



# Halm som bygge- materiale

**OM HALMBALL-  
KONSTRUKSJONER**

**Siv.ark. Rolf Jacobsen**

---

© Rolf Jacobsen/Litera publikasjon AS 1999  
ISBN 82-485-0002-0  
Versjon 4.0 januar 1999

Denne publikasjonen må ikke reproduseres eller distribueres i noen form eller på noen måte i strid med åndsverksloven og fotografiloven eller i strid med avtaler om kopiering inngått med Kopinor, interesseorgan for rettigheter til åndsverk, uten skriftlig tillatelse fra utgiveren.

Grafisk utforming: Ivar Dillan  
Omslagsfoto: Rolf Jacobsen  
Utforming omslag: Ivar Dillan  
Trykk: Allkopi

---

## **Innhold**

### HUS AV HALMBALLER? 6

Halmballhus i Norden 7

### HISTORISK OVERBLIKK 10

...siden tidenes morgen.... 10

Leirehalm/leichtlehm 10

Halmplater 10

Stramit 11

Bygningsplater av halm 11

Halmblokker 12

Haljekledning 12

### HALMBALLTEKNIKK 14

De første halmballhus – Nebraska 14

«The straw bale revival» 15

Nyere prosjekter: 16

### HVA ER HALM? 30

Ressurs 30

Fôr og strø 31

Tilbake til jorda 31

Halm som brensel 31

Økologisk halm 32

Korntyper 32

Halmens kjemi 34

Den ideelle bygge-halmball: 35

Om byggehalmballers størrelse, romvekt og kompresjon 35

### EGENSKAPER SOM BYGGEMATERIALE 38

Isolasjon/energi 38

Brann 40

Styrke 41

Fuktighet 43

Luftfuktighet – diffusjon – kondens 44

Holdbarhet 45

Skadedyr 47

Mugg og sopp 48

Lyd 49

### ØKOLOGISKE VURDERINGER 52

---

Energi- og miljøregnskap 55

#### ØKONOMISKE VURDERINGER 60

Investeringskostnad 60  
Driftskostnad 61  
Livssyklus kostnad 61  
Samfunnsmessig kostnad 62  
Finansiering og forsikring 62

#### BYGGEMETODER 64

1 Bærende – «Nebraska stil» 64  
2 Ikke-bærende 65  
3 Hybride strukturer 67  
4 Murt halmballkonstruksjon 68  
5 Etterisolering 68  
6 Fler-etasjes hus 68  
7 Kjellervegger/fundament 69  
9 Golv 72  
10 Leirehalmkonstruksjoner (leichtlehm) 73  
11 Hvelv, domekonstruksjoner ol. 74

#### BYGNINGSDETALJER 78

Overgang mellom halmvegg og grunnmur. 78  
Forankring 78

#### BESKYTTELSE OG OVERFLATE 84

Valg av pusstype 84  
Utvendig puss 84  
Innvendig puss 88  
Alternativer til puss 89

#### NORMER OG RETNINGSLINJER FOR HALMBYGGING 92

Halmbyggeforskrifter i USA 93

#### APPENDIX 100

Halmballer – Nebraska Style Shelter 1993 av Roger Welsch 100  
Vanndampmotstand for forskjellige aktuelle bygningsmaterialer: 104  
Sammenlignende energi- og miljøregnskap for halmballkonstruksjon 106  
Referanseliste «Halm som byggemateriale» 111



**This straw appears small and light,  
and most people do not know  
how really weighty it is.  
If people knew the true value of this straw,  
a human revolution could occur,  
which would become powerful enough  
to move the country and the world**

Masanobu Fukuoka  
«The One Straw Revolution»

---

## HUS AV HALMBALLER?

Hus av halmballer? Hus stablet opp i en håndvending av en gjeng amatører? Skikkelige hus – holdbare, varme, billige hus? Det virker nesten for enkelt – halmballhuset. Som en litt for god ide. Fascinerende som en mulighet – kanskje, men sannsynligvis noe som kan legges bort som en umulighet.

Ideen om halmballbygging fikk jeg først gjennom en liten artikkel av Roger Welsch i publikasjonen Shelter 1973 samt Frejagruppens publikasjoner fra Danmark. Ideen var uten tvil fascinerende og førte via lange diskusjoner rundt 1980 fram til noen mindre praktiske byggeforsøk; halmisolering av en biologisk toalett og et stabbur for *Det Norske Økoteke* på To-gård utenfor Oslo. I tiden fram til 1993 har ideen om halmballbygging ligget som en uavklart ide i undertegnedes hode; vaklende mellom de fascinerende mulighetene og en insisterende skepsis som sier at dette dog ikke er mulig – det er rett og slett for enkelt.

Det var først etter at jeg fikk kontakt med halmballbyggerne i USA at dette våknet mer til live igjen. Etter å ha lest en kopi av en kopi av en kopi av....«The straw bale primer» av MacDonald, forstod jeg at dette var noe som måtte undersøkes på alvor.

Vi vet at halmballhus ble bygget i Nebraska fra rundt århundreskiftet og at flere av disse enda står og er i god stand. Dette dokumenterer en mulig holdbarhet. Så har vi de åpenbare egenskapene; en enorm fornybar ressurs, meget god isoleringsevne, stor brannmotstand, muligheter for lave kostnader og en enkel og rask byggeprosess, et demokratisk byggemateriale godt egnet for egeninnsats og dugnadarbeid, gode miljøkvaliteter osv.

Summen av disse egenskapene stiller oss overfor et interessant tankekors; kan det virkelig tenkes at halmballhuset er overlegent de byggemetodene som den moderne industrialiserte byggeindustrien har brukt enorme ressurser på å utvikle? At vi etter en eventyrlig teknologisk utvikling faktisk sitter igjen med noen halmballer som vi bare kan stable opp? At halmen rett og slett er overlegen alle de 1000-vis av nye, syntetiske materialene som byggevareindustrien har brukt all sin ekspertise på å utvikle?

I en tid hvor jordas miljøproblemer bare er så alt for tydelige og alvorlige, og hvor følgende av en ukritisk teknologisk, industriell utvikling – bla. innen byggebransjen – er tilsvarende tydelig, vil det være direkte uklokt ikke å undersøke alle slike naturnære og miljøvennlige «muligheter» nærmere. Halm representerer en enorm uutnyttet ressurs idag, og halmballhus representerer også en spennende og interessant mulighet. Halmballer har mange overbevisende egenskaper og vil kunne representere et fornuftig valg i forskjellige situasjoner. Samtidig skal en ha klart for seg at halmballteknikk har sine begrensninger i bruksområde og potensielle problemer som må vies spesiell oppmerksomhet.



---

## Halmballhus i Norden

Halmballteknikk har nå også blitt introdusert i Norden, og det er allerede bygget en rekke halmballhus de seneste årene. Først skjedde dette gjennom byggingen av et demonstrasjonshus under en utstilling i Sverige i 1976. Og gjennom Frejagruppens publikasjoner i Danmark også på slutten av 1970-tallet. Imidlertid fikk disse første framstøt ingen praktisk gjennomslag og først gjennom oppføringen av *Kretsløpshus – Søndre Tvetter* – i Norge ble halmballteknikk tatt i bruk i et permanent bygg. Dette prosjektet var et FOU- prosjekt hvor en helhetlig økologisk byggekonsept skulle undersøkes gjennom et konkret byggeprosjekt – en tomannsboelig i Vestby kommune, utenfor Oslo. Her ble det bl.a. tatt i bruk forskjellige jord- bygge- teknikker og huset ble isolert med halmballer. Kretsløpshuset – Søndre



*Kretsløpshus Søndre Tvetter,  
fasade mot sør*

Tvetter ble et fokuspunkt som var viktig i opprettelsen av Nordisk Organisasjon for Lerjordsbyggeri og Norsk Jord- og Halmbygger- forening. Prosjektet ble også omfattet med mye oppmerksomhet i media mm. og bidro dermed til at en rekke nye halmbyggeprosjekter ble satt i gang. Prosjekter er nå bygget også i Sverige, Danmark og Finland, og det er stor interesse og en spennende utvikling.

Vi har i Norden spesielle, og sterkt varierende klimatiske forhold. Dette gir oss spesielle betingelser for halmballbygging – sett i forhold til hoveddelen av den historiske erfaringsbakgrunnen. Riktignok finnes erfaringer med halmballbygg også fra fuktige og kalde/fuktige områder i USA og Canada, som kan gi oss viktige referanser. De klimatiske forholdene i Norden har også betydning

for innhøstingsforholdene og for kvaliteten på halm. Ofte kan høsten i her hos oss være så våt at det blir vanskelig å få tørr halm. Vi har også en byggetradisjon og en arkitektur som er knyttet til trematerialet (Norge, Sverige og Finland) som kan gjøre at halmballarkitektur oppleves som fremmedartet, mens halmballhuset i Danmark lett glir inn i den gamle murbyggertradisjonen.

«Halm som byggemateriale» er en undersøkelse av hvilke muligheter som materialet og ressursen halm representerer som byggemateriale – spesielt knyttet

---

opp til bygging med halmballer. Undersøkelsen har som målsetning å utrede halmressursenes egnethet som byggemateriale.

Konkret vil dette kunne ha verdi på flere nivå:

- sikre et bedre faglig grunnlag for gjennomføring av konkrete byggeprosjekter.
- skissere aktuelle bruksområder/bygningstyper og gjennom det danne grunnlag for bygging av forskjellige bygningstyper.
- skissere og stimulere videre forsknings- og utviklingsarbeider.
- skape økt interesse for halm som byggemateriale.

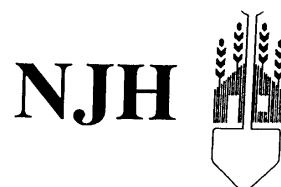
Bygging med halmballer kan være interessant både ut fra et økologisk synspunkt og ut fra økonomisk synspunkt. Den stigende interessen og de stadige nye byggeprosjektene med halmballteknikk aktualiserer behovet for mer kunnskap, for bedre dokumentasjon, for utvikling av byggekonsepter og byggedetaljer. Gjennom dette vil vi få klarlagt hvilke muligheter som finnes, hvilke problemområder som finnes og hvilke erfaringer som er gjort.

Det er gjennom de konkrete byggeprosjektene hvor den virkelige kunnskapen og hvor erfaring erverves. Og det er gjennom samarbeid, dugnader, workshops og kurs knyttet til disse byggeprosjektene at diskusjonene fører til ny kunnskap og en spredning av denne.

Denne rapporten er et forsøk på å samle tråder i det arbeidet som nå gjøres på mange fronter. Det er et forsøk på å vise hva som er gjort, hvilke løsninger som er brukt og hvilke erfaringer som er høstet. Det er også et forsøk på å vise nye muligheter, og gi inspirasjon til videre arbeid.

Prosjektet; «Halm som byggemetode», er muligjort gjennom tilskudd fra *Landbrukets Utviklingsfond / Landbruksbanken*. Likeledes har et reisestipend – *Statens Kunstnerstipend 1995*, gitt muligheten for en studietur til New Mexico, USA – for å møte halmballbygge- pionerene samt delta på en årlig «Strawbale Conference». Mye kunnskap, kontakter og inspirasjon er hentet hjem fra denne turen. *Norges Byggeforskningsinstitutt v/ Sverre Fosdal*, og *Norges Landbrukshøgskole v/ Prof. Egil Berge* har vært involvert i prosjektet som konsulenter og bidratt med viktig informasjon. Likeledes har *Norsk Jord- og Halm- byggeforening – NJH* og det faglige interesse-miljøet rundt dette og ikke minst kontakten med de konkrete halmbyggeprosjektene vært viktige i dette arbeidet.

Samarbeidpartnere for «Halm som byggemateriale»:







HISTORISK OVERBLIKK

## HISTORISK OVERBLIKK

### ...siden tidenes morgen...

Halm har vært brukt som byggemateriale siden tidenes morgen. Først som taktekkning – lagt på en understøttende konstruksjon av tykke og tynne greiner. Denne bruken av halm finner vi igjen i mange bygningskulturer. I Nord-Europa (Danmark, Tyskland, England mfl.) kan tradisjonen med halmtakkede tak føres over 2000 år tilbake. Kjent er også de spesielle sivhusene som bygges i det sørlige Irak, hvor siv buntet i parabelformede konstruksjoner og tekkes med sivmatten. I dette området som nærmest er vår kulturs vugge – er en hel kultur bygget opp omkring siv. I parentes kan også nevnes Thor Heyerdahls ekspedisjoner med sivbåtene Ra og Tigris.

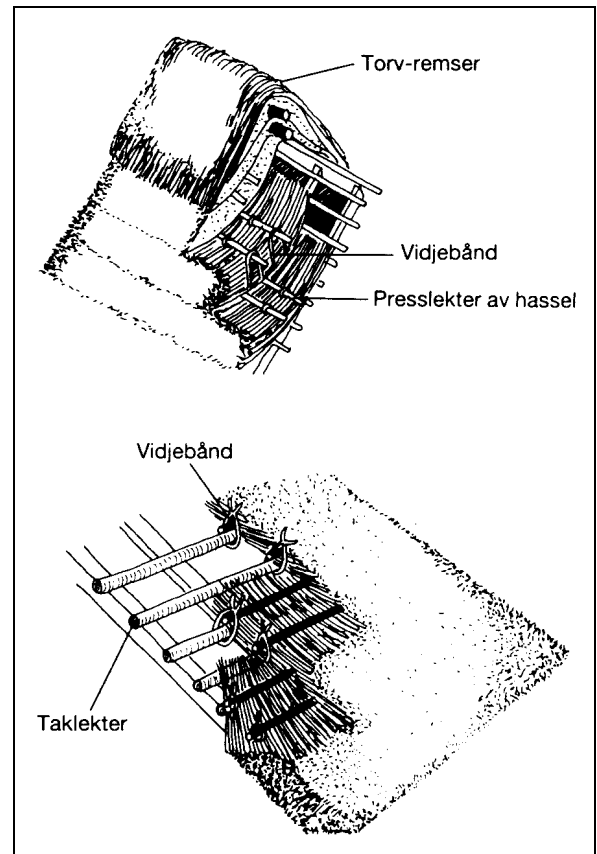
4000 år f.Kr. ble hele landsbyer i Egypt bygget av en blanding av jord og halm. Halmen fungerte som armering for jorden og gav samtidig noe isolasjonsverdi. Vi finner også eksempler fra Knossos og Phaistos på Kreta, 2000 – 1600 år f.Kr., hvor leirebundet halm ble benyttet som isolasjon bl.a. i luksuriøse bad. Kombinasjonen av halm og leirejord i bygninger finner vi igjen fra alle verdenshjørner.

### Leirehalm/leichtlehm

I nyere tid ble halm tatt i bruk i stor skala i Vest-Tyskland i tiden etter 2. verdenskrig. Leirehalm, med romvekt ned mot 400 kg/m<sup>3</sup>, og rimelig god isolasjonsverdi ble i en viss grad benyttet i gjenreisningsarbeidet. Det ble utarbeidet byggeforskrifter (1944), tyske DIN-normer og opprettet skoler for selvbyggere.

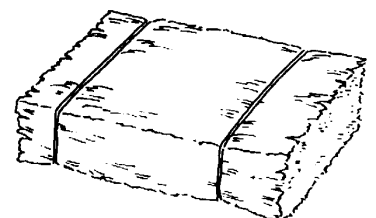
### Halmlater

I begynnelsen av vårt århundre ble halmlater benyttet som isolasjonsmateriale. Disse ble presset, impregnert og bundet med ståltråd. De ble produsert i tykkelser på 30–50 mm, i en bredde på 1600 mm, med en romvekt på 300 kg/m<sup>3</sup> og lambdaverdi = 0.07 W/mK. Platene ble ofte brukt som underlag for puss, og var i produksjon fram til 1960 (Sverige)



*Halmtkking, detaljer ved legging av halmtak. Ref.: Bjørn Berge: «Byggematerialenes økologi»*

*Halmlater «Solomit»*



## Stramit

Stramit er en halmplate som ble oppfunnet av Theodor Diesen i 1935. Halmplatene er laget av hvete-halm som er rensert, impregnert, presset og oppvarmet til 280 C. Oppvarming i kombinasjon med pressing frigjør ligninet i halmen som blir et naturlig bindemiddel. Platene blir påført en kraftig papp på begge sider. Romvekt = 300 kg/m<sup>3</sup> og lambdaverdi = 0.08 W/mK. Platene har stor styrke og brukbar isolasjonsevne.

Det har også vært produsert isolasjonsplater av halm i Norden. På slutten av 1930-tallet var en halmplatefabrikk i gang på Ilseng v/ Hamar i Norge, som var i drift også under 2.verdenskrig. Etter krigen kom det to nye halmplatefabrikker, bl.a. en i Nord-Trøndelag (Trønderhalm). Stramit-platene ble produsert i tykkelser på 38, 50 og 75 mm med en densitet på 300 kg/m<sup>3</sup> og med kraftpapp på begge sider. All produksjon opphørte i 1955 (ref. Prof. K.A. Løken ved NLH).

I England er Stramit fortsatt i produksjon, samt i en rekke utviklingsland. I USA har en nylig tatt opp produksjonen av Stramitplater (Enviropanel). Det er også under utvikling halmplater med større tykkelse og bærende egenskaper i bestemte konstruksjonssystemer. (Pyramid USA).



«Stramit». Halmplater som produseres i USA under navnet «Enviropanel».

## Bygningsplater av halm

Halm presset til harde bygningsplater er kjent fra en rekke forskjellige steder. Også her benyttes i utgangspunktet kun halmens eget innhold av lignin som bindemiddel. Et problem har vist seg å være halmplatenes fuktømfintlighet, som dessverre i en del tilfeller har blitt løst med tilsetning av kunstige lim- og impregneringsstoffer.

På begynnelsen av 1990-tallet ble det i Norge satt i gang produksjon av bygningsplater av halm. Etter kort tids produksjon med store økonomiske tap måtte fabrikken innstille driften. Halmplatene ble her tilsatt et syntetisk lim, for å øke styrkeegenskapene og redusere platenes ømfintlighet for fuktighet. Fabrikken har senere blitt oppkjøpt av Moelven, som stadig har hatt planer om oppstart av ny produksjon. Tilstutt har nå planene endelig blitt skrinlagt og hele produksjonsapparatet er solgt til USA.

## Halmblokker

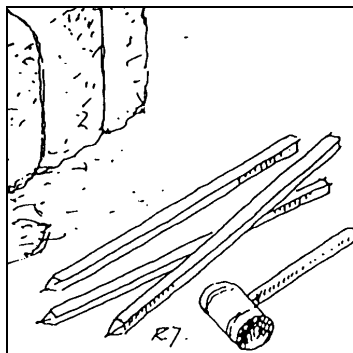
Bengt Johan Gullberg, har i lengre tid forsket på og utviklet et byggesystem basert på pressede halmblokker, som han søker å få industrialisert. Halmblokkene har overbevisende egenskaper, og kan benyttes som et komplett byggesystem, med bærende egenskaper i vegger (46 cm) samt forskjellige andre tykkelser og densiteter egnet til takisolering, bjelkelag osv. Halmblokkene har en romvekt på 200 – 250 kg/m<sup>3</sup>, og det er oppgitt en U-verdi på veggblokkene med 46 cm tykkelse som er lik 0.1 W/m<sup>2</sup>K(!). (lambda-verdi = 0.05 W/mK). Det har vært satset stort på utviklingsarbeidet som har foregått i mange år, men foreløpig ser det ut som om produksjonen lar vente på seg.

## Haljekledning

Selv om det i Norge ikke kan sies å ha vært noen utbredt bruk av halm som byggemateriale har vi likevel noen eksempler og lokale tradisjoner. Halm og takrør vært brukt til takteking i en beskjeden utstrekning bl.a. på sørlandskysten til Jæren (inspirert av danske halmtak). Men også som kledningsmateriale på yttervegg har halm vært benyttet. En slik halmkledning, sk. «*haljekledning*» har forekommet på Jæren og Lista helt fram til ca. 1940. Men slik bruk av halm er nå fullstendig forsvunnet. Her og der har vel også halmen vært benyttet som løsfyllisolasjon. Halmens isolasjonsevne har vært benyttet i forbindelse med lagring av rotfrukter i «kule» på jordet om vinteren. Halm- og høyballer har opp gjennom tidene vært stablet i låven over fjøset og bidratt til isolering av fjøset.



*Jæarhus kledd med matter av rughalm («halje»). Hodne i Klepp, ca 1915. Ref. Bjørn Berge: «Alternative isolasjonsmaterialer».*



HALMBALLTEKNIKK

## HALMBALLTEKNIKK

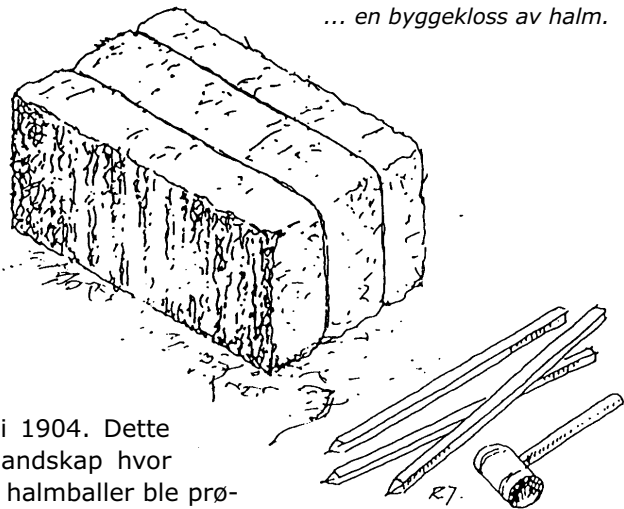
Historien om halmballhus begynner med utviklingen av *halmballpressen*. De første håndopererte halmballpressene ble patentert i USA allerede før 1850. I 1872 var det for første gang mulig å kjøpe en hestedrevet halmballpresse, som var i vanlig bruk fram til ca. 1920. I 1884 kom de første dampdrevne halmballpressene. Kvaliteten på halballene som disse halmballpressene produserte var betydelig dårligere enn det som en kan oppnå med moderne halmballpresser.

### De første halmballhus – Nebraska

Den nordvestre delen av Nebraska ble åpnet for nybyggere i 1904. Dette området – Nebraska Sandhills – var et åpent, karrig slettelandskap hvor mangelen på andre mulige byggematerialer førte til at høy- og halmballer ble prøvet som byggemateriale. Vi vet ikke noe eksakt om det første halmballhuset, men høyst sannsynlig var det en oppfinnsom og desperat nybygger som hadde et umiddelbart behov for tak over hodet. Fra de første forsøk, utviklet denne byggeteknikken seg til en gjengs måte å bygge på, idag kalt «*the Nebraska style house*». Halmballer ble her benyttet konstruktivt. Taket var et lett valmtak som fordelte vekten jevnt på de fire veggene, husformen var rektangulær og vindusåpningene var relativt små. Husene ble pusset innvendig og utvendig og har gjennom 90 år bevist god holdbarhet, og gode kvaliteter. Flere av disse husene er fortsatt i bruk idag og i god stand. Teknikken var i vanlig bruk fram til 1939.

Også i Nord-Dakota er det rapportert om et relativt stort omfang av enkle halmballbygg fra begynnelsen av dette århundre. Det var i stor grad *nordiske emigranter* som tok opp denne byggeteknikken!

Følgende er nok en av de aller første beskrivelser av halmbalbygger-teknikk, og ikke helt uten poetisk klang:



... en byggekloss av halm.

«*Simonton House*», Purdum, Nebraska, USA, 1925. («*The strawbale house*», Steen, Bainbridge)





*Martin Monhart house, Arthur, Nebraska, USA, 1925. («The strawbale house», Steen, Bainbridge)*



*Pilgrim Holiness Church, Arthur, Nebraska, USA, 1928 («The strawbale house», Steen, Bainbridge)*



*Burritt Museum, Huntsville, Alabama, USA 1938. («The strawbale house», Steen, Bainbridge)*

*«Some five or six years ago in district No.5 of Scotts Bluff county there was erected a temple of learning, the walls were baled straw, the floor was the primitive mother earth and the roof above presented a face of the earth to the heavens. This roof was made of poles laid across from side to side and covered with sod. The building was sixteen feet long, twelve feet wide, and seven feet high. There was a window in each side and a door in one end. The bales of straw were laid in mud instead of mortar, and with some half bales the joints were broken the way that bricks are laid....»*

*Nebraska State School superintendent,  
William K. Fowler, 1902*

### **«The straw bale revival»**

Bortsett fra noen få, spredte eksempler, var halmballteknikken glemt eller nedvurdert inntil Roger Welsch skrev en liten artikkel i publikasjonen «*Shelter*» i 1973, om halmballhusene i Nebraska. I hans undersøkelser anslås det å ha vært omlag 70 halmballhus i dette området. I 1993 utførte Judy Knox og Matts Myhrmann en undersøkelse og fant 13 eksisterende hus. (12 fremdeles i bruk).

Den tilsynelatende uskyldige artikkelen som Roger Welsch skrev i *Shelter*, ser ut til å ha vært en katalysator for en ny oppblomstring av halmballbygging i Canada

og i USA. (Appendix side 100: En oversettelse av artikkelen til Roger Welsch). Man nøler med å bruke ordtakket, men interessen for halmball-konstruksjoner har nærmest spredd seg som «ild i tørt gress».. Denne nesten glemte byggemetode, som ble gjenoppdaget for bare få år siden er tatt i bruk i et hundretalls bygninger i USA og i flere andre land og er allerede akseptert innenfor byggeforskrifter i flere delstater i USA. Etter de første pionerprosjekter i USA og Canada på 1980-tallet, har halmballteknikken spredt seg til alle verdenshjørner. Overalt ser vi det samme mønsteret; først noen få pionerprosjekter med påfølgende både interesse og skepsis. Så skjer det nærmest et gjennombrudd hvor de umiddelbare motforestillinger blir overvunnet og ideen fanges opp og sprer seg i en ganske forbausende fart.

## Nyere prosjekter:

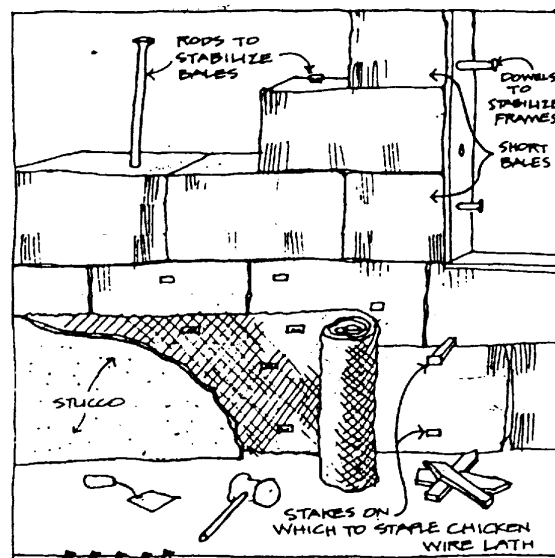
### USA

Artikkelen til Roger Welsch satte i gang en snøball, og en av de første som tok opp denne ballen og førte den videre var Steve MacDonald i Gila, New Mexico. Med egne hender bygget han (og noen venner) et lite bolighus av halmballer. Så satt han seg ned og skrev en liten håndbok som har tjent som byggeanvisning for en rekke halmball-selvbyggere i USA. Flere enkeltprosjekter fulgte, og ikke lenge etter samlet noen sentrale halmball-pioner seg og dannet;

«OUT ON BALE», et utdannelses- og ressurscenter for halmballbygging. Her var bl.a. personligheter som Matts Myhrmann, Judy Knox og David Bainbridge som sterkt har bidratt til den videre utviklingen og fortsatt er frontfigurer.

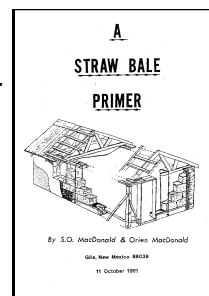
«Out on Bale» har en drevet en utstrakt kursvirksomhet og etablert «The Last Straw», som er et tidsskrift som kun omhandler halmballbygging og som søker å kartlegge utbredelsen og omfanget av halmballbygging og å spre kunnskap og erfaringer.

I nesten alle delstater i USA er det nå bygget halmballhus og det er kontaktpersoner og fagmiljøer som arbeider i de forskjellige deler av USA. For oss i et Nordisk klima er det interessant at halmballbygging også ser ut til å ha stor gjennomslagskraft i de nordlige statene i USA, som har klimatiske forhold som tilsvarer våre.



Over: Illustrasjonen er hentet fra artikkelen «Baled Hay» av Roger Welsch i «Shelter» 1973.

Til høyre: Forsiden til en liten og praktisk bygge manual som hadde stor betydning for mange halm-selvbyggere. Steve MacDonald.



Under: Steve og Nene MacDonalds hus, Gila, New Mexica 1987. («The strawbale house», Steen, Bainbridge)







*Joan Churchmans hus, Taos, New Mexico. USA, 1993.  
Foto: Rolf Jacobsen.*

*Richard Huges og Clare Roades hus, Santa Fe, New Mexico, USA, 1993. («The strawbale house», Steen, Bainbridge*



I USA er det dannet delstatsforeninger for halmballbygging. Dette er videre koordinert til et nasjonalt nettverk. Det arbeides innenfor disse organisasjonene med vitenskapelig forskning og oppbygging av kompetanse. Det er utarbeidet halmballbyggeforskrifter som har ført til at flere delstater nå har egne offisielle byggeforskrifter eller at dette er på veg

#### CANADA

I Quebec er det oppstått et nyskapende miljø for halmballbygging som har utprøvd egne veier og funnet andre løsninger enn i USA. Også her kommer mye av inspirasjonen av Roger Welsch' artikkel fra 1973. Viktige personer i dette arbeidet er Fran-

cois Tanguay, Louis Gagnè, Michel Bergeron og firmaet ArchiBio. Allerede i begynnelsen av 1980- tallet ble de første halmballhus oppført. Utgangspunktet var et halmtak – så hvorfor ikke også bygge veggene i halm?? Flere av husene er bærende og benytter et system med muring av halmballene. Det er også utført målinger av brann, styrke og fuktighet. Louis Gagnè har endog bygget kjellervegger med halmballer. Firmaet ArchiBio har utviklet et «levende tak» med halmballer og utført prøver med innstøpt halmballgulv. ArchiBio har vært aktive i Frankrike.

#### EUROPA

I Europa er også interessen for halmballbygging vekket. Delvis er inspirasjonen hentet direkte fra Welsch' artikkel (Shelter var også kjent i Europa), og i de senere år fra «ny-pionerene» i Canada og USA. I mange land er det imidlertid først nå i det siste at ideen har blitt fanget opp.

Selv om inspirasjonen til halmballbygging stort sett kommer fra USA og Canada og at kontakten med disse fagmiljøene er viktig, er det også viktig at arbeidet med halmballbygging i Europa til en viss grad blir koordinert og at kunnskap, forskning og erfaringer kan formidles på tvers av landegrensener. Som et forsøk på å møte dette behovet ble det i vår/ sommer 1998 dannet et Europeisk halmballbyggenettverk; «*Straw Build Europe*»- SBB. SBB har en kontaktperson for hvert land samt et sekretariat – for tiden i Danmark. (se appendix side: ). I Norden er det dessuten et eksisterende samarbeidsorgan gjennom *Nordisk Organisasjon for Lerjordsbyggeri* – NOL (se appendix side: )

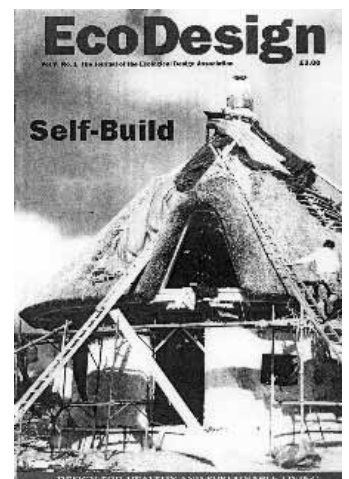
Det er etterhvert vanskelig å holde en fullstendig oversikt over hva som skjer i de forskjellige landene. Vi vet at det har blitt bygget halmballhus i *Skottland*, bl.a. som ledd i et stort alternativmøte på Findhorn. I *England* er flere prosjekter bygget eller under planlegging. Det er her også dannet en egen halmbyggerforening. I det anerkjente magasinet «*Ecodesign*» er nylig presentert flere prosjekter.

