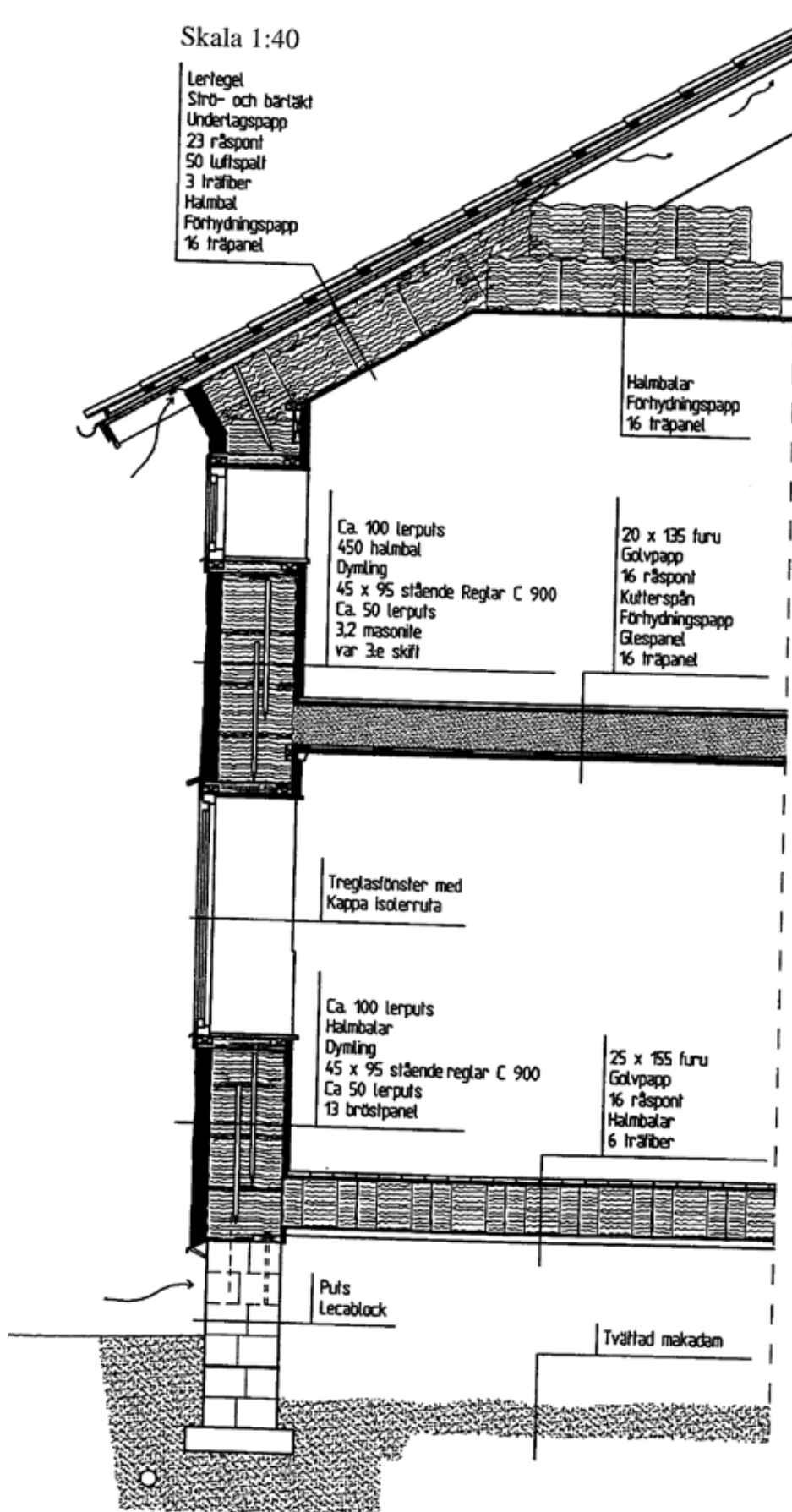
FASAD MOT SÖDER



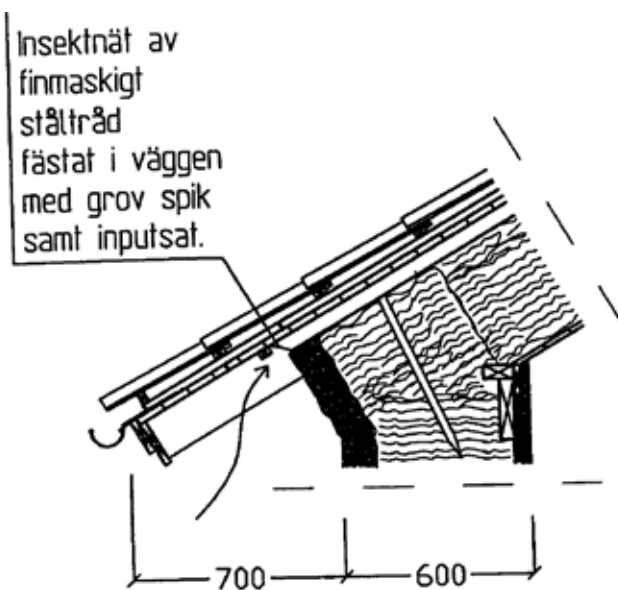
FASAD MOT VÄSTER

4.4.5 Sektionsdetalj

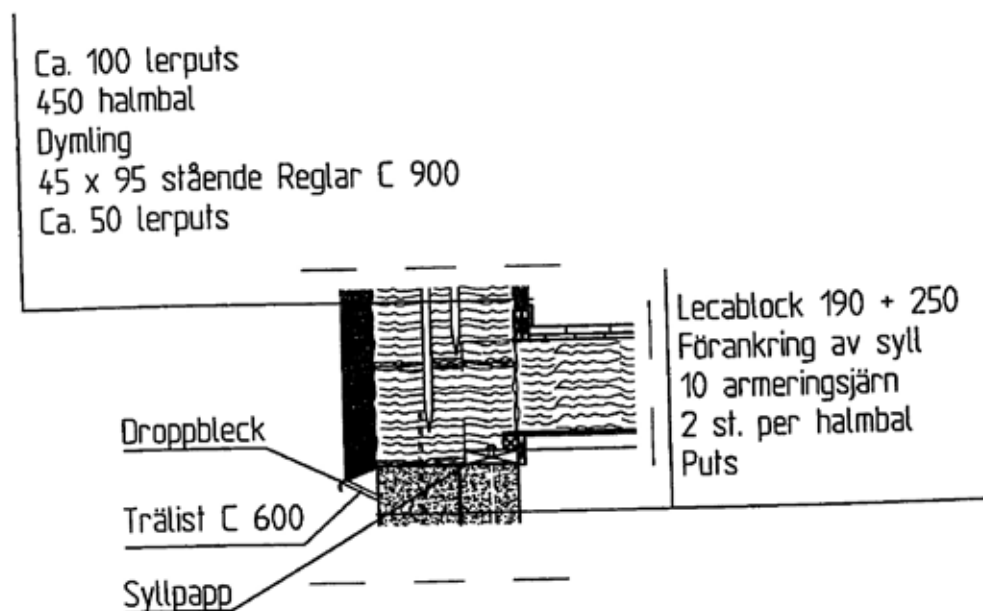
Skala 1:40



4.4.6 Detaljer – takfot och grundmur

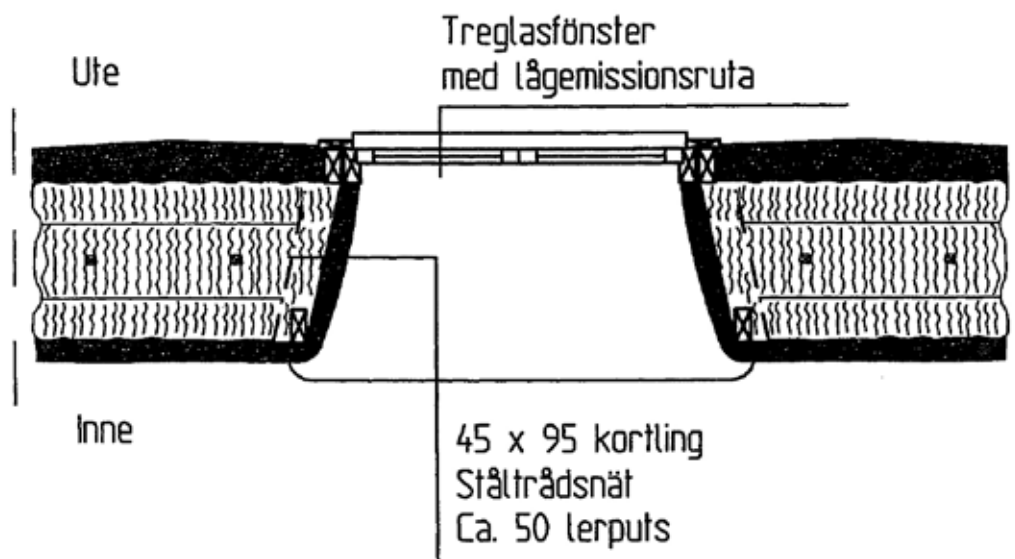


Sektion takfot 1:25

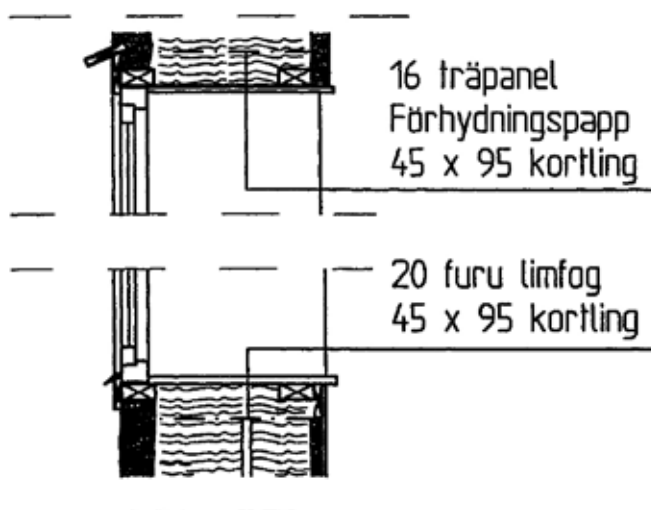


Sektion grundmur och YV 1:25

4.4.7 Detaljer – fönster

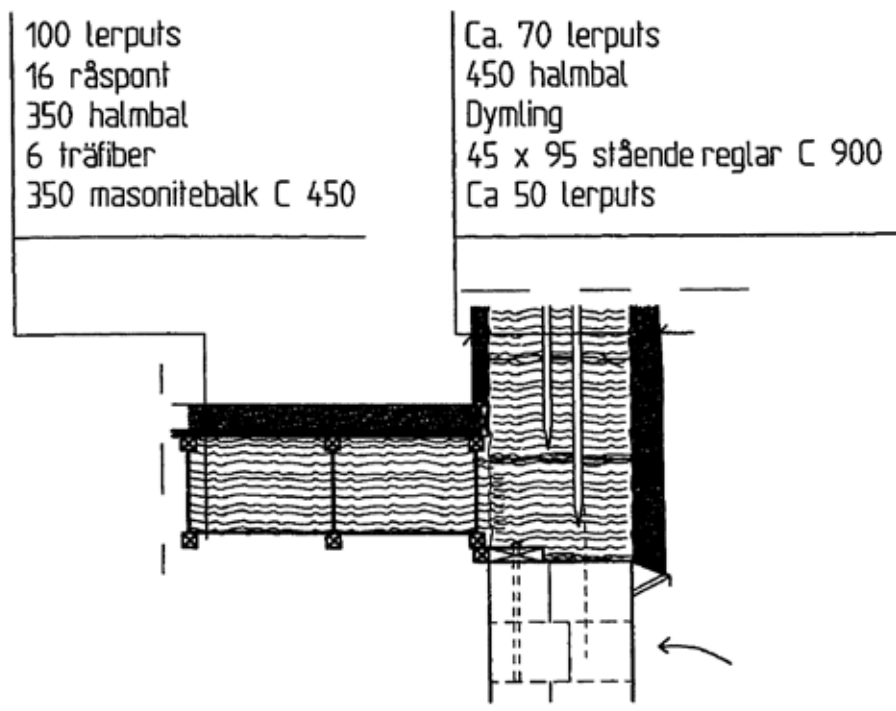


Horisontalsnitt fönstersmyg 1:25

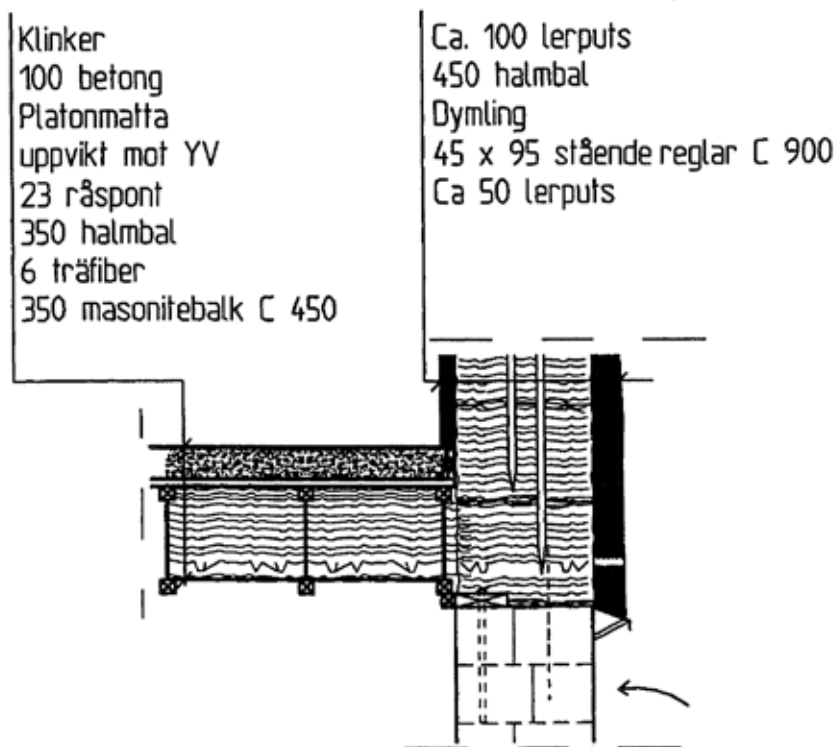


Sektion fönstersmyg 1:25

4.4.8 Detaljer – golv i våtrum och farstuvist



Sektion bjälklag och YV farstuvist 1:25



Sektion bjälklag och YV våtrum BV 1:25



Figur 5.1 Söderväggen.

5 SÅ BYGGDES STORKEBODA

5.1 Inledning

I Storkeboda är det klimatskärmen som är intressant – golv, väggar och tak vars isolering består av halmbalar. Som det nämndes inledningsvis är halmbalsväggarna med ytskikt av lerputs resta mot en träregelstomme.

När stommen stod klar med takstolar och papptäckt underlagstak kunde själva ”balningen” av ytterväggarna och isoleringen av bottenbjälklaget börja. Halmbalarna, elva hundra stycken, hade lagrats över vintern i en lada en mil från byggplatsen och hämtades efterhand som de behövdes med traktor och balvagnar. Under torra perioder togs balarna från balvagnarna direkt till väggen medan de under regniga perioder magasinerades i huset. Leran, cirka 8 ton, hämtades i en övergiven lertäkt 15 km. från byggplatsen.



Figur 5.2 Sara Norrby Wallin och Pär Wallin lägger grunden till sitt framtida hem.

5.2 Grund

Grunden är av typen kryprumsgrund. För att åstadkomma en grundmur som skulle ge stöd åt en halmbal med bredden 450 mm murades med parallella lättklinkerblock med bredden 190 och 250 mm. Grundmurens höjd över marken är cirka 40 cm. På grundmuren lades i vanlig ordning papp och syll. Syllen samt trä i kryprummet behandlades mot röta med trätjära. Ingen ångspärr lades mot markfukt i kryprummet

