

Departement Industrieel Ingenieur en Biotechniek
Gegradueerde in Landbouw en biotechnologie
Biotechniek en milieubeheer



Stro als bouw materiaal

CAMPUS
Geel



Van den Bruel Lies

Academiejaar 2005-2006

De houder van dit diploma is gerechtigd tot het voeren van de titel van Bachelor

1 WOORD VOORAF

Langs deze weg zou ik graag iedereen willen bedanken die mij geholpen heeft bij mijn studies en bij het tot stand komen van dit eindwerk.

Allereerst wil ik mijn externe stagebegeleider, mr. Verbeeck D. bedanken omdat hij mij fantastisch begeleid heeft gedurende mijn stageperiode bij Kamp C. Ook zou ik mr. Verheyen D. willen bedanken voor de kans die hij me gegeven heeft om stage te lopen bij Kamp C. Verder wil ik iedereen bij Kamp C bedanken voor de hulp en de aangename sfeer die er tijdens mijn stage heerste.

Ook wil ik dank betuigen aan mr. Vos P. en Vanaelst H. voor het verschaffen van een heleboel informatie.

Ook zou ik mijn interne stagebegeleider mr. Cassaert M. willen bedanken voor het nalezen en aanbrengen van verbeteringen aan mijn eindwerk.

Tenslotte wil ik ook mijn naaste familie bedanken die het mogelijk heeft gemaakt dat ik kon studeren en ook omdat zij mij geholpen hebben bij het tot stand komen van mijn eindwerk.

Aan iedereen,

Hartelijk bedankt

1	INLEIDING	5
2	HISTORIEK	6
3	HET MATERIAAL STRO	8
3.1	DEFINITIE	8
3.1.1	Zaai	8
3.1.2	Oogst	8
4	SELECTIECRITERIA EN EIGENSCHAPPEN	11
4.1	GRAANSOORT	11
4.2	GROOTTE	11
4.3	GEWICHT	12
4.4	VOCHTIGHEID	12
4.5	DRUKWEERSTAND	13
4.6	THERMISCHE ISOLATIE	14
4.7	DAMPDIFFUSIE*	14
4.8	GELUIDSISOLATIE	14
4.9	BRANDEIGENSCHAPPEN	15
5	VOORRADIGHEID VAN STRO IN BELGIË	16
6	WAAROM EEN HUIS UIT STRO	17
6.1	SCHOONHEID EN COMFORT	17
6.2	EENVOUD VAN DE CONSTRUCTIE	17
6.3	DUURZAAM	18
6.4	ISOLATIE	18
6.5	AARDBEVINGSWEERSTAND	21
7	KOST VAN EEN STROBALENWONING	22
7.1	DE KOST VAN HET STRO	22
7.2	DE KOST VAN EEN STROBALENWONING IN COMBINATIE MET HOUTSKELETBOUW	23
8	BEKOMMERNISSEN	26
8.1	BRANDVEILIGHEID	26
8.1.1	Wetgeving	26
8.1.2	Conclusie	27
8.1.3	Brandverzekering	27
8.1.4	Brandtesten	28
8.2	VOCHT	29
8.3	ONGEDIERTE	31
8.4	ALLERGIEËN	32
8.5	BINNENAFWERKING	32
8.5.1	Elektriciteit en waterleidingen	32
8.5.2	Bevestigingspunten	34
9	STRO EN HET MILIEU	36
9.1	LCA – CYCLUS VAN STRO	36
9.1.1	Definitie	36
9.1.2	Milieucriteria	36
9.1.3	Gezondheidscriteria	38

9.2	HERNIEUWBAAR PRODUCT	41
9.3	RESTPRODUCT.....	41
9.4	REDUCTIE BOUWAFVAL.....	41
9.5	CO₂ – REDUCTIEBELEID	42
9.5.1	CO ₂ – reductie door vermindering van productie - energie.....	42
9.5.2	CO ₂ – reductie als gevolg van een verminderd energieverbruik.....	43
10	CONSTRUCTIE VAN EEN STROBALEN WONING.....	44
10.1	FUNDERINGEN	44
10.1.1	Fundering uit stro.....	44
10.1.2	Fundering op staal, gegoten in situ	45
10.1.3	Algemene gewapende funderingsplaat.....	46
10.1.4	Gemetselde fundering.....	46
10.1.5	Puttenfundering	48
10.1.6	Paalfunderingen	48
10.2	WANDOPBOUW.....	50
10.2.1	Nebraskastijl - zelfdragende constructie.....	50
10.2.2	Traditioneel	51
10.2.3	Pre-compactering van de strobalen.....	52
10.2.4	Houtstaanders of houtskelet met strobalen gevelvulling.....	54
10.2.5	Houtskeletbouw met opvulling door strobalen.....	55
10.3	WANDAFWERKING.....	60
10.3.1	Natuurlijke leempleister.....	63
10.3.2	Kalkpleister	66
10.3.3	Gipspleister	66
10.3.4	Cementpleister.....	66
10.3.5	Kunstharspleister	67
11	STRO ALS DAK –EN VLOERISOLATIE.....	68
11.1	DAKISOLATIE	68
11.2	VLOERISOLATIE	68
12	EEN WAAIER AAN STIJLEN OVER DE GANSE WERELD.....	69
13	CONCLUSIE	74
14	LITERATUURLIJST	76
15	INTERNET.....	77
16	TREFWOORDENLIJST.....	79
17	BIJLAGEN	82
18	INDEX.....	104

Nota vooraf: de sites opgenomen in het eindwerk waren tot op de dag van 12-12-2005 werkzaam.