Videre vet vi at det i *Tyskland* har vært lite aktivitet til nå, men at det nå er dannet et nettverk og at det har blitt utgitt et nyhetsbrev: «*Stroh im Kopf*». I *Holland* er Martin Oehlmann aktiv og det har blitt bygget enkelte prosjekter. Martin Oehlmann utgir også nyhetsbrevet «*Strobouw nieuwbrif*». Undertegnede er i gang med å prosjektere et *familiehus* i *Latvia* med halmballteknikk og kubbevegger. Det er også planer om en *Steinerskole* i halmballteknikk i *Latvia*.



*Mary Biggs hus, Coronation, Alberta, Canada, 1993. ("The strawbale house", Steen, Bainbridge.)*

*Forside om halmhusbygging fra "Ecodesign" i England. 1998*





*Guillarmin residence, Seine et Marne, Frankrike 1989. ("The strawbale house", Steen, Bainbridge.)*

*Halmhvelvhus for Mikko og Leena Kylamarkula. Finland.*



#### FRANKRIKE

Frankrike har vært tidlig ute og her har det skjedd spennende ting. Det er bygget mer enn 15 halmballhus (1994) – hovedsaklig inspirert av forsøkene i Canada. Det første hus ble satt opp allerede i 1979 i forbindelse med en fredsaktivistgruppe – Le Cun. Aktiviteten i Frankrike bærer ellers preg av eksperimentering med form og teknikk; kurvede former, halvt nedgravde konstruksjoner, «levende tak», hus i to fulle etasjer. mm. Francois Tanguay og Jean Luc Thomas har vært toneangivende i dette arbeidet. I de senere år har John Daglish i Biotique Habitat, samlet mye kunnskap, litteratur og er kontaktperson for halmballbyggingen i Frankrike.

#### FINLAND

I Finland har Tapani Marjamaa bygget et halmballhus i 1990. Mikael Westermarck, som er prosjektansvarlig i LRT / The research unit for nature-based construction ved universitetet i Helsinki, arbeider også med forskning og utprøving av halm til bygningsformål. I samarbeid med Snellman Institute of Helsinki planlegges bygging av et 240 m<sup>2</sup> bygg – delvis i halmballteknikk. Familien Reuter bygger opp et kurssted med overnattingshytter bygget i halmballteknikk i Pargas. Her ble kurs

avholdt både 1997 og 1998. Mikko og Leena Kylamarkula har bygget et svært spennende halmhus med en buet hvelvkonstruksjon i Humppila. Dette prosjektet – «VillaPellavista» har blitt fulgt opp med målinger bla. på fukt og har så langt gitt positive resultater. Det kan også nevnes at det har blitt bygget en støyskjerm i halm-baller og det finske vegvesent følger opp dette prosjektet med målinger.

## RUSSLAND

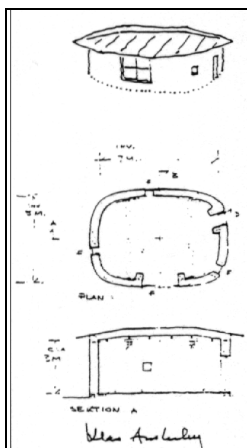
Ved Myak kollektivet i Chelyabinsk ved Ural har Scott Pittman og grunnleggeren av Permakultur, Bill Mollison holdt en halmballworkshop i 1994. Det har også vært interesse for halmballbygging fra Novosibirsk. I den lille landsbyen Svetlana nordøst for St. Petersburg ble det sommeren 1998 bygget et halm- og høyballhus ved hjelp av «frivillige» fra Norge. Det er planer om ytterligere byggeprosjekter.

## HVITERUSSLAND

I Hviterusland er det en meget spennende utvikling på gang. Evgeny Shirokov er frontfigur for et National Program of SB (strawbalehouse) housing in Belarus. Litteratur fra USA er blitt oversatt. Offisielle forsknings og utviklingsprosjekter er satt i gang. Det er utarbeidet halmballbyggeforskrifter for Hviterusland og det ble bygget ikke mindre enn 50 halmballhus i 1998. Planene er nå å bygge 200 halmballhus i 1999, samtidig som det utvikles et «Zero-Energy Straw-Bale House» i Minsk ved «Belarussian Division of International Academy of Ecology» (Internett: [www.un.minsk.by/iae](http://www.un.minsk.by/iae)).

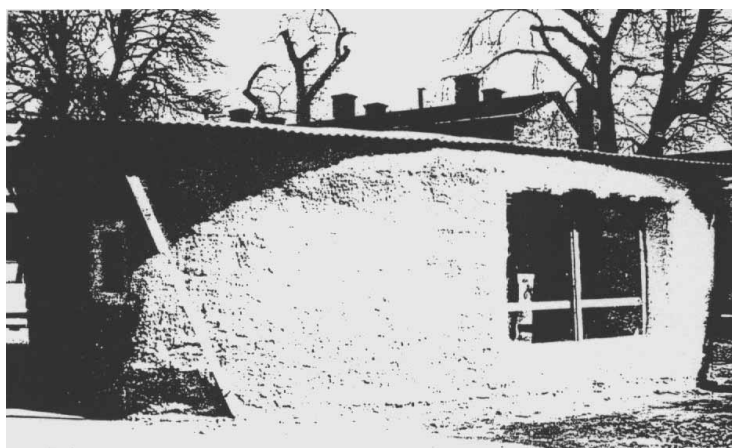
## SVERIGE

Sansynligvis inspirert av Roger Welschs artikkel fra 1973, ble det på Ararat utstillingen ved Moderna museet i Stockholm i 1976 bygget et lite halmballhus bare på to dager. Huset var elipseformet, knapt 35 m<sup>2</sup> og var planlagt av ark. Klas Anshelm. Endog tak ble isolert med halmballer. Vegger ble pusset innvendig og utvendig med kalkpuss. Huset ble tatt ned igjen etter kort tid. Det er også nevnt et hus som er bygget



*Halmballhus ble bygget i Svetlana, nord-øst for St.Petersburg Russland, sommeren 1998. Legg også merke til kubbeveggen*

*Provisorisk halmballhus bygget under utstillingen; "Ararat", ved Moderna Museet, i Stockholm allerede i 1976.*





Stefan Wallners hus

utenfor Gøteborg på 60-tallet – men det har foreløpig ikke lyktes å innhente noe informasjon om dette. I 1994 ble et bolighus på Møllycke utenfor Gøteborg isolert med halm. Arkitekt her var Stefan Wallner og Åke Boustedt Per Wallin har først laget en liten rapport om halmballbygging og har 1998 bygget sin egen halmballbolig – Villa Storkeboda i Växjö. Arkitekt Lena Falkheden har 1995-97 planlagt og bygget et arkitektkontor og snekkerverksted med halmballer utenfor Gøteborg. I 1996 ble det bygget et meget gjennomført og spennende «Timber-frame og halm-ballhus» ved Järna. Huset har halmisolerings også i bjelkelag og tak og er tegnet av arkitekt Walter Druml. På Gotland har Per Gate bygget en fin liten halmhytte som en prototyp for å utvikle et større prosjekt. Arkitekt Stefan Wallner som arbeider med økologisk «spjundspets-arkitektur» ved Chalmers i Gøteborg har 1998 bygget egen bolig – Villa Veabacken» i Aspekullen økoby i Ubbhult, i halmballteknikk, leirepuss og en rekke andre økologiske tiltak.

#### DANMARK

Ved arkitekthøyskolen i København var det på slutten av 1970 tallet en meget aktiv og dyktig gruppe studenter – kalt Freja-gruppen, som utgav forskjellige hefter og håndbøker om alternativ teknologi og bygging. I en Freja-håndbok er det kort beskrevet halmballbygging – bl.a. basert på Roger Welsch artikkel.

Under: Illustrasjoner til artikkelen "Byggehalm" i Freja håndbok 1976

Til høyre: Sten Møllers økologiske jord og halmhus, Søndre Felding. Danmark. 1995



Det er i Danmark utarbeidet og også bygget forskjellige halmballbygg av mer provisorisk karakter knyttet til landbruket. – bla. de særpregede «Klimatelt for svin» som bl.a. er tildelt designpris. Sten Møller har bygget et svært gjennomført og spennende økologisk hus, hvor også inngår halmbygging. Huset som er stort og har rundtømmerkonstruksjon, jordstampevegger, finsk masseovn, solfanger samt mye mer har han endog bygget for under 300000 kr. Et TV-program om dette prosjektet har bidratt sterkt til en stor interesse og at halmballbygging virkelig kan «ta av». I 1998 ble først et informasjonsmøte avholdt på NorVest Jydske Folkesenteret, med stor interesse. Landsforeningen for Økologisk byggeri LØB har laget en egen underavdeling for Jord- og halmbygging. Et program for utdanning av halmballbyggeinstruktører er igangsatt. Folkesenteret har under bygging et halmballhus og Sten Møller har bygget enda et halmballhus. Denne gangen helt «basic» og svært billig, og med dansk TV ved sin side.

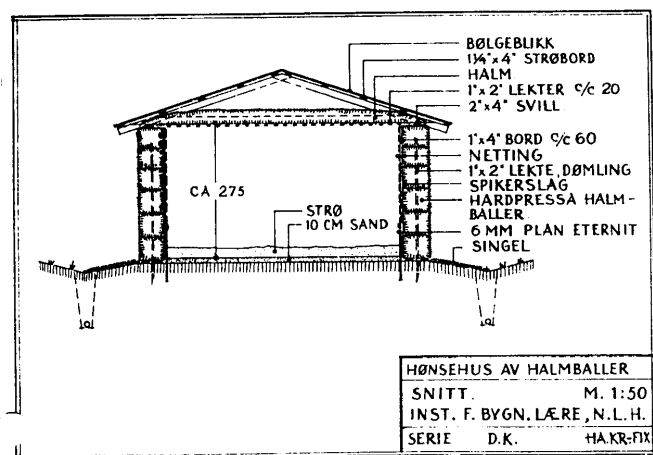
#### NORGE

På *Institutt for bygningslære ved Landbrukshøgskolen*, ble halmballteknikk vurdert og enkelte prøvebygninger ble bygget (stall, hønsehus, garasje osv), på slutten av 1950-tallet. Daværende forskningsassistent Hans Kaggerud, utarbeidet en liten rapport som beskriver dette arbeidet; «Hus av Halm». Det eldste kjente halmballhuset i Norge er imidlertid en garasje som Auden Spilsberg bygget i 1956, i Arneberg. Halmballene er brukt bærende, og garasjen ble stående upusset i 10–12 år før Auden fant at det ville se penere ut med puss.

I nyere tid startet halmballbygging i 1993 med et «Halmballseminar», på Søndre Tvetter hvor Ark. Ted Butchart fra USA og Ark. John Daghlich fra Frankrike kom som eksperter – samt en gjeng interesserte nordmenn. Den direkte overførte

Til venstre: *Illustrasjon fra "Hus av Halm", Hans Kaggerud, 1957, Snitt gjennom hønsehus.*

Under: *Auden Spilsbrgs garasje*







*Halmballisolert Veksthus, for Per Havdal, Oppigården Havdal, Trøndelag. 1993-96.*

prosjekt: «Kretsløpshus Søndre Tvetter», bl.a. finansiert gjennom NFR, SFT, Husbanken m.fl. Her ble det forsøkt med jordbyggeteknikker, solenergisystem, sunne bygge- materialer og økologisk avløpssystem. Halmballene ble brukt ikke-bærende utenfor en bærende trekonstruksjon, og pusset med en kalksementpuss. Prosjektet ble kåret til *Norges Miljøhus 1993!* Prosjektet har også vært sentralt i dannelsen av Norsk Jord- og Halmbyggeförening og har vært åsted for flere kurs, seminarer og møter.

En rekke etterfølgende prosjekter har fulgt. På *Oppigården Havdal* i Melhus kommune, ble det 1993-96 bygget et kombinert veksthus/ hønsehus/ vannrenseanlegg (økologisk) hvor *halmballer tilsatt kalk* benyttes i isolerende vegger (øst, nord, vest) samt også som isolasjon av taket.

Høsten 1993, bygget 11 kvinnelige og 1 mannlig arkitektstudent fra Oslo et 40 m<sup>2</sup> stort *seminarrom* i løpet av 2 dager. I diskusjonen omkring hvordan en kan bygge større deler av huset i halm (også tak og golv) er dette prosjektet interessant. Slanke, rettvokste ungtrær (ask) ble satt sammen og bøyet til en gotisk bue som konstruksjon i et hvelvbygg. Utenpå dette ble satt opp halmballvegg/tak. Det ble et særpreget bygg, med en flott romvirkning. Spørsmålet omkring utvendig værbeskyttelse ble ikke løst. Huset var et provisorium og ble tatt ned etter en uke.

På *Erga Gård*, i Klepp kommune på Jæren ble det under en workshop våren 1996, bygget et permanent kurslokale av halmballer. Ingvald Erga har fra før byg-

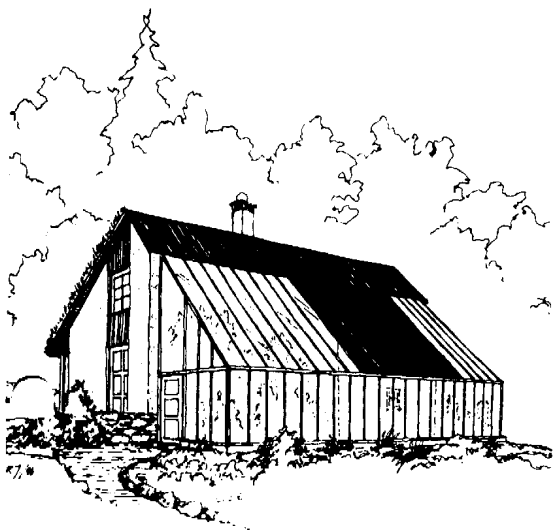




Kurslokale for Ingvald Erga,  
Erga Gård. Jæren, 1995.



Terje Knutsens «kretsløps-  
halmballhus» på Tromøya  
utenfor Arendal.



get et økologisk kretsløpshus, som igjen er satt inn i en Permakulturplan for utvikling av gården. Kurslokalet har en solid rund- tømmer konstruksjon og halmballene benyttes ikke bærende. Innvendig ble det pusset med en leirepuss og utvendig med en hydraulisk kalkpuss som er sprøytet på (grunnpuss). Huset står i et meget tøft klima, så dette blir virkelig en prøve på halmballkonstruksjonens tålegrense m.h.t. fuktighet. Den mest værutsatte fasaden vil etterhvert bli beskyttet med et veksthus.

Terje Knudsen fra Tromøya utenfor Arendal er i ferd med å avslutte sitt «kretsløpshalmballhus». Her er et stort sørvendt veksthus, solenergianlegg, kakkelovn, jordbyggeteknikker, konstruksjoner og overflater i norsk lauvtre, samt isolerende halmballvegger.

I forbindelse med den årlige *Halmfestivalen på Ski* har Norsk Jord- og Halmbyggeforening bygget et mobilt, men permanent lite *demonstrasjonsbygg* med bærende halmballvegger. Bygget er på 5.6m x 2.4m med innvendig leirepuss og utvendig kalkpuss. Demonstrasjonsbygget har vært vist fram flere ganger, bla. på den årlige Halmfestivalen i Ski, og en gang på den store Landbruksutstillingen på Hellerudsletta. Responsen har vært meget god.

Videre har det blitt oppført en hytte med bærende halmballvegger for *Åse Lund Støen* på *Arneberg*, forsommeren 1997. Byggingen av dette, som ble gjennomført som et kurs ble filmet og vist på Norsk TV. *Åse Lund Støen* har bygget videre med halm og i 1998 oppført et større halmballhus for overnattingsgjester. Kunstprofessor *Steinar Christensen* i *Son, sør for Oslo* har oppført et stort atelier med halmballvegger. Dette prosjektet har fått stor mediaoppmærksomhet.



*Bærende halmhytte for Åse Lund Støen. Arneberg. 1997*



*Over, til venstre: Kunstprofessor Steinar Christensen  
s atelier i Son, sør for Oslo.  
Til venstre: Interiør samme sted.*

---

*Kontor/verksted for Gaia  
Tjøme, Tjøme 1997.*



Undertegnede oppførte sommeren 1997 et *kontor/verksted* på Tjøme, med «Timber frame» og halmballteknikk. Her inngår også innvendig og utvendig leirepuss, leiregolv, leirehalmvegg, leiresteinsvegger og en liten knubbevegg. Byggingen ble arrangert som kurs med bl.a. Robert Laporte fra USA.





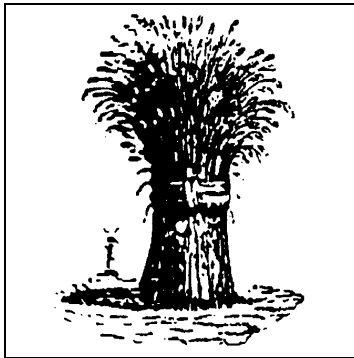
*Grisefjøs, ca. 250 m<sup>2</sup> for Arvid Vegger, Andebu, 1997–98*

*Arvid Vegger* fra Andebu i Vestfold har bygget et stort *grisefjøs* med en hvelvet trekonstruksjon isolert med halmballer. Halmballene er sprøytepusset med leire utvendig og innvendig. Et konvensjonelt tak ligger over og beskytter bygget. Det er i tillegg bygget gavlvegger i leirehalmteknikk. *Aksel Becker* har istandsatt en gammel bygning på en brygge i Stadsfjord i Trøndelag. Yttervegger er isolert med *halmballteknikk*. Innvendige vegger med bl.a. leireflisteknikk. *Kunstneren Edith Spira* på Nøtterøy ved Tønsberg har oppført et atelier med halmballvegger i 1998.

På *Veflingstad gård* ved Hamar, har *Aksel og Alfilde Melby* bygget en stor tomannsbolig med timberframe og halmballteknikk. I huset er også murt opp to ovner; en finsk masseovn og en Hypokaustenovn. Huset er innvendig og utvendig pusset med leire. Halmbbyggingen skjedde som en ukes kurs sommeren 1998.



*Tomannsbolig Veflingstad Gård, for Aksel og Alfilde Melbye, Stange, 1998*



HVA ER HALM?

## HVA ER HALM?

Halm er i agronomisk forstand definert som strå og blad av modent korn. Imidlertid vet vi at halmballbyggere tradisjonelt har brydd seg lite om slike definisjoner; en lang rekke gras og stråtyper har vært benyttet, tilsynelatende med tilfredstillende resultat. Prinsippet med å benytte nettopp den ressursen som er lokalt tilgjengelig er forsåvidt økologisk «riktig». Halm fra de vanlige korntypene i Norge vil likevel være den mest aktuelle, tilgjengelige og anbefalte ressurs til husbygging. I nødsfall kan nok høyballer også benyttes. De erfaringene som en kan hente fra de amerikanske husene i Nebraska – nettopp med høyballer, tyder på det. Likevel må høy regnes som mer utsatt hva gjelder fuktighet (selvanteningsfare), og skadedyr. Dessuten er høy beregnet som fôr til dyr og ikke som byggemateriale, mens halm er tungt fordøyelig (blir ofte lutet for å øke fordøyeligheten og næringsverdien), har bedre egenskaper, mindre næringsverdi og er en overskuddsressurs.



### Ressurs

I Norge dyrkes korn (halm) på omlag 3.5 mill. dekar, noe som gir en årlig halmmengde på omlag **700 000 tonn**. 89% av kornet (halmen) dyrkes på Østlandet. Kvaliteten og mengden halm er varierende fra år til år, og det kan være år da det meste av halmen er av for dårlig kvalitet til å benyttes til husbygging. Idag benyttes omlag 150 000 tonn halm til fôr og strø. Den resterende halmressursen på 550 000 tonn halm blir enten pløyd tilbake i jorda eller brennes på jordene.

For å gi et bilde på størrelsen av denne ressursen kan vi rent teoretisk i Norge årlig bygge omlag 70 000 eneboliger av halm eller stable opp et to meter høyt halmballgjerde – 5000 km langt!! Nå er det slett ikke all denne halmen som vil ha en kvalitet som gjør den egnet til halmballbygging, og det er også andre viktige bruksområder for halm.

I U.S.A. produseres det *ca. 200 mill. tonn halm hvert år*. Hvis all den halmen som årlig brennes i U.S.A., i stedet ble brukt til å bygge med, ville en kunne sette opp *ca. 5 mill. bolighus (grunnflate 180m<sup>2</sup>) pr. år!!!* Også i Europa er halm en overskuddsressurs og det brennes store mengder halm hver høst. I store deler av verden er forbruket av trematerialet bl.a. til husbygging for stort i forhold til den tilgjengelige lokale skogressursen. Dette er årsak til store økologiske problemer. Her vil i mange tilfeller halm kunne komme inn som et meget aktuelt alternativ.

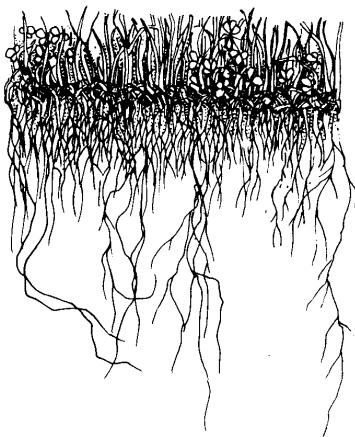


## Fôr og strø

En har i Norge lange tradisjoner med å bruke halm til fôr og strø, og idag utgjør dette et forbruk på omlag 150.000 tonn. Når den skal benyttes til fôr blir halmen ammoniakkbehandlet, noe som øker næringsverdien i halmen. Det er ikke regnet med at denne bruken av halm vil endre seg særlig i framtiden.

## Tilbake til jorda

En stor del av halmen bør føres tilbake til jorda, for å opprettholde eller bygge opp humusinnholdet. Med vanlige metoder er det grenser for hvor mye halm som kan tilbakeføres til jorda. For mye halm i jorda vil bl.a. kunne bryte kapilærkontakten slik at plantene får dårlig vannforsyning. Halmen brytes ikke raskt nok ned når den pløyes ned. Med nyere metoder kuttet og spres halmen jevnt på og i overflaten om høsten slik at nedbrytningen starter og også skjer raskere. Dermed vil en større del av halmen kunne føres tilbake til jorda.



## Halm som brensel

Halm kan brennes i kontrollerte former, som brensel i bioenergianlegg. Teoretisk energipotensial er faktisk så mye som 2.400 GWh. Halm har et energiinnhold på omlag 5 kWh/kg. Fyring med halm er imidlertid ikke uproblematisk da det er voluminøst, gir svært meget aske og krever relativt høye investeringskostnader i anlegg. Likevel vil halm i visse situasjoner utgjøre et konkurransedyktig energialternativ. Det kan være interessant å merke seg at det effektive energipotensialet i halm tilsvarer den hjelpeenergi som kreves for produksjon av korn.

STOFF	HALM	VED	STEINKULL	OLJE
Karbon C	45	50	81-92	
Oksygen O	45	43	1.4-10	
Hydrogen	5,5	6	4-5	
Nitrogen N	0,5	0,1	1.2-1.7	
Svovel S	0,1	0	0.6-1.4	0.5-2.5
Aske	3.5-5	0.2-0.8	1-5	

Tabell 1: Gjennomsnittsverdier for den kjemiske sammensetning av ulike fastbrenslar. Prosent av tørrstoff. ( Skjølberg 1984 )





---

sjonsverdi). Det er bare mindre forskjeller i isoleringsevne mellom de forskjellige halmtypene.

**RUG** (*SECALE CEREALE*)

Rug er mer hardfør enn f.eks. høsthvete, og trenger mindre gjødsel. I økologisk dyrkning er det oppgitt at det sjelden er problemer med legde. Rug er avhengig av riktig høstingstidspunkt og modent korn er raskt til å spire igjen, noe som sannsynligvis også vil kunne gi halm av dårligere kvalitet. Rug gir et kraftig og høyt halm, stråene er sterke og bøyelige men relativt smale, og godt egnet til pressing. Rughalm har et høyt innhold av kisel.

**BYGG** (*HORDEUM VULGARE*)

Det dyrkes omlag 200 mill tonn bygg på verdensbasis – mest i Europa. Bygghalm har kortere fiber enn andre korn typer og er derfor mindre egnet til industrielle formål. Det kan derfor med fordel brukes til halmballbygging.

**HAVRE** (*AVENA SATIVA*)

Havre trives i fuktig, kjølig temperert klima. Norge eksporterte faktisk rundt 50 000 tonn havre i 1992.

**LIN** (*LINUM USTIATISSIMUM*)

Lin er blant de eldste kjente kulturplantene vi kjenner (8–10 000 år) og er dyrket både for frø/olje og for fiber. Det er i de seneste årene tatt opp igjen en viss dyrkning av lin (oljelin) i Norge. Initiativtaker for dette ble i år tildelt en pris fra Norges Husflidlag. En ser at lindykningen i Sverige og Finland brer om seg. Linfibrer har stor råteresistens og vil kunne vise seg å være særlig egnet i norsk klima.

**HAMP** (*CANNABIS SATIVA*)

Hamp er en gammel kulturplante som dyrkes i en viss utstrekning hovedsaklig i Europa og i Øst-Asia. Den var tidligere også dyrket i Norge – for fiberens skyld (!) Bruksområde for hamp har vært; tauverk, liner, snører, hyssing, seilgarn, salmakertråd, fiskegarn, seilduk, vannslanger(!), remmer og matter. Det finnes en rekke typer hamp og dyrkningsforsøk i Sverige har kommet fram til en tysk sort (Shurig), med en høyde på omlag 2.5m og rimelig god frøsetting. Hamp har høy råtemotstand, og kunne tenkes presset til spesialhalmballer i utsatte situasjoner. Imidlertid må en være klar over at det er dyrkningsforbud mot cannabis i Norge!!



---

## HØY

Høy er først og fremst mat for dyr, og er mindre egnet til husbygging enn halm. Høy inneholder mer næring og er derfor mer attraktivt for insekter og smådyr, det har lettere for å råtne, og har større fare for selvantennelse ved fuktighet.

## ALT ANNET.....

En kan også tenke seg at *forskjellige stråmaterialer* kan presses, at *maisstengler* kan presses og forøvrig at egentlig alt som er *rent, tørt, organisk* og som kan presses, vil kunne benyttes. (papp, papir....)

## Halmens kjemi

Halmens kjemiske sammensetning er meget lik vanlig tre og det er små forskjeller mellom kornslagene. Hovedbestanddeler i halm er **cellulose, hemi-cellulose** og **lignin**.

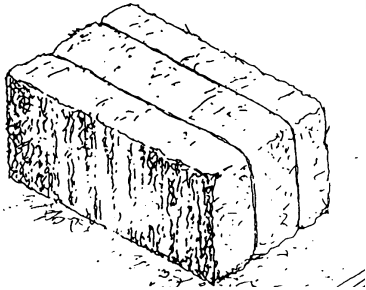
Halmtyp	Cellulose	Pentosaner	Lignin	Voks	Protein	Aske
Bygg	36	26	17	1,2	2,9	4
Havre	35	27	17	1,5	2,3	6,5
Hvete	35	27	16	1	2,5	3,5
Rug	39	28	18	1,4	3,5	3

Tabell 2: Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning av forskjellige halmtypen i % av tørrstoff. (Rexen 1970)

Når korn skjæres er vanninnholdet i halmen ca. 20– 30%. Tørkingen på bakken kan redusere fuktinnholdet til ca. 10–15%. Det er svært viktig at halmen blir tørrest mulig før den presses i baller. For mye fuktighet i halmballene vil medføre muggvekst og nedbrytningsprosesser.

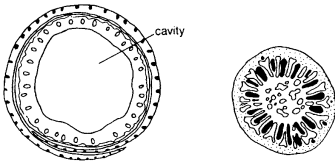
Halm fra de forskjellige korntypene har forskjellig *motstand mot nedbrytning*. Det er oppgitt at vinterrug har størst motstand, så kommer rug, bygg og havre og til sist og dårligst vårhvete.

Halm har naturlig et meget tynt *vokslag* (cuticular vax) – omtrent 1/100 mm tykt. Dette avskyelighet vil hindre at puss fester godt på halmen. Det er derfor anbefalt å la halmballene ligge ca. 1 år før de benyttes og pusses. Vokslaget vil da naturlig brytes ned.



### Den ideelle bygge-halmball:

- Tørr: jo tørrere jo bedre. (10 – 16%, ikke over 18%)
- ikke utsatt for råte, mugg ol.
- Hardt presset og presise i formen.
- Uten frø; som kan tiltrekke skadedyr.
- omtrent dobbelt så lang som bred. (byggeklosser)
- det er viktigere at halmballene er hardt presset og er tørre og rene, enn hvilket kornslag en bruker.
- halm som ikke er kunstgjødslet (større sopp-resistens) eller sprøytet.



Snitt gjennom hvetestrå.  
T.v. – internode. T.h. – node.

### Om byggehalmballers størrelse, romvekt og kompresjon

Halm består av dels *hulrom* (internode) og dels *knutepunkter/bladfest* (node). Det er viktig at halmen ikke presses så mye at hulrommene blir klemt sammen. Dette vil medføre redusert isolasjonsverdi.

Halmballer presses med vanlig jordbruksutstyr. Idag er det en stor overgang til rundballer, men fortsatt presses det endel vanlige rektangulære halmballer. Overgangen til rundballer, som er uinteressante i bygningsammenheng, (bortsett fra til halmkunst og danske «Klimatelt for svin!») har ført til at en videre teknisk utvikling av den vanlige halmballpressa har stoppet opp. Det er imidlertid muligheter for å innstille en slik vanlig halmpresse til øket trykk. Med en litt erfaren kjører, med gode og skarpe kniver og med en optimal innstilling av maskinen vil det kunne produseres halmballer med tilfredstillende kvalitet og kompresjon. Innenfor de grensene som slike vanlige maskiner har kan en si at jo hardere ballene blir presset, jo bedre egnet er de som byggemateriale.

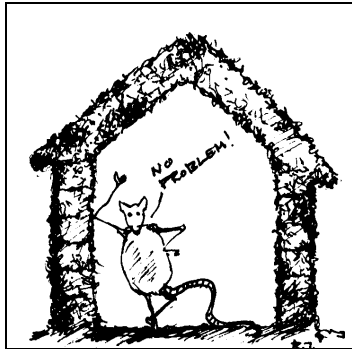
De forskjellige korntypene har litt forskjellige egenskaper vedrørende pressing. Noen korntyper gir stivere halm og noen en mer elastisk halm.

Det mangler foreløpig en praktisk, og enkel metode for å bestemme halmballens kompresjon. Veiing kombinert med måling kan gi oss romvekt, men dette kan være svært misvisende før vi også vet det eksakte fuktinnholdet. Det finnes riktignok digitale fuktighetsmålere som kan benyttes til halm, men disse måler unøyaktig under 15% fuktighet, som jo nettopp er det aktuelle området. Fuktigheten kan naturligvis måles nøyaktig i et laboratorium, men krever at halmballen ødelegges..... I praktisk bruk er vi henvist til en de helt enkle metoder; vurdering av fasthet, hardhet og form (erfaringskunnskap) og at halmballene skal kunne løftes i en streng uten at halmballen tenderer til å bøye seg.

De halmballene som i hovedsak er interessante i halmbyggingsammenheng er rektangulære småballer. I Norden finnes disse stort sett som 2 strengs med en dimensjon på ca; B= 45 cm, H= 35 cm, og L = 85-100 cm. Disse veier omlag 15 kg og er greit håndterlige for folk flest og er tilgjengelige de fleste steder hvor korn dyrkes. I USA men også i enkelte tilfeller hos oss, finnes en type halmballer som er

---

noe større. Disse kalles 3-strengs og er gjerne også noe bedre komprimert. Disse er nok ypperlige byggehalmballer, men vekt og størrelse gjør at dette er to-manns baller ved håndtering. Det finnes dessuten enda større halmballer, som gjerne kalles storballer. Også her varierer størrelsene noe, men det finnes f.eks. slike storballer som er 100cm i bredde, 80 cm i høyde og 200 cm i lengde. Dette er halmballer som må håndteres maskinelt, og som kun er interessant i større hallbygg, store driftsbygninger hvor de kan benyttes bærende osv.