Grundmuren försågs med ventilationsöppningar och inspektionslucka. Byte av behållarna för torrtoaletterna sker genom denna lucka.

Kommentarer – grund

Vid denna typ av grundläggning finns alltid risk för fukt-bildning. För att minimera användningen av plast lades ingen ångspärr mot markfukt. Hösten -99 kunde det konstateras angrepp av svart mögel på vissa av de oljehärdade träfiber-skivorna i trossbotten. Troligen var fuktbelastningen i kryprummet för hög antingen på grund av bristfällig ventilation eller avsaknad av fuktspärr mot markfukt. Sommaren 2000 kunde man konstatera att problemet inte hade förvärrats.

Vid putsningen visade det sig att grundmuren var väl smal. Putslagret kom att "växa" åtskilliga centimeter utanför grundmuren vilket fått till följd att huset kom att få en anslutning mot marken, som påminner om tilläggsisolerade hus.

5.3 Stomme

Stommen är en träregelstomme. Eftersom inget stabiliserande skivmaterial finns som i vanliga fall ger stadga åt stommen, spändes diagonala band av stål från syll till hammarband. Bjälklagen bärs i mitten av huset upp av längsgående limträbalkar. Bjälklaget mot kryprumsgrunden och översta bjälklaget (takstolar) anpassades för isolering med halmbalar. Därför valdes förtillverkade masonitebalkar. Takstolarna tillverkades på plats och restes med hjälp av en inhyrd kran. Därefter lades underlagstak av råspont och underlagspapp.

Fönster och dörrar är placerade i liv med det yttersta putslagret. En ram för montering av dessa byggdes därför mot stommen. Se figur 5.4.



Figur 5.3 Montering av takstolar



Figur 5.4 Konstruktion för montering av fönster.

Kommentarer – stomme

Ska man behöva bygga i ett tält när man bygger halmbalshus? Under den regniga sommaren –98 började man undra om det inte hade varit det bästa, då mycket tid gick åt för att hindra vatten att nå halmbalarna.