Begrippen aangeduid met * zijn opgenomen in de trefwoordenlijst

2 INLEIDING

De term duurzame ontwikkeling is in onze huidige maatschappij niet weg te denken. Zo kennen we in de schoot van de federale regering de staatssecretaris voor Duurzame Ontwikkeling (en sociale economie), Els van Weert. Ook de website www.vodo.be geeft een forum aan het Vlaams Overleg Duurzame Ontwikkeling, een samenwerkingsverband van 20 niet-gouvernementele organisaties.

Als je "duurzaam" intypt op Google krijg je zo'n 2 miljoen referenties. Voor het Franse "durable" zijn er dat 27 miljoen en voor "sustainable" 259 miljoen.

Hiermee zijn we ook beland bij de begripsverwarring die rond de term "duurzaam" bestaat. In het Engels wordt "durable" gebruikt wanneer men de nadruk wil leggen op het tijdsaspect. Sustainable wordt gebruikt wanneer de nadruk hoort te liggen op het milieuaspect. Beide termen worden in het Nederlands vertaald als "duurzaam". Het tijdsgebonden aspect wordt, zeker in commerciële middens, vaak met de modieuze term "duurzaam" aangeduid.

Voor de definitie van "duurzame ontwikkeling" wordt vaak teruggesproken naar de omschrijving uit het Brundtlandrapport van 1987:

Een ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie zonder de kansen van de toekomstige generatie om in hun behoeften te voorzien in het gedrang te brengen.

Lange termijneffecten worden meer en meer in het oog gehouden. Belangrijk hierbij is het milieu. Mijn thesis "Stro als bouw materiaal" beschrijft een alternatieve bouw methode die het milieu zo min mogelijk schaadt.

"Stro als bouw materiaal" tracht een duidelijk overzicht te geven van deze alternatieve bouw methode. De oorsprong van deze blijkbaar eeuwenoude bouwtechniek, alsook het materiaal stro worden besproken. Verder komen selectiecriteria en eigenschappen aan bod om tot een goede bouwstrobaal te komen. Alsook de voordelen en de bekommernissen verbonden aan deze techniek worden aangehaald. Eveneens wordt deze techniek getoetst aan milieucriteria.

Tot slot worden de verschillende strobouwtechnieken uitgelegd.

(http://www.cedubo.be/nl/duurzaam_bouwen/LIVIOSwatisduurzaambouwen.html)

Brundtland, H., Khalid, M. (1987).

3 HISTORIEK

De oorsprong van stobalenwoningen bevindt zich in Nebraska, in de Verenigde Staten, enkele jaren na de uitvinding van de eerste stobalenpers eind 1800. In die regio was er niet veel hout beschikbaar en de grond was zandachtig, de grondstoffen voor de productie van traditionele bouwmaterialen waren er dus niet wat de constructie van een conventionele woning moeilijk maakte. Vandaar de techniek met stobalen. Deze methode creëerde op een snelle en eenvoudige wijze een woning. Het oudste nog bestaande voorbeeld van deze bouwtechniek is het Burke House in de buurt van Alliance Nebraska uit 1903.

[\(<http://users.skynet.be/orcabvba/nebraska/index.html>\)](http://users.skynet.be/orcabvba/nebraska/index.html)

[\(<http://www.stobalenbouw.tk/>\)](http://www.stobalenbouw.tk/)

[\(\[www.lamaisonenpaille.com\]\(http://www.lamaisonenpaille.com\)\)](http://www.lamaisonenpaille.com)

Haas, M., (2003).

Gedurende verschillende decennia werd de stobalenbouw toegepast. Huizen, scholen zelfs verscheidene kerken. Maar naargelang de transportmogelijkheden zich ontwikkelden ontstond de invoer van andere bouwmaterialen en werd de stobalenbouw meer en meer verbannen. Rond de jaren 1920, heeft de minister van Landbouw van Noord-Dakota van de Verenigde Staten een handboek uitgegeven over de constructie van gebouwen met stobalen. Dit initiatief heeft geleid tot de verspreiding van de kennis over deze techniek over verschillende staten van de Verenigde Staten.

In 1974 publiceerde Roger Welsch het artikel "Baled Hay" in het tijdschrift "Shelter". Dit artikel geeft een bondige uitleg over de constructie van stobalenwoningen in Nebraska. In de jaren 1982 zijn verschillende pioniers herbegonnen met de constructie van stobalenwoningen in het zuidoosten van de Verenigde Staten en Canada. Met de jaren werd deze techniek door de Canadezen over de oceaan gebracht naar de Fransen waar dan ook een opleving ontstond in deze constructiewijze. Eén van de historische realisaties bevindt zich wel in Frankrijk, nl. het Maison Feuilette in Montargis maar de techniek was in de vergetelheid geraakt. In België werd het eerste stobalenhuis bewoond in 2001.

De techniek in verband met de bouw van stobalenwoningen ontwikkelt zich steeds verder maar vindt voorlopig nog geen ingang bij het grote publiek. In het kader van de milieuproblematiek biedt deze bouwmethode wel de mogelijkheid om degelijke en goed geïsoleerde gebouwen te construeren.