EGENSKAPER SOM BYGGEMATERIALE

---

## EGENSKAPER SOM BYGGEMATERIALE

### Isolasjon/energi

Av halmens mange egenskaper er kanskje dens gode isolerende egenskap det mest interessante. En halmballkonstruksjon vil som følge av en rimelig god *lambda-verdi* (spesifikk isolasjonsverdi) i kombinasjon med en veggtykkelse på ca. 45 cm nærmest gi superisolerte hus. I et totalt energiregnskap må også halmballenes meget lave energiinnsats i produksjon (primærenergi) vurderes og innberegnes. (se vedlegg; «Energi- og miljøregnskap»).

#### LAMBDASVERDI/U-VERDI

Et materiales isolasjonsegenskaper beskrives som Lambda-verdi. Med Lambda-verdi kan vi sammenligne forskjellige isolasjonsmaterialer uavhengig av en aktuell tykkelse på isolasjonssjiktet. Når vi så bestemmer en tykkelse på isolasjonssjiktet i en konkret konstruksjon beskriver vi isolasjonsegenskapene med U-verdi. I byggeforskriftene stilles det krav til U-verdi for de forskjellige bygningsdelene. En veggkonstruksjon skal i henhold til de nye byggeforskriftene i Norge minimum oppfylle krav til en U-verdi =  $0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$  i yttervegg. Dette tilsvarer f.eks. omlag 20 cm mineralull eller cellulosefiber.

Det er oppgitt litt forskjellige tall på halballers isolasjonsevne. Dette kan ha med halmtypen å gjøre, graden av kompresjon, retning på fibrer, men også med hvilken målemetode som er benyttet.

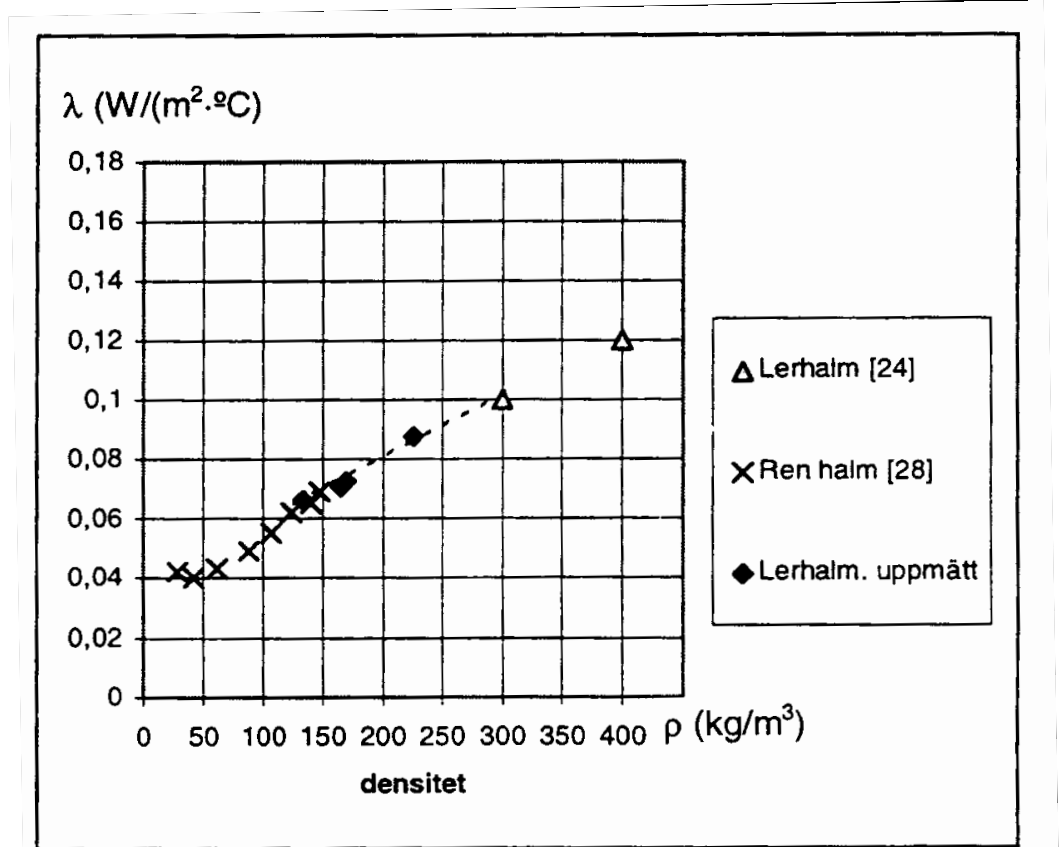
- Fra Frankrike oppgis Lambda-verdi =  **$0.067 \text{ W/mK}$**  i konstruksjon med murte fuger.
- Bengt Johan Gullberg i Sverige, oppgir en Lambda-verdi =  **$0.05 \text{ W/mK}$** , på de pressede halmblokkene med romvekt mellom 200 og 250 kg/m<sup>3</sup>.
- I USA v/ University of Arizona har John MaCabe gjennomført målinger med hvete (også ris). Målingene er gjort på 3-strengs halmballer. Målingene viser en Lambda-verdi =  **$0.06 \text{ W/mK}$**  – med fibre, og en Lambda-verdi =  **$0.048 \text{ W/mK}$**  – på tvers av fibre.
- Emanuel Eklund bekrefter disse tallene i sitt eksamensarbeide på «Lerhalm», 1997, hvor han sammenligner halmisolasjon med leirehalmteknikker både fra litteratur og fra egne målinger.

Med bakgrunn i at det innenfor det tilgjengelige tallmaterialet finnes noe variasjoner og at halmballer ikke er et standardisert materiale med like egenskaper fra gang til gang, vil det være riktig å ta utgangspunkt i et slags gjennomsnitt, hvor det er tatt høyde for disse variasjonene. Formålet må være at de tallene som presenteres f.eks. myndigheter er realistiske og ikke utgir seg for å være bedre enn

det det faktisk er. Ut fra dette vil det være realistisk å kunne regne med følgende **Lambda-verdi** på halmball-konstruksjoner;

Liggende halmballer (langs fibre) = **0.06-0.065W/mK**

På høykant (tvers av fibre)= **0.05W/mK**



Tabell 3: Målte varmeledningstall (Lambda-verdi) sammenstilt med litteraturangivelser. (Emanuel Eklund; «Lerhalm» 1997)

Med vanlige 2-strengs halmballer vil en da kunne oppnå følgende bemerkelsesverdige gode **U-verdier**:

Liggende halmballer- tykkelse 45 cm = **0.13W/m<sup>2</sup> K**

På høykant - tykkelse 35 cm = **0.14W/m<sup>2</sup> K**

Dette er verdier som tilsvarer isolasjonstykkelser på omlag 30 cm med mineralull eller cellulosefiber.

## Brann

En har jo det inntrykket at halm brenner «som ild i tørt gress», og halm er selvfølgelig et brennbart materiale og bør behandles som det. I Roger Welsch' artikkel oppgis det at høy-husene i Nebraska var brannutsatt og kunne brenne med en voldsom ild. Dette var knyttet til upussede halmkonstruksjoner. Løs halm er lett antennelig og løst pressede baller som gir tilstrekkelig oksygentilgang vil sansynligvis også måtte regnes som «brannfarlige».

Bildet endrer seg imidlertid når en benytter hardt pressede halmballer. Disse har vist seg overraskende lite antennelige og tenderer til heller å gløde og forkulle i ytterste sjikt. Dessuten vil det normalt ikke være aktuelt å benytte halmballer uten å dekke de godt inn – hovedsaklig med puss. En pusset halmballkonstruksjon har vist seg å ha en brannmotstand som er oppsiktsvekkende. Kombinasjonen av et ubrennbart overflatemateriale og et varmesisolerende materiale hindrer antenning og også varmespredning. De brannegenskaper som til nå er målt viser seg å være langt bedre enn normale trehuskonstruksjoner. Franske byggeforskrifter godkjenner en 30mm puss som 60 minutters brannbeskyttelse.

*«The straw bale/mortar structure wall has proven exceptionally resistance to fire. The straw bales hold enough air to provide good insulation value but because they are compacted firmly they don't hold enough air to permit combustion.»*

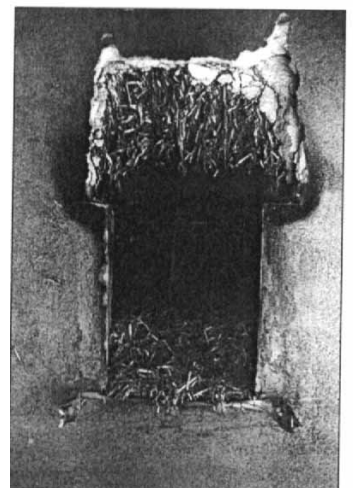
Rapport fra: «Canada Mortgage and Housing Corporation.

*The National Research Council of Canada – fire research Section, utførte på midten av 1980 – tallet en småskala branntest på pusset halmballvegg med murte fuger. Veggene ble utsatt for en temperatur på 1010 C i to timer, før små sprekker viste seg i pussene. Testen viste en maximal temperaturøkning på 39.5 C – **etter 4 timer!!** – på andre side av veggene.*

I 1993 ble det utført to branntester ved *Construction Industries Commission of New Mexico*. Den første testen ble utført på en *upusset halmballvegg!* Det er verd å merke seg at gjennombrenning skjedde først etter 34 minutter og da *i sprekke mellom halmballene*.

Den andre testen ble utført på en *pusset halmballvegg*. Resultatene fra denne testen bekrefter resultatene fra Canada; ingen flammer eller varme gasser ble frigitt på ueksponert side. Testen ble kjørt i 2 timer med en temperaturbelastning på 1061 °C. Det skjedde ingen gjennombrenning og der hvor pussene sprakk opp skjedde det bare en forkulling av halmen i ca. 5 cm dybde. I rapporten heter det:

*Branntilløp i en veggisje – før og etter brann.*





---

«The results of these tests have proven that a straw bale in-fill wall assembly is a far greater fire resistive assembly than a wood frame wall assembly using the same finishes».

Som dokumentasjon av disse prøvene er det laget en *Video* av *Black Range Films* (desember 1995).

Det har vært noen få tilfeller av brann i halmballhus de seneste årene. Ved to tilfeller er årsaken feil i det elektriske anlegget. Høsten 1998 oppsto en slik brann i et sykehus i Mongolia. Her startet brannen i halmballhimlingen. I konklusjonene fra brannen ble det uttrykt at «brannen forløp som en kunne forvente»; dvs. at det var et langsomt brannforløp, hvor alle kom seg trygt ut og også utstyr ble reddet ut av bygningen. Ingen farlige røyker eller gasser. Det har også vært tilfeller av brann i halmballhus under oppføring. Det skal ikke mye fantasi til for å forstå at en byggeplass med mye løs halm og upussede halmvegger kan være utsatt for f.eks. en skjødsløs sigarettglo. I byggefasen må en ta klare forhåndsregler mot brann, men i det ferdige bygg skal en kunne føle seg trygg.

### **Styrke**

Erfaringene fra Nebraska hvor halmballer er benyttet konstruktivt viser *i praksis* at halmballer (endog av lite komprimerte høyballer) kan benyttes strukturelt. Ingen av de historiske husene i Nebraska har vist noen tegn til sammenpressing f.eks. knyttet til snøvekt eller setning over tid. Det er ikke dermed sagt at vi uten videre kan bygge bærende halmballhus – idag. Krav til dokumentasjon, behov for dimensjoneringsregler og oppfylling av byggeforskrifter krever at «vi vet hva vi gjør». Det er utført målinger i USA, og etterhvert også i andre land, som gir oss mer eksakt kunnskap om halmballkonstruksjonenes styrkeegenskaper.

De foreløpige resultatene viser at halmballvegger vil kunne ha en bærende kapasitet på ca. 2250 kg pr. løpemeter vegg. Til sammenligning vil lasten pr. løpemeter vegg i et omlag 6 meter bredt hus (inkl. snølast) i Norge, ligge i underkant av 1500 kg. Disse målingene er gjort *uten pusslag*, som klart har en avstivende og forsterkende virkning. Pussens styrkemessige betydning diskuteres og vil i stor grad avhenge av pusstype, type armering mm.

På midten av 1980-tallet utførte *Canada mortgage and housing corporation*, følgende test; en prøvevegg ble bygget med murte fuger (halmblandet mørtel). Prøveveggen hadde en lengde på 3.66 meter og en høyde på 2.44 meter, og ble belastet med 8.181kg (2.235 kg/lm). Ut fra testene ble det satt opp forslag til anbefalte tillatte belastning:

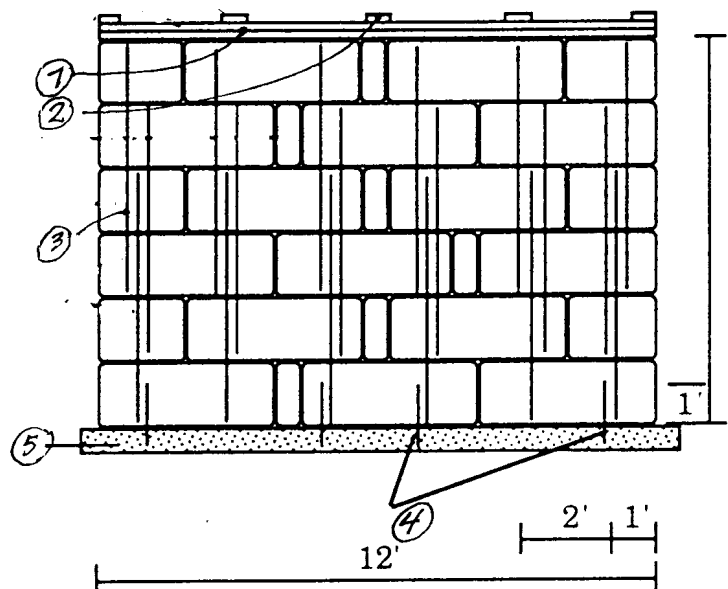
- snølast 2.50 kN/m<sup>2</sup>- vindlast0.67 kN/m<sup>2</sup>
- egenlast2.00 kN/m<sup>2</sup>- nyttelast1.90 kN/m<sup>2</sup>

I 1993 utførte *Ghailene Bou-Ali*, ved *University of Arizona* forskjellige tester av styrkeegenskaper. Først ble en 3-strengs halmball (størrelse: L = 116.8cm, B = 58.4cm, og H = 40,6cm) belastet til *bruddgrense* og hadde da en belastende vekt på *33 tonn!!!* (48.500 kg/m<sup>2</sup>). Halmballen var da sammenpresset til omlag 50% av opprinnelig høyde. Imidlertid ble mesteparten av halmballens høyde gjenvunnet når lasten ble tatt bort. Halmballenes styrkeegenskaper kan derfor karakteriseres som *elastisk* (elastisk deformasjon).

En tilsvarende test ble utført med en 3-strengs halmball lagt på kant. Bruddgrense ble her nådd med en belastning på 6.3 tonn. (13.567kg/m<sup>2</sup>), noe som tilsvarer omlag 1/4 styrke i forhold til liggende halmball.

Så ble en prøvevegg med 3-strengs halmballer satt opp, med en lengde på 3.66 meter og en høyde på 2.44 meter. Uten å pusse veggene ble den belastet med 7.182kg (1.962 kg/lm). Veggene viste en sammenpressing på 17.8cm (7% av høyden). Sammenpressingen viste seg å være langt større enn det som er sett på noen av de eksisterende byggene (f.eks. Nebraska). Spørsmålet som da melder seg er: *hvor stor betydning har pussene?*

I 1994 utførte ark. *Bob Theis* ved *Shenoa Retreat Center* noen interessante tester. Det ble bygget prøvevegger av 3-strengs halmballer av rishalm, med gjennomgående gjengestål til toppsvill, slik at veggene kunne presses sammen. Prøveveggens mål var også her; lengde = 3.66 meter og høyde = 2.44 meter. Veggene ble belastet med 3.473 kg (948kg/lm) og sammenpressingen ble målt til 8.9cm. Veggene ble så sammenpresset med gjengestålet tilsvarende som belastningen, og så pusset. Deretter belastet igjen med samme last. Veggene viste så ingen tegn til sammenpressing. Denne testen har stor betydning for vår vurde-



Oppbygning av en testvegg:

- |                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| 1 Dobbel 2"x6" svill | 4 Oppstikkende armeringsjern |
| 2 Kryssforbindelser  | 5 Betongfundament.           |
| 3 Armeringsjern      |                              |

*Lite demonstrasjonshus med bærende halmballkonstruksjon. Ski halmfestival.*



---

ring av halmballkonstruksjoner i områder med betydelig snølast og følgelig varierende belastning på veggene. Halmens elastiske deformasjon ville kunne medføre problemer i form av oppsprekking av puss. Imidlertid viser denne testen at «innspenning» av veggen vil kunne eliminere dette problemet.

I Norge er det til nå bygget to mindre bærende halmballkonstruksjoner. Et lite demonstrasjonshus med gjennomgående gjengestål til toppsvill viste relativt stor sammenpressing, mens en hytte på ca. 20 m<sup>2</sup> med lastebilstrapper viste svært liten grad av setning. Ved bærende konstruksjoner vil halmballenes fasthet og kompresjon være svært avgjørende for resultatet. Sten Møller i Danmark har i 1998 bygget en bærende halmballkonstruksjon hvor ujevn belastning på også har medført ulik grad av setning. Det bør utvikles en enkel metode for å prøve halmballenes fasthet før bygging.

### **Fuktighet**

Halmballkonstruksjoners største «fiende» er sannsynligvis fuktighet. Derfor må særlig oppmerksomhet knyttes til dette problemet. Halm vil være et godt og varig byggemateriale så lenge det holdes tørt, mens nedfuktiging raskt kan gi store problemer. Halm regnes f.eks. som et godt medium for dyrking av sopp i laboratorium.

Toleransegrenser for fuktighet i halmballer tilsvarer hva som regnes for andre organiske materialer, slik som f.eks. tre. Grensen for mulig biologisk aktivitet ligger omlag på 18 -20%. Halmballkonstruksjoner må aldri utsettes for situasjoner hvor fuktinnholdet overstiger 18%. Halmballer som benyttes til byggeformål skal ikke ha et fuktinnhold som overstiger 15%. Det anbefales å benytte fjorårs halm, da en vil være sikker på at disse har fått tørke helt ut, og at en får mulighet til å sortere ut halmballer som har vært utsatt for mugg og sopp.

Halm er et *hygroskopisk* materiale og har gode *fuktregerende egenskaper*. Halm har evne til å *transportere fuktighet* raskt. Et eksperiment utført av Bengt Gullberg i Sverige viser dette; to halmballer – en tørr og en våt legges inn i en diffusjonstett plastpose. Etter bare ett døgn har begge halmballene samme fuktinnhold.

Halm har gjennom sitt store volum, porøsitet og masse en stor *fuktkapasitet*. En normal enebolig vil ha omlag 5000kg halm i veggene. Gjennomsnittlig fuktinnhold i halmveggen vil anslagsvis være 10%. (basert på de målinger som til nå er utført), mens den øvre sikkerhetsgrensen for fuktinnhold regnes som 18%. Dette vil gi en fuktkapasitet på 400 kg vann. I motsetning til de fleste moderne byggekonstruksjoner gir dette en betydelig økt toleransegrense for fuktbelastning og varierende forhold.

---

### SLAGREGN, LEKKASJE TAK FRA ELLER FUKT FRA GRUNN.

En god beskyttelse av halmballkonstruksjonene mot ytre fuktbelastninger vil være en absolutt forutsetning. Lekkasjer fra tak og fukt fra grunn vil sansynligvis være mer kritisk enn slagregn. Observasjoner av halmballkonstruksjoner utsatt for slagregn, også uten puss, viser at fuktigheten ikke trenger langt inn i konstruksjonen, men dreneres ut og ned i det ytterste sjiktet og tørker rakst ut. Dette forutsetter imidlertid god utlufting / pustende overflater.

Ark. Ted Butchart fra Greenfire Institutt i staten Washington har i forbindelse med bygging av halmballkonstruksjoner i *fuktig/kaldt klima* kunnet konkludere med at det foreløpig ikke er noe som indikerer at halmballkonstruksjoner ikke vil være holdbare i et fuktig / kaldt klima hvis:

- en har gode takutspring som beskytter veggene mot direkte slagregn
- at halmballkonstruksjonen bør løftes minst 20-25 cm over bakkenivå.
- at det sikres god drenering rundt bygget
- og at konstruksjonen tillates å puste (diffusjonsåpen).

### Luftfuktighet – diffusjon – kondens

Det er ingen historiske referanser til *dampsperre* brukt i forbindelse med halmballkonstruksjoner. Alle de historiske referansene, som har vist holdbarhet i nær 100 år, er alle bygget uten dampsperre. Mye taler for at *diffusjonsåpenhet* er den beste sikkerhet mot fuktproblemer, og halm har nettopp egenskaper som gjør den egnet i diffusjonsåpne konstruksjoner; den er *hygroskopisk, transporterer fuktighet og har stor fuktmagasinerende kapasitet*.

George Tsongas – ved Portland State University, USA konkluderer slik:

«A bale wall with the maximum breathability may be the best insurance against potential problems with moisture».

Foreløpig er kun noen få måleresultater tilgjengelige fra USA og Canada. *Canada Mortgage and Housing corporation* utførte i 1983 et måleprogram på et halmballhus bygget av Louis Gagnè, *uten innvendig dampsperre*. Målinger ble utført med 3 års intervall. Fuktinnholdet i veggen oversteg ikke 13% – også i baderomsvegg. Gjennomsnittlig innvendig relativ fuktighet var 35%.(RF). Målinger etter 3 år i nederste rad med halmballer og på baderom viste et fuktinnhold på 11% og 8%, noe som kan indikere at halmveggene tørker ut etterhvert. Resultatet ble vurdert som tilfredstillende.

Der finnes også eksempler på hvor fuktutsatt halmen er hvis ting gjøres på feil måte. I et kjølerom som ble bygget med *innvendig dampsperre* (!!!) og ingen

---

dampsperre mot varm side, ble det raskt kondensering og nedbrytning inn mot dampspærren.

Fuktproblematikken er et komplisert og foreløpig lite forstått problemområde. Det råder forskjellige teorier og en viss forvirring. Det er definitivt et viktig område hvor det er behov for videre forskning. Det er dessuten behov for etterprøving av eksisterende halmballkonstruksjoner, det er behov for målinger i laboratorium, og det er behov for studie og utvikling av en mer komplett forståelsesmodell for fukt-mekanikk.

Ved oppbygging av halmballkonstruksjoner bør en tilstrebe *størst mulig diffusjonsåpenhet*. Dette gjelder både i det innvendige sjikt og i det utvendige sjikt. Som en sikring mot at fuktighet som følge av diffusjon og luftlekkasjer, skal kunne hope seg opp i konstruksjonen og etterhvert føre til kondensering, legges det inn en litt større diffusjonsmotstand i det indre sjikt (varme) enn i det ytre (kalde). Da en vanligvis vil benytte puss både innvendig og utvendig, vil en ved valg av puss-type måtte vurdere diffusjonsegenskapene. *Norsk byggforskningsinstitutt – NBI* angir en sikkerhetsgrense på diffusjonsmotstand mellom innvendig og utvendig sjikt = 10:1. Dette er satt som en generell regel som også skal ta høyde for konstruksjoner med lite hygroskopiske og fuktmagasinerende egenskaper, slik som mineralull i et spinkelt treskjelett eller stålskjelett. Med bruk av halm vil toleranse-grensene imidlertid være betydelig større. Det antas at et forholdstall mellom innvendig og utvendig overflate på diffusjonsmotstand = 1:1, bør kunne fungere. Dette forutsetter hygroskopiske og diffusjonsåpne overflater, og at en har god kontroll på luftlekkasjer (spesielt innenfra) og at det er relativt normale fuktbelastninger – slik som i oppholdsrom i bolighus. I mer utsatte situasjoner vil det være nødvendig å sikre en større diffusjonsmotstand i innvendig overflate. Dette vil f.eks. kunne skje gjennom valg av overflatebehandling.

*Trygve Græe*, ved *Institutt for tekniske fag på Landbrukshøgskolen* i Norge, har jobbet i mange år med fuktproblematikk, særlig knyttet til husdyrrom (som har meget høye fuktbelastninger). Græe har vært en pioner i utvikling av både fukt- og luftåpne konstruksjoner, bl.a. *Dynamisk isolasjon*. På basis av sin forskning og erfaringer fra mange konkrete prosjekter trekker han følgende konklusjon:

*«Kondens inne i bindingsverkskonstruksjoner i norsk klima kan vi forebygge ved å isolere godt og lage dem tette mot luftlekkasjer. Fuktsperresjikt er unødvendig forutsatt at konstruksjonene har utvendig forhudning med kapillære egenskaper».*

### **Holdbarhet**

*«My grandfather had a hay bale barn, roughly 40 by 60, that existed until I was an adolescent. That's when it was destroyed and by that time it was about fifty*

---

*years old. A tornado came through and picked it up and moved it – actually took the building and twisted it roughly ninety degrees and moved it about forty feet. Strangely, it stayed intact, unlike all the wood buildings. The barn had clapboard on the outside and was protected on the inside from the cows by stucco. When it was finally destroyed, the cows were very exited about the straw. They thought that was the best straw they had ever had. They clipped off fences to get to it. The straw was from a sweetgrass that's now extinct.»*

Ed Sanders, former Nebraska resident.

De gamle husene i Nebraska, som har stått i nær **100 år** og som fortsatt er i god stand, viser at halmballhus kan ha god holdbarhet, også sammenlignet med andre konvensjonelle byggematerialer. Halmen (også høy) i vegger som har blitt åpnet etter lang tid har vist seg å være friskt og fint. Det er ingen tegn til at halmen gradvis brytes ned, annet enn hva naturlig elding vil forårsake. En holdbarhet på 100 år, som flere av de eksisterende husene i Nebraska kan vise til, er faktisk dobbelt så lenge som den beregnede levetiden for moderne hus.

Det eldste eksisterende halmballhuset som vi kjenner fra våre trakter, står på Arneberg, nord for Kongssvinger i Norge. Denne garasjen, ble som tidligere nevnt, oppført i 1956, og er altså drøyt 40 år. 20 år uten utvendig puss, og detaljer mot grunn som ikke kan anbefales gir grunnlag for å tro at halmens motstandsevne og holdbarhet er bedre enn hva en umiddelbart kunne forvente. Vi har dessuten erfaringer fra bruk av halmplater i Norden. Disse ble som kjent produsert fra rundt 1930 – og fram til ca. 1960, og har vært benyttet i en rekke sammenhenger. Et eksempel på holdbarhet har vi fra Trondheim i Norge, hvor slike halmplater var støpt inn i grunnmur som isolasjon. Etter ca. 40 år i direkte kontakt med sement er halmen fortsatt frisk som ny.

Halmballer kan godt også tenkes laget av *lin* og *hamp*. Begge disse plantene har tidligere vært dyrket i Norge og det er en begynnende interesse for å ta opp igjen dette. Det spesielt interessante ved disse plantene er at de har meget *høy råteresistens*, og dermed holdbarhet i fuktutsatt klima. Tilsetning av impregneringsmidler for å sikre en bedre holdbarhet antas å være mindre aktuelt – i hvertfall i normale situasjoner. Flere av metodene medfører samtidig tilføring av fuktighet med

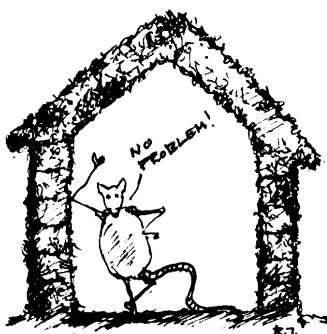


*Bruke Homestead, Alliance, Nebraska. USA 1903. (The Straw Bale House)*

---

et etterfølgende behov for uttørking før bygging, noe som både er arbeidskrevende, tidkrevende og kanskje energikrevende. Vannglass, borsalter, kalk eller sement kan være aktuelt. Leire i flytende form har vært prøvet, men uttørkingen har vist seg problematisk. En kommer således fort over i beslektede byggemetoder, med mer tradisjonelle leirehalmteknikker. Kalk kan tilsettes i tørr form, og vil ha en viss konserverende effekt.

### Skadedyr



Faren for museangrep er kanskje det første en vil stille spørsmålstegn ved med halmballbygging. Erfaringer fra USA viser imidlertid at det ikke er beheftet noe større museproblem med denne type konstruksjon enn med andre. Halmballvegger som er tett og godt bygget gir faktisk mindre «husrom» for smådyr og insekter enn andre typer konstruksjoner. Hvis pussen er god og intakt vil tilgjengeligheten for selv små vegglus være svært redusert.

Det anbefales likevel å ta spesielle forhåndsregler, for halm er nok heller ikke et dårlig valg for en musefamilie som søker bosted. Det viktigste for å hindre mus å komme inn i halmveggen er en intakt puss og ekstra sikring med netting ol. i alle overganger. En annen strategi som kan øke musefiendtligheten er å tilsette en ca. 5% tørr kalk i halmen. Dette vil skape et alkalisk og utrivelig miljø som smådyr ikke trives i. Kalktilsetning er forsøkt ved veksthusprosjektet på Oppigården Havdal, sør for Trondheim.

Erfaringer fra Søndre Tvetter, som det første bebodde halmballhus i Norge, viser at musene riktignok flyttet raskt inn i halmen så lenge denne var åpen og tilgjengelig. Når så pussen ble ferdig og musehullene stengt, har museproblemet etterhvert om ikke forsvunnet, så i hvert fall normalisert seg. I mitt eget halmballhus på Tjøme, som nå står på andre året, har jeg ikke sett antydninger til mus, selv om det er rikelig med mus ellers i området.

I sin artikkel i Shelter, kommer Roger Welsch inn på flueproblemet. Det refereres til en besøkende lærer som overnatter i et høyballhus og som bruker mesteparten av natten til å klø seg og å slå etter fluer. Han mente etterpå at grunnen til at høyballhusene opplevdes som så varme, var nettopp p.g.a. denne stadige aktivitet. Flueplage er imidlertid kun knyttet til upussede vegger, noe som ikke vil være aktuelt i hvert fall til bolig eller oppholdsareal for mennesker. I et par tilfeller i USA, har det vært tilløp til problem med små «bugs». Disse har oppstått relativt kort tid etter bygging, og har vist seg å opphøre etter en sesong eller to. Generelt vil gode detaljer og tetting i alle overganger spesielt innvendig være et godt forebyggende tiltak mot småliv som kan trives i spekker og små hulrom.

---

## Mugg og sopp

Halm er uten tvil ømfintlig overfor mugg og sopp. En vurdering av mulige problemer og risiko knyttet til dette er utført av et spesialfirma med stor kompetanse innen mugg -og soppproblemer i bygninger (Mycoteam). Ved Universitetet i Helsinki har bl.a. Mikael Westermark undersøkt muggproblematikk knyttet til halm og fuktighet.

Mugg og sopp er et mulig problem som en skal vie oppmerksomhet. Plantene av våre vanlige kornslag koloniseres allerede tidlig i vekstperioden av ulike sopparter (planteparasitter, svekkelsesparasitter og saprofytter). Muggsopper består av selve fruktlegemet, dets mycel og sporene. Muggsporer finnes overalt i naturen og nær sagt alt organisk materiale inneholder en viss mengde av soppsporer. Muggsopp vokser på overflate av organisk materiale ved å hente næringsstoffer fra disse. Det kan nevnes at flere typer matsopp er basert på halm som dyrkningsmateriale (f.eks.; «Paddy straw mushroom»).

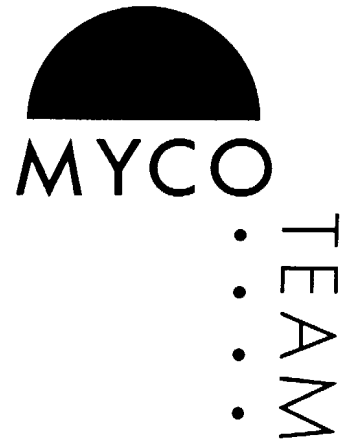
Hvor mye sopp som forekommer på halmen vil avhenge sterkt av meteorologiske forhold i dyrkningsperioden og ikke minst hvilke temperatur- og fuktforhold som halmen senere er lagret under. Temperatur- og fuktforhold bestemmer også hvilke sopparter som vil utvikle seg. Normalt regner en med at muggsopper vil kunne utvikle seg hvis fuktinnholdet i organisk materiale (f.eks. tre, halm) kommer over 20%. Imidlertid har den relative luftfuktigheten (RF) også stor betydning. RF over 90% vil i løpet av relativt kort tid medføre muggvekst, mens en RH over 80% krever lengre tid. I halm ligger en nedre grense for muggvekst et sted mellom 75-80% RF. Utvikling av muggsopp krever videre en temperatur mellom 0 og 55 °C. Dessuten må pH-verdien ligge mellom 2 og 10 (ideelt 5-6) og det må være tilgang på oksygen.