Figur 5.5 "Tält" för halmbalsbygge.

Taksprången kunde inte göras färdiga i samband med att underlagstaket lades eftersom halmbalsväggarna ännu inte var uppe i full höjd. Det skulle inte ha varit möjligt att bygga balarna upp under ett färdigt taksprång, eftersom själva "balningen" kräver att man kommer åt ovanifrån för att pressa ihop balarna och slå i dymlingar (figur 5.6).



Figur 5.6 Sista skiftet möter takfoten.

Men sommaren var mycket regnig och det ansågs därför säkrast att lägga underlagstaket så fort som möjligt. Eftersom underlagstaket slutade precis innanför vägglivet var man tvungen att skarva i med presenningar för att säkra halmbalsväggen mot regn. Att "vakta" dessa presenningar, som för övrigt inte var av bästa kvalitet, så inget vatten droppade ner på halmbalsväggen tog mycket tid. I efterhand kan det konstateras att en bättre lösning hade varit att:

- Vänta med att lägga underlagstaket till alla balar var på plats i väggar och övre bjälklag
- Täcka av frånnock till takfot med "riktiga" presenningar som höll för väder och vind.

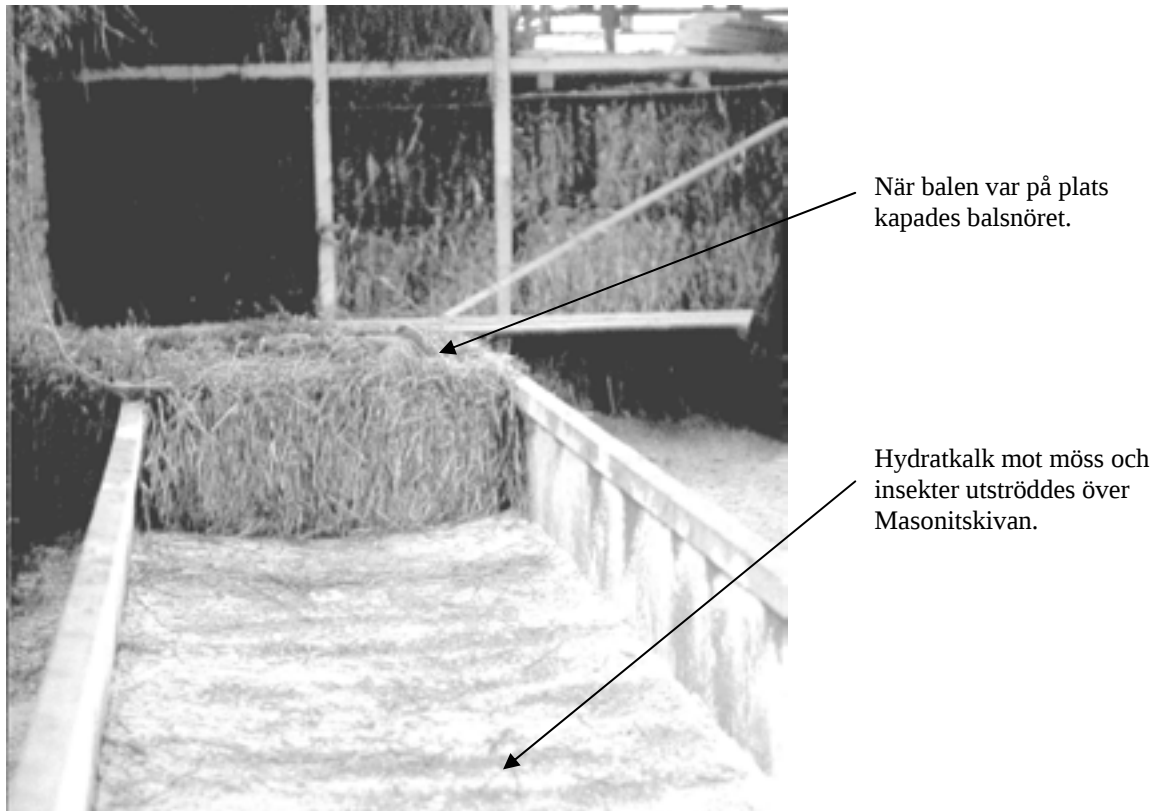
En sådan lösning hade gett följande fördelar:

- Mycket tid hade sparats för att "vakta" presenningar.
- Isoleringen av halmbalar mellan takstolarna i övre bjälklaget hade kunnat utföras på ett bekvämare sätt och med full kontroll över tätheten mellan balarna i snedtaget.

På farstukvisten, som byggdes senare, lades inte underlagstaket innan alla balar var på plats i väggar och mellan takstolar. Det märktes då att det var en stor fördel att kunna arbeta ovanifrån vid läggning av balar mellan takstolarna.

5.4 Bjälklag mot kryprumsgrund

Detta bjälklag anpassades i höjd och bredd till halmbalernas mått. Innan halmbalarna lades ut tätades blindbotten noggrant med lera där springor hade uppstått i mötet mellan masonitskiva och väggregel samt vid rörgenomföringar. Blindbotten behandlades med ett lager hydratkalk (pulverkalk) innan det värmeisolerande lagret av halmbalar lades ut. När man hade lagt halmbalen på plats, väl intryckt mot föregående bal, kapades balsnöret för att låta balen, med hjälp av sin elasticitet, fylla hela utrymmet mellan lättbalkarna. Där avståndet mellan lättbalkarna var 400 mm (våtrum och farstukvist) delades balarna och man använde masonit skivor av lämplig storlek för att kunna pressa ner halmen mellan lättbalkarna. När isoleringen var klar var det tänkt att undergolvet skulle läggas. Det var ganska svårt att gå på bjälklaget om halmen inte var täckt. Av tidsskäl lades inte detta undergolv under första etappen sommaren –98.



Figur 5.7 Bottenbjälklaget anpassades för isolering med halmbalar.

Kommentarer – bjälklag mot kryppgrund

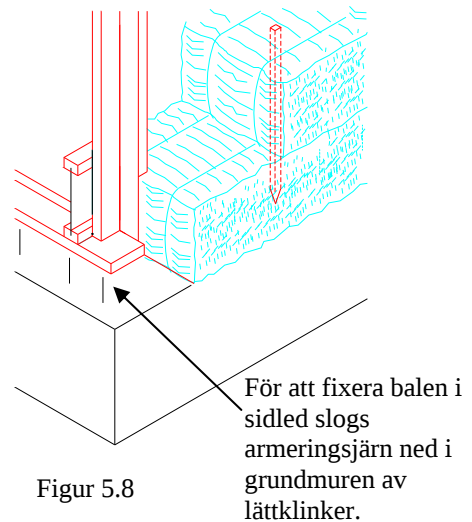
Mycket tid ägnades åt att täta väl mot kryppgrunden. Masoniteskivornas skarvar i blindbotten tätades med en underliggande masoniteremsa som monterades med plåtskruv – ett tidskrävande arbete. Själva isoleringsarbetet gick mycket smidigt. Där det fanns ojämna möten mellan halmbal och lättbalk drevades noggrant med lös halm.

5.4 Ytterväggar

Att bygga ytterväggarna, det viktiga klimatskalet, av halmbalar var ett av de mera spännande momenten i projektet eftersom det var obekant för de flesta medverkande. I arbetet med "balningen" deltog ofta intresserade som var på kortare studiebesök. Efter en kort demonstration av de olika momenten kunde de flesta fortsätta på egen hand. Det krävs ingen större muskelkraft och jobbar man ihop två och två går det ännu lättare. En person gör i ordning och sågar till balar medan den andra placerar in balarna och slår i dymlingar.

Första skiftet halmbalar

Innan första skiftet av balar lades ströddes hydratkalk över syllpapp och syll. Kalken anses hindra att skadedjur trivs i halmen. Som det framgår av figur 5.8 måste balarna i detta första skift sågas till och passas in mot syllen. Det visade sig att en eldriven kedjesåg var bra för sågning i balarna (figur 5.9).