[\(\[www.lamaisonenpaille.com\]\(http://www.lamaisonenpaille.com\)\)](http://www.lamaisonenpaille.com)



Figuur 2.1 The Burke House, Alliance(VS) 1903

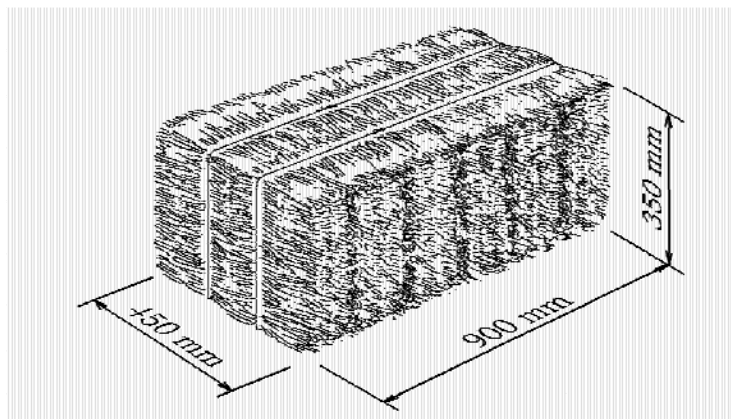
<http://www.strawhomes.com/sban/tour/tour.html>



Figuur 2.2 Maison Feuillet, Montargis (FR) 1921

www.lamaisonenspaille.com

4 HET MATERIAAL STRO



Figuur 3.1 strobaal

4.1 Definitie

Stro is de gedroogde stengel van koren of peulvruchten. Er wordt onderscheid gemaakt tussen stro van zomer- en wintertarwe, rogge, gerst, haver en peulvruchten. Door de holle kokervorm van de halmen is stro goed thermisch isolerend: principe van isolatie is immers het vasthouden van stilstaande droge lucht. Het heeft bovendien een natuurlijke bescherming tegen vocht door een dunne filmlaag van was. Hiermee is het stro ook beschermd tegen knaagdieren en bacteriën: deze was die alkanen bevat is onverteerbaar. Het stro heeft in principe geen voedingswaarde dit in tegenstelling met hooi dat wel als volwaardig diervoeder gebruikt wordt.

Haas, M., (2003).

Haas, M., (1999).

4.1.1 Zaai

De meeste granen worden in het najaar gezaaid, dit omwille van een grotere opbrengst. Dit gebeurt door een zaaimachine.

4.1.2 Oogst

De oogst vindt vooral plaats in de maand augustus, dit afhankelijk van hoe droog de korrel is en welk ras men heeft gezaaid. Het vochtgehalte van de korrel moet 16 % of lager zijn om te oogsten. Een hoger vochtgehalte geeft droogkosten. Het graan wordt via een dorsmachine in een laadbak gebracht. Het stro blijft liggen en wordt geperst door middel van een persmachine. Bij het persen worden automatisch twee spantouwen rond de baal geslagen die het geheel in vorm houden. Het gewicht van een strobaal schommelt tussen de 12 en 15kg met afmeting 90-45-35 cm (L/B/H) met een dichtheid van 70 kg/m^3 , afhankelijk van de druk waarmee men perst. Deze is instelbaar: hoe hoger de druk, hoe zwaarder de balen. Momenteel worden er meer en meer grotere balen geperst om de arbeidsintensiviteit te reduceren.



Figuur 3.2 Pikdorsmachine



Figuur 3.3 Machinaal persen van strobalen

<http://www.harrysfarm.nl/wtarwe.html>



Figuur 3.4 Geperste strobalen

<http://www.da-fi.com/broeckhuis/default-eng.htm>

5 SELECTIECRITERIA EN EIGENSCHAPPEN

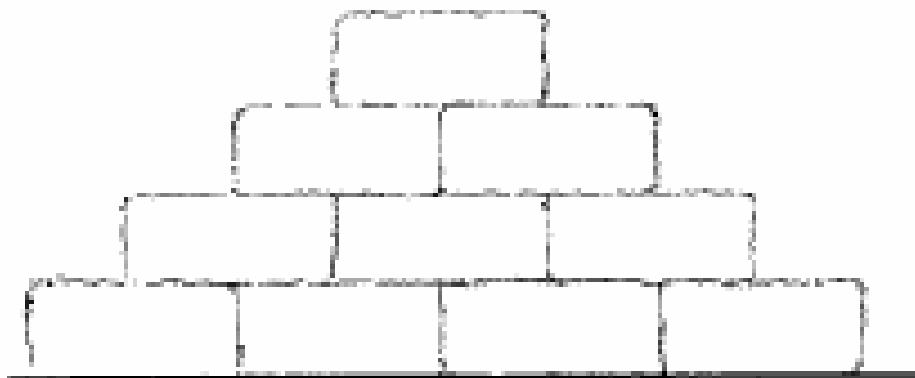
5.1 Graansoort

Winterrogge is de meest ideale graansoort om aan strobalenbouw te doen omwille van de lange stengels. Helaas wordt deze graansoort in België zelden verbouwd, om en bij de 724 ha (incl. masteluin). De meest voorkomende graansoort is tarwe (202 870 ha 2004), deze graansoort is eveneens bruikbaar. Gerst daarentegen is af te raden, de stengels breken gemakkelijk bij het persen waardoor het isolerende vermogen van de strobaal afneemt.

(http://statbel.fgov.be/downloads/crp2004_nl.xls)

5.2 Grootte

Bij de bouw van een strobalenwoning gebruikt men overwegend strobalen met de afmetingen h45–b35–l90 (zie figuur 3.1). In literatuur wordt ook gesproken over grotere balen maar deze vormen meer de uitzondering op de regel. Men kan in principe de strobalen op maat laten persen, aangezien we ze, zoals bij traditioneel metselwerk halfsteens plaatsen, hebben we ook kortere balen nodig zie figuur 4.1. Dit gebeurt dan best in de zomer tijdens het persen van de balen zelf, de landbouwer kan zijn pers afstellen in functie van de lengte van een baal.