Når disse vilkårene ikke lengre er tilstede; fuktighet, temperatur, pH, og oksygen, vil muggsoppen gå inn i en passiv tilstand hvor soppsporer ikke lengre sendes ut. Men en viss mugglukt vil fortsatt kunne sitte i. Sporene er meget utholdende og tåler både tørke og temperaturer langt under null og helt opp til 100 °C. En allerede muggbefengt halm vil være mer utsatt for mugg og nedbrytning hvis den igjen utsettes for fuktighet. Hvis fuktighet ikke får slippe ut av veggen, vil det uunngåelig skje en nedbrytning og til slutt et fullstendig sammenbrudd.

Halm vil på samme måte som alle andre naturmaterialer, naturlig inneholde en rekke forskjellige muggtyper. Blant disse også typer som potensielt kan forårsake helseproblemer. Særlig astmatikere og allergikere vil kunne være utsatt.

### *INNEKLIMA / HELSE.*

Ved håndtering av halm (også høy, korn, bark og annet organisk materiale) er det risiko for alvorlige luftveislidelser. Personer som oppholder seg i områder med mye organisk støv er utsatt for symptomer som omtales som «*allergisk alveolitt*» eller





---

«ODTS» – *organic dust toxic syndrome*. Den førstnevnte skyldes en allergisk reaksjon mot allergener fra f.eks. sopp, aktinomyceter eller midd, mens den andre skyldes stoffer som virker direkte giftige i forhold til cellene. Disse sykdommene opptrer kun i miljøer med ekstrem belastning av organisk støv.

Problemet vil i halmballbygging være knyttet til selve byggefasen med håndtering av halmballer og vil særlig gjelde personer som yrkesmessig er involvert i dette arbeidet over tid. Personer som har allergiske reaksjoner bør unngå å være involvert i byggefasen eller bære åndedrettsvern.

Også i miljøer med mindre ekstreme forekomster av organisk støv, er det en sammenheng mellom fuktige bygningsmaterialer, vekst av mikroorganismer og helseskade. Det antas her at allergi- og overfølsomhetsreaksjoner spiller en viktig rolle, men man kan heller ikke se bort fra at toksiner (giftstoffer) fra sopp påvirker f.eks. immunsystemet, og gir større risiko for infeksjoner. Det er gjort observasjoner på at overfølsomhet kan utvikles ved lang tids eksponering for små doser.

Ifølge «*Normer for inneluftkvalitet*» heter det at vekst av mugg og andre mikroorganismer ikke skal kunne finne sted inne i bygninger. Hvorvidt det vil kunne oppstå helseeffekter av muggforekomst inne i en vegg som er innvendig pusset, vil avhenge av flere forhold knyttet til bygningen; bl.a. trykkforskjeller mellom vegg og inneluft og hvor tett utførelsen er. En kan ikke utelukke at det skjer transport av allergifremkallende, giftige eller irriterende partikler og gasser til innemiljøet.

Utvikling av mugg og sopp i halmbbygg vil som nevnt kunne medføre problemer både i form av nedbrytning og i form av helseproblemer. Dette er imidlertid en problemstilling som er generell og knyttet til alle typer organiske byggematerialer. Målingene på fukt i halmballkonstruksjoner tyder på en utrekning og et likevektsnivå som ligger langt under faregrenser. Likevel anbefales det å ha særlig oppmerksomhet på dette området hva gjelder halmballkonstruksjoner. Følgende tiltak bør derfor iverksettes for å sikre mot problemer med mugg og sopp i halmkonstruksjoner:

- 1 Det må sikres at halmen i utgangspunktet er best mulig; ren og tørr.
- 2 Halmen skal lagres tørt og luftig.
- 3 Halmballkonstruksjonene skal beskyttes mot fuktighet under byggefase.
- 4 Halmballkonstruksjonene må utføres slikt at det ikke kan oppstå fuktproblemer som følge av slagregn eller kondens.

## **Lyd**

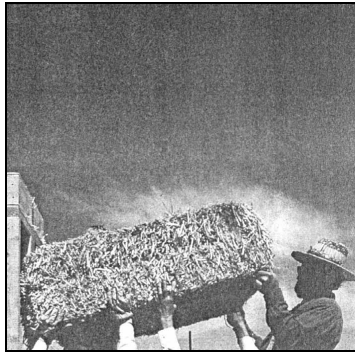
Halmballvegger vil som følge av sin tykkelse, porøsitet og masse ha en rimelig god lydisolerende evne. På den forblåste præreren i USA var det en velsignet egenskap ved halmballhusene, sammenlignet med f.eks. trehusene, at en knapt hørte den stadig ulende vinden.

De lydisolerende egenskapene blir bedre jo bedre komprimert halmbal-  
lene er. Ved en romvekt på 200kg/m<sup>3</sup>  
(riktignok over det normalt tilgjenge-  
lige) er lydisolasjonen målt til 44dB  
ved 500 hZ. Fra Australia er det nylig  
presentert enkelte lydmålinger på  
halmballkonstruksjoner. Selv om tal-  
lene herfra er omtrentlige, og ikke  
direkte overførbare, tyder de på gode  
lydisolerende egenskaper. Kombina-  
sjonen av relativt harde og tunge  
overflatematerialer med lette, porøse  
materialer er en kjent oppskrift for å  
bryte lydbølger.

Ved bruk av en mykere og mer  
porøs puss innvendig; f.eks. leirepuss  
eller kalkpuss, vil veggene også ha en  
rimelig god lyddempende effekt og en  
unngår den harde romklngen som  
kjennetegner harde muroverflater. I forbindelse med planene om å bygge en stor  
teatersal («Black Box») som halmballkonstruksjon er det fra akustiske eksperter  
uttrykt stor tro på at en slik konstruksjon vil gi meget gode akustiske forhold.



*Bill Steen, forfatter av boken  
«The Straw Bale House»,  
demonstrerer en god hvilestil-  
ling for halmballbyggere.*



ØKOLOGISKE VURDERINGER

---

## ØKOLOGISKE VURDERINGER

Halm som byggemateriale innehar en rekke åpenbare miljøkvaliteter, og spørsmålet er om det i det hele tatt finnes andre bygningsmateriale som ut fra en helhetsvurdering vil ha en bedre økologisk profil. For å nærme oss en reell konklusjon på dette, må vi vurdere halmens egenskaper skritt for skritt gjennom dets livssyklus som byggemateriale;

- A Råvare
- B Raffinering
- C Delprodukter
- D Oppføring av bygg
- E Drift
- F Riving og bortkjøring

### A RÅVARE

Med halmpresse kan man utnytte ettårige vekster (høy, halm, og forskjellige gras- og stråtyper) til et konstruktivt byggemateriale. Det finnes intet annet byggemateriale som kan dyrkes i et så nært, direkte og vedvarende kretsløp og utgjøre et komplett byggemateriale. Halm kan derfor med rette kalles en kretsløpsressurs. Halm er en fornybar ressurs og kan ofte produseres lokalt. Halm er et biprodukt av korndyrkingen og det må være riktig å innregne den ressurs- og energiinnsats som kreves til dyrkingen til kornet og ikke til halmen. Halmen er således en «gratis» ressurs, og har således i framstillingsfasen har få eller ingen negative miljøkonsekvenser.

Halm er dessuten en overskuddsressurs hvor det årlig produseres mer halm enn det er bruk for. Dette gjenspeiles i det faktum at store mengder halm årlig brennes på jordene. Brenning av halmen er et årlig fenomen, som synliggjør på en uheldig og forurensende måte, et alvorlig landbruks- problem. Lokalt er brenningen av halm et ubehagelig problem for mange (særlig for astmatikere). Det er beregnet at den årlige halmbrenningen i California frigjør mer CO<sup>2</sup> og partikler til atmosfæren enn samtlige elektriske kraftverk i staten! På verdensbasis brennes flere hundre millioner tonn halm hvert år! Det er ennå ikke noe generelt forbud mot halmbrenning i Norge, men enkelte kommuner har innført forbud.

Hvis bruk av halm som bygningsmateriale kan bidra til økt etterspørsel etter halm vil kanskje mindre halm bli brent på jordene. En vil da faktisk kunne regne en *positiv miljøeffekt* ved bruk av halm til byggeformål. Halm til bygningsformål vil naturligvis kun være et bruksområde for denne store ressurs, og det forutsettes at en først sikrer at en «økologisk riktig» andel føres tilbake til jorda for å sikre jordas fruktbarhet på sikt. Halm vil alltid finnes i forskjellige kvaliteter og et mangfold av

---

bruksområder vil best kunne utnytte ressursen rasjonelt. Aktuelle bruksområder for halm er:

- *jord og hagebruk for jordforbedring – jorddekkning.*
- *taktekking (England, Tyskland, Danmark mm.)*
- *strø i fjøs mm.*
- *suppelement som grovfor*
- *erosjonskontroll*
- *vannrensing*
- *framstilling av bygningsplater*
- *framstilling av isolasjonsplater (stramit)*
- *halmfiber til f.eks. emballasje ol.*
- *halmfiber som tilsetning til mørtler mm.*
- *samt naturligvis – halmballer som byggemateriale.*

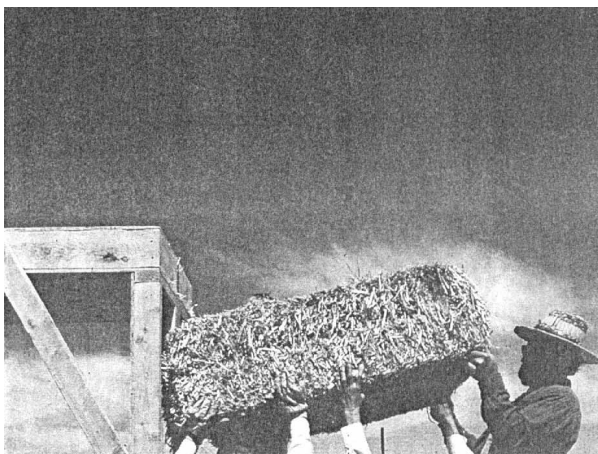
#### **B RAFFINERING**

Raffineringen av halm til bygningsmateriale er en usedvanlig enkel prosess, som består i å samle opp halmen på jordet (når den er tørr nok) og samtidig presse den til halmballer med vanlig jordbruksutstyr. Derefter transporteres halmballene til et sikkert og tørt lager. Pressing av halmen til egnede byggehalmballer krever noe erfaring i innstilling og kjøring av maskin. Maskinene stilles slik at en oppnår maksimal kompresjon. Det kan være en fordel å benytte en sterkere streng en vanlig.

Det medgår noe energi i form av olje/diesel i denne prosessen. Samtidig vil bonden uansett måtte gjøre noe med halmen på jordet (det som ikke pløyes ned). Pressing til halmballer har vist seg å være den enkleste måten å håndtere og transportere halm på. Det vil uansett være snakk om en meget beskjeden energiinnsats.

#### **C DELPRODUKTER**

Hus bygges ikke alene av halmballer. I den grad halmballkonstruksjonene er begrenset til veggene, vil dette ikke utgjøre mer enn 20–25% av materialforbruket til hele huset. Det er derfor ikke slik – foreløpig at halmballhus faktisk løser «det hele». Fundament, bjelkelag, takkonstruksjon/taktekking, vinduer og dører, interiører osv. må regnes med og integreres i halmballkonstruksjonene. I vurdering av hele byggets miljøkvalitet, vil valg av disse elementene ha vel så stor betydning som selve halmballveggene. I første omgang forsøker vi å danne oss et bilde av er hvordan selve halmballkonstruksjonen fungerer sammenlignet med andre typer konstruksjoner. Vi må da se på de forskjellige delprodukter som normalt inngår i selve halmballkonstruksjonen:



---

**Puss:** sement, kalk, eller leire

**Pussarmering:** pussarmering i form av kyllingnetting ol. er unødvendig bortsett fra kanskje i overganger mot grunnmur, rundt vinduer ol. I stedet for kyllingnetting vil en grov nett av naturfiber være å foretrekke i hvertfall ved kalk- eller leirepuss. Her kan jute, lin, kokosfibre benyttes.

**Dymlinger:** tynne trelister (1"x1"), pileskudd, bambus, armeringsjern.

Bruken av sement bør søkes redusert til et minimum og det vil derfor være ønskelig i større grad å benytte kalkpuss eller leirepuss. Til produksjonen av sement er det knyttet et relativt høyt energiforbruk og tilhørende forurensning i produksjon. Ut fra et ressurs hensyn vil sementpuss således være et dårlig valg. Sementpuss har dessuten dårligere diffusjonsegenskaper enn kalk- og leirepuss. Som vi tidligere har vært inne på er en halmballkonstruksjon avhengig av gode diffusjonsegenskaper og følgelig vil sementpuss ikke være et optimalt valg, rent byggeteknisk vurdert.

Bruk av pussarmering i form av kyllingnetting o.l. vil bidra til å skape uheldige elektromagnetiske felter i huset. Både ut fra et helsehensyn og en helhetsvurdering bør en forsøke å unngå metallbasert pussarmering.

Anbefalinger går i retning av å benytte en eller annen kalkpuss på utsiden og fortrinnsvis leirepuss på innsiden. En leirepuss vil ha et energiforbruk i produksjon i størrelsesorden 2-5%, sammenlignet med sement. Vi vil også søke å benytte trelister, pileskudd ol. som dymlinger framfor armeringsjern og også framfor bambus, som må importeres.

#### *D OPPFØRING AV BYGG*

##### *Transport*

Normalt vil bruk av halm som byggemateriale være aktuelt der halm forefinnes lokalt. Det vil i mange tilfeller være snakk om meget korte avstander. Som et snitt kan regnes ca. 20 km i transportlengde. Dette har også med planlegging å gjøre. Hvis en kommer sent i gang med planleggingen vil en måtte hente halm fra der det er mulig å få det, og avstandene kan bli store.

På sikt vil det være aktuelt å inngå et samarbeid med bønder som produserer og har et lager av «byggehalm» i de forskjellige distriktene. Dette vil kunne sikre høy kvalitet og lokal tilgjengelighet.

##### *Byggeprosess*

I byggeprosessen vil det i hovedsak være snakk om manuelt arbeid med liten innsats av energikrevende maskiner. Til blanding av puss og eventuelt til påsprøyting av puss vil det være knyttet en relativt beskjeden energiinnsats.

---

### *E DRIFT*

Under forutsetning av at veggen utføres riktig og halmen holdes tørr, kan en anta at risiko for negative miljø- eller helsekonsekvenser er små. Isolasjonsverdi /U-verdi for en 45cm tykk halmballvegg er ca: 0.13 W/m<sup>2</sup>K. Dette er omlag dobbelt så godt som en vanlig, trekonstruksjon med 15 cm mineralull. En kan altså regne med at en halmballkonstruksjon vil bidra til å redusere bygningens energiforbruk vesentlig, sammenlignet med andre vanlige bygningskonstruksjoner. Det er selvfølgelig vanskelig å si noe eksakt om beregnet levetid for en type bygningskonstruksjon som aldri tidligere har vært benyttet i Norge. Erfaringer fra USA gir indikasjoner på at halmballhusene kan ha en lang levetid, også sammenlignet med vanlige godt utprøvede norske byggemetoder. Forutsetningen er at halmen holdes tilstrekkelig tørr. En forventet levetid på godt og vel 50 år er et realistisk anslag. Reparasjoner og vedlikehold er regnet som relativt beskjedent, men et våkent øye er nok en fordel.

### *F RIVING OG BORTKJØRING*

Halm kan lett brytes ned, som oftest lokalt og uten negative miljøeffekter. Halm kan føres tilbake til jorda som jorddekking (f.eks. i et økologisk jordbruk), i komposter, eller i voller for landskapsbehandling. I USA er det eksempler på at kuer har vært helt gale etter høyet fra et gammelt nedrevet høyballhus, noe som har ført til avisartikler med overskrifter som f.eks.;

**«When the cows ate the school!».**

Bruk av sementpuss med armeringsnetting vil forringe og vanskeliggjøre halmballkonstruksjonenes verdi som restprodukt. Kalk og leirepuss vil uten problemer kunne tilbakeføres til jord. Det regnes som lite aktuelt med direkte gjenbruk av halmballer.

### **Energi- og miljøregnskap**

Følgende er et forsøk på å sette opp et *energi- og miljøregnskap* for to ulike konstruksjoner, for å kunne danne seg et realistisk bilde av halmballkonstruksjonenes miljøkvalitet sett i en livsløpssammenheng. Slike *livsløpsevurderinger* er foreløpig et relativt lite utviklet verktøy, og det er fortsatt mange huller. Det vanskeligste er kanskje den innbyrdes *vekting* av de forskjellige miljøpåvirkninger generelt og særlig i forhold til lokale betingelser. I NBI-rapport nr:173; «Energi- og miljøregnskap for bygg», heter det;

*«En bygning er på mange måter spesiell og skiller seg fra andre produkter ved at ingen bygning er helt lik, verken under byggefasen eller i drift. Levetiden for*

---

*bygninger er meget lang sammenlignet med de produkter en til nå har anvendt livsløpsvurderinger på. I tillegg vil det i løpet av livsløpet være mange som er involvert i bruken og vedlikeholdet av bygningen.»*

Følgelig vil verdien av et slikt energi- og miljøregnskap være begrenset. Likevel kan den «øvelsen» det er å vurdere en rekke faktorer opp mot hverandre bidra til å gi et bedre fundert vurdering av de valg vi foretar og de byggematerialer og byggemetoder som vi benytter.

Undersøkelsen er avgrenset til å sammenligne to veggkonstruksjoner – størrelse 1m<sup>2</sup>; *halmballkonstruksjon* og en *konvensjonell trekonstruksjon*. Metode, tall og opplysninger er hentet fra nevnte NBI-rapport. I undersøkelsen er følgende kategorier av miljøpåvirkninger som er vurdert;

- 1 Global klimaendring, som forårsakes av CO<sub>2</sub>- utslipp.
- 2 Forsuring som forårsakes av svoveldioksyd, SO<sub>2</sub>, og nitrøse gasser (NO<sub>x</sub>)
- 3 Fotokjemisk oksidasjon (ozondannelse nær bakkenivå), forårsaket av flyktige organiske karbonforbindelser VOC- utslipp fra transport.
- 4 Overgjødning (eutrofiering) som forårsakes av nitrøse gasser (NO<sub>x</sub>)

#### **I tillegg er forbruk av ressurser i form av fossilt brensel vurdert.**

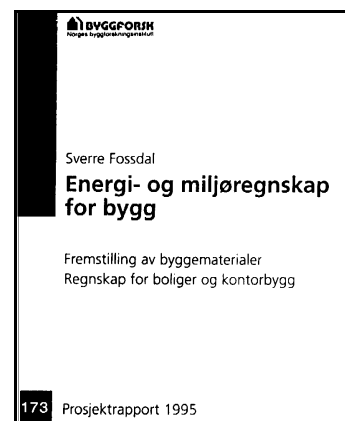
Halmballkonstruksjonen har følgende oppbygning:

- halmballer 45 cm tykkelse
- dymlinger av tre, 23x23mm.
- utvendig kalksementpuss med noe pussarmering (kyllingnetting)
- innvendig leirepuss.

Trekonstruksjonen har følgende oppbygning:

- reisverk av 48x148mm
- vindtetting – asfalt vindtett, 12 mm.
- lekter og utvendig trekledning.
- isolasjon av 150 mm mineralull.
- innvendig dampspærre, plastfolie.
- innvendig gipsplate.

Beregningene (se appendix side 106) viser at en halmballkonstruksjon av denne type har en betydelig bedre miljøprofil enn en konvensjonell trekonstruksjon. Energiforbruk i produksjon er for en halmballkonstruksjon omlag 1/3 av tilsvarende trekonstruksjon. (H=58,17 MJ, T= 187,39 MJ). Hva gjelder utslipp, er verdiene for SO<sub>2</sub> (H=6.31gram, T=24.35gram), NO<sub>x</sub> (H= 50.85gram, T= 80,8gram) og





---

Støv (H= 5.23gram, T= 12.24gram)vesentlig lavere for halmkonstruksjonen enn for trekonstruksjonen. Verdiene for utslipp av CO<sub>2</sub> viser imidlertid relativt likeverdige verdier for de to konstruksjonene (H= 8285gram, T= 8180gram).

Av tallene framgår forøvrig at den vesentlige delen av halmkonstruksjonens energiforbruk i produksjon – og det derved medfølgende utslipp, er knyttet til sementpussen. En overgang her til ren kalkpuss som jo også bygningsteknisk er å anbefale vil redusere verdiene her noe, men et virkelig utslag i positiv retning vil vi oppnå ved en evt. overgang til også utvendig leirepuss og nettingarmering basert på naturfibrer.





ØKONOMISKE VURDERINGER

---

## ØKONOMISKE VURDERINGER

Hvordan regne økonomi? Hvilke kriterier skal legges til grunn og hvordan skal de forskjellige faktorene vektlegges? Den økologiske kostnaden? (Energi- og Miljøregnskapet). Den samfunnsmessige kostnaden? Den privatøkonomiske kostnaden? Investeringskostnaden? Driftskostnadene? Hva med bygningens varighet? Hva med egeninnsats? Hvordan sammenligne kostnader når de kvaliteter en oppnår er forskjellig? Et halmballhus vil uunngåelig være anderledes enn et normalt bygget trehus. Halmhus og halmhus kan dessuten være to ganske forskjellige ting. I USA finnes eksempler på de enkleste og mest gjennomførte økologiske halmballhus men også de mest avanserte, kostbare og nær-konvensjonelle halmballhus.

### Investeringskostnad

Normalt vil en kunne anskaffe halmballer for under 10 kr. pr. halmball i de kvanta det er snakk om til f.eks. boligbygging. Selvfølgelig, hvis en har et godt forhold til nabobonden, så kan en tenke seg praktiske byttehandler; f.eks. et lass med halmballer mot noen flasker rødvin..... For en vanlig, liten enebolig på omlag 100 m<sup>2</sup>, vil det være behov for ca. 400 halmballer, til en kostnad på kr. 4000,-. Imidlertid må vi ha i mente at halmballkonstruksjonen kun utgjør ca. 20% av bygget (vegger) og at den mulige besparelsen er begrenset til denne andel. Dette er noe av bakgrunnen for å søke å utvikle mer totale halmballhus; hvelvkonstruksjoner, domer, takkonstruksjoner/himlinger, golv, mm.

Studier fra USA som ikke umiddelbart er overførbare til Norge men som likevel gir en indikasjon, viser at kostnadene ved å bygge et halmballhus og et vanlig trehus, med samme innhold og standard, profesjonelt bygget, vil være omtrent like. Eventuelle besparelser ved et halmballhus begrenses da til reduserte energikostnader i drift. En annen studie fra USA viser at kostnadene ved bygging av en halmballvegg vil være omlag 1/4 av kostnadene ved en superisolert konvensjonelt bygget vegg.

Det vil imidlertid være riktig også å se på de mulige kostnadsreduksjonene ved *egeninnsats*, da dette er mer åpenbart og aktuelt her enn for noe annet byggemateriale. For et stort flertall av de hundrevis av halmballbygg som føres opp i USA, er egeninnsats og dugnad/workshops en viktig del av prosjektet, og også en viktig drivkraft for nettopp å velge halmballkonstruksjon.

Det må også settes opp som et viktig kriterium for vurdering av halmballkonstruksjoner, at det er mulig for mange å delta i byggeprosessen; eldre, kvinner og barn. Halmballbygging er kanskje den mest *demokratiske byggemetode* vi kjenner. Halmballbygging bidrar til å skape et deltagende felleskap mellom forskjellige typer mennesker, hvor en ellers ser at dagens byggeplasser totalt er dominert av unge menn som håndterer bråkete maskiner.

---

En egeninnsats som er begrenset til halmballkonstruksjon, pussing av vegger, og tak, vil kunne gi *opptil 50% reduksjon* i investeringskostnadene. Det finnes eksempler fra USA på halmballhus som er bygget fullstendig med egeninnsats til en byggekostnad på rundt kr: 500,-/ m<sup>2</sup>. Likeledes finnes eksempler på profesjonelt bygget halmballhus med høy standard og med byggekostnader som ligger rundt kr; 6000–8000,-/m<sup>2</sup>

Et interessant halmbyggeprosjekt fra Danmark viser også de *potensielle* besparelsene som er mulig når en tør tenke radikalt, gjøre alt arbeide selv, i en nærmest ytterliggående grad søke «de enkle løsninger» og forøvrig unngå særlig grad av tekniske installasjoner. Sten Møller, som bygget dette huset i 1998 ønsket nettopp å vise hva en kan oppnå med «KISS»-metoden («Keep It Simple Sweethart»); et omlag 50 m<sup>2</sup> stort hus, med halm i vegg og tak, vinduer, dør og egenkonstruert ildsted er bygget for den nette sum av 13.000,- danske kroner. En kvadratmeterpris som ligger på 260kr kan være noe å tenke over for de fleste av oss gjeldsslaver. Det er et absolutt poeng å utvikle byggemetoder som reduserer våre behov for å ta opp store boliglån. Samtidig blir det fort feil hvis det eneste perspektivet er å bygge billig. Et halmbyggeprosjekt er anderledes enn de fleste andre byggeprosjekter; byggeprosessen er anderledes, en involveres på en annen måte og selve produktet – huset er anderledes, har andre kvaliteter. Det er denne helheten som en bør vurdere og ta stilling til. En halmballhus involverer mer enn bare det å stable halmballer en helg.

### **Driftskostnad**

Halmballkonstruksjonens gode isoleringsevne vil kunne gi en energi- besparelse på oppvarming i størrelsesorden 5 -10% (kun vegger) av en boligs totale energi-forbruk. Igjen vil mer totale halmbyggekonsepter kunne gi en enda større gevinst. I et livsløpsperspektiv vil dette være betydelig.

### **Livssyklus kostnad**

Ut fra en livssyklusanalyse av byggematerialet halm/ halmballteknikk, vil en teoretisk kunne kvantifisere den økologiske kostnaden. Konkret må selvfølgelig dette delregnskapet settes inn i en aktuell situasjon og konsept for å få et bilde av den reelle økologiske kostnaden. Denne må så sammenlignes med andre aktuelle løsninger. Vi kan slå fast at halmballkonstruksjoner, brukt på en fornuftig måte, vil kunne medføre en meget lav økologisk kostnad – i forhold til andre aktuelle konstruksjoner.

## Samfunnsmessig kostnad

På den positive siden her kan oppføres: den lave livsyklus-kostnaden, bruk av en overskuddsressurs (som endog pr. idag medfører forurensning), muligheten for økt delaktighet i egen bygging og samtidig utvikling av dugnadsånd og sosiale koblinger som del av en byggeprosess, samt de lave investeringskostnadene og også lave driftskostnadene.

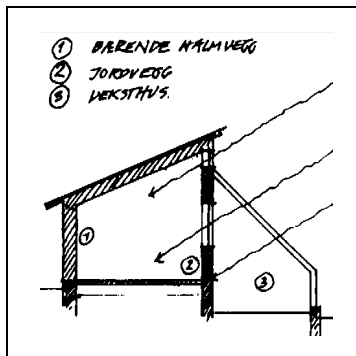
## Finansiering og forsikring

Det første halmballbygget som er oppført i Norge; *Kretsløpshus -Søndre Tvetter*, er et boligprosjekt finansiert gjennom Den Norske Stats Husbank som endog har gitt støtte til dette. Et annet prosjekt som er bygget i Trøndelag, på Oppigården Havdal, er finansiert av kommunen.

Ut fra den dokumentasjon av halmballenes egenskaper som er tilgjengelige pr. idag, bør halmballkonstruksjoner kunne finansieres og forsikres på vanlig måte. Når gjelder ikke-bærende halmballkonstruksjoner er risiko avgrenset til selve veggen. Med bærende halmkonstruksjoner kan situasjonen foreløpig være noe mer sammensatt. I mindre prosjekter vil uansett laster ligge godt innenfor de toleransegrenser og det tallmateriale vi har på styrke og således være uproblematisk. I større prosjekter vil nok kreves større grad av dokumentasjon og det er usikkert hvorvidt tall fra USA vil være tilstrekkelig overfor norske myndigheter. Det kan også være vanskelig å finne ingeniører som har kunnskap eller som vil ta ansvar for slike konstruksjoner. Dette vil i neste omgang kunne få følger for finansiering / forsikring.



*Husbanken bruker Kretsløpshus Søndre Tvetter som eksempel når de reklamerer for sine miljøtilskudd.*



BYGGEMETODER

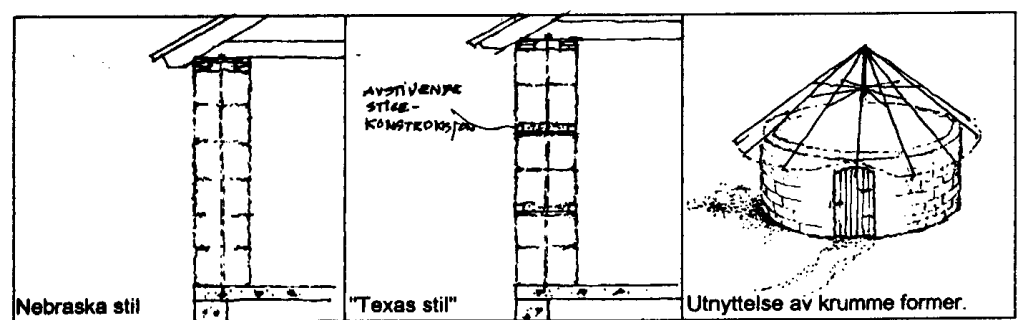
## BYGGEMETODER

Det finnes en rekke forskjellige byggeteknikker og bruksområder som tar utgangspunkt i halmballen. Først og fremst skilles det mellom bærende og ikke-bærende halmkonstruksjoner. Ut fra denne hovedinndeling finnes så en rekke forskjellige varianter, bruksområder og løsninger; dels utprøvde og anbefalte og dels mer nyskapende og eksperimentelle. Følgende er en gjennomgang av de viktigste halmbyggemetodene;

- 1 Bærende (Nebraska stil)
- 2 Ikke-bærende – med halmballveggen som isolasjon + ytter- og innersjikt.
- 3 Hybride strukturer; hvor bærende og ikke-bærende konstruksjoner kombineres.
- 4 Murt halmballkonstruksjon
- 5 Etterisolering av eksisterende hus
- 6 Fleretasjes hus.
- 7 Kjellervegger / fundament
- 8 Tak og himlinger.
- 9 Golv
- 10 Leirehalm konstruksjoner (leichtlehm)
- 11 Hvelv, dome-konstruksjoner ol.

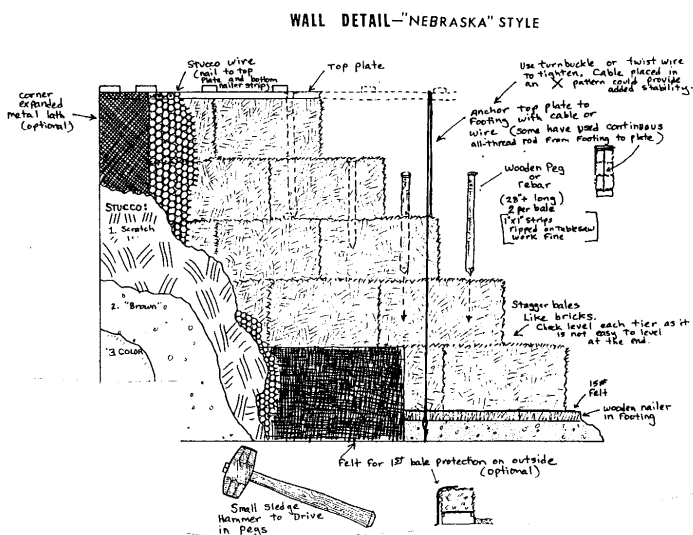
### 1 Bærende – «Nebraska stil»

Dette er den opprinnelige byggemetoden som ble benyttet av pionerene i det trefattige Nebraska, USA, rundt århundreskiftet og fram til ca. 1940. Halmballveggene føres opp kun med innvendig avstivning og sammenbinding i form av dymlinger ol. På toppen av vegg legges en dobbel, stigeformet svill, som fordeler vekten av taket på hele veggvernsnittet. Bærende halmballvegger setter endel begrensninger på design – i form av vektfordeling fra tak, størrelsen, form og antall åpninger i vegg osv. Tradisjonelt har bærende konstruksjoner vært mest



*Forskjellige konstruksjonsprinsipper for bærende halmballhus.*





Fra Steve MacDonalds håndbok "A straw bale primer", steg 4.