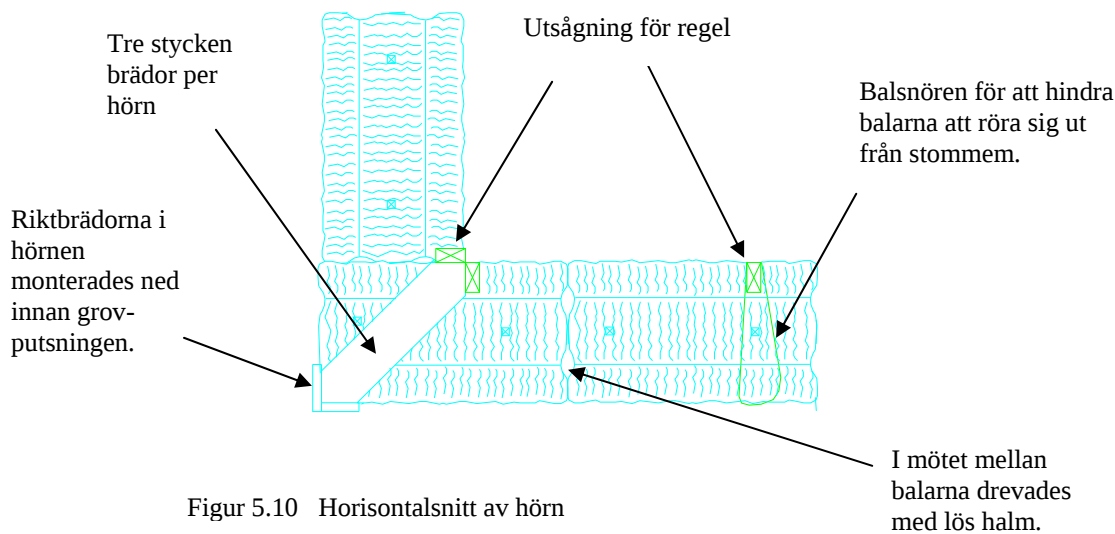


Figur 5.8



Figur 5.9

Balningen började från ett hörn. För att hindra balen från att röra sig ur läge slogs två bitar av armeringsjärn ner i grundmuren av lättklinker. Armeringsjärnen slogs i samtidigt med att man med hjälp av sitt knä (om man inte var två stycken som arbetade ihop) pressade balen mot den nyss lagda balen. Det är viktigt för täthet, stabilitet, och sättning att balarna är väl hoppressade.



Figur 5.10 Horisontalsnitt av hörn

Mötet halmbal – väggregel

Eftersom väggregeln byggdes in i halmbalsväggen fick man såga i balarna. I hörnen restes två ihopspikade brädor som bildade en nittio graders vinkel. Detta för att bygga hörnen raka och hålla balarna på plats. Efter första skiftet ströddes ett lager hydratkalk på skiftets ovansida innan nästa skift lades.

Andra skiftet

Nu var det dags att använda dymlingar av trä. I detta andra skift kunde de av naturliga skäl inte vara längre än cirka 50 centimeter, knappt två balhöjder. Man började åter i hörn och såg till att balarna lades i förband så andra skiftets skarv hamnade mitt på underliggande bal. Även på detta skift ströddes hydratkalk.

Tredje skiftet

Vidläggning av det tredje skiftet var det dags att använda dymlingar av en längd (ca 85 cm) som förband tre skift. På tredje skiftet lades sedan en 3 mm. masonitskiva av samma bredd som halmbalen. Detta för att hindra vertikala luftrörelser i väggen samt stabilisera balarna.

Delning av halmbalarna

Det var ofta nödvändigt att dela på balarna vid dörr- och fönsteröppningar. Det var dock inget större bekymmer. Man tar två balsnören och gör en ögla i ena änden. Med hjälp av en dymling trär man snören genom balen så man får önskad längd. Sedan reser man balen på kortändan och pressar ihop den med sin kroppsvikt medan man knyter balsnörerna. Just det här momentet kan vara lite svårt innan man får snits på det. Därefter kan de ursprungliga snörerna kapas och den halva balen är färdig. Den lösa halmen som blir över kan användas för drevning. För att underlätta nedpressningen av den sista balen i ett skift användes två masonitskivor.



Figur 5.11
Två dymlingar i varje bal

Momenten i sammanfattning

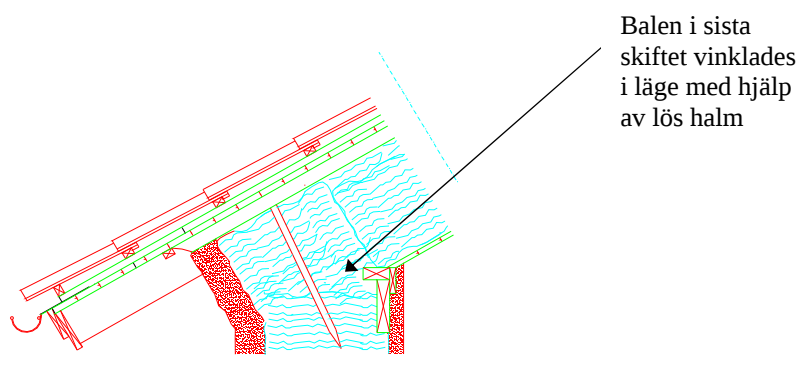
Sammanfattningsvis ser momenten vid balning av väggen ut på följande vis:

- Innan ett nytt skift läggs pressas lös halm ner i de hål som finns i mötet mellan balarnas kortänder.
- Kontrollera att balen är torr och väldoftande.
- Vänd balens skurna sida utåt.
- Tag mått för att såga ut ett jack för regeln.
- Såga ut för regeln
- Lägg en lagom "kudde" av lös halm mot den nyss lagda balen.
- Sitt på det nyss lagda skiftet. Placera balen med kortsidan mot den nyss lagda balen och pressa den på plats med knäet.
- Kontrollera att balen är i liv med regeln på väggens insida.
- Slå i dymlingarna medan du fortfarande pressar med knäet.
- Vid var tredje skift läggs en 3 mm träfiberskiva av samma bredd som balarna.
- Slutligen najas halmbalsväggen fast till regelstommen med hjälp av balsnören.

Sista skiftet – takfot och gavelspets

Vid sista skiftet på husets långsida möter väggen takstolarna och de halmbalar som ska utgöra isolering i tak. För att få detta möte så tätt som möjligt vinklades denna sista bal i läge med hjälp av lös halm. På detta sista skift ströddes hydratkalk.

I gavelspetsarna vinklades sista balen i takets lutning. De hålrum som därmed bildades fylldes med halm från balar som öppnades försiktigt. På så sätt får man en ganska jämn och tät vägg trots att balarna inte ligger med flatsidan mot varandra.



Figur 5.12 Sektion takfot

5.5.8 Kommentarer – balning av ytterväggar

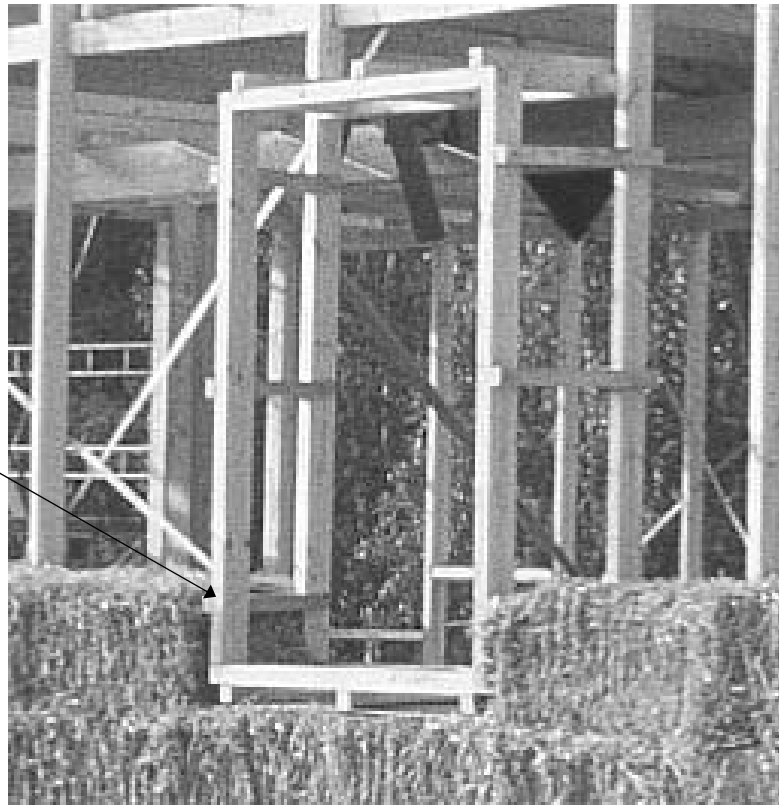
Att bygga med halmbalar var ganska lustfyllt. Många som kom på besök och fick prova på arbetade med stor lust. Ingen större muskelkraft behövs ju för att hantera balarna. Är man två som jobbar ihop går det lite lättare i början innan man har lärt sig tekniken. Det krävs dock stor noggrannhet och möjligen en viss vana för att slutresultatet ska bli en jämn vägg. Pressar man ihop balarna för hårt tenderar de att böja sig, vilket resulterar i en ojämn vägg som kommer att kräva ett tjockt putslager. Är balarna för löst ihoppressade kan det uppstå otätheter och ökad sättning. Vid putsningen visade sig väggen vara i ojämnaste laget.

Bearbetning av halmbalen

Att nästan varje halmbal måste bearbetas med den eldrivna kedjesågen kan naturligtvis kännas lite omständligt. Ibland har man otur att kapa balsnöret, sågen ger ifrån sig ett obehagligt oljud och man måste hålla reda på elkabeln.

Öppningar i väggen

Kortlingar
försvårade
placeringen
av balen mot
smygen.