Figuur 4.1 Strobalen worden halfsteens geplaatst

(www.lamaisonenpaille.com)

De strobalen kunnen ook achteraf kleiner gemaakt worden: dit gebeurt door de strobaal opnieuw in te binden. Figuren 4.2 en 4.3 verduidelijken dit. Eerst worden nieuwe bindtouw (2 stuks) aangebracht op de halve breedte van de baal. Daarna wordt het oorspronkelijke bindtouw doorgesneden. Gewoonlijk wordt een baal in twee halve balen gedeeld door de oorspronkelijke baal te voorzien van vier nieuwe bindtouw. Voor het spannen van de touwen wordt op een empirische manier de nodige spanning van het touw bepaald: tussen stro en touw mag je geen hand kunnen steken.



Figuur 4.2 Strobaal wordt opnieuw ingebonden, een nieuw touw wordt door middel van een stang door de strobaal gestoken



Figuur 4.3 Het nieuwe touw wordt vastgebonden en er wordt een kleinere strobaal bekomen

5.3 Gewicht

Een gemiddelde strobaal met afmetingen h45-b35-l90 weegt tussen de 12 à 15 kg, afhankelijk van de druk waarmee de balen geperst worden. Deze druk is instelbaar bij de persmachine.

5.4 Vochtigheid

Het is uitermate belangrijk dat de strobalen droog zijn. Ze moeten droog geperst worden en droog blijven tijdens vervoer en opslag. De vochtinhoud mag niet meer

dan 15% (gewichtsperscentage) van de inhoud bedragen. Eens de balen nat geweest zijn is het niet aan te raden deze te gebruiken als bouw materiaal. Als proef op de som kan je de strobalen testen, je kan enkele strobalen doormidden snijden om te controleren of ze inderdaad voldoende droog zijn. De ouderdom van de balen is in principe van geen belang zolang ze maar droog bewaard zijn. Evenwel neemt de spankracht van de touwen af in de tijd, hiervoor denken we dan toch aan termijnen van 3 à 5 jaar.

Jones, B. (2002).

5.5 Drukweerstand

Het draagvermogen van strobalen is beperkt. Toch kan er zonder aanvullende constructies een dak op een gestapelde wand gelegd worden. Er moet echter wel rekening gehouden worden met een sterke zetting van de muren. Bij testen aan de universiteit van Arizona bleek dat bij een belasting van strobalen de touwen bepalend zijn. Deze touwen houden de baal bij mekaar. Bij het belasten van de strobaal dient deze bijkomende kracht ook door de touwen opgevangen te worden. Wanneer de touwen door deze bijkomende belasting breken valt de baal uit mekaar en verliest zijn stevigheid

Bij verschillende testen bleek de bezwijkbelasting tussen de 0,041-0,145 N/mm² te liggen; bij deze belasting verliest de strobalenconstructie haar dragende functie. In Canada bij de Canadian Society of Agriculture Engineering in Ottawa zijn proeven gedaan naar het draagvermogen van een lastdragende strobalenwand zonder aanvullende constructies. Hieruit bleek dat een dergelijke wand met een lengte van 3,6 m en een hoogte van 2,4 m een gewicht van 8 ton kon dragen. In de VS wordt de toegestane hoogte voor een lastdragende muren uitgedrukt in een gemakkelijke vuistregel: de maximale hoogte bedraagt 7 keer de breedte van een baal.

Haas, M., (2003).

► maximale belasting 0.019 N/mm² = 400 pound/square foot

Magwood, C., Mack, P. (2000).

Vergelijking met traditionele bouwmaterialen:

► gewone snelbouw: karakteristieke drukweerstand > 6N/mm²

Uit deze blijkt dat stro een kleine maximale belasting heeft, dit geldt uiteraard enkel voor strobalen die dragend zijn. Bij ons worden de meeste strobalen woningen gebouwd in combinatie met een houtskeletbouw waarbij de houtskeletbouw dan dragend is en waarbij de maximale belasting van strobalen niet veel terzake doet.

In de literatuur worden her en der nog andere cijfers geciteerd die bij een vergelijkende controle met klassieke bouwmaterialen schijnbaar foutief zijn.

5.6 Thermische isolatie

(Hieronder worden enkele basisbegrippen vermeld die verder worden behandeld in hoofdstuk 6.4)

- ▶ λ - waarde = 0,0456 W/mK
- ▶ R-waarde tussen 8 en 11

Ook hier moeten we weer waarschuwen: in de literatuur en op websites worden niet steeds dezelfde getallen gehanteerd en bestaat er ook een spraakverwarring tussen λ - waarde, R-waarde, K-waarde, k-waarde en U-waarde.

5.7 Dampdiffusie*

- ▶ μ -waarde = 2,5

Hoe hoger de μ -waarde hoe meer dampopen. Dit wil zeggen dat vocht van binnenin de woning naar buiten kan emigreren, dus van hoge dampdruk naar lage dampdruk door middel van diffusie vandaar dampdiffusie. Indien een materiaal niet voldoende dampopen is zal het vocht de constructie niet kunnen verlaten en ontstaat er condensatie \Rightarrow dauwpunt

- ▶ Rotswol: μ -waarde \pm 1,3

Een strobalenwoning is een dampopen constructie. Met andere woorden: vocht binnenin de woning kan gemakkelijk naar buiten toe migreren indien de buitenwand niet afgewerkt is met dampdichte materialen. Bij de opbouw van constructies wordt een schema gehanteerd waarbij de dampdiffusieweerstand van de materialen afneemt van binnen naar buiten: wacht dat in de constructie ontstaat door condensatie of regeninslag kan dan onder vorm van waterdamp uit de constructie uitdampen.