USA i 1987, gir en enkel steg for steg beskrivelse av hvordan et ekte «Nebraska stil» halmballhus kan bygges. Dette lille heftet er senere utvidet og utdypet i «Build it with Bales» av S.O. MacDonald og Matts Myhrmann.

I Norge er nå bygget to «Nebraska stil» halmballhus; et lite demonstrasjonshus (mobilt) og en hytte på ca. 20 m<sup>2</sup>, mens Sten Møllers «enkle bolig» fra 1998 i Danmark på ca. 50 m<sup>2</sup>.

## 2 Ikke-bærende

Den enkleste og også minst risikable måten å benytte halmballkonstruksjon på er å først sette opp en konstruksjon som bærer taket, for så å sette opp halmballveggene. Halmballveggene tjener da som isolasjon og som inner- og yttersjikt. Det er i forhold til Nebraska stilen flere klare fordeler med denne metoden; større frihet i utforming og design, mulighet for flere etasjer, større spenn, større og flere vinduer samt at det vil være lettere å utvikle bygningen videre ved evt. påbygninger/ombygninger. En annen fordel som en kan merke seg i vårt noe ustabile klima, er at en kan bygge halmballveggene under er på forhånd oppsatt tak. Dessuten kan en pusse veggene nær sagt umiddelbart etter at den er satt opp. (ikke nødvendig å vente på at veggen skal sette seg – slik en må ved Nebraska husene).

Det vil være naturlig å satse på en innvendig bærende konstruksjon, f.eks. en stolpe-drager konstruksjon eller et tradisjonelt, solid bindingsverk. En oppnår at halmballen gir et ubrutt isolasjonssjikt, at konstruksjonen er godt beskyttet og dessuten et særpregede interiør. En teknisk utfordring er å få gode og tette over-

benyttet til mindre bygninger av relativt enkel design, med få og små vinduer.

Halmballveggene pusses (sement, kalk, gips, leire) – og ferdig med det! Husene i Nebraska har vist å mestre sterke vinder, varierende snølaste, regn og værslitasje på en utmerket måte.

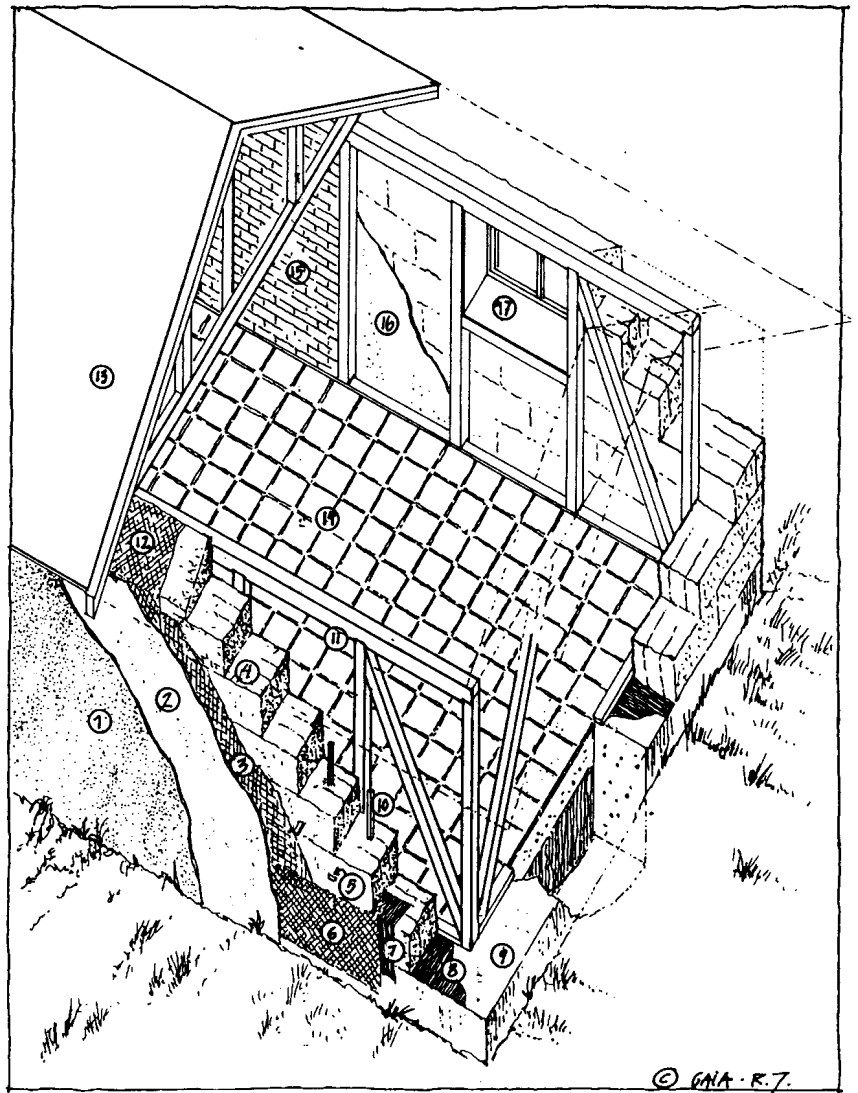
Idag jobbes det iherdig for å få gjennomslag for å kunne bygge på denne enkle, opprinnelige og effektive måten. Det problematiske idag er imidlertid mer å kunne dokumentere og beregne en slik konstruksjon overfor offentlige myndigheter enn det å bygge slike hus. Halm er et uhomogent, fleksibelt materiale som vanskelig lar seg standardisere og definere inn i klare byggeforskrifter. Det er i de seneste par årene gitt tillatelse til bygging av noen få bærende halmballkonstruksjoner i USA.

«A Straw Bale Primer» av S.O. MacDonald, fra

ganger mellom puss og konstruksjon. I Norge er slike konstruksjoner benyttet i de aller fleste halmbyggeprosjektene. Et halmhus på Arneberg er oppført med et vanlig lett reisverk og innvendig panel. På Tromøya har Terje Knudsen valgt å benytte panel på innside av konstruksjon.

### Ikke-bærende halm konstruksjon med innvendige stolper

- 1 Fin-puss
- 2 Grovpuss
- 3 Pussarmering. Kyllingnetting
- 4 Halmballer
- 5 (treplugg for festing av netting. Idag syes nettingen istedet fast.)
- 6 Ekstra pussarmering i overganger
- 7 Fuktbeskyttelse-slagregn
- 8 Grunnmurspapp
- 9 Grunnmur - 55 cm!
- 10 Dymlinger
- 11 Bindingsverkskonstruksjon
- 12 Netting
- 13 Tak
- 14 Jordgolv
- 15 Teglstein(gjenbruk)-jordstein
- 16 Leirepuss
- 17 Vindusforing

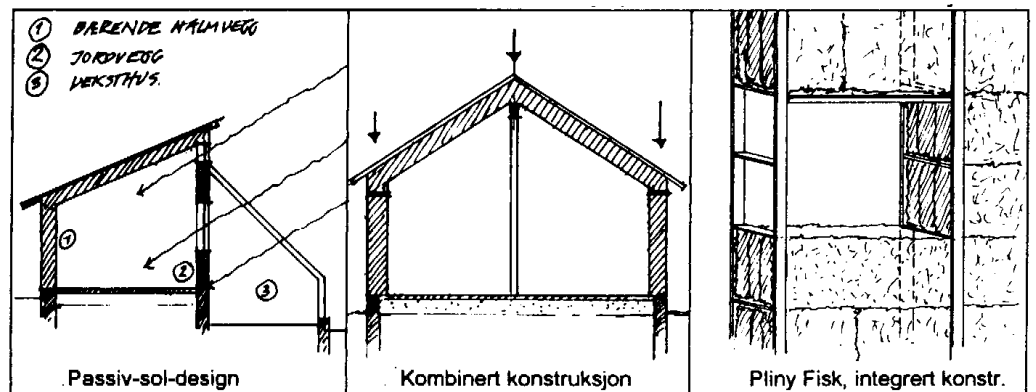


Det er under utvikling forskjellige modifiserte trekonstruksjoner, som i større grad optimaliserer samvirke mellom halmball og trekonstruksjon. En finner også eksempler på murte konstruksjonssystemer i kombinasjon med ikkebærende halmballvegger. Burrit Manison, som er et stort halmballhus bygget i Alabama i 1937, ble oppført med en bærende betongkonstruksjon.

### 3 Hybride strukturer

Her finnes et utall forslag til løsninger hvor fellesnevneren er forsøk på å kombinerer egenskaper fra forskjellige teknikker i nye konsepter. Dette gjelder f.eks. forskjellige prosjekter med sol-energi design, hvor en gjerne har veksthus mot sør og en kombinasjon av bærende og ikke bærende konstruksjoner.

Forskjellige hybride konstruksjonsprinsipper.



Utvendig bæring, med mulighet for klimasoning og værbeskyttelse av halmvegg.



Egentlig en dette en naturlig utvikling; at halmballteknikken møter andre teknikker og miljøer som arbeider med naturbaserte byggematerialer og teknikker og at det i dette møtet oppstår noe nytt. Dette var da også et sentralt tema på «Natural House Coloquium» og den årlige «Straw Bale Conference» i New Mexico i 1995. Først og fremst ser vi en umiddelbar sammenheng mellom forskjellige leirebyggeteknikker og halmballkonstruksjoner. Leirepuss på halmvegger – innvendig og også utvendig er en opplagt kobling. Likeledes kan kombinasjoner med leirehalm, adobe (jordstein), Cob og jordstamping, være interessant.

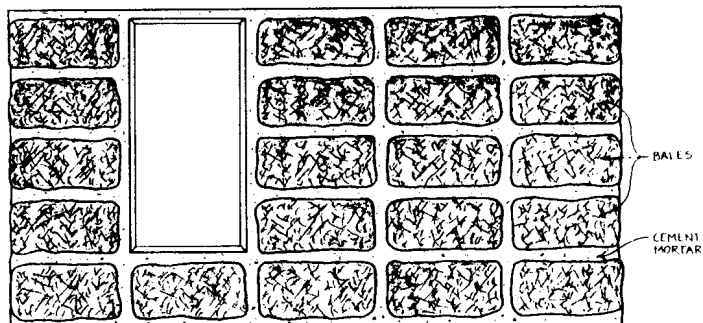
Halmballprosjekter med passiv solenergidesign vil kunne kombinere lette, transparente glasskonstruksjoner, tunge jordvegger og isolerende halmvegger. Konstruksjoner som kombinerer bærende halmvegger (eller delvis bærende) med andre rene konstruktive elementer slik som f.eks. en stolpe-drager konstruksjon i mønet vil kunne overskride bærende halmkonstruksjoners begrensninger i størrelse og form. En annen mulig-

het er å skape et samvirke mellom bærende halmballer og spinkle, avstivende trekonstruksjoner.

Murt halmballkonstruksjon  
"Mortared-bale-matrix wall" av  
Louis Gagné

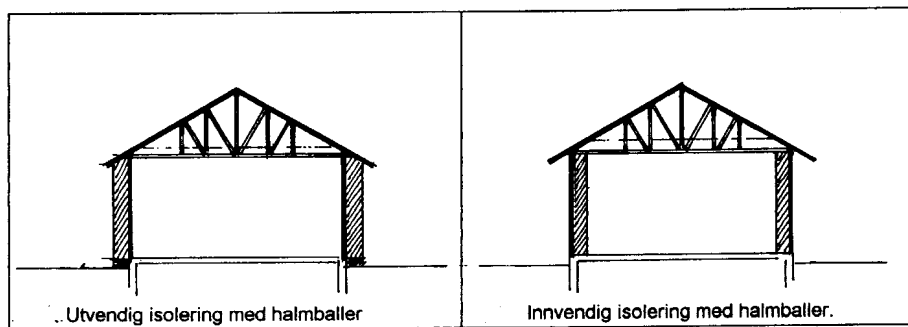
#### 4 Murt halmballkonstruksjon

I 1921 ble det første huset med murte halmballer som bærende konstruksjon oppført i South Dakota. Bruk av murte fuger mellom halmballene gir en mer stiv og stabil struktur. En slik løsning kan være aktuell hvor f.eks. kvaliteten på halmballene er dårlig, hvor en må takle store snølaste eller hvor en ønsker å bygge i flere etasjer. I nyere tid er denne metoden utprøvet i Canada og Frankrike., bl.a. av Louis Gagné tidlig på 1980-tallet. Halmballene legges her ikke i forbandt slik som vanlig, men i «søyler».



#### 5 Etterisolering

Bruk av halmballkonstruksjon som etterisolering av eksisterende, lite energieffektive bygninger kan vise seg å være interessant. Særlig kan dette være aktuelt ved gamle og dårlig isolerte murhus. Avhengig av situasjon, klimabetingelser og behov vil etterisolering med halmballer kunne utføres enten utvendig eller innvendig. Utvendig vil halmballveggen ikke stjele av de innvendige arealet, men må værbeskyttes og ofte må en gjøre noe med takutstikk ol. Innvendig vil en selvfølgelig miste endel areal, og en må tenke nøye gjennom hvordan en vil oppnå et pustende yttersjikt. Flere slike prosjekter er utført i USA.



Utvendig og innvendig etterisolering med halmballer.

#### 6 Fler-etasjes hus

Det er bygget flere to-etasjes bygninger med halmballer. Det første som ble bygget er det spesielle Burritt Manison, Huntsville Alabama, i 1936, som er et ikke-bærende halmballhus.

I nyere tid er det også bygget flere forskjellige halmballhus i 1 1/2 etasje - 2 etasje. Louis Gagné har bygget flere murte halmballkonstruksjoner i 2 etasje i

---

Canada. Tilsvarende er også bygget i Frankrike. Kim Thompson har bygget et interessant bærende halmhus i 11/2 etasje på Nova Scotia, nord på østkysten av USA. JoAn Churchman har i samarbeid med ark. Jan Wisniewski bygget ikke-bærende halmhus på 11/2 etasje i New Mexico, og har senere arbeidet med å utvikle dette til et «ferdighus- konsept».

I Norge er bruken av halmballkonstruksjoner opp til 11/2 etasje i kombinasjon med relativt spisse saltak, svært interessant. Flere ikke-bærende halmballprosjekter i Norge er bygget med vegger opp i 11/2 – 2 etasje (Kretsløpshus Søndre Tvetter, Bolig Oremyr, Bolig Veflingstad gård)

## 7 Kjellervegger/fundament

Det finnes eksempler på at halmballkonstruksjon også er benyttet i kjellervegger. Scott house i Nebraska, som er bygget i 1935-38, er et eksempel som viser at i visse situasjoner kan fungere også over tid. Louis Gagnè bygget kjellervegger av halmballer på begynnelsen av 1980-tallet. Ytterveggen ble pusset med tre lag puss + tjære, og det ble sørget for god drenering. Dette ble bygget i et område med leirholdig jord, og teleproblemer. Kjelleren har stått uoppvarmet. Det er ikke registrert bevegelser eller sprekker. Temperaturen holder seg meget stabil gjennom hele året. Det er ikke med dette sagt at halmballer kan anbefales til kjellermurer, dertil vil nok risiko for fukt og problemer på lang sikt være for store – særlig i vårt fuktige klima.

En videreutvikling av dette kan tenkes i form av en sementhalmball – som vil være råtebestandig og i en helt annen grad futktålende. Det er gjort noen forsøk med sementhalm – i forbindelse med prosjekt Kretsløpshus Søndre Tvetter. Som-

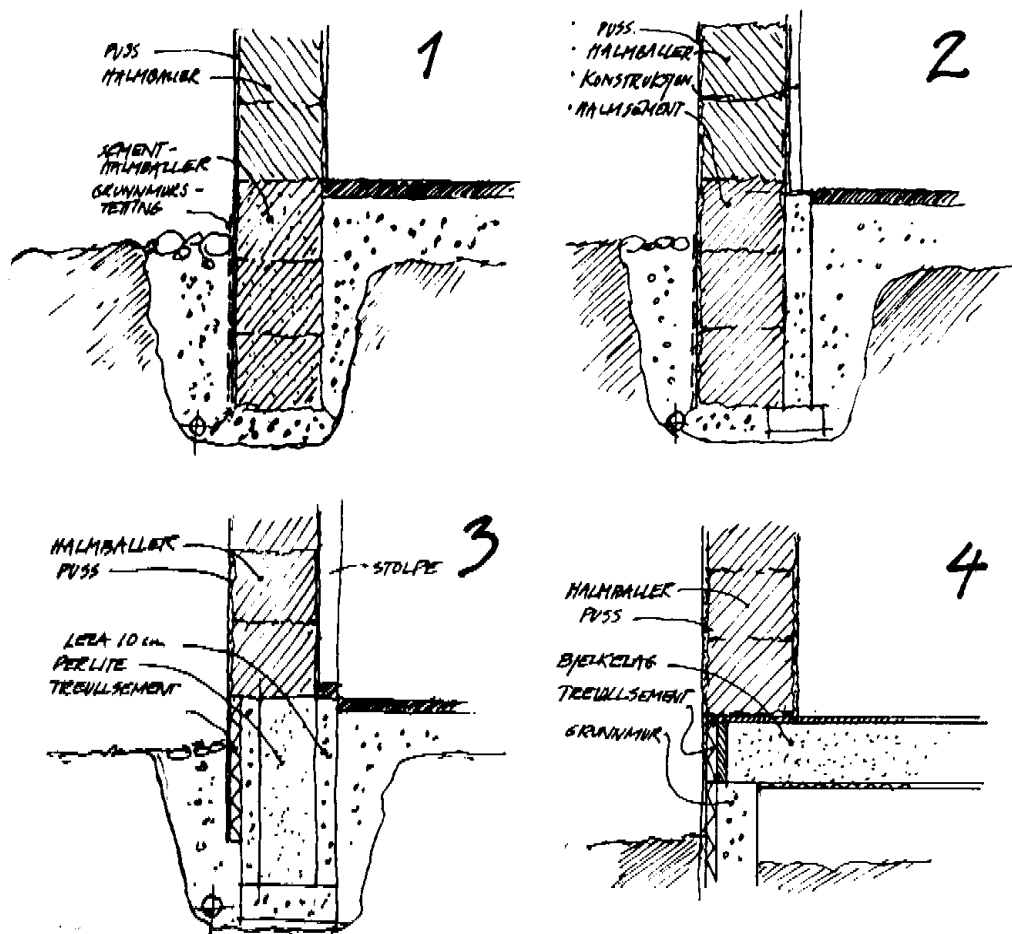
meren 1998 ble sementhalmballer utprøvet i et halm/høyballprosjekt i Russland. I en ikke-bærende halmkonstruksjon ble de halmballene skulle stå under bakkenivå dyppet i sement. Over bakken fortsatte veggen i vanlige halmballer. Det er bla. i Sverige utviklet enkle metoder for å produsere sementhalmplater – i hovedsak beregnet for utviklingsland.

Sementhalmballer vil kunne være aktuelt f.eks.som isolerende grunnmur, i enkle landbruksbygninger med bærende halmkonstruksjoner eller som grunnmursisolasjon i ikke-bærende halmballkonstruksjoner. Halmballenes tykkelse medfører at grunnmur også får en uvanlig stor tykkelse, noe som ikke er ønskelig ut fra et miljøhensyn. (søke å redusere bruk av sementproduk-

*Scott House, Nebraska, USA, 1935-38.*



ter). Forskjellige strategier har vært utprøvet for å løse dette; bruk av doble, hulmurer med løsfyllisolasjon, bruk av en vanlig grunnmur, men med tverrstilte søylefundamenter. En kanskje enda mer optimal løsning er å sette halmveggen på et trebjelkelag, som evt. kan fundamenteres kun på et søylefundament.



Forskjellige fundaments-løsninger:

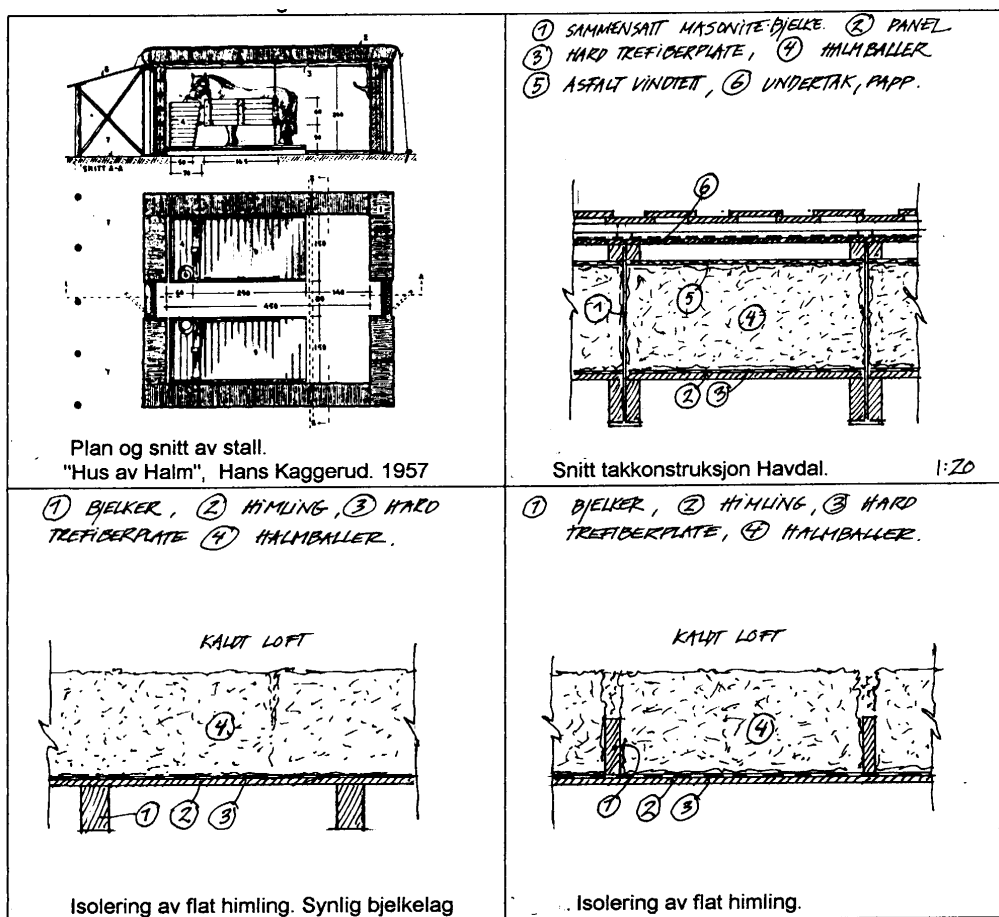
- 1 Bærende sementhalm-baller for enkle bygg
- 2 Ikke-bærende sementhalm-baller
- 3 Dobbel grunnmur med løsfyllisolasjon (perlite - løs Leca.)
- 4 Halmkonstruksjon på bjelkelag og søylefundament.

## 8 TAK OG HIMLING

I noen situasjoner vil det kunne være ønskelig å fortsette bruken av halm materialet også til isolering av himlinger og tak. Ikke slik at halm nødvendigvis skal brukes over alt og for enhver pris, men det er noe med det at når en først er i gang med å

bygge med halm kan det ofte være både økonomisk og praktisk å fortsette med det en har.

Fra mange prosjekter i USA kan en med forundring legge merke til hvor stort missforholdet er mellom halmveggene og de forskjellige takløsningene som er valgt. Ikke sjelden ser en plastfolier og mineralull benyttet i slike situasjoner. (likeledes finner en mange ganger skumplastprodukter som en naturlig måte å isolere grunnmur og fundamenter ....). Isolering av flate himlinger mot kaldt loft kan naturligvis utføres med halmballer. En skal imidlertid være klar over at det vil kunne kreves at halmisoleringen som regnes som et brennbart isolasjonsmateriale skal kles inn. En måtte da gå inn med et loftsgolv av bord eller legge ut et tynt pusssjikt på toppen av halmen.



Forskjellige tak- og himlings-løsninger med halmballisolasjon.

---

Fra Norge er det i rapporten; «Hus av halm» fra NLH, 1957, foreslått et halmballisert tak i en liten stall. I nyere tid er det benyttet halmballer i tak i vekshusprosjektet på Havdal i Trøndelag. Takkonstruksjonen her er tilpasset halmballenes dimensjon i høyde og avstand. I halmballprosjektet ved Jerna i Sverige er utviklet en interessant konstruksjon med et oppbygget undertak som gir plass for et kontinuerlig isolasjonssjikt med halmballer. Sten Møller i Danmark har utviklet et spesielt «halmsåtetak»; direkte på et flatt bjelkelag i tak er lagt halmballer i lag oppover til en «såteform». Dette er så jevnet og tettet med en membran, før nok et sjikt med halm er lagt opp. Denne halmen er begynnelsen på et «levende tak» (se under).

#### LEVENDE TAK

Den nyskapende gruppen ArchiBio i Quebec, Canada, har utviklet hva som betegnes som «levende tak». Kort fortalt er dette en slags nyutvikling av det tradisjonelle torvtaket, og her gjelder samme regler vedrørende tettesjikt og takets fall (16°–30°). Halmballer legges ut over tett i tett på taket. Strengene kuttes og halmen får ligge slik et år eller to og starte nedbrytning. En kan så spre et sjikt med jord, kompost, gjødsel på toppen, og så til med ønsket vekst – som et torvtak. Jordbær dyrkning er foreslått fordi den utvikler kraftige røtter. Konseptet vil da kunne kalles «spiselige tak»!!! Løsningen anbefales først og fremst på lave og mindre bygninger.

## 9 Golv

ArchiBio har også utviklet og bygget et halmballisert golv – utstøpt med sement. Støpen omslutter halmballene og hindrer derfor halmballene å råtne. Samtidig utnytter en de gode isolerende egenskapene.

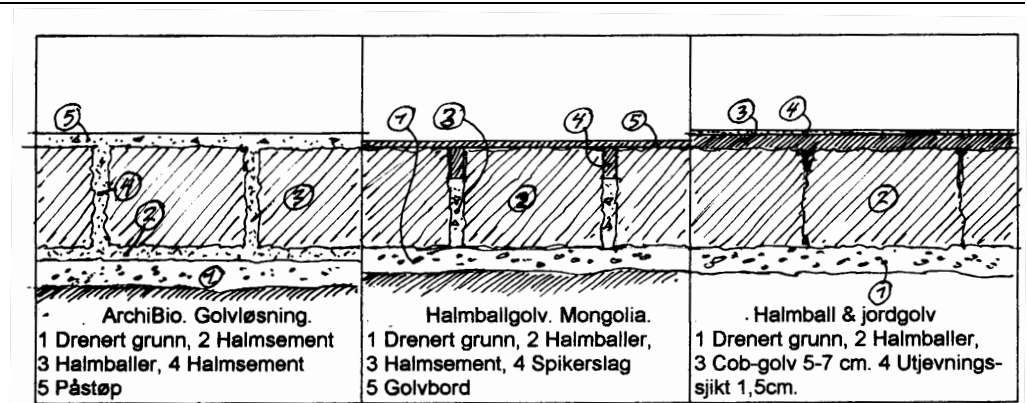
I et utviklingsprosjekt i Mongolia hvor Matts Myhrmann og S.O. MacDonald har vært involvert i byggingen av et halmballhus, ble det bygget to halmballgolv – i to forskjellige utførelser.

Løsninger med halmballer i golvkonstruksjon (direkte på grunn) vil kunne være utsatt for fuktighet – enten i form av opphopning av fukt/damp fra grunnen, overvann som trenger inn fra bakken eller i form av lekkasjer i huset som trenger ned. Dette tilsier en stor grad av forsiktighet med halm brukt i slike konstruksjoner. Nedfukting av halm vil kunne medføre nedbrytning og alvorlige inneklimateproblemer.

En annen løsning som virker langt mindre problematisk er bruk av halmballisering i bjelkelag. Bjelkelaget vil måtte tilpasses halmballenes tykkelse (ca. 35 cm), og det vil derfor kunne være aktuelt med masonite-bjelker i riktig høyde. Avstanden mellom bjelkene vil enten kunne tilpasses halmballdimensjonen – f.eks.



Forskjellige mulige løsninger for halmballisolerering av golv mot grunn.



bredden = 45 cm eller lengde = ca. 90 cm., eller så kan halmballene tilpasses bjelkelaget ved at en kutter disse å innpasser mellom.

## 10 Leirehalmkonstruksjoner (leichtlehm)

Her møter vi en annen byggetradisjon, hvor halmen sammen med leire danner en isolerende og ikke-bærende konstruksjon. Dette er teknikker som er utviklet i Tyskland og som det finnes god litteratur og dokumentasjon på. Leirehalm skiller seg fra halmballkonstruksjon på flere vesentlige punkter; leiren fungerer som bindemiddel og gir veggene betydelig større masse. (Romvekt 400 kg/m<sup>3</sup> og mer, mens halmballvegger har en romvekt omkring 150kg/m<sup>3</sup>). Arbeidsprosessen er langt mer omstendelig og tidsintensiv. Leirehalm krever relativt lang uttørking – hvor det kan oppstå problemer med mugg. Isolasjonsverdien er betydelig dårligere, og vil selv med veggtykkelse på 40-50 cm ikke gi fullgod isolasjonsverdi. Inneklimamessig vil leirehalmvegger sannsynligvis være uovertruffet det aller meste. Brannmotstand er også meget god. I Sverige holder leirehalmteknikk en høy profil med sterke talsmenn og kvinner som Maja Malmgren på Almagården og Johannes Riesterer / Emanuel Eklund i firmaet «Svenska Jordhus». I Danmark har Maik Jung i «Læsø Lerbyg» arbeidet mye med leire, halm og leirehalm. I Norge har teknikken ikke fått særlig utbredelse foreløpig, men er utprøvet i et lite verkstedbygg på Lista (1991), i et halmbyggekontor på Tjøme (1997) og i en halm driftsbygning i Andebu i Vestfold. (1998).

Det finnes to forskjellige utførelser; *leirehalm i forskaling* og *leirehalmblokker*;

- *Leirehalm i forskaling* utføres ved at leire knuses og løses opp i vann til en velling. Halm rives opp og legges ut på bakken og oversprøytes med leirevelling. Deretter fylles den våte leirehalmen opp i en forskaling og presses



Organisering av en byggeplass med Leirehalmteknikk. (Fauth 1948)

litt sammen. Forskalingen flyttes og veggen bindes når leiren tørker. Etter uttørking pusses veggene.

- *Leirehalmblokker* produseres etter samme mønster, men i stedet for å fylle den våte leirehalmen i forskaling fylles den i former og legges til tørk. Ferdig tørket benyttes blokkene i vegg. Dette framgangsmåten kan gi flere fordeler; produksjonen av leirehalmblokker kan rasjonaliseres, en kan eliminere problemene med fukt og lang uttørking, produksjonen kan foregå i større del av året og byggetiden kan kortes ned. I tillegg gir halmblokkene en noe større frihet i forhold til design. Også her pusses veggene til slutt. Denne teknikken er bl.a. benyttet av Ark. Sverre Fehn i en prototyp for Fritidshus v/ Mauritzberg Slott, Norrkøping i Sverige., og senere også i Kolding i Danmark (prosjektet er under utvikling). Det er dessuten igangsatt bygging av et spesielt kirkeprosjekt i Jerna sommeren 1998, hvor det benyttes leirehalmblokker. I Finland arbeider Mikael Westermarck, ved Universitetet i Helsinki (LRT) med utvikling av leirehalmblokker med høy isolasjonsverdi.