Figur 5.13

Mötet mellan halmbalen och fönster- och dörröppningar var ett knepigt moment eftersom man inte hade en slät, nittiograders vinkel att sätta halmbalen mot. Fönstersmygens vinklade utformning är viktig för att få en vacker smyg i dessa ovanligt tjocka väggar. Vid tidpunkten för balningen var det oklart om smygarnas sidor skulle kläs med träpanel eller putsas. Väljer man puts kan en bra lösning vara att spika upp kycklingnät mot fönsterramen innan balningen.

Gavelspetsen

Första gavelspetsen tog rätt lång tid att bygga eftersom det var lite oklart hur detta moment bäst utfördes. Det är mycket svårt att slå i dymlingar diagonalt, åtminstone när de är spetsade på endast två sidor. Är dymlingen däremot spetsad på alla fyra sidor är den betydligt lättare. Här vid uppbyggnaden av gavelspetsen kan det vara bra att naja fast balarna efterhand eftersom de annars kan ha en tendens att röra sig ut från regelstommen medan man arbetar sittande på det nyss lagda skiftet.

5.5 Innerväggar

I huset finns fyra typer av innerväggar. Mot farstukvisten och skafferiet är väggen av samma utförande som ytterväggen. I våtrummen används halvvstens, återanvänt tegel murat med kalkbruk. Teglet är sedan putsat och kaklat endast vid badkaret. Skafferiets väggar mot farstu och förråd är byggda av dubbla 45x95 träreglar klädda med förhydningspapp och stående träpanel. Isoleringen består av kutterspån. Övriga innerväggar är oisolerade träregelväggar klädda med stående träpanel. Som ljudisolering har använts äggbackar och papp i väggarnas hålrum.



Figur 5.14 Mellanväggar i våtrum av återanvänt tegel

5.7 Isolering av snedtak och övre bjälklag

Det övre bjälklaget isolerades med två lager balar – i snedtaket ett lager. Eftersom underlagstaket lades först fick man pressa in balarna i snedtaket efterhand som det invändiga lagret av papp och träpanel sattes upp. En träfiberskiva som spikades mot lättbalkens yttre regel bildar en 50 mm luftspalt i snedtaket. För luftning av vindsutrymmet byggdesnocken ventilerande. För inspektion av vindsutrymmet monterades en lucka i den västra gaveln.



Figur 5.15

5.8 Att putsa med lerputs

Putsen, det yttersta skyddande lagret av halmbalsväggen, är avgörande när det gäller boendekomfort, värmeekonomi och husets livslängd. Är inte detta yttersta skikt tätt och väl anslutet till fönster- och dörrkarmar på såväl insida som utsida, kommer energiåtgången för uppvärmning att bli hög. Särskilt viktigt är att det utvändiga putslagret hålls fritt från sprickor och väl anslutet till dörr- och fönsterfoder m.m. för att hindra slagregn att tränga in.

Under etapp ett sommaren -98 putsades ytterväggarna i en våningshöjd samt den östra gaveln. De återstående lagren, totalt tre, lades under sommaren -99 och sommaren 2000. Även den invändiga putsen består av tre lager. Det arbetet utfördes under sommaren och hösten -99 och avslutades våren 2000.

Utvändig putsning

Under sommaren -98 gjordes några putsprov för att få en uppfattning om lerans beskaffenhet och vidhäftningsförmåga. Pär Wallin och Sara Norrby Wallin hade en viss erfarenhet av lerputs och tillsammans med experten inom området, Johannes Riesterer, togs en lämplig blandning fram.

Innan putsningen kunde börja drevades lös halm in i håligheter som fanns i mötet mellan balarna. Därefter trimmades väggen för att få en slätare yta fri från löst sittande halm. Här visade sig en kraftig, eldriven häcksax vara användbar. Materialet som trimmades bort var idealiskt att blanda i putsen.



Figur 5.16 Trimning av halmbalsväggen



Figur 5.17 Första grovputsningen

Under ett par intensiva dagar i oktober -98 grovputsades en stor del av huset. Även här deltog många intresserade. Det visade sig att även det arbetet klarade också den mest oerfarna "murare" galant. Verktyn bestod av putsbräda och murslev. Putsen arbetades väl in i halmen med hjälp av mursleven.



Figur 5.18 Storkeboda i vintervila – putsningen sträckte sig över tre somrar.

Grovputsen bestod av följande volymdelar:

- 1 del lera
- 2 delar sand
- 1 del hästgödsel/kutterspån (från ett ridstall i närheten)
- 0,5 del hackat, blöt halm

Materialet blandades så torrt som möjligt i en s.k. tvångsblandare. Vatten tillsattes tills lagom konsistens hade uppnåtts.

Vid den andra putsningen sommaren -99 använde Johannes Riesterer ett bärbart aggregat för spritputsning som underlättade arbetet betydligt där det var svårast att få putsen att fästa t.ex. under takfoten. För att öka putsens vidhäftningsförmåga vid spritputsning och undvika att halm fastnade i aggregatets munstycke tillsattes torvströ istället för hackad halm.



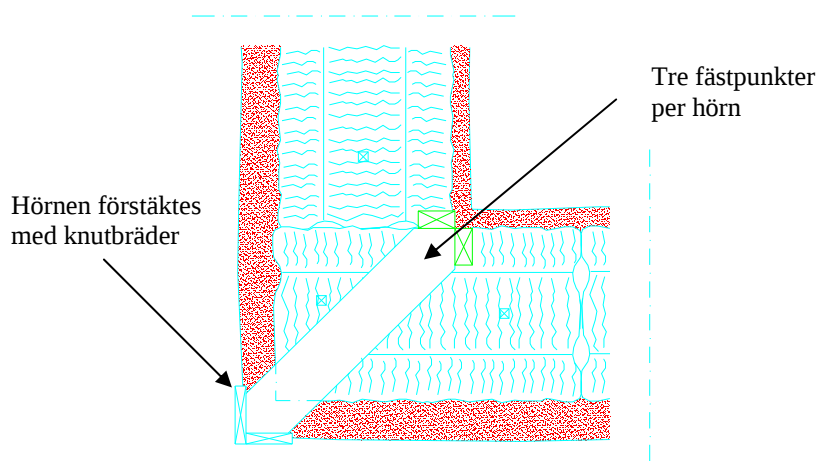
Figur 5.19 Det sista putslagret är lagt.

Finputsen bestod av följande volymdelar:

- 1 del lera
- ca. 2 delar sand
- 0,5 del hästgödsel/kutterspån
- 0,5 del hackat, blöt halm
- 0,1 del nöthår

Hur möter putsen andra material?

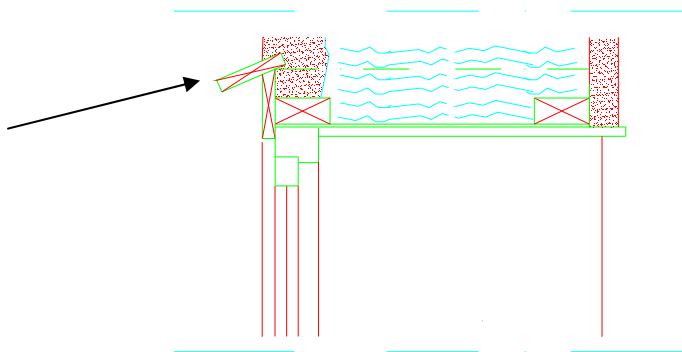
För att åstadkomma en tät anslutning till fönster och dörrar och som förstärkning över hörn används ibland finmaskigt trådnät - s.k. kycklingnät. I Storkeboda användes inget trådnät vid den utvändiga putsningen. För att ge hörnen större motståndskraft mot väder och vind monterades knutbräder. Dessa fästes med stålband i takfoten samt mot horisontellt liggande brädor som hade byggts in i halmbalsväggen. I skedet då balningen ägde rum fungerade de som stöd- och riktbräder, men monterades sedan ner innan grovputsningen för att säkerställa tätheten av ytterväggen.



Figur 5.20 Horisontalsnitt av hörn

Mot grunden ansluter putsen mot ett droppbleck. I mötet med fönster och dörröppningar putsades med grovputs mot karmen. Därefter monterades foder, en överliggande droppbräda samt fönsterbleck. Slutligen putsades med finputs mot foder och överliggande droppbräda.

Foder och överliggande droppbräda monterades delvis in i det andra putslagret.



Figur 5.21 Sektionsdetalj fönster.

Kommentarer – utvändig grov- och finputsning

Arbetet med putsningen gick smidigt. Det är naturligtvis ett betydligt roligare arbete om man lyckas samla ett gäng intresserade "lerputsare", som fallet var i Storkeboda. Då växer putsen ganska snabbt upp över väggarna. Arbetet är ganska tungt. Det är åtskilliga ton lerputs som nu "hänger" på Storkebodas halmbalsväggar. Den utvändiga putsade ytan är cirka 195 m², putsens densitet cirka 1400 kg/m³ och putsens tjocklek cirka 10 cm. Det innebär att gott och väl 27 ton lerputs har lagts på dessa väggar.

Konstruktionen för montering av fönster blev utsatt för stor last i samband med sättningen när putslagren lades på.