5.8 Geluidsisolatie

Nota vooraf: het is niet de bedoeling hier een volledig overzicht van de materie akoestiek te geven die trouwens vrij ingewikkeld is, zelfs voor bouwprofessionelen. Voor geluidsisolatie wordt een dB-schaal (decibel) gehanteerd. Deze schaal is een logaritmische schaal zodat vergelijkingen als "dubbel" e.d. niet gewoon rekenkundig opgaan.

Een stijging van 10 dB komt in de praktijk overeen met een verdubbeling van de geluidsintensiteit. Een verschil van 1 dB is niet hoorbaar, 3 dB is net hoorbaar.

Strobaal: dikte: 48 cm, 2-zijdig gepleisterd 3 à 4,5 cm

\Rightarrow R_w (geluidsverzwakkingsindex)* 54-55dB getest door de Universiteit van Eindhoven in 2003.

Om een idee te hebben van de mate van geluidsisolatie van stro wordt er een vergelijking gemaakt met conventionele bouwmaterialen. Hoe hoger het getal, hoe beter de geluidsisolatie.

-
- ▶ Baksteen dikte 19cm, onbepleisterd : Rw – 41 dB
 - ▶ Holle betonsteen: dikte 12cm, onbepleisterd: Rw – 50 dB
 - ▶ Rockwool constructietype:MS 75/1.50.1.A: Rw – 45 dB

MS: Metal stud (metaalprofiel)

Code 75/1.50.1 A wil zeggen; 75 mm totale wanddikte, met 1 gipskartonplaat 12.5 mm, een spouw van 50 mm opgevuld met rotswol, en weer 1 gipskartonplaat met dikte 12,5 mm.

Uit deze getallen kan men concluderen dat stro een vrij hoge geluidsisolatie waarde heeft. Dit is grotendeels te danken aan de dikte van de strobaal namelijk 48 cm + bepleistering aan beide zijden van 3,4 à 5 cm. In de US werden zelfs twee opnamestudio's gebouwd op basis van hun hoog akoestisch isolerend vermogen.

Jones, B. (2002).

Magwood, C., Mack, P. (2000).

Vittone, R. (1996).

<http://www.rockwool.be/graphics/rws-bnl/rws-be/pdf/bouwplaatrockstud204.pdf>

<http://www.ramstrobouw.nl/>

5.9 Brandeigenschappen

Hieronder worden de basiswaarden gegeven. Dit thema wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 8.1.

- ▶ onafgewerkte wand 1/2u brandweerstand
- ▶ tweezijdig gepleisterd: 2u, klasse B2= normale brandcategorie

6 VOORRADIGHEID VAN STRO IN BELGIË

In deze berekening wordt enkel rekening gehouden met zomertarwe en wintertarwe, omdat deze de meest gebruikte graansoort is bij de bouw van een strobale woning. Tarwe is in België ook de meest geteelde graansoort. Gemiddeld kan men stellen dat 1ha tarwe \pm 4 ton stro opbrengt.

In 2005 was er een oppervlakte van 204 179 ha (wintertarwe en zomertarwe) * 4 ton = 816 716 ton stro. In België kan men niet spreken over een overaanbod noch een tekort aan stro. Stro wordt in België dus niet beschouwd als een afvalproduct. Een tekort aan stro is hoogst onwaarschijnlijk, aangezien stro binnen het jaar terug geteeld kan worden. Een echt gedetailleerd beeld van de strovoorraad is haast onmogelijk omdat het stro voor meerdere jaren opgeslagen kan worden.

Landbouwtelling 2005		België		
		Eenheden	2004	2005
granen voor de korrel	ha	319.218	322.436	+1,0%
wintertarwe	ha	200.365	201.390	+0,5%
zomertarwe	ha	2.505	2.789	+11,3%
spelt	ha	10.165	9.569	-5,9%
winterrogge	ha	724	435	-40,0%
wintergerst	ha	31.783	32.650	+2,7%
zomergerst	ha	6.945	7.332	+5,6%
haver	ha	5.688	5.843	+2,7%
korrelmaïs	ha	52.173	54.454	+4,4%
Triticale* (kruising tarwe en rogge)	ha	8.084	7.389	-8,6%
andere granen	ha	785	585	-25,6%

Bron: Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie

(http://statbel.fgov.be/downloads/cah2005m_nl.xls)

Rekenvoorbeeld:

Eén hectare tarwe brengt \pm 4 ton stro op. Als we nu weten dat een baal tussen de 12 à 15 kg weegt bekomen we een productie van \pm 296 stobalen per hectare. Voor een middelmatige strobale woning heeft men \pm 250 stobalen nodig. Men kan dus zeggen dat per ha stro een woning kan gebouwd worden.

7 WAAROM EEN HUIS UIT STRO

7.1 Schoonheid en comfort



De dikte van de wanden heeft een speciaal karakter en schoonheid. Na de plaatsing worden de strobalen langs binnen - en buitenzijde gepleisterd. Daardoor ontstaat, ondanks het gebruik van een licht materiaal, een wand met een meer dan gebruikelijke dikte. Strobalenwoningen bekomen zo een robuust uiterlijk. Afhankelijk van de wensen van de bouwheer kan het uitzicht van de pleisterlaag variëren. Zo kan ook een strak uiterlijk bekomen worden. In de praktijk zitten

strobalenwoningen momenteel, in Vlaanderen, in de hoek van de bio-ecologische sfeer. Dit houdt in dat voor de pleisterlagen veelal geopteerd wordt voor een natuurlijke leempleister. Deze leempleister kan door een zelfbouwer uitgevoerd worden. Een strakke uitvoering is dan niet steeds evident dit in tegenstelling tot een gewone kalkpleister waarbij dit eenvoudiger te bereiken is.

Magwood, C., Mack, P. (2000).