## 11 Hvelv, domekonstruksjoner ol.

Drivkraften bak det å begynne å tenke halmballer i hvelv- og domekonstruksjoner er det faktum at det er greit nok å bygge halmballveggene, men disse utgjør kun

---

ca. 20% av bygget. Et halmballhvelv vil gi en sammenhengende og helhetlig konstruksjon i vegg og tak. Ideen er enkel og god med de medfølgende tekniske implikasjonene kan vises seg ikke fullt så enkle.

I mange områder i verden er konstruktive materialer som f.eks. tre en mangelvare, og det kan være et økologisk (og et rent praktisk) spørsmål å kunne lage bygninger med et minimum av andre konstruktive elementer. De «nubiske hvelv» som ble utviklet for flere tusen år siden i det Øvre Egypt, gjorde det mulig å bygge både vegger og tak av jord uten noen form for forskaling eller trekonstruksjon.

Vi vet at det tilbake i Nebraska ble bygget flyhangarer (for småfly) som en forsterket halmballdome (kuppel). Fordelen som ble nevnt her var nettopp at tak og vegger gikk over i hverandre med samme materiale og løsning.

Flere nyere eksperimenter i denne retning er allerede utført – som inneholder løsninger som det kan vise seg interessant å gå videre på. I Norge ble det bygget et provisorisk seminarrom på Lista, hvor 12 arkitektstudenter bygget et 40 m<sup>2</sup> -bygg med høy, hvelvet form. Konstruksjonen ble understøttet av aske-raier som ble bøyet og formet til. Matts Myhrmann m.fl. bygget i 1995 et halmballhvelv, som viste stor statisk ustabilitet og rett og slett knakk sammen kort tid etterpå. Ark. Bob Theis har gjort forskjellige forsøk med buer og domer og dessuten foreslått både hvelv og dome av halmballer i en international konkurranse i Japan. I Finland har Keijo Marjamaa bygget en dome/igloo av halmballer som er pusset utvendig med sementpuss og innvendig med leirepuss (ca. 1992–93) Et nyere halmhvelvprosjekt er bygget av Mikko og Leena Kylamarkula med korsformet plan og altså to hvelvformer som møtes. Matts Myhrmann er i gang med å bygge en halmballdome, fundamentert på sandsekker og med 8-kantet grunnform (noe som medfører at selve halmbyggingen blir relativt krevende.)

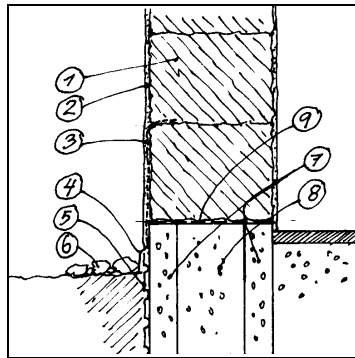
*Provisorisk halmballhus med hvelvkonstruksjon bygget av studenter på Lista, høst 1993.*



I et tørt klima kan nok utvendig værbeskyttelse tenkes løst med egnet puss – i god tradisjon til hvordan tradisjonelle adobe-hus har vært bygget og vedlikeholdt. I vårt tøffere og meget fuktigere

---

klima vil det nok kreves en langt sikrere form for værbeskyttelse. Imidlertid skjer det et meget spennende utviklingsarbeid på leirepussteknikker med usedvanlige egenskaper vedrørende værbestandighet, fleksibilitet og vanntetting.



BYGNINGSDETALJER

## BYGNINGSDETALJER

### Overgang mellom halmvegg og grunnmur.

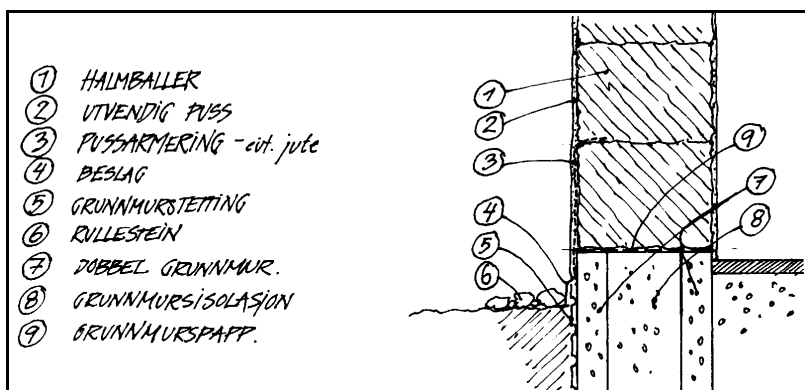
Halmballveggenes betydelige tykkelse (normalt 45-50 cm) krever fundament i en eller annen form med tilsvarende bredde. Bruk av murt eller støpt grunnmur vil da kunne medføre et stort forbruk av sement. (se avsnitt om «kjellervegger og fundament» under kapittel «Byggemetoder og teknikker»). Uansett valg av løsning her, om det er murt grunnmur, støpt såle eller trebjelkelag, vil utførelsen av akkurat overgangen her være avgjørende for et godt resultat. Denne detalj har da også vært mye diskutert. Det er flere hensyn å ta; hindre fuktighet nedenfra, sørge for at fuktighet ikke trenger inn i overgangen som følge av slagregn eller sprut, hindre mus og insekter adgang og hindre at her oppstår oppsprekking og mulige luftlekkasjer.

I hovedsak har vi arbeidet med prosjekter hvor halmvegg settes på en grunnmur i en eller annen form, og hvor utvendig puss dermed kan føres ned direkte i kontinuerlig sjikt. I enkelte prosjekter har det vært lagt inn en spesialprofil (f.eks. en eikelist), som både skal forankre pussarmeringen til murkronen og samtidig bryte fukttransport fra grunn og opp gjennom pusssjiktet til halmkonstruksjonen. Problemet med denne løsningen kan være at en i et utsatt sted da faktisk får to materialoverganger hvor det kan (og vil) oppstå oppsprekking. I flere prosjekter er valgt en løsning som beskrevet under, hvor pusssjiktet er kontinuerlig men i selve overgangen legges det inn pussarmering (evt. musesikker pussarmering.). Hvor en velger å benytte en utvendig leirepuss vil det være nødvendig å trekke en kalk eller sementbasert puss opp min. 20 cm. over bakkenivå, og kanskje endog føre denne ca. 10 cm. opp på halmveggen. Det er viktig at pussarmeringen har en tett og god forankring til både mur og halm, slik at en oppnår et reelt samvirke og innfesting av puss til vegg. I enkelte tilfeller har det vært prøvet uten pussarmering i overgang, men her bør en ha noe tid for å vurdere erfaringene før dette kan anbefales.

### Forankring

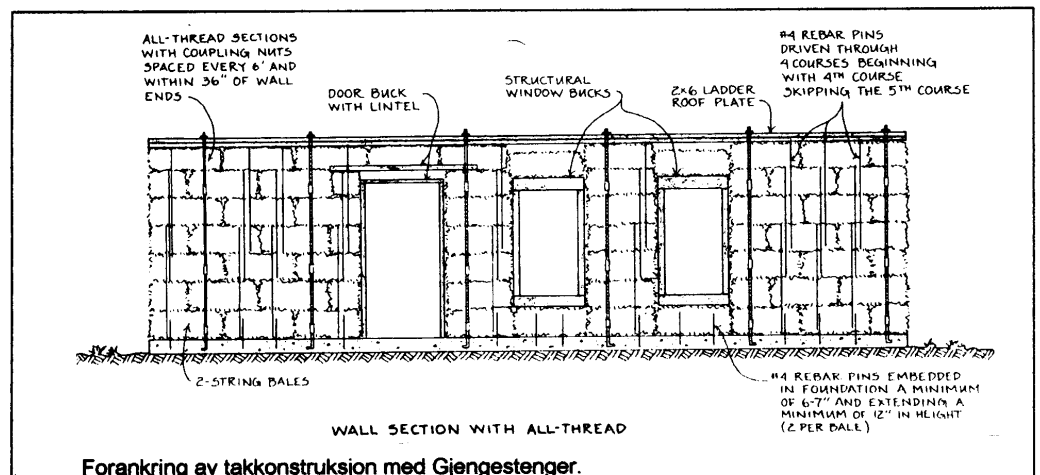
En halmballkonstruksjon må forankres slik at den kan stå imot krefter som truer med å dytte eller løfte bygningen. Dette dreier seg fortrinnsvis om vindkrefter. Tiltak vil variere ut fra hvilke byggeteknikk er velges. I hovedsak kan en skille mellom bærende og ikke-bærende halmkonstruksjoner.

Detaljsnitt; halmvegg/grunnmur.

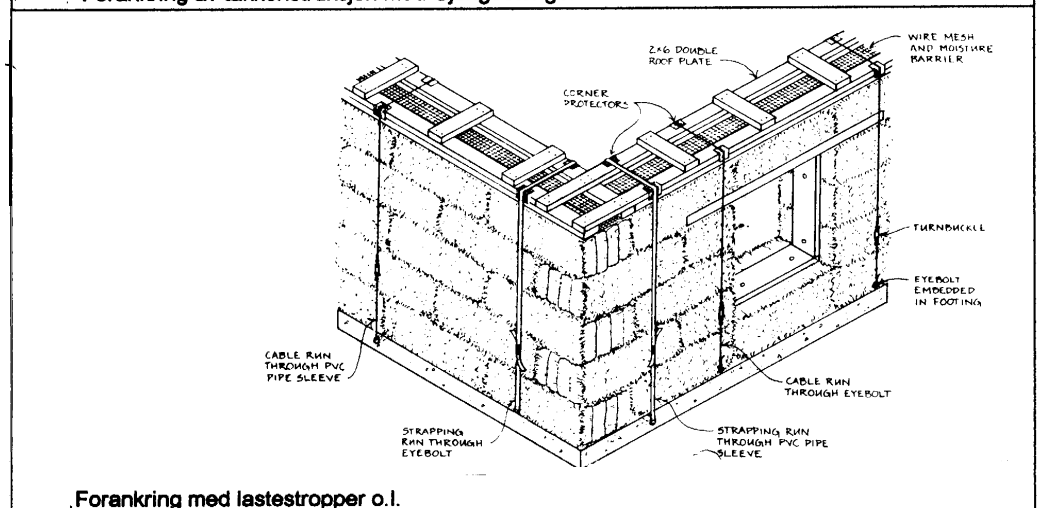


### BÆRENDE HALMKONSTRUKSJONER;

Her vil halmveggene selv måtte kunne takle både sidevegs krefter og krefter som truer med å løfte tak av bygningen. Sidevegs benyttes faststøpte, oppstikkende armeringsjern, med jevne mellomrom, som nederste sjikt av halmballene tres ned på. En videre forankring av halmvegg og tak besørjes normalt på to forskjellige måter. En gjengestang monteres og faststøpes i grunnmur. Denne føres hele vegen opp gjennom halmballveggen til toppsvill, som dermed skrues fast. Det litt problematiske i denne metode har vært å tre halmballene ned gjennom et sett med oppstikkende jernstenger. Metoden gir imidlertid en utmerket forankring og dessuten muligheten for å presse sammen veggen for å hindre senere setninger. Det er gjort



Forankring av takkonstruksjon med Gjengestenger.



Forankring med lastestropper o.l.

---

forsøk med å tre ned en jernstang etter at veggen er bygget, og at det i 1.halm-sjikt er laget små mellomrom hvor jernstangen kan festes til en bolt, et «øye» ol. Metoden fordrer en viss treffsikkerhet. En annen metode går ut på å bygge halm-veggen først og så forankre toppsvill ved hjelp av lastebilstrapper på utsiden. Denne metoden er enkel, men svakheten kan være at stroppene ligger i veggens yttersjikt (puslaget) og kan dermed være utsatt for langsom nedbrytning eller at bevegelser medfører oppsprekking i pussen. Også med denne metode er det mulig å forspenne halmveggen.

#### *IKKE-BÆRENDE HALMKONSTRUKSJONER:*

Her vil en i utgangspunktet søke å ta opp alle kreftene i den bærende konstruksjonen. Selv om halmveggene bevislig kan takle horisontale krefter regnes ikke dette med i det statiske systemet, men mer som en ekstra sikkerhet. Forankring av halmveggen er således begrenset til å holde selve halmveggen på plass. En sidevegs forankring mot grunnmur er nødvendig og skjer etter samme prinsipp som for bærende halmkonstruksjoner, men med en kanskje enklere utførelse. Halmveggen må så forankres til hovedkonstruksjon samt til tilstøtende bygningsdeler (eks. murvegger, trevegger osv.). Metoden som har vært benyttet her er enkel men effektiv. For hvert skift hvor halmvegg møter stolper, festes en kraftig spiker på utside av stolpe – skråstilt og i høyde rett inn for overkant av halmball. Til denne festes en galvanisert ståltråd (omlag 1.2 – 1.5 mm.). En tredymling slås ned i halmballen rett ut for stolpe og ståltråd strammes og vikles omkring denne i et lite hakk

Når så dymlingen slås helt ned strammes ståltråden ytteligere og halmballen presses inn mot stolpen.

#### *TOPPSVILL I BÆRENDE HALMKONSTRUKSJONER.*

Vekten fra tak må fordeles godt og jevnt på halmveggene. Dette krever en relativt kraftig svill som fordeler vekten på hele veggens tykkelse. Hvis vekten av taket fordeles ujevnt på halmveggen vil en måtte regne med forskjellig grad av setning og dermed betydelige skjevheter. Dette kan igjen skape problemer med vinduer, døråpninger osv. En svill som ikke fordeler vekten sentrisk på halmveggen vil kunne føre til at veggen faktisk begynner å krumme seg.

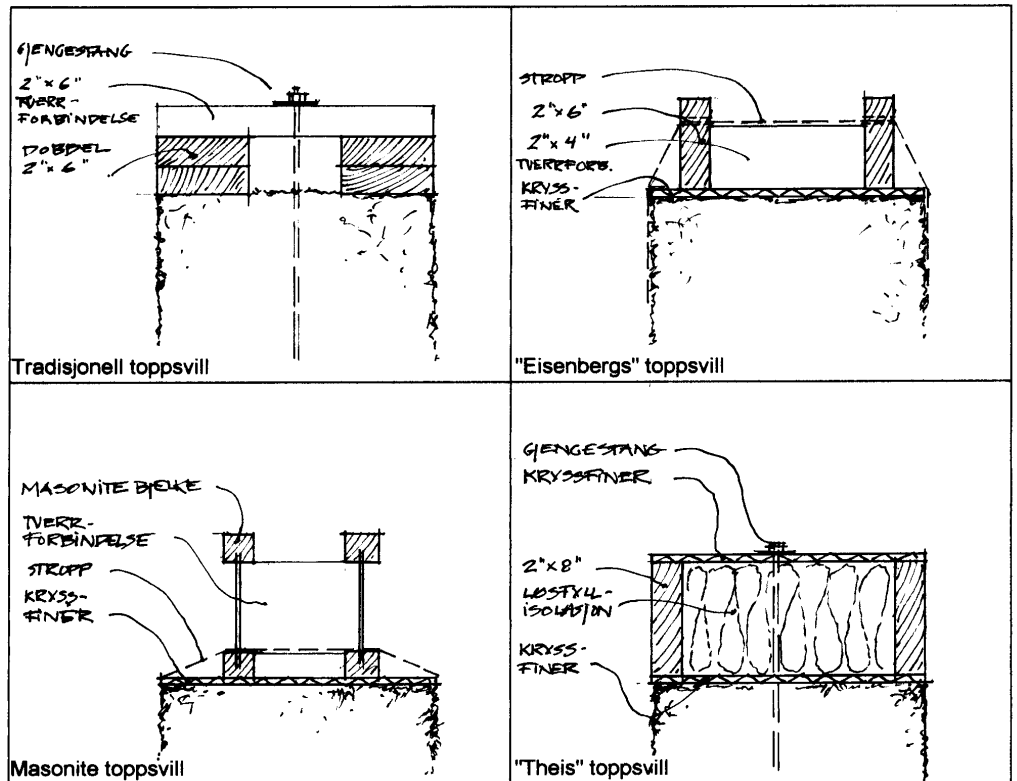
Den tradisjonelle utførelsen baserer seg på en dobbel svill som er forbundet med tverrstag. Det er ut fra dette utviklet forskjellige løsninger, dels som tekniske forbedringer og dels for å kunne løse problemet med større åpninger.

#### *DYMLINGER.*

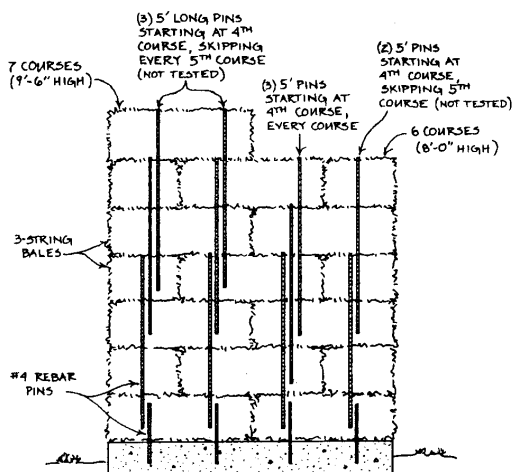
Når halmballene stables opp uten dirkete forbindelse seg imellom, f.eks. i form av mørtel, vil en måtte sikre en indre stivhet og sammenheng i veggen gjennom bruk av sk. «dymlinger». Ordet «Dymlinger» er lånt fra laftehusteknikken, og betegner



Forskjellige utførelser av toppsvill i bærende halmbalkkonstruksjoner.



Bruk av dymlinger i en halmbalkkonstruksjon.



vertikale trepinner som gir forbindelse mellom de forskjellige stokene – eller halballene. Det benyttes tynne trepinner (omlag 23x23mm.), feilvare av kosteskaft, rettvokste pileskudd, bambus ol. I USA har det vært benyttet mye armeringsjern, men dette er verken nødvendig eller ønskelig. I forbindelse med bærende konstruksjoner er det i USA utarbeidet rettningslinjer for hvor lange, hvor mange og hvordan dymlingene skal plasseres. Det finnes imidlertid også her forskjellige strategier. I hjørner kan U-formede armeringsjern benyttes for å skape forbindelse.

#### ÅPNINGER, VINDUER OG DØRER.

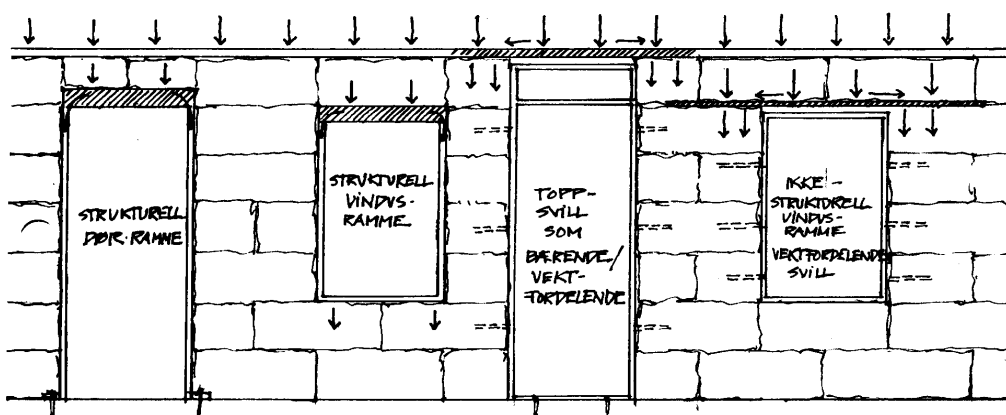
Å stable opp halmballer i rette og greie vegger – uten åpninger av noe slag er ingen kunst. Det hele blir noe mer komplisert når en skal ha åpninger i en halmvegg. Det er flere hensyn å ta. I en bærende halmkonstruksjon vil en måtte vurdere hvordan en skal takle vekt fra

tak og hvordan dette skal fordeles. Det andre er å finne en enkel og grei metode for å sikre at vinduet eller døren blir stående rett i veggen og blir forankret på en forsvarlig måte. En halmvegg med mange åpninger har en tendens til å bli komplisert i utførelse og gjerne litt dårlig. En strategi som har mye for seg går ut på å søke å samle vinduer/døråpninger mm. i vertikale felt. En kan da lage en skikkelig ramme rundt det hele, og halmveggen kan bygges effektivt og godt.

I de seneste prosjektene i Norge har det vært utprøvet en metode for hulltaking som er forenklet for hele byggeprosessen. Halmveggen har først blitt bygget uten å ta hensyn til åpninger. (det er imidlertid en stor fordel om en «husker å glemme» dymlingen der hvor åpningen skal være. Vinduskassen lages så ferdig, vinkles opp, skråavstives og det monteres på nettingarmering. Så måles det opp for hulltaking og det skjærer ut åpningen med grovtannet stor håndsag, eller med langbladet motorsag. Halmen presses så ut og vinduskassen settes inn med en gang. Et hjelpemiddel her kan være sidevegs avstivere som presser ut åpningen intill vinduskassen er satt inn. Denne metoder er kun egnet hvor vindusåpningen ikke er for stor eller bred.

I ikke-bærende konstruksjoner vil en ha mulighet for å feste vinduskarmene direkte til den bærende konstruksjonen. Det har vist seg praktisk at en uansett plasserer, avretter og avstiver vinduskassen under bygging, da det ellers er en tendens til at vinduene ender opp – mer eller mindre ut av lodd.

Vinduskasser har tradisjonelt vært laget av en svært solid ramme i nesten hele veggens tykkelse. Denne har så blitt festet til halmveggen med tredymlinger og så pusset fast. I vinduskassen monteres så selve vinduet på vanlig måte med dytt og innlisting mm. Erfaringer fra norske prosjekter tilsier at vinduskassene kan lages mye enklere, av f.eks. 2"x4" eller 2"x6". Nettingarmeringen som er festet på yttersiden av vinduskassen strammes inn- og utvendig og bidrar til å lage fine, avrundete vindusposter på innsiden, samtidig som vinduet festes til veggen. Dymlinger benyttes i tillegg.



*Forskjellige prinsipp for innfesting av vindu og dører i en halmballvegg*



BESKYTTELSE OG OVERFLATE

---

## BESKYTTELSE OG OVERFLATE

Den tradisjonelle måten å beskytte halmballkonstruksjoner på har vært å påføre en puss – både innvendig og utvendig. I det tradisjonelle byggeri fra USA har i hovedsak sementbasert puss vært benyttet (men også i en viss grad leirepuss «gumbo soil»). Også i mange av de nyere halmballprosjektene fra USA ser vi at sementpuss er foretrukket, men i det siste har dette vært mye diskutert og en ser nå en overgang til kalkpuss og leirepuss. Halmballkonstruksjoner i kombinasjon med puss i en eller annen form har fungert meget godt og er sansynligvis også den metoden for beskyttelse og overflatebehandling som vil bli anbefalt også for framtidige halmballkonstruksjoner.

Puss fester svært godt til den grove overflaten til halmballene og bidrar betydelig til å gi styrke og stivhet til veggen (jfr. sandwich-konstruksjon). Puss vil bedre enn andre løsninger kunne gi et kontinuerlig tettende sjikt som også takler alle overganger og som følger (hvis ønskelig) halmballenes noe myke og upresise form.

Det er viktig å ivareta halmballkonstruksjonens evne til å «puste» ved diffusjon-såpenhet, samtidig som en sikrer tilstrekkelig beskyttelse mot vanninntrengning ved slagregn, sprut fra takdrypp ol. Her vil valg av pusstype samt overflatebehandling ha betydning. Puss som overflatesjikt vil dessuten gi en meget stor brannmotstand og bidra til en relativt høy lydisolerende egenskap.

### Valg av pusstype

Det er beskrevet en rekke forskjellige typer puss og anbefalingene spriker ganske mye. Typisk nok er puss/overflate hyppig diskutert i alle sammenkomster omkring jord- og halmbyggemetoder, noe som dels beskriver problemet med å gi spesifikke og eksakte oppskrifter på et så varierende materiale som f.eks. leire, og dels mangel på kunnskap og erfaring. Sementbasert puss er det mest benyttede på halmballkonstruksjoner, men er beheftet med endel spørsmålstegn hva gjelder fuktighet, bruk av armeringsnett osv. Kalkpuss er et alternativ som gir større diffusjon-såpenhet og som er mer fleksibel (elastisk). Leirepuss ansees ofte som det ideelle, men her råder usikkerhet om værbestandighet, oppskrifter, metoder osv. Det må skilles klart mellom utvendig og innvendig puss.

### Utvendig puss

*SEMENTBASERT PUSS.*

I USA beskrives ofte en vanlig mursement puss, med nettingarmering (finmasket kyllingnetting) til halmkonstruksjoner. Riktignok er ca. 25% av de opprinnelige

---

Nebraskahusene uten pussarmering (pusset med direkte feste på halmen) og tilsynelatende med tilfredstillende resultat. Det er imidlertid ikke foretatt undersøkelser som kan si noe med sikkerhet omkring hvordan sement og halm fungerer sammen over tid. Fordelen med sementbasert puss som er nettingarmert, er at det er en godt kjent og konvensjonell teknikk.

Med en 2 cm tykk sementbasert puss på begge sider av en halmballkonstruksjon vil en få en meget sterk konstruksjon – det er endog hevdet at veggen vil være bærende bare på pussen – i tilfelle det skulle gå helt galt med halmen! Sementbasert puss har generelt en mindre diffusjonsåpenhet enn kalk- og leirepusser. Bruk av nettingarmering er dessuten lite ønskelig ut fra helsemessige forhold. Det oppstår da et *Faradays Bur* – som vesentlig endrer naturlige *elektromagnetiske* og *jordmagnetiske forhold*. Produksjon av sement innebærer relativt stort energiforbruk og bidrar til forurensning til luft og vann. .

Det er på Søndre Tvetter gjort forsøk med å forbedre fuktegenskapene (diffusjonsåpenheten) ved å tilsette mer kalk og fiber i pussen. Her ble også pusset *uten nettingarmering* – bortsett fra hjørner og rundt vinduer mm. En annen fordel med å tilsette fiber (kutterspon/halmhakkels) er at vekten reduseres, elastisiteten øker og isolasjonsevnen øker. En tilsvarende puss ble benyttet utvendig på «Atelier Spira», et halmatelier på Nøtterøy (1998), hvor pussen ble sprøytet på.

Et alternativ som har vært prøvet i noen mindre prøvefelt er ferdigproduserte letpusser, f.eks. basert f.eks. på perlite eller fin leca.

### KALKPUSS

Fra Frankrike og Danmark beskrives en kalkpuss i forbindelse med jord- og halmbygg. Kalkpuss er en tradisjonell kunnskap hvor en har århundreders lang erfaring i kombinasjon med andre naturmaterialer. Kalkpuss har bedre fuktegenskaper enn sement, både hva gjelder diffusjonsåpenhet og evne til å gi fra seg fuktighet. Kalk er mer elastisk enn sement og vil således harmonere bedre med de myke og elastiske halmballene. Kalk kan i utgangspunktet vise til et bedre energi- og miljøregnskap enn sement, men produseres kun som hydratkalk i Norge og må følgelig i øvrige former importeres (kulekalk, hydraulisk kalk). Bruk av kalkpuss/kalkmørtler er utbredt og har lang tradisjon i f.eks. Danmark, men er lite utbredt og kjent i f.eks. Norge og her kan være vanskelig å finne tilstrekkelig nyansert og praktisk kunnskap om disse teknikkene. Kalk finnes i tre hovedformer:

- *Hydratkalk* – er en tørrlesket, industrielt framstilt kalk, som forhandles i pulverform.
- *Stampe / kulekalk*: en våtlesket, lagret kalkdeig, som angis å ha betydelig mer styrke og seighet enn hydratkalken.
- *Hydraulisk kalk*; er en «naturement», som har egenskaper et sted mellom sement og vanlig kalk.

---

I de fleste sammenhenger vil det være aktuelt å komponere en kalkpuss med f.eks. en blanding av kulekalk og hydraulisk kalk. En oppnår da en puss som godt kombinerer styrke og seighet. En slik kalkpuss legges på i 2 – 3 sjikt og kan godt også sprøytes på. Det arbeides med å utvikle kalkpuss tilsatt fiber (lin ), som gir en økt styrke/elastisitet og som muliggjør pussing i tykkere sjikt uten oppsprekking.

Kalkpuss er sterkt sugende materiale, og bør beskyttes ekstra mot slagregn og sprut. Dette kan gjøres ved hvitkalking (flere lag), ved å tilsette kasein i ytterste sjikt, ved silikatmaling ol.

### LEIREPUSS

Leire og halm er to naturmaterialer som har en meget lang historisk kobling. I tørre klima vil det være helt naturlig å anbefale en leirepuss på en halmballkonstruksjon. Leirepussens egenskaper som fuktregulerende, diffusjonsåpen, elastisk og styrkemessig mer i slekt med halmballene gjør den sånn sett til et ideelt valg. Da leirepussen kun forbinder seg mekanisk og ikke kjemisk til underlaget er halmens grove overflate ideel. I tillegg er de økologiske kvalitetene også meget samsømte med halmen; lokalt forefinnende, krever liten grad av prosessbehandling, lite energiforbruk i produksjon og nærmest en uendelig ressurs. I en nedbrytningsfase vil halmen og leiren helt uproblematisk kunne tilbakeføres til jorden.

Leirepussens gode egenskaper til tross – den evne til å beskytte og vare er uten tvil mindre enn med sement- eller kalkbaserte puss. Spørsmålet er bare om ikke leirepuss i mange situasjoner, og med overflatebehandling og normalt vedlikehold er tilstrekkelig beskyttelse. Det finnes erfaringer fra bruk av leirepuss brukt utvendig bl.a i Norge – som tilsier at leirepuss i mindre værutsatte områder kan være et alternativ. Det er dessuten mulig å utvikle metoder og sammensetninger av leirepuss som gir betydelig økt værbestandighet, men likevel må det regnes som eksperimentelt å benytte leirepuss i værutsatte situasjoner.

Det er vanskelig å angi eksakte oppskrifter på leirepuss, da leirens beskaffenhet og egenskaper varierer sterkt fra sted til sted. Generelt kan en si at en er ute etter en leirejord, med relativt høyt innhold av leire og av en type som har gode bindeegenskaper. Denne bløtes i vann og så innblandes sand, fiber, og andre tilsetningsstoffer. Det skal alltid utføres pussprøver – før pussing settes igang. En lager da blandinger med forskjellig mengde sand, fiber og andre tilsetningsstoffer. Når disse har tørket kan egenskapene vurderes og den best egnede puss bestemmes; svinn, krymping, sprekking, styrke, struktur, elastisitet og evt. vannbestandighet.

Fra gammelt av i Norge har utvendig (og innvendig ) leirepuss blitt framstilt ved at leire og sand har blitt blandet i et egnet forhold og så tilsatt en viss mengde *oppsop fra fjøset* (kumøkk, hestemøkk, strø (halm), urin ). Fra de fleste steder i verden oppgis forskjellige oppskrifter med kumøkk, hestemøkk, eselmøkk ol. som viktig tilsetning i leirepussen. Interessant er det da at mer vitenskaplige utførte

---

forsøk ved Institutt for eksperimentelles Bauen i Kassel, Tyskland, (Professor Gernot Minke) helt tydelig dokumenterer en forbedret holdbarhet ved tilsetning av kugjødse.

Det som en imidlertid må være klar over er at bruken av leirepuss i de fleste deler av verden tradisjonelt har vært knyttet til en gjentatte, ja nærmest serimonielle reparasjoner av pussen. Den tradisjonelle leirepussen harmonerer således dårlig med vårt ønske om det vedlikeholdsmessige. Jeg ser det som en utfordring å kunne utvikle leirepussteknikker som gir tilstrekkelig varighet og holdbarhet, men som samtidig «øver opp» evnen til å passe på, følge med og vedlikeholde. Leirepuss kan da også lettere enn noe annet repareres.

Det finnes forskjellige måter å forbedre leirepussens værbestandighet. Fibertilsetning og kumøkk ol. har allerede vært nevnt. I tillegg finnes sk. hydrofobiseringsmiddel som kan tilsettes. Dette kan være **kalk-kasein** klister (1 del hydratkalk og 4 deler Magerkvarke (ca. 6 % vekt)) eller 6 % *linoljeferniss* (blandet i mørtelen). (Ref: Gernot Minke, Tyskland). Dette har også vært prøvet ved en værutsatt yttervegg på undertegnedes halmballkontor på Tjøme. En værbestandig puss er også mulig med tilsetning av *vannglass* (silikat) Øvrige aktuelle tilsetningsstoffer kan være: stivelse, *Urin*, *mellim*, *bivoks*, *vegetabilsk glykol* og *Yakokse-fett* !!