När det första putslagret lades i oktober -98 var luftfuktigheten mycket hög. Putsen torkade därför mycket långsamt vilket möjligen var bra med tanke på risken för sprickbildning vid en snabb torkning.



Andra lagret av grovputs lades året därpå. Detta lager visade sig bygga på väggen överraskande mycket på grund av att man eftersträfvade en jämn väggyta. Putslagret "växte" på vissa ställen till upp emot tolv centimeter på grund av inbuktningar i väggen. Det kan nämnas att det tycks mycket svårt att bygga en halmbalsvägg med en helt jämn yta.

Figur 5.22

Denna utjämning av väggen fick till följd att konstruktionen för montering av dörrar och fönster måste byggas på för att hamna i liv med putslagret. Detta medförde en del extra arbete. Vidare kunde det konstateras att putsen hade tyngt ner den nyss nämnda konstruktionen med några centimeter.

Att de tre putslagren lades på i tre etapper från hösten -98 till försommaren 2000 var säkert en fördel med tanke på sättningen i väggen.

Efter finputsningen, cirka två centimeter tjock, kunde ingen ytterligare sättning konstateras. Sprickbildningar och anslutningar till fönsterfoder m.m. har inte heller gett anledning till oro under detta första år.

Invändig putsning

När elrör var installerade, samt fönstersmygarna utformade kunde grovputsningen börja. De två lagren av grovputs lades på i en tjocklek så de täckte den bärande träregelstommen med ett par centimeter. Fönstersmygarnas sidor kläddes med finmaskigt trådnät (kycklingnät) för att ge bättre fäste för putsen och fönsterbräda av limfog monterades. I smygarnas överkant monterades träpanel. På bottenvåningen sattes bröstpanel efter grovputsningen. På övriga ytterväggar lades slutligen ett cirka två till fem centimeter tjockt lager finputs för att helt dölja träregelstommen. Den invändiga putsningen ägde rum under sommaren -99 och våren 2000.



Figur 5.23 Lerputsade fönstersmygar.

5.8.5 Kommentarer invändig putsning

Andra lagret grovputs lades på hösten -99 då luftfuktigheten var mycket hög. Eftersom putsen på vissa ställen torkade väldigt långsamt hann ett och annat vetekorn, som alltid finns med i halmen, spira fram på väggen. Det skämtades om att här skulle det nog gå bra att så småningom odla krasse på väggen intill köksbordet. På vissa ställen visade sig ett vitt mögel på halmstrån i putsens yttersta lager. För att påskynda uttorkningen inhyrdes därför en kraftig byggfläkt samt en luftavfuktare.



Figur 5.24 Detalj överkant fönstersmyg.

Det är de djupa fönstersmygarna som ger en så speciell karaktär åt rummen i detta hus. Därför var utformningen av dessa ett viktigt moment i den invändiga putsningen. Med viss möda lyckades man putsa fram en mjuk övergång från smyg till vägg. Smygarnas sidor fick en välvd form som förmedlar ljuset till rummet på ett behagligt sätt.

Slutligen kan det nämnas att arbetet med putsen, som visserligen var ett ganska tungt arbete, tycktes ge många en sinnlig upplevelse. Kanske var det nyhetens behag inför detta material, som inte har genomgått någon industriell förädling alls men ändå har en sådan vidhäftningsförmåga och en sådan hårdhet och seghet i det torra färdiga skiktet. Dessutom är materialet betydligt vänligare mot hud och ögon än kalk- och cementputs.

6 FUKTMÄTNINGAR

6.1 Kontroll av fukt i golv, väggar och tak

Fukt i halmbalskonstruktioner är som tidigare nämnts ett outforskat område åtminstone i svenskt klimat. I Storkeboda installerades under våren 2001 givare i golv, väggar och tak för att få en bild av fuktförhållandena. Efter cirka ett års mätningar kommer materialet att analyseras. Resultatet väntas vara klart under 2002. Det är Fuktgruppen vid LTH i Lund som utför denna kontroll av fuktförhållanden i konstruktionerna i Storkeboda.

7 ENERGIHUSHÅLLNING

7.1 Inledning

Installationer för uppvärmning m.m. av Storkeboda framgår under rubrik 4.3.4. sidan 36. Det har inte gjorts några noggranna mätningar av energihushållningen i Storkeboda. En årsenergiberäkning¹⁴ gjordes 1998 av FLK AB i Växjö. De följande uppgifterna grundar sig på ungefärliga värden beträffande åtgången av ved. Att ange en exakt förbrukning av energi enbart för uppvärmningen av huset är inte möjligt eftersom den vattenmantlade kakelugnen även står för uppvärmningen av tappvarmvattnet. För att hålla elförbrukningen på så låg nivå som möjligt eldade familjen med ved i stor utsträckning. Familjen bestod av två vuxna och ett barn.

Det bör nämnas att husets övervåning inte togs i bruk och uppvärmdes fullt ut förrän i april 2001. Det bör också nämnas att vintern var mild. Antalet graddagar¹⁵ för orten var under perioden fr.o.m. sep. -00 t.o.m maj -01 var 3266 att jämföra med 3646 graddagar som är det normala för denna period.

7.2 Energiförbrukningen första året

Den uppskattade åtgången av ved var 10 m³ blandved vilket enligt uppgift motsvarar cirka 13000 kWh. Den vattenmantlade kakelugnens verkningsgrad är enligt Statens Provningsanstalt i Borås 83 % vilket ger en energiåtgång på cirka 11000 kWh. Därutöver tillkommer hushållsel motsvarande 5000 kWh. I hushållselen är en viss uppvärmning av varmvatten samt elvärme när familjen varit bortrest inkluderad.

Den totala energiförbrukningen första året blev därmed 16000 kWh.

¹⁴ Bilaga 2

¹⁵ Källa: SMHI

Årsenergiberäkningen¹⁶ för Storkeboda som gjordes 1998 visar följande energibehov:

För uppvärmning: 4121 kWh.
För läckluft: 960
För ventilation: 4781
Totalt energibehov: 9864 kWh eller cirka 82 kWh/m².

För att få en uppfattning om årsenergiförbrukningen enbart för uppvärmningen av Storkeboda detta första år har följande beräkning gjorts¹⁷:

Uppvärmning av varmvatten: 3000 kWh
Hushållsutrustning: 4000
Summa: 7000 kWh

Total årsenergiförbrukning. 16000 kWh
Varmvatten, hushållsutr. -7000
Totalt för uppvärmning 9000 kWh eller 75 kWh/ m².

Med tanke på ovan nämnda förutsättningar är det troligt att årsenergibehovet för uppvärmning kommer att ligga ungefär på den nivå som beräknades av FLK AB 1998.

¹⁶ Bilaga 2.

¹⁷ Adamson/Hidemark m. fl., Stockholm 1986. Boendevärme, hushållsenergi s 165.

8 EKONOMI

8.1 Inledning

Detta kapitel är tänkt att ge en så god bild som möjligt av kostnaderna, antalet arbetstimmar och finansieringen. Vid jämförelse med priset på ett konventionellt småhus bör man betänka, att det här handlar om ett experiment i syfte att utveckla en ny byggmetod. Sammanställningen har gjorts av Sara Norrby Wallin och Pär Wallin.

8.2 Kostnader

	Kostnad	Delsumma	Totalsumma
Tomt	60 000		60 000
Administrationskostnader			38 173
bygglov	8 313		
värdering	1 250		
försäkringar	12 830		
kvalitetsansvarig	11 557		
lagfart	4 223		
Anläggning			151 810
bodar	8 691		
brunn	35 788		
el	82 057		
väg	25 274		
Grund			50 344
betong	7 040		
dräneringsrör	6 342		
grävning	10 000		
lecasten	15 804		
makadam	10 000		
övrigt	1 158		
Husskal			405 277
arbete	105 381		
golv o väggar i badrum/tvättstuga	37 698		
spik, skruv etc	4 724		
fönster o ytterdörrar	65 936		
halm	7 500		
trägolv	32 005		
konstruktionsritning	11 250		
masonitbalkar till golvbjälkar, takstolar	26 620		
tak: papp, taktegel, hängrännor, stuprör mm	39 645		
virke till stomme, bjälklag, inner- och yttertak, mellanväggar	74 518		

8.2 Kostnader forts.

	Kostnad	Delsumma	Totalsumma
Inredning			89 176
köksinredning, trappor, innerdörrar	23 771		
arbete	20 737		
färg	14 548		
badrumsinredning och vitvaror	30 120		
Installationer			257 295
El, material, arbete	57 076	57 076	
Ventilation	18 449	18 449	
material, fläkt			
Vatten och sanitet		75 946	
vattenrening	39 433		
övrig, rör, blandare, arbete	36 513		
Värmesystem		105 824	
ackumulatortank med tillbehör, elpatron, reglersystem m m	25 240		
kakelugn med skorsten	41 731		
sofångare med tillbehör	20 000		
övrig material, arbete	18 853		
Ytbeklädnad in- och utvändigt			76 105
puts material och färg	18 000		
arbete, workshop	58 105		
Verktyg o förbrukningsmaterial	32 258		32 258
Total summa			1 160 438

8.1.1 Kommentarer

Kostnaderna under rubrikerna husskal och inredning är relativt låga. Pär Wallins far, Börje Wallin, sponsrade projektet med sin snickerifirma genom att inte ta ut full marknadsmässig ersättning.