Lacinski, P., Bergeron, M., (2000).

7.2 Eenvoud van de constructie



Strobalenwanden opbouwen is minder arbeidsintensief als de opbouw uit conventionele materialen en vraagt minder vakkundigheid. Dit is in de eerste plaats te danken aan het lage gewicht in combinatie met het grote formaat van de strobaal. De opbouw ervan kan uitgevoerd worden door onervaren, ongediplomeerde mensen. De techniek kan aangeleerd worden in 2 dagen. Iedereen kan dus deelnemen aan de bouw ervan waardoor de kost van de woning aanzienlijk verminderd kan worden. Strobalenbouw is bijgevolg een techniek waarbij een grote mate van zelfbouw mogelijk is, al dan niet onder begeleiding. Dit maakt dat

strobalenbouw ook een sociale dimensie krijgt: de drempel voor het bouwen van een eigen woning wordt zo drastisch verlaagd. Hierbij dient opgemerkt dat de inbreng van de architect in deze niet gering is: het ontwerp en het ontbreken van ingewikkelde details zijn een eerste en onontbeerlijke stap in de succesvolle realisatie van een strobalenwoning.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

7.3 Duurzaam

Strobalenbouw is een manier van duurzaam bouwen.

De term duurzaam komt voort uit het beroemde Brundtlandrapport van 1987 waarin voor het eerst sprake was van "Sustainable". Dit werd in het eerste Nationaal milieubeleidsplan van 1988 vertaald als Duurzaamheid. Onder duurzame ontwikkeling wordt verstaan:

Een ontwikkeling die voorziet in de behoefte van de huidige generatie zonder daarmee voor de toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen.

In mensentaal gezegd: zorgen dat onze kinderen en kleinkinderen ook nog gebruik kunnen maken van de aarde en haar opbrengsten.

Uit onderzoek van prof. Hendriks (TU Delft - bron Duurzame Bouwmaterialen 1999) blijkt dat de bijdrage vanuit de bouw aan de aantasting van de ozonlaag 25% is en de bijdrage vanuit de bouw aan het broeikas effect 33%. Bij afvalstoffen is het percentage zelfs 40%. Reden genoeg om de milieueffecten van het bouwen dus kritisch te bekijken.

(www.ipdubo.nl/watisdubo/wat_is_duurzaam_bouwen.htm)

7.4 Isolatie

Het principe van isoleren is gebaseerd op het vasthouden van droge lucht in stilstaande vorm. Bij stro gebeurt dit in de kokervormige halm. Hoe langer de stengel van het stro, hoe beter het isolerend vermogen aangezien er meer lucht vastgehouden kan worden. Men kan dus best gebruik maken van een graansoort met lange halmen bijvoorbeeld winterrogge.

Vaes, E., Verbeeck, D., Simons, B., Vandaele, L. (2004).

λ-WAARDE

Het warmtegeleidend vermogen van een isolatiemateriaal wordt uitgedrukt als de λ -waarde W/mK, dit is de warmtegeleidingcoëfficiënt. De λ -waarde geeft aan hoeveel warmte er stroomt door een materiaal met een dikte van 1 m en bij een temperatuurverschil van 1 Kelvin.

Hoe lager de λ -waarde, hoe beter de thermische isolatie van het materiaal. Een materiaal wordt beschouwd als isolatiemateriaal indien de λ -waarde minder dan 0,065 W/mK bedraagt.

Een officiële Belgische λ -waarde; geattesteerd door het BUtgb (Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw) voor stro bestaat echter nog niet en blijft in België voorlopig (op datum van 16-11-2005) dan ook een discussiepunt. In Frankrijk, wordt een λ -waarde van 0,07 W/mK bij een dichtheid van 80 kg/m³ vermeld. Deze werd getest door het CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) Deze waarde is opvallend hoog, dus minder goed, vergeleken met

waarden die je terugvindt in Oostenrijk namelijk 0,045 W/mK bij een dichtheid van 90 kg/m³(zie bijlage) In Zweden wordt de isolatiewaarde van stro-45cm-gelijkgesteld met een isolatiewaarde van 25 cm minerale wol. De verschillen tussen de verschillende waarden zijn te wijten zijn aan de verschillen in dichtheid van de balen, de positie van de halmen (loodrecht of parallel aan de richting van de warmtedoorstroming), de vochtinhoud van het stro en in mindere mate het soort stro dat gebruikt wordt. In volgend schema wordt het effect van de ligging van de strobalen en de bepleistering in rekening gebracht op de isolatiewaarde.

(<http://www.ekbouwadvies.nl/bouwbesluit/energiezuinigheid/lambda.as>)

Voorbeeld van enkele traditionele isolatiematerialen en hun λ -waarde:

- ▶ Foamglas® Wall Board T4 WDS : λ -waarde: 0,040
- ▶ Rotswol 504: λ -waarde: 0,040

(<http://www.butgb.be/index.cfm?cat=extra&sub=isolation&str=true>)

R-WAARDE

De λ -waarde is nodig voor het bepalen van de warmteweerstand van een materiaal (R_m) of van een constructie (R_c). De warmteweerstand van een materiaal wordt berekend met de volgende formule:

$$R_m = \frac{d}{\lambda} \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

waarbij:

R_m = warmteweerstand van een materiaal

d = dikte van het materiaal

λ -waarde= weergegeven op de technische fiche van het bouw materiaal

De weerstand die een materiaal biedt tegen een warmtestroom is afhankelijk van de dikte van het materiaal en de warmtegeleidingcoëfficiënt. Hoe dikker het materiaal en hoe lager de warmtegeleidingcoëfficiënt hoe groter de weerstand (R). Hoe hoger de R -waarde, hoe beter het materiaal thermisch isoleert. De R -waarde van een strobaal schommelt tussen de 8 en 11, afhankelijk van de gebruikte constructie. Dit is beter dan conventionele bouwmaterialen die meestal gebruikt worden; grotendeels te wijten aan de dikte - 45cm - van de strobalen waardoor men een hogere R -waarde bekommt.