I USA er det vanlig å tilsette oljeproduktet; *Bitumen* for å stabilisere leirepuss («adobepuss»). Det er også beskrevet forskjellige kjemisk/syntetiske midler som riktignok fungerer, men som bryter med de økologiske prinsippene som her tilstrebes.

Det vil i de fleste situasjoner være aktuelt å benytte en beskyttende overflatebehandling av en utvendig leirepuss. Tradisjonelt har *hvitkalking* av leirepuss vært benyttet i hele Mellom-Europa. Et problem er imidlertid at kalken er relativt sugende, noe som gjør at en slik værutsatt vegg vil kunne trekke mer fuktighet enn den har godt av. *Linoljebehandling* av leirepuss er aktuelt, men en skal da være noe forsiktig slik at en ikke oppnår et for tett sjikt (hindrer diffusjon) eller at linoljen danner et for sterkt overflatesjikt, som på sikt vil løsne fra underlaget og føre til avskalling. *Vannglass / silikatmaling* er aktuelt og gir en økt værbeskyttelse samtidig som diffusjonsegenskapene beholdes. Imidlertid må også her overflatesjiktet bygges opp slik at en får en inntrengning og binding i pussen. Andre alternativer her er *limfarge* (melklister + pigment) eller en *emulsjonsmaling* basert på melklister + linolje. *Leiremaling* har til nå vært forsøkt innendørs, men prøver indikerer en såpass forsterket holdbarhet at denne enkle og rimelige overflatebehandling burde utprøves videre.

Kanskje den mest vellykkede strategi går ut på å tenke kreativt i retning av sk. *konstruktiv værbeskyttelse*: gode takutspring, skjerming mot slagregn med leegger, utvendige værhuder, flettverkskonstruksjoner, boder, vekshus osv. eller med en kraftig beplantning med klatreplanter.

## Innvendig puss

Her gjelder de samme vurderinger og muligheter som for utvendig, bare med den forskjell at en innvendig ikke trenger å være så redd for slagregn, ulende vind, snøføyke og lignende eroderende værelementer. Leirepuss framstår da som teknisk, økonomisk og miljømessig mest interessant, særlig når en tar i betraktning alle de muligheten som finnes til å arbeide med strukturer, finpusser, pigmentering, overflatebehandling osv.

Sementbasert puss vil ha en mindre positiv virkning på inneklime ved at dets fuktregulerende egenskaper er betydelig dårligere enn leirepuss eller kalkpuss. Sementpuss vil dessuten gi en hardere romklang enn f.eks. leirepuss. Kalkbasert puss vil være et godt alternativ som innvendig overflate i en halmballkonstruksjon. Kalkpuss vil bidra til et godt inneklime og vil gi en mykere romklang.

En innvendig puss i et halmballhus bør utføres enten som kalkpuss eller som leirepuss. Av disse vil leirepuss ut fra en rekke vurderinger være det optimale valget. I spesielle situasjoner, slik som bad, våtrom o.l. vil pussens fuktegenskaper ha betydning. Leirepuss har som intet annet materiale evne til å regulere luftfuktigheten i inneklime, og av denne grunn har det bl.a. blitt gjennomført forskningsprosjekter for å utprøve forskjellige leirepussteknikker og effekt på inneklime. Konklusjonen er at leirepuss kan sees på som et aktivt tiltak for å bedre en inneklimesituasjon eller bidra til et sunt og godt inneklime i nyere prosjekter.

Leirepuss kan gis forskjellige egenskaper alt etter behov; grov, utfyllende og med struktur, tung og varmemagasinierende, lett og isolerende, natulig farget eller tilsatt farge, tynn nærmest som maling eller tykk og fyllende eller høyt bearbejdede finpusstyper med silkeblank finish.

Leirepuss vil innvendig normalt ha behov for binding av overflaten. Her kan en som det enkleste benytte klister, mellim, benlim ol., eller benytte linoljebehandling, kalking. Det gjelder å beholde leirepussens særlige pustende egenskaper. Med bakgrunn i nettopp dette ønsket om å beholde leirematerialet også i selve overflaten har det blitt utviklet en leiremalings-teknikk som er svært lovende. Der hvor en har tilgang på leire med gode farger (rød, brun, gul ...) vil en uten videre kunne benytte disse. Hvor slik leire er vanskelig tilgjengelig eller hvor en ønsker lysere overflater vil en kunne kjøpe en lys eller hvit leire. Leiren tilføres så ekstra bindemiddel i form av melklister (eller kalkkasein) og pigmenteres etter behov. Så tynnes med vann til riktig malingskonsistens. Påføres med kost eller rull. Vi har også eksempler på dekormaling og de fineste tapeter lagt direkte på leirepuss i de





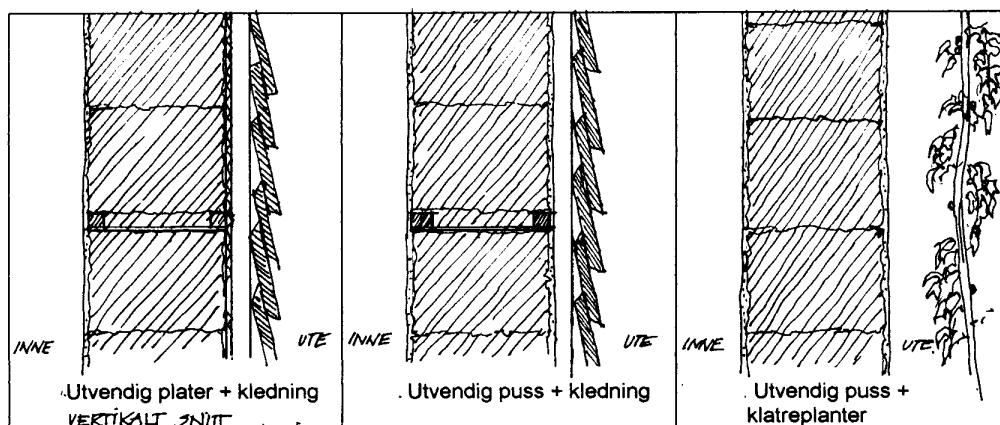
fineste Rokokko-interiører. Leirepuss er et område med uendeligheter av muligheter og følgelig et felt som bare innbyr til eksperimentering og utforskning.

## Alternativer til puss

### UTVENDIG

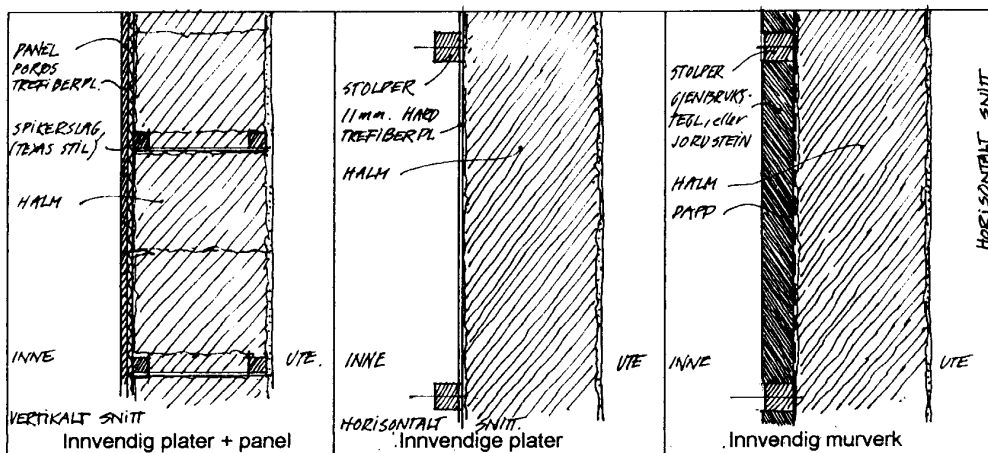
Det er situasjoner hvor det er ønskelig eller nødvendig med en annen ytterbehandling enn puss. Det kan være arkitektoniske vurderinger eller værbelastninger som tilsier en økt beskyttelse. Utvendig er da bruk av panel en mulighet. Det er på en vegg på «Kretsløpshus Søndre Tvet» gjort forsøk med innkledning med trepanel. Utvendig ble først montert asfalt vindtettplater (krever spikerslag), derefter utlekting og stående kledning. Det har vist seg noe problematisk, nettopp dette at det uungåelig oppstår hulrom mellom platene og halmballen og at dette medfører at smådyr (mus) får et større spillerom. Kledningen er senere tatt ned og det er pusset – før kledningen ble satt opp igjen. En foreløpig konklusjon vil lyde som følger; der hvor en ønsker utvendig kledning (av et eller annet slag) bør halmveggen først pusses før kledningen monteres.

Beskyttelse:  
Alternativer til puss – utvendig.



### INNSENDIG

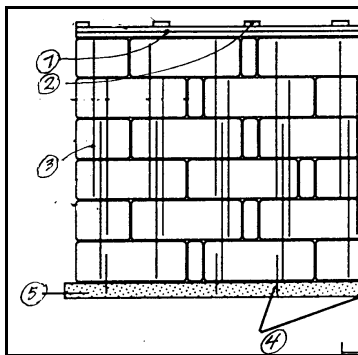
Her gis det flere muligheter. Bruk av innvendig kledning med panel, trefiberplater, gipsplater ol. blir mest aktuelt hvor en kan feste disse direkte til en innvendig bærende konstruksjon. I bolig Oremyr, hvor det skal benyttes forskjellige typer norsk lautre i interiøret, vil en benytte følgende oppbygging; innenfor halmballene monteres først trefiberplater (porøse 11mm. eller harde 3 mm.), direkte på konstruksjon. Disse settes opp før halmballene, og problemet med hulrom vil lett kunne elimineres ved at det etterfylles med løs halm ol. undervegs med halmball-



Innvendig: alternativ til puss.

byggingen. Innenfor monteres så trepanel ol. En annen løsning er å mure opp med jordstein, ubrent tegl, gjenbrukstegl, ol., mellom en innvendig konstruksjon. Dette kombinerer innersjikt og varmemagasinerende evne, og har vært benyttet på Søndre Tvetter.

å søke et samarbeid mellom de forskjellige landene. Dette kan skje enten gjennom at oppgaver fordeles mellom landene og at arbeidet koordineres, eller at det dannes et internasjonalt forskningsprosjekt hvor formålet da må være å komme fram til felles normer for halmkonstruksjoner i Nord- og Mellom Europa. «Straw Build Europe», som ble dannet 1998, har som en av sine viktigste oppgaver å bidra til at et slikt forskningsarbeid blir igangsatt. NJH - «Norsk Jord- og Halmbyggerforening» tar initiativ i Norge for å få igang et - i første omgang - nasjonalt forskningsprosjekt.



NORMER OG RETNINGSLINJER  
FOR HALMBYGGING

---

## NORMER OG RETNINGSLINJER FOR HALMBYGGING

Halmbygging er kommet til et stadium hvor de første erfaringer er høstet og hvor interessen er bare stigende. I Norge har det vært en jevnt stigende interesse siden det første halmballhuset stod ferdig i 1993, og ikke lenge etter ble kåret til «Norges miljøhus 1993». I Sverige er flere prosjekter bygget og også der er en jevnt stigende interesse. I Danmark har halmballbyggingen vel ikke vært «oppdaget» før 1998, men når det først skjer i Danmark så skjer det mye.

I Finland er situasjonen mye den samme, med noen enkeltprosjekter før et bredere gjennomslag.

Halmbyggingen i Norden har til nå vært mye preget av de løsninger og erfaringer som har blitt utviklet i USA – hvor også halmballbyggingen har kommet lengst. Likevel er våre forhold her anderledes og byggetradisjoner, klima, bakgrunn er anderledes og det er behov for å utvikle «vår» måte å bygge halmballhus på. Halmballbyggingen i Norden har vært gjennom en «pionerfase» og hvor utfordringen nå blir å ta skritt mot å få en mer offisiell og metodisk forskning. Det må arbeides fram egne retningslinjer for hvordan en bygger halmballhus og det må gjennomføres seriøs testing på egenskaper og aktuelle løsninger. Halmballbygging er noe som vil komme og som aktører innen byggebransjen vil måtte forholde seg til. Jo før vi kommer igang med en mer metodisk undersøkelse av halmballkonstruksjoner, jo bedre kan utviklingen styres i en retning som sikrer gode og trygge løsninger. Dette arbeidet vil kreve ressurser og vil bare kunne gjennomføres med offentlige midler og anerkjente forskningsinstitusjoner – helst i samarbeid med det mer «frie» fagmiljøet som allerede er engasjert i halmbyggerensaken.

En undersøkelse av halmkonstruksjoner vil bestå av 3 hovedelementer:

- 1.0 Testing av halmkonstruksjoners egenskaper; dette bør gjennomføres etter anerkjente metoder og institutter.
  - 1.10 Styrke
  - 1.11 Fukt
  - 1.12 Isolasjon
  - 1.13 Brann
- 2.0 *Etterprøving*; utføre målinger, gjennomføre systematisk etterprøving av gjennomførte prosjekter.
- 3.0 *Normer /«byggforskrifter»*; utarbeide retningslinjer og anbefalinger for design, dimensjonering og utførelse, som kan fungere som en slags norm for halmkonstruksjoner.

I tillegg til dette vil det bli et behov for opplæring av fagfolk og utdanning av instruktører. Da arbeidet skjer parallelt i mange land i Europa vil det være naturlig

---

å søke et samarbeid mellom de forskjellige landene. Dette kan skje enten gjennom at oppgaver fordeles mellom landene og at arbeidet koordineres, eller at det dannes et internasjonalt forskningsprosjekt hvor formålet da må være å komme fram til felles normer for halmkonstruksjoner i Nord- og Mellom Europa. «Straw Build Europe», som ble dannet 1998, har som en av sine viktigste oppgaver å bidra til at et slikt forskningsarbeid blir igangsatt. NJH – «Norsk Jord- og Halmbyggerforening» tar initiativ i Norge for å få igang et – i første omgang – nasjonalt forskningsprosjekt.

### **Halmbyggeforskrifter i USA**

Som hjelp i arbeidet med å utarbeide våre egne «byggeforskrifter» kan vi ta utgangspunkt i de byggeforskrifter som allerede er utarbeidet og godkjent i Arizona, USA. Byggeforskriftene i USA er knyttet til bestemte områder og har ikke en generell gyldighet i USA. Det er etterhvert godkjent slike «lokale» halmbyggeforskrifter en rekke steder. Her henvises det til:

*Draft Prescriptive Code for Load-Bearing and Non-Load-Bearing Straw Bale Construction, as Approved by the joint Pima County/City of Tucson Building Code Advisory Committee, Tucson, Arizona, August . 10. 1995.*

Enkelte notater og bemerkninger er tilføyet for egen regning – i kursiv.

#### *FUNDAMENT*

- Halmballene plasseres på og forankres til fundament av samme bredde som ballene.
- For bærende halmballkonstruksjoner må grunnmuren være dimensjonert for vekten av hele huset.
- For ikke-bærende konstruksjoner, vil en kunne tenke seg en enklere fundamentering av selve halmballveggen. Det diskuteres her mulighetene for å benytte en stabilisert «pute» av drenerende, isolerende mineralsk materiale (Løs leca, vulkansk stein, eller puk). Et annet alternativ vil være å utvikle en fukttålende sementhalmball, som vil kunne tjene som halmballfundament og samtidig gi meget god isolasjon mot grunn.
- Det må være tilstrekkelig avstand fra nederste halmball ned til bakke. Her oppgis min. 20 cm (15 cm, H53), men i tillegg bør en søke å redusere tak-sprut (takrenne & nedløp), bruk av kulestein som drenerende og sprutreduserende tiltak mm.
- Det må legges et fukt brytende sjikt, (f.eks. grunnmurspapp) mellom grunnmur og nederste halmball. I tilfelle av en evt. forenklet fundamentering (ikke-bærende), diskuteres det om det ikke er bedre å beholde også her prinsippet om diffusjonsåpne / fuktåpne løsninger. Der hvor det kan

---

være særlig utsatt for slagregn eller sprut, kan grunnmurspapp føres opp på utsiden av halmballrad.

- Som ekstra musesikring anbefales at det legges inn nettingarmering i overgang mellom halmball og grunnmur.

#### FORANKRING

##### A Bærende

Hvor halmveggen er bærende, må en sørge for å ta hånd om vindkrefter som kan true med å flytte hele huset av grunnmuren og sugkrefter som forsøker å løfte taket av huset. Halmballveggen må altså forankres sidevegs mot grunnmuren og en må sørge for kontinuerlig forankring fra tak/toppsvill til grunnmur.

- Vertikale armeringsjern med min. tykkelse 12mm, skal forankres i grunnmur minimum 15cm dypt og stikke opp minimum 30cm. Armeringsjernene skal plasseres langs halmballeveggenes senterlinje med en minimum avstand av 60 cm, om minimum 30 cm fra hvert hjørne.

Forankring av toppsvill;

- Gjennomgående gjengestang, 12mm, som forankres min 17.5cm ned i grunnmur, føres kontinuerlig til toppsvill. Minimum innbyrdes avstand = 1.8,m, og min. avstand fra hjørne = 90cm. Det skal være minimum 2 forankringer på hver vegg. Alternativt kan lastestropper føres over toppsvill og til forankring i grunnmur ned på hver side. Dette er sansynligvis en raskere løsning.
- Vekten av tak, snølast mm. vil forårsake vertikal kompressjon på halmballveggene. Uavhengig av hvilket forankringssystem som velges, skal bolter eller stropper strammes for å pre-komprimere veggens tilsvarende forventet last. Dette skal skje før veggens pusses.

##### B Ikke-bærende

Her blir situasjonen litt anderledes, da hovedkonstruksjonen i seg selv vil være forankret og en kun har behov for å forankre halmballveggen slik at denne holder seg selv på plass. Her angis flere løsninger

*I norske ikke-bærende halmbyggeprosjekter har det blitt benyttet et forankringssystem med 5"spiker festes skrått i stender, og med ståltråd til dymling. Dymlingen kan strammes og dermed sikre en fast og tett forbindelse mellom konstruksjon og halmballvegg.*

---

### TILLATTE LASTER

#### (bærende halmballkonstruksjoner)

- De tillatte vertikale laster (egenlaster, nyttelaster og snølaster), skal ikke overstige «360 pounds pr. square foot». Dette tilsvarer 792 kg pr. løpeme-ter vegg. Lastene skal overføres sentralt i vegg.
- Bærenede halmballkonstruksjoner skal dimensjoneres i henhold til vanlige krav om styrke, stabilitet og stivhet.

### HØYDER, LENGDER, TYKKELSER

#### bærende

- Minimum veggtykkelse skal være 35 cm.
- Vegghøyde: For bærende halmballvegger skal ikke vegghøyden overstige en etasje, og skal ikke ha et høyere forholdstall mellom høyde og tykkelse enn: 5.6 : 1, med mindre det er foretatt spesielle statiske beregninger som kan godkjennes.
- Vegg lengde: Forholdstallet for et ikke-avstivet veggfelt skal ikke overstige; 13 : 1 (lengde : tykkelse), med mindre det er foretatt statiske beregninger som kan godkjennes.

### STABLE-REGLER

- Halmballene i bærende konstruksjoner skal legges flatt, og i størst mulig grad i kontinuerlige skift, slik at halmballene overlapper på underliggende skift, min. 25 cm. Mellomrom mellom halmballer som er mindre enn 15 cm kan fylles inn med ubundet halm.
- Det første halmballskiftet skal trees ned på armeringsjern
- Bare hele halmballer skal bli benyttet i hjørner i bærende halmballkonstruksjoner.
- Halmballer i ikke-bærende konstruksjoner kan legges flatt eller på høykant i kontinuerlige skift så langt mulig.

### SAMMENFESTING/DYMLINGER

- Første lag med halmballer skal forankres til armeringsjern og evt. gjenge-stål fra grunnmur. Når 4. skift er lagt skal dymlinger (armeringsjern, tre-dymlinger ol.) drives ned helt gjennom alle fire skift, to stk. i hver halmball. Dymlingene skal ikke gå mellom halmballer eller nærmere endene enn 15 cm fra ende. For hvert skift med halmballer videre oppover, skal det på samme måte drives ned dymlinger, 2 stk. pr. halmball, lange nok til å gå gjennom 4 baller. I vegger som er 7 eller 8 halmballer høy, kan dymlinger sløyfes ved 5 skift.

- Vertikale dymlinger skal settes ca. 30cm fra hvert hjørne og dør & vindus-åpninger.
- Alternativ dymlingsmetode; det oppgis også en metode hvor det benyttes kortere dymlinger (3 halmballhøyder) etter følgende regler: Når 3. skift er lagt skal det dymles med 2 dymlinger pr. halmball, satt i forhold til armeringsjernene som stikker opp fra grunnmur. For hvert skift videre helt opp skal det dymles med dymlinger, 2 stk. pr. halmball. Her gjelder samme regler ved plassering, avstander til hjørner mm.
- I hjørner skal det for hvert skift settes U-formede, «kramper» laget av armeringsjern, min. 45cm bred og med min 15 cm lange «ben» – et ben i hver av hjørne-halmballene. Tilsvarende alternative løsninger kan benyttes, men bør da godkjennes først.

#### TOPPSVILL

Bærende halmballkonstruksjoner skal ha en toppsvill som skal kunne bære taklastene samt forankre taket til fundament. Toppsvill skal være kontinuerlig på alle bærende halmballvegger.

- En akseptert løsning er en toppsvill bestående av to doble 2"x6", eller større, horsontalt, en plassert langs veggens innside, en langs veggens ytterside. For å sammenbinde disse to svillene skal festes 2"x6", på tvers, med maks avstand = 180 cm (korresponderende med evt. forankring (gjengestenger)). Det gis også her spikringsregler (amerikansk standard), og det er krav om overlapp (alt. kryssfinerlasking, metallbeslag) i hjørner.
- Alternative utførelser er beskevet, bl.a med kryssfinerboks med 2"x4", ol. (H27). Det stilles krav til at disse kan dokumentere tilsvarende eller større styrke og stivhet enn overnevnte.

#### ÅPNINGER OG OVERLIGGERE

Alle åpninger i bærende halmballkonstruksjoner skal plasseres minimum 1 hel halmballs avstand fra utvendige hjørner – hvis ikke det er foretatt spesielle beregninger som kan godkjennes.

- Åpninger i bærende vegger skal ikke overstige 50% av det totale veggareal – regnet utfra innvendig areal – som har konstruktiv funksjon – hvis ikke det er foretatt statiske beregninger som kan godkjennes.
- Vekter fra vegg og /eller tak over en åpning skal bæres eller overføres til halmballene under, ved en av de følgende løsninger:
  - en strukturell ramme. Her finnes beskrivelser på utførelse i bl.a. «The Straw Bale House»



- 
- En overligger (jernbjelke, trebjelke, eller en «wooden box-beam»). Overligger skal være minst dobbelt så lang som åpningen er bred og ha et opplegg som er min. 60 cm på hver side. Overligger skal sentreres over åpning, og skal ikke forårsake laster som overstiger grensene

#### BESKYTTELSE MOT FUKTIGHET

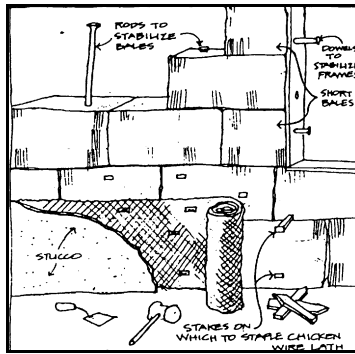
Alle vær-utsatte halmballvegger skal beskyttes slik at vannskader ikke kan oppstå.

- Et fuktsperresjikt skal monteres slik at minst den nederste skift med halmballer beskyttes. Denne må likevel ikke trekkes høyere opp en 1/3 av vegg høyden, da veggens må tillates å «puste» gjennom diffusjon. Fuktsperresjiktet skal festes min. 15 cm inn mellom to lag med halmballer og trekkes ned over fundament min 7.5 cm.
- Et fuktsperresjikt skal monteres slik at fukt hindres å trenge ned i halmballkonstruksjonen ved veggens overkant (hvis nødvendig) og ved vinduer.

#### OVERFLATEBEHANDLING

- Innvendige og utvendige overflater skal ha en beskyttelse mot mekaniske skade, mot antennelse, mot insekter og dyr og mot vedvarende påkjenning av vann.
- Vegger som grenser inn mot baderom skal beskyttes mot fuktighet med damp- sperre.  
*(Istedet for å kreve damp-sperre (plastfolie), bør en heller beskrive en økt bruk av fuktregulerende materialer, regulering av diffusjonsmotstand ved ol. Damp- sperre er uansett en vesensfremmed og uhensiktsmessig løsning i forbindelse med halmballkonstruksjoner).*
- Sementbasert puss skal armeres med galvanisert netting (kyllingnetting ol.), eller en akseptabelt alternativ. Slik armering skal festes til vegg, med gjennomgående feste (syes), minimum hver 60 cm horisontalt og 40 cm vertikalt.
- Hvor halmballvegger møter andre typer konstruksjoner, skal overgangen armeres med et forsterket nett (ekspandert mal lath ol.), som trekkes min 15 cm inn over halmballene.
- Leirebasert og kalkbasert puss kan legges direkte på halmballene – både utvendig og innvendig uten ekstra armering, unntatt hvor det er overgang til andre typer materialer. Værutsatte leirepusser skal være av en kvalitet som har tilstrekkelig evne til motstå værpåkjenninger til å beskytte vegg.



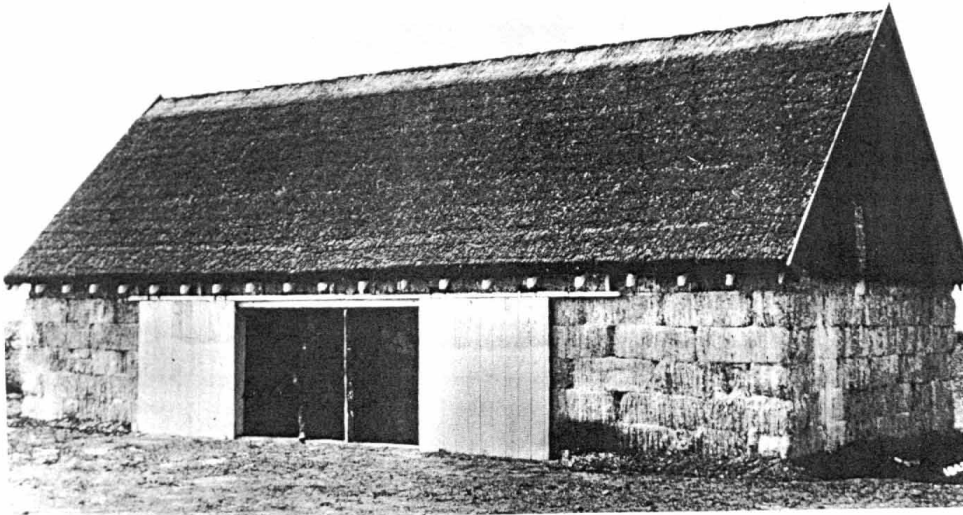


APPENDIX

---

## APPENDIX

### BALED HAY



#### **Halmballer – Nebraska Style Shelter 1993 av Roger Welsch**

I 1904 ble nytt land i den nordvestlige delen av Nebraska frigitt for bebyggelse. Dette skjedde i forlengelse av en ny lov som var forfattet av en parlamentariker fra Nebraska, Moses Kinkaid. En vesentlig del av «Kinkaid Lands» var «The Nebraska Sandhills» – et øde, trøstesløst område av gressbevokste sanddyner. «Sandbakkene» flerdoblet problemene som allerede de tidligere «homelands» hadde slitt med; de var fullstendig uten trær, og været var enda mer fiendtlig. Den sandholdige jorda var svært dåtlig egnet til å bygge hus med; for hvid den ikke allerede falt fra hverandre når den ble spadd opp og bearbeidet, så smuldret den i hvert fall når den ble satt inn i veggen. Okser, som ble foretrukket til korvkutting, var byttet i hester som var foretrukket i landbruksarbeid og transport; redskapene som var blitt brukt til skjæring av jord var borte; og kunnskapen om korvhusbygging var delvis blitt glemt. Igjen var det nødvendig å utvikle nye teknikker og materialer til å bygge hus med.

Ville gresstyper og sådd forvekster var (og er) de viktigste landbruksvekster på «Sandbakkene». Etter Hesjing ble de lagt opp på gården eller hos naboen, men når de måtte flyttes derfra var det nødvendig å binde dem sammen. Høypresse-maskiner ble først utviklet på 1850-tallet, og var i vanlig bruk rundt 1890, mest

---

fordi jernbanen nektet å transportere løst høy. Det var vel uungåelig at en eller annen fortvilt bonde på leting etter et billig tilgjengelig byggemateriale, omsider til slutt ville oppdage de store, faste høyballene som en mulighet. Snart var presset høy virkelig et meget brukt byggemateriale. Naturligvis kom den aldri i nærheten av torv, men den var kjent og brukt både vidt og bredt i «Kinkaid Sandhills».

#### *TUMBLEWEED – «GUMBO SOIL»*

De fleste bygninger av presset høy har betongfundament og betong eller tregolv. En av de store fordelene ved høyhusene var at det beste høyet å bygge med var det dårligste høyet og derfor også det billigste. Sent høstet høy som er seig og halvmaktig gir den mest solide ballen og den fasteste veggen. Og lave omkostninger var uungåelige overveielser for nybyggeren som kom til det fattige Kinkaid-området.

I et tilfelle ble to fluer såttet i ett smekk: «... min familie kjøpte en gård 9 mil vest for Bridgeport, Nebraska... i desember 1912. Der sto et torvhus og det hang mengder av «tumbleweed» i gjerdene. Min far hadde en høypresse; han presset tumbleweeden i baller og bygde et fint hus med to rom.»

Ballene som var 3-4 fot lange og 1.5-2 fot brede ble stablet i forbandt. Fra husene hvor jeg selv har kunnet se høyballene; på de som jeg har sett foto av under konstruksjon eller fått beskrevet, anslår jeg at halvparten brukte mørtel mellom halmballene; de resterende var rett og slett stablet rett på hverandre. Når sement ikke var for hånden eller var for dyr, framstilte man sin egen mørtel; de murte ballene på hverandre med hva de kalte «gumbo soil» – en blanding av leire og sand pluss nok vann til å lage en tykk pasta.

4-5 fot lange dymlinger (trepinner – eller noen ganger også jernstenger) ble drevet ned gjennom ballene for å stabilisere veggen. Dette måtte gjøres selv om ballene ble lagt i mørtel. Taket og toppsvillen var også festet til det øverste laget med baller med en dymling.

#### *TAK, DØRER OG VINDUER.*

Taket bestod av sederspon eller asbestplater, som ble fraktet inn i prærien i store bunter. Den vanligste takfasongen var stort sett et valmtak bygget med takstoler – i likhet med takene til torvhusene i Nebraska, som ble betegnet som «torvtak». Dette var ikke tilfeldig; et valmet tak tillater at alle veggene har samme lave høyde, noe som er av stor betydning. Samme hvor regelmessig halmballene kunne være eller hvor grundig de var presset og bundet, så kunne en høyball i husets gavl føre til sammenbrudd under setningen. Dessuten, om ikke byggeren hadde vært raus med takforsterkninger og lasker i takstolene, ville sideveggene bule ut og falle fra hverandre under presset fra takflatene. Det valmede taket krevde riktignok også forsterkninger, men disse virket som en stiv plate i en lukket kasse om de var festet i hjørnene. Dette reduserte dermed det horisontale presset.