8.3 Arbetstimmar

Totalt antal timmar 5390

Antalet arbetstimmar gäller sex personer samt arbetslaget som stod för huvuddelen av putsningen.

Anlitade hantverkare, t ex rörmokare, och ideellt arbetande vänner, har medräknats.

Halmbalning	589 ca 10%
Putsning	790 ca 15%

8.4 Finansiering

Lån	682 000
Lokalt investeringsprogram	100 000
Egen insats	378 438

Total kostnad	1 160 438
---------------	-----------

Huset är huvudsakligen finansierat genom ett lån från JAK, en medlemsbank där medlemmarna enkelt uttryckt sparar utan att få ränta, för att sedan kunna låna till "självkostnadspris". Mer information på www.jak.se eller tel 0500-46 45 00. Månadskostnaden för lånet är 6000 kr i 20 år och därefter är lånet betalt. Efter 20 år faller "efterspar" ut och JAK betalar ut motsvarande ca 600 000 kr. till låntagarna.

9

ATT BO I ETT HALMBALSHUS

9.1 Erfarenheter första året

Den första september 2000 kom äntligen dagen då huset var så pass färdigt att inflyttningen kunde ske. Det övre planet var då fortfarande helt oinrett. Först i mars 2001 stod övervåningen klar.

9.1.1 Boendekomfort

Första vintern var mild. Under de kallaste perioderna eldades en brasa i kakelugnen varje morgon och en brasa med flera ilägg på kvällen. Att kunna elda med ved har varit en stor tillgång för familjen som tidigare hade en bostad utan denna möjlighet.

På vissa platser i huset nära ytterväggen har man vid kall och blåsig väderlek kunnat känna ett kallt drag, t.ex. från springorna där putsen möter fönsterbrädan. Möjligen pågår en viss luftrörelse i väggen trots träfiberskivorna som har lagts på vart tredje skift, just för att hindra detta. Hur lufttät är egentligen lerputsen? Det är en fråga som man ställt sig.

Isoleringen i bjälklaget är tillfredsställande, eftersom golven i huset upplevs som behagliga även vintertid. Vidare har man observerat att övervåningen är kallare än bottenvåningen vilket förvånar med tanke på den öppna planlösningen. Frågan är om det läcker luft i vindpappens skarvar och andra genomföringar upp genom de två lager av halmbalar som utgör isoleringen i tak. Dessa halmbalar är inte täckta med något material som skulle kunna stoppa en eventuell luftrörelse.

Under mycket varma sommardagar har det känts svalare inomhus än i ”vanliga” hus, trots att söderfasaden ligger helt öppen för solen. Huset känns rymligare än man hade förväntat sig och planlösningen med det rymliga köket upplevs som mycket bra. Möjligen kunde badrummet i bottenvåningen ha planerats bättre med tanke på behov av skötplats. Familjen består numera av två vuxna och två små barn.

Rummen har ett fint dagsljus som sprids på ett behagligt sätt via de djupa fönstersmygarna, en kvalitet som uppskattas mycket. Vidare har man kunnat konstatera att inomhusluften är god. Endast vid ett fåtal tillfällen kan en doft av halm kännas.

9.1.2 Installationer

Det första året bjöd på en oförutsedd åtgärd. Vattenprovet från den borrhade brunnen visade för höga radonhalter samt för lågt pH-värde.

Att åtgärda det innebar en oförutsedd kostnad och att värdefullt utrymme i våtrummet fick reserveras för reningsutrustningen. Radonfiltret visade sig dessutom producera ett störande ljud, vilket familjen nu med hjälp av filterleverantören försöker minimera.

Kakelugnen som även värmer tappvarmvattnet har motsvarat förväntningarna. Det har dock visat sig nödvändigt att skaffa apparatur för tillkoppling av 12-volts-batteri till anläggningen för att undvika överhettning vid strömbrott.

Vid inflyttningen ventilerades torrtoaletten med självdrag men det visade sig nödvändigt att installera en eldriven fläkt för att få tillräcklig ventilation. Denna installation var förberedd beträffande el och därför ganska enkel. Man hade väntat sig detta, men ville först pröva om självdraget skulle räcka.

Kökets skafferi är en stor tillgång, särskilt under perioden oktober–mars/april då temperaturen närmar sig kyl/svalnivå.

9.1.3 Byggnadsmaterialen

Familjen upplever de gedigna byggmaterialen som något mycket positivt. Lerputs, tegel och massivt trä är ”ärliga” material som kommer att kunna åldras med bibehållen kvalitet.

De lerputsade väggarna är dock rätt känsliga för stötar, vilket kan innebära att de behöver målas om lite tätare än andra väggtyper skulle göra. Man har kunnat konstatera att bröstpanelen på bottenvåningen utgör ett bra skydd mot skador i putsen. På övervåningen har ytterväggarna endast lerputs.

Den utvändiga putsen som är målad med slamfärg tycks stå emot väder och vind på ett bra sätt. På det sydvästra fasadhörnet som är mest utsatt har färgen dock delvis regnat bort. I putsen på söderfasaden syns mindre sättningssprickor. En viss påväxt av alger har kunnat konstateras på vissa ställen runt huset strax ovanför grunden. Det är det skiftet i halmbalsväggen som inte nås av någon uppvärmning inifrån.

Vid inspektion i kryprumsgrunden sommaren 2000 visade det sig att utrymmet hade varit utsatt för hög fuktbelastning som på flera ställen hade gett upphov till mindre angrepp av mögel på de oljehärdade träfiberskivorna i trossbotten. Ingen plast lades ut i detta utrymme för att isolera mot markfukt. Det var ett medvetet val för att hålla användningen av plast på minimal nivå. Vid en inspektion 2001 kunde det konstateras att mögel angreppen inte hade utvecklats ytterligare.

9.1.4 Insekter och gnagare

Som tidigare nämnts observerades den första tiden efter inflyttning insekter, knappt synliga för ögat, krypa över golvbrädorna och på

fönsterbrädorna. Vid närmare granskning visade det sig dessa insekter var en sorts skalbaggar, cirka 2 mm långa. In på vintern när luften blev torrare märkte man inte av insekterna, men på sensommaren och hösten 2001 var de tillbaka. Genom att få insekterna artbestämda och rådfråga andra halmhusbyggare hoppas man kunna få bukt med problemet.

Möss väntade man sig att få problem med, eftersom det fanns gott om dem under byggtiden. Det har dock inte blivit något stort bekymmer. En fälla på yttre vinden och en tätning av ett hål i putsen har hittills varit de enda nödvändiga åtgärderna.

10 SLUTORD

Byggprojektet i Storkeboda är ett experiment där mycket arbete och ett anseeligt kapital har satsats. En ung familj har byggt ett eget hus till inspiration för många och tillfredsställelse för sig själva. Att bygga ett småhus där i stort sett allt är självbyggt, är en mycket stor psykisk och fysisk prestation. Glädjande att det finns människor som vågar och orkar.

Byggmetoden, den så kallade infill-metoden som tillämpades i Storkeboda ger anledning till vissa tankar beträffande utformningen av konstruktionen. För att kunna montera dörrar och fönster i liv med ytterväggen byggdes ramar ut från den invändiga regelstommen. En halmbalsvägg vill alltid sätta sig några centimeter, men den nämnda konstruktionen för montering av fönster och dörrar är helt fast och kan inte "följa med nedåt". I Storkeboda visade sig detta särskilt tydligt när huset putsades. Putsen väger åtskilliga ton eftersom den är sju till tio centimeter tjock utvändigt.

Naturen strävar ju som bekant efter utjämning. Storkeboda står nu på sin tomt och väntar på naturens utmaningar. Lerputsens är det mest utsatta materialet och ganska oprövat i svenskt klimat. På sydväst-fasaden ser man redan de första tecknen på slitage. Inte något allvarligt än så länge, lite färg har följt med slagregnen under det första året. En årlig översyn av puts och färg får man troligen räkna med.

Halmbalshus byggs överallt i Europa och USA. På många håll tycks myndigheterna vara villiga att stötta utvecklingen av ett byggmaterial och en byggmetod som är i samklang med naturens kretslopp. I Sverige tycks intresset inte vara stort jämfört med t.ex. Danmark. Det är pionjärerna bland självbyggarna som får visa vägen mot alternativen till dagens byggmaterial, som i många fall inte tillhör de förnyelsebara resurserna. En spännande utveckling skymtar i horisonten.

11 KÄLLFÖRTECKNING

11.1 Internet

<http://www.antroposofi.org/skeve/halmhus1.htm>

<http://www.antroposofi.org/skeve/halmhus2.htm>

Ett antal foton från invigningen av halmbalshuset vid Skäve Gård utanför Järna.