(<http://www.ekbouwadvies.nl/bouwbesluit/energiezuinigheid/lambda.as>)

Gernot,M., Friedemann,M. (2004).

Voorbeeld hiervan:

► Rotswol : 209 DUO SONO: R-waarde: 4,2 (dikte 150mm)

(BUtgb: Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw)

U-waarde

De U-waarde is het omgekeerde van de R-waarde, hoe lager de U-waarde hoe beter de isolatie.

K-peil

Het K-peil geeft een aanduiding van de isolatiegraad van een volledig gebouw. Hierbij worden alle λ -waarden van de afzonderlijke bouwmaterialen, de dikte ervan (U-waarde) en de oppervlakte van de totale woning in rekening gebracht. Het K-peil en de berekening ervan is een typisch Belgische waarde die je elders niet zal tegenkomen.

Deze moet door de architect bij de bouwaanvraag (woningbouw) berekend worden aan de hand van een isolatieformulier (zie bijlage: isolatieformulier), deze regelgeving is geldig tot 31 december 2005. Alle gebouwen waarvoor vanaf 1 januari 2006 een bouwaanvraag wordt ingediend, moeten een bepaald niveau van thermische isolatie en energieprestatie (isolatie, verwarmingsinstallatie, ventilatie, zonne-energie...) behalen. De oude K-55 waarde wordt teruggeschroefd naar een K-45 waarde (thermische isolatie-eis). Het behalen van een bepaald niveau van thermische isolatie en energieprestatie beperkt het energieverbruik. Vanaf $<K-30$ waarde spreekt men van een energiezuinige woning. In bijlage kan men vaststellen dat bij 2 verschillende woningen uit stobalen gebouwd, respectievelijk een K-29, en K 28,89 waarde bekomen werd. Beide woningen vallen dus in de categorie laag-energie-woning*. Op gebied van isolatie bestaat ook de richting passiefhuis. In een passiefhuis wordt het energiegebruik voor ruimteverwarming tot een minimum herleidt. Eén van de ingrepen die hiervoor gebruikt worden is een doorgedreven isolatie, isolatiepakketten van 27 cm en meer zijn geen uitzonderingen; het te behalen isolatieniveau is dan ook K 15. Het idee is oorspronkelijk afkomstig uit Duitsland / Oostenrijk. Daar bestaat reeds een voorbeeld van een stobalen passiefhuis. De eerste stobalenwoning / passiefhuis in Vlaanderen is momenteel in afwerkfase. (zie bijlage isolatieformulier: K 12, woning te Berlaar, Architect en bouwheer Henk Vanaelst.)

http://www.energiesparen.be/energieprestatie/documenten/epb_brochure_particulier.pdf

<http://www.milieudefensie.nl/publicaties/magazine/1998/julaug98/strohuis.htm>

www.passiefhuisplatform.be

www.butgb.be

E-peil = energieprestatie-eis

De zorg voor een energiezuinige, geïsoleerde en geventileerde woning heeft effect op het totale energieverbruik. Een maat voor dit energieverbruik noemen we de energieprestatie of het E-peil.

Zoals in alle Europese landen moet iedere bouwer en verbouwer vanaf 2006 ook in Vlaanderen aandacht schenken aan energiebesparende maatregelen. Het bekijken van de cijfers over het energieverbruik voor de gebouwen in Vlaanderen toont aan dat het gemiddelde energieverbruik voor verwarming in een doorsnee woning aan de hoge kant ligt. De Vlaamse overheid wil in het kader van het behalen van de Kyoto-doelstelling energiezuinig bouwen en verbouwen sterker stimuleren dan in het verleden is gebeurd.

Het E-peil geeft een beeld van het energieverbruik van de woning en haar vaste installaties in standaardomstandigheden. In de berekening van het E-peil worden volgende aandachtspunten gewaardeerd:

- ▶ Thermisch isoleren
- ▶ Compact bouwen
- ▶ Luchtdicht bouwen
- ▶ Ventileren
- ▶ Een hoog renderende installatie plaatsen voor verwarming en warm water
- ▶ Zonnewarmte benutten

Al die aandachtspunten hebben een effect op het energieverbruik van een woning. Een specifieke eis aan de energieprestatie van een woning, voortvloeiend uit de nieuwe energieprestatieregelgeving die 1 januari 2006 van kracht is, het E-peil van de woning moet kleiner zijn dan of gelijk aan E-100. Hoe lager het E-peil hoe energiezuiniger de woning.