---

Rammer til vinduer og dører ble satt opp etterhvert mens en bygget veggene. Høypressene tillot å lage høyballer i forskjellige lengder. Halve høyballer ble spesielt framstilt for å passe inn mot vindus og dørrammene, ellers blesnorene kuttet på hele baller – som ble delt i to og snorene igjen strammet rundt. Dører og vinduer ble alltid framstilt komersielt og de ble plassert ytterst i veggen for å skape en praktisk plass på innsiden – for planter, bøker og dekorasjoner. Jeg ble forklart at hvis vinduene hadde blitt plassert innerst i veggen, så kunne vann ha samlet seg på vindusbrettet, trekke ned i høyet og forårsaket råte. De tykke veggene reduserte lysinnslippet fra vinduene, slik som også var tilfelle med torvhusene, og derfor ble vinduskassene vinklet eller to vinduer ble plassert ved siden av hverandre.

#### *FLUER*

Veggene skulle stå noen måneder for å sette seg før de ble pusset og vinduene innstallert. Når høyet var tørt ble korte trepinner slått inn i veggen både fra utsiden og innsiden. Kyllingnetting ble stiftet til trepinnene, og sementpuss påført på utsiden og kalkpuss (eller i noen tilfeller gipsplater) påført på innsiden, festet til nettingen. EN husbygger festet nettingen til halmballene ved å legge inn ståltråd mellom ballene under bygging og så stramme nettingen til ytterveggen fra innsiden. Puss var enten kjøpt eller framstilt av sand og alkalisk leirejord som ble skrappet opp fra bunnen av grunne innsjøer som av og til tørket ut. Ved omlag ¼ av husene som jeg ahr undersøkt, var pussen påført direkte på ballene uten noe netting.

Høyballhusene hadde noen av de samme ulempene som torvhusene; upussede vegger var en fin yngleplass for fluer. En lærer som en gang hadde overnattet i et høyhus, som en far av en elev hadde, fortalte at det hadde vært en anstrengende natt og at han antok at høyhusene var så lett å varme opp delvis på grunn av den konstante treningen med kløing og fluejakt. En fordel som høyhusene hadde vis a vis torvhuset, var den lave vekten til veggene. En nybygger som hadde både et torvhus og et høyhus noterte følgende: « I et torvhus er det vanskeligere å unngå setninger enn i et høyhus, nettop på grunn av den ekstremt høye vekten på torv. Når grunnen under vekselvis fryser og tiner, setter huset seg og dører og vinduer blir skakke.

#### *BRANNFARE*

Som man forventer var brann en spesiell fare ved høyhusene. En av de vesentlige fordelene ved torvhuset var brannegenskapene, og gressbranner var en formidabel fare for nybyggerene. Selv om røyken, lukten og dyr på flukt advarte pionerende om at en brann var på veg, kunne flammene bevege seg fortere enn en mann kunne ri, og kunne brenne ut alle og enhver som ikke var forberedt med brannskjerm og våte sekker mot flyvende gnister.

---

Den eldste bygning jeg har funnet var en skole i Bayard, Nebraska fra 1886, og den siste var en dansehall som ble byget like etter 2.verdenskrig, omtrent i 1946. Denne var forresten spesiell da den var den eneste høyballbygning som ble bygget øst for Sandhills, omlag 15 km vest for Lincoln. Den siste bygning som ble bygget innenfor tradisjonene ble oppført i 1939. De aller fleste høyballbygninger ble oppført mellom 1900 og 1935.

I en utgave av «Grasslands News» fra 1960, som er et magasin utgitt av New Holland (produsent av jordbruksmaskiner), ble det rapportert om en kirke som nettopp hadde blitt bygget i Alberta i Canada, med halmballer fra en New Holland – presse.

#### *STORFEFARE!*

En ekstra og uventet fordel med høyballkonstruksjoner ble oppdaget da noen av husene ble revet. Bøndene ble virkelig forbløffet av å se at kuene foretrakk 50 år gammelt høy framfor friskt gras. I noen tilfeller spiste faktisk kuene seg rett inn i de forlatte høyballhusene.

«Nebraska School Buildings and Grounds» et nyhetsbrev som ble utgitt av delstatsmyndighetene i 1902, beskriver en skole som ble satt opp i Scotts Bluff County i 1886/87 og som hadde vegger av halmballer, torvtak og jordgolv. Denne spesielle bygning var 4.8 meter lang, 3.6 meter bred og ca. 2 meter høy. To år senere ble bygningen faktisk spist i stykker av kveg fra området.

Kun noen få skoler ble bygget på denne måte på grunn av brannfare; selv om skoleinspektør Fowler, i 1900, argumenterte for at høyballer kunne bli brukt som skolebygning i høstsemesteret og så gitt til dyrene som for sent på vinteren.

#### *HØYBALL-DOME.*

Bøndene i Sandhillsområdet bygget også hangarer for deres private fly av høyballer. Så tidlig som i 1929 bygget Harry Hiles en rund høyballhangar i nærheten av Gothenberg, Nebraska, og publiserte en liten brosjyre for å fremme slike konstruksjoner.

*«Veggen er en kombinasjon av betong og stål, med høyballer brukt som erstatning for mer kostbare materialer, for å oppnå en lett konstruksjon og for å få god isolasjon mot kulde og varme. Veggen er bygget opp av parallelle horisontale bånd av betong og stål, den ene over den andre og med høyballer imellom. Så pusses både innside og utside.»*

*«Sirkelformen sammen med den forsterkning som båndene gir og de perpendikulære søylene gir et overlegent konstruktivt system. Ingen innvendige søyler er nødvendig. Tak og vegger går i ett og er av samme materiale – som en dome. Vekten på høyballene er redusert til omlag 20 kg/ pr ball, i stedet for 40 kg som er vanlig.»*

---

**Vanddampmotstand for forskjellige aktuelle bygningsmaterialer:** $10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$ .

PUSSTYPER		
Sementpuss (pussemørtel C)	10 mm	6,7-0,3
Kalksementpuss (pussemørtel KC)	10 mm	1,3-0,9
Kalkpuss (pussemørtel K)	10 mm	1,3-0,5
Kalk-linoljepuss	10 mm	1,8-...
Kalk-kaseinpuss	10 mm	1,5-...
Perlitepuss	10 mm	0,8-??
Leirepuss (fet)	10 mm	1,0-...
Leirepuss (mager)	10 mm	1,1-...
Kumøkk, leire, kalkpuss	10 mm	1,0-...

PLATER, PANEL		
Porøs trefiberplate	12 mm	0,3-0,4
Hard trefiberplate	3 mm	3,0-0,8
Panel (gran, furu) – vinklerett på fib.	10 mm	6,7-0,4

OVERFLATEBEHANDLING	
Kalking	0,5
Kalkfarge	0,2
Sementpulvermaling	0,4
Limfarge	0,2
Oljeemulsjonsmaling	0,5
Silikatmaling	ca 0,5
Linoljebehandling	0,5
Linoljemaling	0,5-1,7



---

INNVENDIG	UTVENDIG	FORHOLDSTALL
Leipuss + linolje	Kalkpuss + hvitkalking	1:1
Kalkpuss + hvitkalking	Kalkpuss + hvitkalking	1:1
Leirepuss + limforsegling	Kalksementpuss + sementmaling	1:1,4
Porøs trefiberplate + panel	Kalksementpuss + silikatmaling	1,9:1
Porøs trefiberplate + 1/2-steins ubrent tegl	Perlite lettpuss	12:1
Hard trefiberplate 3 mm + panel	Leirepuss ubehandlet	4,6:1

## Sammenlignende energi- og miljøregnskap for halmballkonstruksjon

(1 m<sup>2</sup> vegg) og vanlig norsk trekonstruksjon.

### Halmballkonstruksjon:

- Halmballer; tykkelse 45 cm, 150 kg/m <sup>3</sup>	67,5 kg
- Dymlinger; 1"x1"	2,2 kg
- Puss; 1 utvendig, kalksement 2 cm	40 kg
2 innvendig, leirepuss, 2 cm	32 kg
- Armeringsnett: kyllingnetting	1 kg

### Trekonstruksjon:

- Trelast; konstruksjon (48x148, cc600), lekter, utvendig kledning	17,2 kg
- Gips; 13 mm/750 kg/m <sup>3</sup>	9,8 kg
- Asfalt vindtett: 12 mm	4,2 kg
- Mineralull; 150 mm	4,5 kg
- stål: spiker, festemidler	0,5 kg

Materialer	ENERGIFORBRUK				UTSLIPP TIL LUFT			
	El MJ/kg	Fossilt MJ/kg	Totalt MJ/kg	Brennv MJ/kg	CO <sup>2</sup> g/kg	SO <sup>2</sup> g/kg	NO <sub>x</sub> g/kg	Støv g/kg
Pressing av halm		0,04	0,04		2,86	0	0,04	0,01
Transp. til byggeplass		0,04	0,04		2,86	0	0,04	0,01
Sum Halm		0,08	0,08	0	5,75	0	0,08	0,02
Kalksementpuss	0,13	0,83	0,98		185	0,07	0,58	0,05
Leirepuss	0	0,01	0,02	0	3,7	0	0,01	0
Stål/pussarmering	3,11	3,06	6,17		289	0,98	1,56	0,14
Trelast	0,47	0,54	3,08	15,84	40,36	0,11	0,8	0,05
Gips	0,52	4,61	5,14		345	0,91	5,34	0,5
Asfalt vindtett	6,06	1,17	7,23	10,64	118	0,44	1,45	0,14
Mineralull	1,1	10,2	11,3		774	2,5	1,8	1,3
Stål-spiker festemiddel	3,11	3,06	6,17		289	0,98	1,56	0,14
<b>1 m<sup>2</sup> Halmballvegg</b>	<b>MJ</b>	<b>MJ</b>	<b>MJ</b>		<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>
Halm 67.5kg		5,4	5,4	0	388,41	0	5,4	1,35
Kalksementpuss 40 kg	5,2	33,2	39,2	0	7 400	5,04	41,76	3,6
Leirepuss 32 kg	0,08	0,53	0,63	0	118,4	0,04	0,37	0,03
Stål ; 1.0kg.	3,11	3,06	6,17	0	289	0,98	1,56	0,14
Trelast 2.2kg	1,03	1,19	6,78	34,85	88,79	0,24	1,76	0,11
<b>SUM halmballvegg</b>	<b>9,43</b>	<b>43,38</b>	<b>58,17</b>	<b>34,85</b>	<b>8 285,11</b>	<b>6,31</b>	<b>50,85</b>	<b>5,23</b>
<b>1 m<sup>2</sup> Trekonstruksjon-vegg</b>	<b>MJ</b>	<b>MJ</b>	<b>MJ</b>	<b>MJ</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>
Trelast 17.2 kg	8,08	9,29	52,98	272,45	694,19	1,89	13,76	0,86
Gips 13mm/750kg ; 9.75 kg	5,07	44,95	50,11	0	3 363	8,87	52,06	4,88
Asfalt Vindtett 12mm: 4.2kg	25,45	4,91	30,37	44,69	495,6	1,85	6,09	0,59
Mineralull 15cm: 4.5 kg	4,95	45,9	50,85	0	3 483	11,25	8,1	5,85
Stål; 0.5kg	1,55	1,53	3,09	0	144,5	0,49	0,78	0,07
<b>SUM trevegg</b>	<b>45,11</b>	<b>106,58</b>	<b>187,39</b>	<b>317,14</b>	<b>8 180</b>	<b>24,35</b>	<b>80,8</b>	<b>12,24</b>

---

# SBE - Straw Build Europe

Som en følge av at halmbyggeteknikk for øyeblikket har en dynamikk som ingen andre økologiske byggemetoder eller byggematerialer og at det skjer en voldsom utvikling over hele Europa, ja nærmest over hele verden . Daglig kommer det nå meldinger om byggeprosjekter fra Mongolia, Hviterussland, Kina, Australia osv. osv. I Europa er veldig mye i startgroppen, og et nært samarbeid over landegrensene vil ikke bare være ønskelig, men vil fort kunne vise seg nødvendig.

Halmbygging er nytt og møter en viss “naturlig” skepsis. Det er behov for testing, for å utarbeide normer og retningslinjer. Det er behov for opplæring, forskning og dokumentasjon. SBE - er dannet for å kunne møte disse utfordringene på en bedre måte. SBE er bygget opp som et nettverk av sentrale fagpersoner i hvert land. Dette knyttes sammen med et sekretæriat, og hvor en delvis søker å benytte eksisterende informasjonskanaler. SBE søker også nært samarbeid med tilsvarende organisasjoner i USA.

- \* SBE is an independent non-governmental and non-profit body
- \* The purpose of SBE is to promote understanding, knowledge, ersearch an practic of straw bale building technics in order to contribute to sustainable and enviromentally responsible,low energy construction of buildings and housing.

## **Sekretæriatet for SBE er for øyeblikket i Danmark:**

Lars Keller  
Nordvestjysk Folkecenter for Renewable Energy  
Kammersgaardsvej 16  
7760 Ydby  
T 45 97 95 66 00  
F 45 97 95 65 65  
email [lars\\_keller@hotmail.com](mailto:lars_keller@hotmail.com)  
[sbeurope@folkecenter.dk](mailto:sbeurope@folkecenter.dk)

---

**Øvrige kontaktadresser er :**

**HOLLAND**

René Dalmeijer  
Zonnbloemtuin 1  
27 24 PA Zoetermeer  
phone 00 31 79 33 13 949  
email [rened@cistron.nl](mailto:rened@cistron.nl)

**IRELAND, NORTH IRELAND,  
GREAT BRITAIN**

Tom Woolley  
Queens University  
Belfast North Ireland  
T 01 232 33 54 66  
email [T.Woolley@Queens-Belfast.AC.UK](mailto:T.Woolley@Queens-Belfast.AC.UK)

**FRANCE**

Pascal Thepaut  
Trovoas  
F - 29640 Plougonven  
T 00 33 298 633 095  
F 00 33 298 633 095  
email [Pascal.THEPAUT@wanadoo.fr](mailto:Pascal.THEPAUT@wanadoo.fr)

**NORWAY**

Rolf Jacobsen , Gaia Tjøme  
Ødekjære,3145 Tjøme  
T 00 47 333 91 900  
F 00 47 333 91 701  
email [roljacob@online.no](mailto:roljacob@online.no)

**:GERMANY**

Axel Linde  
Hildebrandtstr. 8  
D-40215 Düsseldorf  
email [Zypresse1@aol.com](mailto:Zypresse1@aol.com)

**SWEDEN**

Stefan Wallner  
Pl. 650  
SE - 43064 Hallingsjö  
T 00 43 301 431 25  
email [wallner@arch.chalmers.se](mailto:wallner@arch.chalmers.se)

---

# NOL - Nordisk Organisasjon for Lerjordsbyggeri.

NOL er en paraplyorganisasjon for de nordiske landenes nasjonale jord- og halmbyggerforeninger. NOL henvender seg til fagfolk, byggherrer og personer som er interessert økologiske byggemetoder og da særlig naturlige byggematerialer som jord, leire og halm. NOL er religiøst og politisk uavhengig. NOLs viktigste oppgave er å koordinere aktiviteter i Norden, fremme samarbeid over landegrensene og utveksle informasjon. NOL utgir et nyhetsbrev som utkommer 4 ganger i året. Nyhetsbrevet vil en kunne abonnere på gjennom innmelding i hvert enkelt lands forening.

## NOLs kontaktadresser i Norden

<b>Danmark</b>	<b>Finland</b>	<b>Norge</b>	<b>Sverige</b>
Maik Jung Box 17 DK-9940 Læsø T 45 98491818 F 45 98491718	Robert Holmberg FI-07320 Jackarby T 358 19654180 F 358 19577046	Tilman Hartenstein Søndre Tvetter N -1540 Vestby T 47 64590259 F 47 23048010	Eva-Rut Lindberg Lillsjöbacken 18, 1 tr S 167 31 Bromma T 46 8805575
Steen Møller Blåbjergvej 2 DK 7280 Sdr. Felding T 45 97198881	Mikael Westermark LRT/ A- OS F 02015 Hut T 358 9451 4459 F 358 9 455 4508	Piet Jensen Wærnhus N- 1540 Vestby T 47 64950707 F 47 64950707	Johannes Riesterer Box 310 S 144 79 Stokholm T/F 46 86447004

---

# NJH - Norsk Jord- og Halmbyggerforening

**NJH - Norsk Jord- og Halmbyggerforening** arbeider for en utbredelse av jord, leire og halm som byggematerialer i Norge. NJH arrangerer kurs, workshops, seminarer og utstillinger og bidrar ellers med spredning av informasjon om disse byggematerialene og byggemetodene bl.a. gjennom NOLs nyhetsbrev. NJH ønsker å kunne bidra til å kunne gjennomføre byggeprosjekter - gjennom kontaktnett, praktiske workshops, utleie av utstyr, dokumentasjon og informasjon.

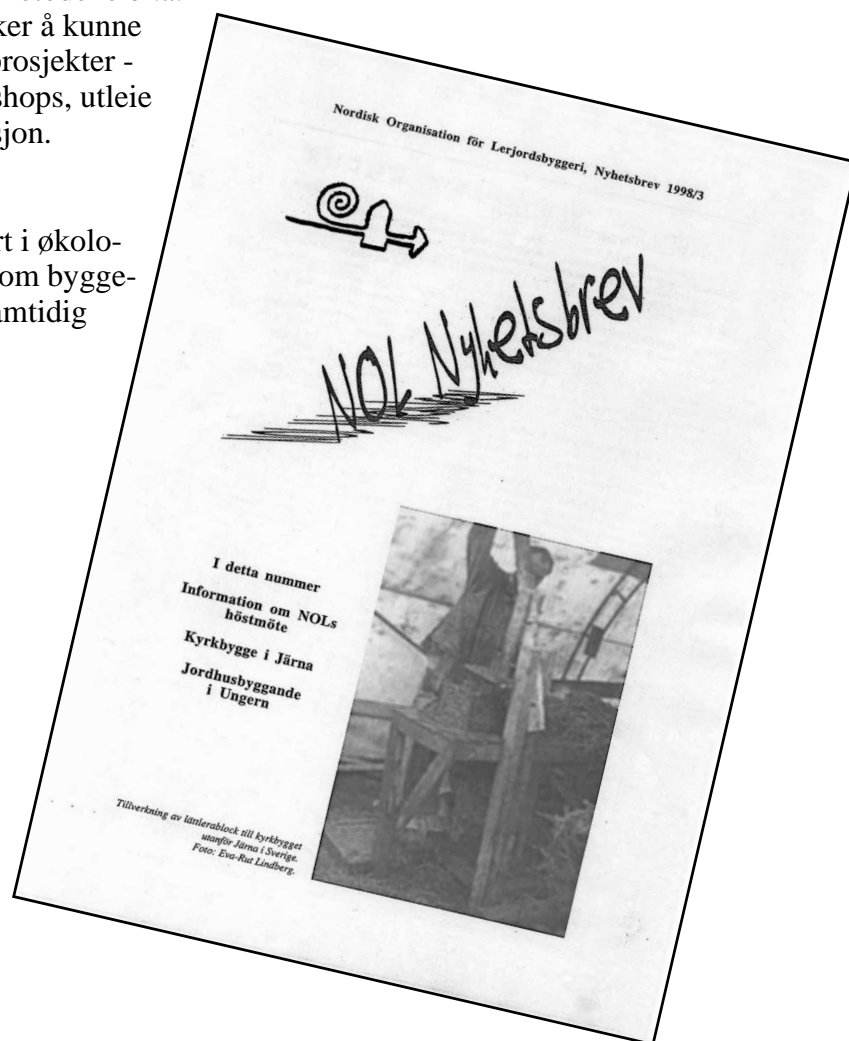
## Medlemskap.

NJH er åpen for alle som er interessert i økologisk byggeri og jord-, leire, og halm som byggematerialer. Medlemskap inkluderer samtidig abonnement på NOL nyhetsbrev.

## Kontakt:

NJH sekretæriat  
Piet Jensen  
Wærnhus  
1540 Vestby

Tel: 64950707.



## Referanseliste «Halm som byggemateriale»

Rolf Jacobsen, . Gaia Nesodden	"Halm - et økologisk byggemateriale. "	rapport	8 sider	1993
Per Wallin,. Sverige.	"Att bygga med halmbalar. Sammendraget"	artikkel	2 sider	1995
Per Wallin. Sverige .	"Halmbalshus. En hemmahos reportage"	artikkel.	5 sider	1995
Per Wallin. Sverige.	"Hur bygger jag et halmbalshus ?"	artikkel	7 sider	1995
David A. Bainbridge. Dry Lands Research Institute.	"Straw bale construction. Working Paper."	artikkelsamling	ca. 40 sider	1988
S.O. MacDonald & Orine MacDonald Gila. New Mexico. 88038	"A straw bale primer"	Liten,praktisk rettet håndbok.	ca. 15 sider	1991.
David Bainbridge. Athena and Bill Steen The Canelo Project.	"Plastered Straw Bale Construction Super Energy Efficient and Economical"	Hefte	ca. 40 sider	1992
David Bainbridge. Athena and Bill Steen The Canelo Project.	"Plastered Straw Bale Construction" 2nd. edition	Hefte (kopi)	ca. 45 sider	1993
Ted Butdhart The Permaculture activist no. 28	"The first little pig was right"	artikkel side 30	3 sider	1993
Susy Weissman The Permaculture activist. no. 28	"Straw bale Workshop"	artikkel side 32	2 sider	1993
Matts Myrman. Alaska airlines magazine	"Housing: Lasting Straw."	artikkel	2 sider	1992
John Daglish. Biotique Habitat. France	"Straw bale construction"	artikkel	8 sider	1994
National Geographic .okt. 1993	"You can huff and Puff." These straw houses lasts	artikkel (liten)	1/2 side.	1993
Mother Earth News. okt. 1993	"Straw homes"	artikkel (kopi)	6 sider	1993
John Daglish & Pascal Thepaut Biotique Habitat. France.	"Straw houses"	artikkel om Maison tour de Parc	8 sider	1992
Caterine Wanek The last straw. spring 1993. EOS Institute.	"A straw bale greenhouse."	artikkel	5 sider	1993
	"Straw bale Eco House."	brosjyre	2 sider	
Patricia Leight Brown. New York Times.12 des. 1992	"Houses the Cow would love to Nosh on."	artikkel	2 sider	
David Jones. Sustainable farming. 1991	"Building a better castle form straw."	artikkel.	4 sider	1991
Permakultur - nordisk nyhetsbrev. nr. 21/22 des. 1993.	"Halm - et økologisk byggemateriale."	optrykk av rapport.	4 sider	1993
Hans Kaggerud Landbrukshøyskolen. Inst. for bygg. Chantal Goy. 1991.	"Hus av halm. " (særtrykk av artikkel) "Construire en ballets de paille."Del I., II og III	artikkel i Norsk Landbruk. nr. 7 sider 23. 1957. upublisert artikkel. Frankrige.	15 sider	1991
Bjørn Berge.	"Klimamaterialer av torv og grasplanter." Byggematerialenes økologi.	side 177- 179	3 sider	1993.
General construction bureau 725 St. Michael `s Drive. P.O.Box 25101 Santa Fe. New Mexico. 87504.	"Non-loadbearing straw bale construction for innfill in post and beam structures." Regulation and licencing department	Rapport om målinger av sty- rke- testing av halmballer. (utkast til rapport)		

Steen, Steen, Bainbridge. Chelsea Green Publisher Company P.O. Box 428 White River Junction, Vermont 05001, USA	"The straw bale house"	Flott, og oppdatert bok. 296 s.		1994
John Daglish. Biotique Habitat.	"French Straw Construction Techniques"	Hefte	11 sider	1995
Alex Wilson Environmental Building News.	"Straw the next great building material?"	Artikkel i magasin	9 sider	1995
Freja Håndbok	"Freja håndbok "	Økologisk håndbok; alt. tekn., husbygg mm.	s.110-111	1976
Roger L. Welsch Shelter Publications P.O. Box 279, Bolinas, CA 94924 USA	"Baled Hay"	Artikkel om pioner- husene i Nebraska.	s. 28 + s 70	1973
John Daglish Biotique Habitat	"Straw bale building in France."	Hefte	35 sider	1994
S.O. MacDonald , Matts Myhrman East Linden st. Tucson, AZ 85719	"Build it with bales.", A step by step Guide to straw-bale construction.	Bok	80 sider	Verson 1.0 aug. 1994
Ghailene Bou-Ali C.I.R.C. - bale test fund. Tucson, AZ	"Summary og Results of a structural Strawbale Testing program"	Rapport	11 sider	1993
Straw bale Construction Management Inc 31 Old Arroyo Chamiso, Santa Fe, NM 87505 USA	" Straw bale building guidelines"	Hefte	ca 25 sider	okt 1993
The Strawbale construction association. 1334 Otero street Santa Fe, NM 87505	"The New Mexico engineering tests and draft building code."	Resultater av målinger som er utført høst 1993.	15 - 20 sider.	1994
Sally Eauclair.	"Straw houses no fairytale"	Samling artikler	ca. 15 sider	
Steve Kemble Sustainable systems support ( se video)	"How to build your elegant home -with strawbales" A guide for the owner builder.	Bok	60 sider	Verson 1.0 1995
Bob Lanning. 19 E. 15th Street, Tucson, AZ 85701 USA	" A straw bale portfolio" A collection of Sixteen Designs for Straw bale houses.	Bok	75 sider	Feb. 1995.
Gary Stang. Fine Homebuilding Halm-demo-hus i Sverige	"A straw bale studio"	Artikkel	3 sider	Des. 1984
Bengt Johan Gullberg. Blekingevegen 7 75758 Uppsala	"Ararat"	Artikkel	1 side	1976
	"H-4, Halmblokk"	Presentasjon	4 sider	1993
Ann. V. Edminster	"Investigation of Environmental Impact on Strawbale Construction.	Rapport	123 sider	1995
Building Code Advisory Committee Tucson Development Center for Appropriate Technology	"Draft Prescriptive Code for Load-Bearing and Non-Load-Bearing Straw Bale" Construction. Pima County/City og Tucson.	Retningslinjer for hallmbyg-geri.	8 sider	sept. 1995
.David Eisenberg. DCAT.	"Straw Bale Construction & the Building Codes A Working Paper."	Rapport	28 sider	Version 1.3 Sept. 1995



Out on Bale (un) Ltd. 1037 East Linden St. Tucson. AZ 85719, USA	"The last straw"	Magasin 4 nr pr. år		Vol 1, nr 1 1992
Sverre Fossdal. NBI	"Energi- og miljøregnskap for Bygg"	Prosjekt rapport 173	162 sider	1995
Mikael Westermarck. LRT	"The Manufacture and use of nature-based building materials as a secondary livelihood for farmers"	Rapport	12 sider	1995
Sverre Fossdal. NBI	"Energi- og miljøregnskap for Bygg"	Prosjekt rapport 173	162 sider	1995
Stramit U.S.A.	"Stramit - Enviropanel".Interior Wall Systems" Installation Manual	Brosjyre	25 sider	1995
Landbrukstekn. Inst. Haugen&Kildal& Kjus Peter Blom	"Halm som brensel i små fyringsanlegg"	Rapport nr. 3	120 sider	1985
Svein Erik Torgersen	"Fuktmekanikk"	NBI, byggetalblad 421.132,	8 sider	1995
Mycoteam. Sverre B Holøs Baer & Hiltner & Morgan.	"Materialdata for vanndamptransport"	NBI, byggetalblad 573.430,	6 sider	1995
	"Risiko knyttet til vekst av sopp i halm"	Notat	5 sider	1995
	"Biological and Syntehetic hierarcical composites"	Artikkel. Physics today. USA	5 sider	1992
RELEVANT LITTERATUR				
Steen, Steen, Bainbridge. Chelsea Green Publisher Company P.O. Box 428 White River Junction, Vermont 05001, USA	"The straw bale house"	Flott, og oppdatert bok.	296 sider	1994
Bruce King	"Buildings of Earth and straw." Structural Design for Rammed Earth and Strawbale Architecture	Bok	170 sider	1996
S.O. MacDonald , Matts Myhrman East Linden st. Tucson, AZ 85719	"Build it with bales.", A step by step Guide to straw-bale construction.	Bok	80 sider	Verson 1.0 aug. 1994
Steve Kemble Sustainable systems support ( se video)	"How to build your elegant home -with strawbales" A guide for the owner builder.	Bok	60 sider	Verson 1.0 1995
Bob Lanning. 19 E. 15th Street, Tucson, AZ 85701 USA	" A straw bale portfolio" A collection of Sixteen Designs for Straw bale houses.	Bok	75 sider	Feb. 1995.
Bjørn Berge. Universitetsforlaget.	"Byggematerialenes Økologi"	Bok	293 sider	1992
Annika Ekblom	"Om hus av jord og leirhalm"	Bok	215 sider	1986
Franz Vollart Tysk	"Leichtlehm"	Bok Grundig om leirehalm	ca. 250 sider	1983/
Gernot Minke Tysk	"Lehmbau Handtbuch"	Bok (leirebyggebibel)	320 sider	1994
Robert Laporte. (USA) Natural House Building Center	"A holistic home building Guide"	Hefte	35 sider	1993

Sten & Flemming Østergaard Danmark. Byggeriets utviklingsråd	"Lerjord som byggemateriale"	Bok	194 sider	1992
Emanuel Eklund	"Lerhalm" Undersøkelse av materialets isolering- og brannegenskaper, samt fuktipptagning for lerputs	Eksamensarbeid	70 sider	1997
Sven Risholm København. Nyt nordisk forlag.	Lerhuse. Stampede og soltørrede.	Bok. Klassiker		1952
VIDEO OM HALMBALLKONSTRUKSJONER				
Sustainable Systems Support P.O. Box 318, Bisbee AZ 85603 USA	"The elegant solution" Straw bale construction	For virkelige halmball-entusiaster	30 min	1992
Sustainable systems support ( se over)	"How to build your elegant home with straw- bales	Steg for steg beskrivelse.	90 min	1994
Kharp Video Productions	"A straw bale Video Workshop"	Praktisk	30 min	1992
Black range films. New Mexico, USA	"A strawbale home tour" Vol 2	10 halmball hus	68 min	1993
Black Range Films. New Mexico. USA	"A Straw Bale workshop. Vol 1.	Praktisk , men ikke svært god	73 min	1993
Robertson & Thomson.	Straw Bale Construction. Beautiful Sustainable Buildings		22 min	1994

---

# GAIA TJØME

ARKITEKTUR  
ØKOLOGISK PLANLEGGING  
PERMAKULTUR



Siv.ark. Rolf Jacobsen  
Siv.agr. Marianne Leisner

ØDEKJÆRE, 3145 TJØME • TEL. 33 39 19 00, FAX 33 39 17 01

---

# GAIA TJØME

GAIA TJØME er et arkitekt- og planleggingskontor som har spesialkompetanse og erfaring innen økologisk forsvarlige byggemetoder. GAIA TJØME arbeider også med planlegging av uteområder basert på økologiske prinsipper/permakultur og driver dessuten med kurs og undervisning.

## Økologiske byggemetoder

GAIA TJØME har mer enn 10 års praksis og teoretisk erfaring med økologiske byggemetoder. Vi har fokusert på å skape godt inn klima, bruke sunne naturmaterialer, sted- og klimatilpasning og energieffektive løsninger. Våre referanser er fordelt over hele landet, og består bl.a. av boliger, barnehager, rehabilitering, landbruksbygg, samt forsknings- og utviklingsprosjekter. GAIA TJØME v/siv.ark. Rolf Jacobsen stod bak Kretsløpshus Søndre Tvetter, som i 1993 ble kåret til Norges Miljøhus.

## Permakultur - økologisk utomhusplanlegging

GAIA TJØME har arbeidet for å fremme økologisk planlegging gjennom prosjektering av skolehager, gårdstun, hager, boligfelt mm. Permakultur representerer i denne sammenhengen helhetlig strategi der vi bruker økologiske prinsipper i formingen av våre omgivelser. Vi legger vekt på bruk av nyttevekster for å skape meningsfylte, frodige og vakre omgivelser.

Siv.agr. Marianne Leisner er forfatter av boken «Villrosene - økologi i hagen». Landbruksforlaget 1996.

### GAIA LISTA

Jøllestø  
4560 Vanse  
Tel. 38 39 77 00  
Fax 38 39 77 11

### GAIA OSLO

Nordre gt. 2  
0551 Oslo  
Frederica: 22 71 43 20  
Alice: 22 71 43 21  
Fax 22 71 71 72

### GAIA SCOTLAND

Abbymount 12  
2. Easter Road  
Edinburgh, EH7 5AN  
Tel. 44 131 66 115 89  
Fax 44 132 66 134 51