<http://www.baubiologie.at/>

Allt om utvecklingen inom halmbalshus i Europa. Aktuella tester av halmbalsväggar betr. U-värde, brand, fukt m.m.

<http://www.baubiologie.at/europe/europa/index.htm>

Via denna adress hittar man till den norske arkitekten Rolf Jacobsens hemsida.

<http://www.dr.dk/halmhuset/>

Beskrivning av ett enkelt halmhusbyggeri i Danmark.
Hans Möller.

<http://www.ecodesign.bc.ca/straw.htm>

Info om halmbalshus i Nordamerika och Canada.

<http://www.folkecenter.dk>

Norvestjysk Folkecenter för Vedvarende Energi.
Orientering om halmhus byggandet i Danmark samt försäljning av litteratur.

http://www.folkecenter.dk/strawbale/inspirations_manual/

Inspirations manual for halmbyggeri. Mars 2000.

<http://www.gotland.se/EKOKOM/GODAEX/halmhus.htm>

Beskrivning av Per och Johan Gates halmhusprojekt på Gotland.
Bl.a. enkla små stugor för turister.

www.jak.se

Banken som anlätades vid finansieringen av halmbalshuset i Storkeboda.

<http://www.isobordenterprises.com/>

Info om industriellt framställd byggskiva av halm.
En canadensisk produkt.

<http://www.strawhomes.com>

The Last Straw. Tidskrift om halmbalshus. USA.

/

http://solstice.crest.org/efficiency/straw_insulation/

Amerikansk webbsida om halmbalskonstruktioner m.m.

11.2 Litteratur

Adamson B, Hidemark B. m.fl., *sol – energi – form, utformning av lågenergihus*. Byggforskningsrådet, Stockholm 1986.

Bergunda – en återblick, Bergunda hembygdsförening, Växjö 1999.

Ekblom A, *Om hus av jord och lerhalm*, Byggförlaget, Stockholm 1993.

Eklund E, *LERHALM Undersökning av materialets isolerings – och brandegenskaper samt fuktupptagning för lerputs*. Examensarbete, Luleå Tekniska Universitet. 1997:310 CIV ISSN: 1402 – 1617. ISRN: LTU – EX - - 97/310 - - SE

Furby M, Malm R, *Halmhus – en byggteknisk evaluering*. Examensarbete vid Institutionen för byggteknik, Chalmers Lindholmen, Göteborg 2000.

Jacobsen R, *Halm som byggemateriale*. Eget förlag 1995-96. Jacobsen är arkitekt och driver arkitektkontoret Gaia Tjöme i Norge.

Sternudd C, *LERHALM OCH SJÄLVBYGGE* –en bostad i Hörby, examensarbete i arkitektur, Lunds universitet, 1995.

Svensson S, *Halmbalshus – en översikt*. Version 3.1, Höskolan i Växjö ITN Avd. Bygg, Växjö 1997.

Svensson S, *Framtagning av halmbalens elasticitetsmodul*, .Höskolan i Växjö ITN Avd. Byggteknik, Växjö 1997.

Swentzell Steen A, Steen B, Bainbridge D, Eisenberg D, *The straw bale house*. Chelsea green publishing company 1994, Vermont, USA.

12 FIGURFÖRTECKNING

Figur 2.1, 2.2, 2.3: Swentzell Steen A, Steen B, Bainbridge D, Eisenberg D, *The straw bale house*. Chelsea green publishing company 1994, Vermont, USA.

Figur 2.5: <http://www.dr.dk/halmhuset/>

Figur 2.6:
http://www.folkecenter.dk/strawbale/inspirations_manual/

Figur 2.7, 2.8, 2.9: <http://www.baubiologie.at/>

Figur 2.12, 2.13, 4.2, 5.1, 5.3, 5.6, 5.18:
Sara Norrby Wallin och Pär Wallin

Figur 5.2: Alex Leites

Figur 5.19: Per Norrby

Övriga figurer: Olav Sandvej

BILAGA 1

Energiförbrukning och luftutsläpp för olika material							
Jämförelse av energiförbrukning och utsläpp för olika väggtyper							
Väggkonstruktioner							
Halmbalskonstruktion		kg		Träkonstruktion		kg	
Halmbalar; tjocklek 45 cm, 150 kg/m3		67,5		Trä; regler, låkt, panel		17,2	
Trä; dymlingar 25x25, regler 45x95		6,76		Gips; 13 mm/750 kg/m3		9,8	
Puts; 2 cm lerputs in- och utvändigt		64		Asfaboard;12 mm		4,2	
Putsarmering; kycklingnät		1		Mineralull; 300 mm		4,5	
				Stål; spikar		0,5	
		Energiförbrukning			Utsläpp till luft		
		Ei	Fossil	Totalt	CO2	SO2	NOx
Material		MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Pressning av halm			0,04	0,04	2,86	0	0,04
Transport till byggplats			0,04	0,04	2,86	0	0,04
Summa halm			0,08	0,08	5,72	0	0,08
Lerputs		0	0,02	0,02	3,7	0	0,01
Stål, putsarmering		3,11	3,06	6,17	289	0,98	1,56
Trä		0,47	0,54	1,01	40,36	0,11	0,8
Gips		0,52	4,61	5,13	345	0,91	5,34
Asfaboard		6,06	1,17	7,23	118	0,44	1,45
Mineralull		1,1	10,2	11,3	774	2,5	1,8
Stål, spikar		3,11	3,06	6,17	289	0,98	1,56
1 m2 halmbalsvägg	kg	MJ	MJ	MJ	g	g	g
Halm	67,5		5,4	5,4	386,1	0,0	5,4
Lerputs	64,0	0,0	1,3	1,3	236,8	0,0	0,6
Stål	1,0	3,1	3,1	6,2	289,0	1,0	1,6
Trä	6,8	3,2	3,7	6,8	272,8	0,7	5,4
Summa halmbalsvägg		6,29	13,39	19,68	1 184,73	1,72	13,01
1 m2 träkonstruktionsvägg	kg	MJ	MJ	MJ	g	g	g
Trä	17,2	8,1	9,3	17,4	694,2	1,9	13,8
Gips	9,8	5,1	44,9	50,0	3 363,8	8,9	52,1
Asfaboard	4,2	25,5	4,9	30,4	495,6	1,8	6,1
Mineralull 300 mm	9,0	9,9	91,8	101,7	6 966,0	22,5	16,2
Stål	0,5	1,6	1,5	3,1	144,5	0,5	0,8
Summa träkonstruktionsvägg		50,06	152,48	202,54	11 664	35,60	88,90
1MJ=0,278 kWh							

[illegible]

Ovanstående uppgifter grundar sig på värden från Byggforsk: Norsk byggeforskningsinstitut av Sverre Fossdal, *Energi og Miljøegenskap for bygg*. 173 projektrapport 1995. Uppgifterna har bearbetats för att stämma med Storkebodas väggkonstruktion.

BILAGA 2

BERÄKNINGAR FÖR ENERGIHUSHÅLLNING VID BOSTADSHUS.

Beräkningen utförd av FLK AB 1998-07-03 ts

Program: F.LARSSONS KONSTR.-BYRÅ AB. ENB

901207

Anläggning: Storkeboda

FÖRUTSÄTTNINGAR:

U-värde yttervägg 1: .13

U-värde yttervägg 2: .14

U-värde fönster: 1.45

U-värde dörrar: 1

U-värde tak: .07

U-värde torpargolv: .14

Fönsterytor mot SO-SV: 3.8 m2

SO-NO och SV-NV: 7.5 m2

NO-NV: 1.8 m2

Dörrar 5.65 m2

Ytterväggar: 174.4 m2

Tak: 30 m2

Uppvärmad yta 120 m2

ENERGIHUSHÅLLNING

Summa fönster och dörrar: 18.75 m2

Summa omslutningsytor: 253.15

Uppvärmad våningsyta: 120

Summa ytor x U-värden: 45.587

Um för denna byggnad: .18

Ukrav är att Um ej för överstiga: .25

ÅRSENERGIBERÄKNING

Förutsättningar:

Ortens Årsmedeltemperatur: 6.5

Ortens gradtimmar: 90413

Uppvärmningssäsongens längd i timmar: 5680

Läckluftflöde vid 50 Pa i m³/m²: 3Grundventilation i l/s och m²: .35Tillsatsventilation i l/s och m²: 0 under 0 timmar/vecka

Värmeväxlarens verkningsgrad: 0 %

Tillsatseffekt från processvärme: 0 kW

Antal timmar per vecka som processenergin utnyttjas: 0

ÅRSENERGIBEHOV FÖR DENNA BYGGNAD

För uppvärmning: 4121 kWh

För läckluft: 960 kWh

För ventilation 4781 kWh

Tillgodogjord processvärme: 0 kWh

TOTALT ENERGIBEHOV: 9864 KWH

ÅRSENERGIBEHOV FÖR REFERENSBYGGNAD

För uppvärmning: 5730 kWh

För läckluft: 960 kWh

För ventilation 2390 kWh

Totalt: 9082 kWh

Energibehov för varmvatten är ej inräknat.