(http://www.energiesparen.be/energieprestatie/documenten/epb_brochure_particulier.pdf)

7.5 Aardbevingsweerstand

Strobalen hebben een goede hoogte - breedte verhouding. Ze kunnen makkelijk versterkt worden met hout, bamboe of metalen pinnen. Strobalen zijn flexibel en sterk waardoor ze bestand zijn tegen aardbevingen zolang de verbinding tussen het dak en de fundering met de strobalenwand degelijk is. Ze absorberen in feite een deel van de schok in tegenstelling tot traditionele materialen waar de krachten rechtstreeks naar het dak toegaan.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

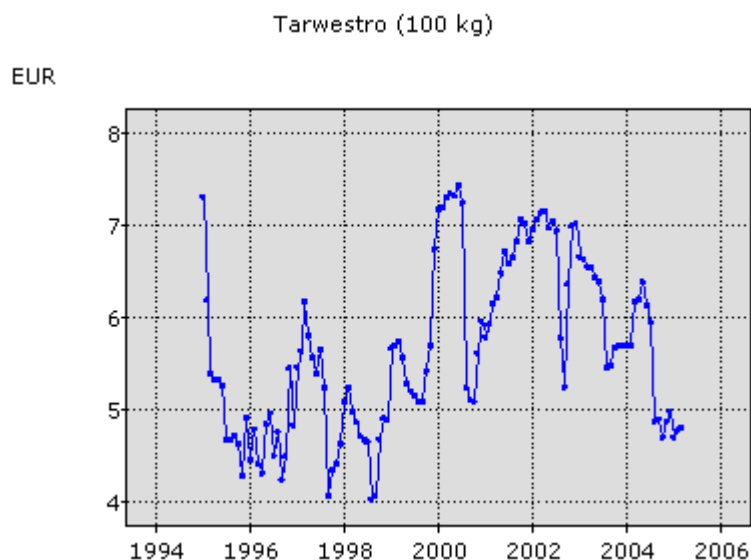
8 KOST VAN EEN STROBALENWONING

8.1 De kost van het stro

Tarwestro wordt algemeen het meest toegepast. De kost van stro (los) per 100 kg varieert rond de € 4 (2005).

(http://ecodata.mineco.fgov.be/mdn/ts_structur.jsp?table=EI9)

De prijs van een traditionele strobaal met de afmetingen 35-45-90 en een gewicht tussen de 12-15 kg komt dan min of meer overeen met € 0,64. Wel moet er de prijs van het persen erbij gerekend worden, dit is afhankelijk van landbouwer tot landbouwer. De prijs van één strobaal schommelt tussen de €1 en €1,50. Hieronder een overzicht van de prijs van tarwestro van januari 1995 tot maart 2005.



Figuur 7.1 Prijs tarwestro van januari 1995 - 2005

(http://ecodata.mineco.fgov.be/mdn/ts_source.jsp?S=FODEconomie,KMO,Middens tand en Energie,Nationaal Instituut voor de Statistiek)

Zoals te zien is op Figuur 7.1, kan men een daling van de prijs waarnemen van € 6,168 in maart 2004 tot € 4,8 maart 2005. Deze prijs is afhankelijk van de hoeveelheid tarwe die er op dat jaar geteeld wordt, en de vraag die er op dat moment is (vraag en aanbod). De kost van een strobaal is dus relatief laag.

8.2 De kost van een stobalenwoning in combinatie met houtskeletbouw

In wat volgt wordt een poging gemaakt om een beeld te scheppen van de verhoudingen in prijzen tussen de verschillende opbouwen. Het gaat hierom een stobalen woning in combinatie met houtskeletbouw omdat deze de meest toegepaste vorm is in België. De prijzen variëren sterk, afhankelijk van de gemaakte keuzes. Welke materialen; welke technieken, welke graad van afwerking, zelf doen of laten doen ...

Hier wordt de vergelijking gemaakt tussen een traditionele houten constructie met gevelmetselwerk (gevelsteen + spouw + isolatie + gipskartonplaat) en een stobalen woning met houten constructie. Deze schillen van kostprijs op basis van volgende onderdelen:

- ▶ Kost gevelsteen + metselwerk
- ▶ Kost voegen
- ▶ Kost isolatie + plaatsen
- ▶ Kost gipskartonplaat + plaatsen

Er wordt verondersteld dat in de stobalenwoning de stobalenwand en de leempleister uitgevoerd worden door de eigenaar en dus geen kost met zich meebrengen.

Kost traditionele houten constructie

Niet – dragend metselwerk : gevelsteen

Strengperssteen module 65 (190*90*65): 47,39 eur/m²

Kost voegen

Cementvoeg, platvol 13 stenen/m² : 4,07 eur/m²

Isolatie

Geëxtrudeerd polystyreen 4 cm: 11,47 eur/m²

Gipskartonplaat

Gipskartonplaten op latten 12,5 mm: 10,31 eur/m²

Latwerk: 7,51 eur/m²

Totaal kost: 80,75 eur/m²

De prijzen die hierboven gegeven worden zijn richtprijzen, de kost van de arbeidsuren zit erin verwerkt en wordt weergegeven in €/m².

www.livios.be

De prijzen zijn sterk afhankelijk van de gekozen materialen.

Kost stobalen woning

Strobaal

Formaat 35-45-90: ± 1,50 eur 4,76 eur/m²

PLEISTER

Leempleister 15 eur/m²

Totaal kost **19,76 eur/m²**

In de veronderstelling dat bij de stobalen woning, de wandopbouw en de bepleistering volledig zelfbouw zijn kan gezegd worden dat de kost van een traditionele houten constructie en metselwerk 80,75 – 19,76 = **60,99 eur/m²** meerkost per m² geveloppervlakte.

Praktisch rekenvoorbeeld:

We nemen als voorbeeld een vereenvoudigde woning type vierkant grondplan, 12 X12 m, 2 bouwlagen hoog (±7 m) met 15 % beglaasd oppervlak.

Geveloppervlak	=	12 X 7 X 4 = 336 m ²
Beglazing	=	336 X 0,15 = - 50,4 m ²
Netto geveloppervlak	=	285,6 m ²
Meerkost traditioneel gebouw	=	X 60,99

= € 17 418,74 meerkost per m² geveloppervlakte voor een traditioneel gebouw in combinatie met houtskeletbouw

Opmerking :

Dit is een ruime benadering van de kostprijs, bij deze berekening werd geen rekening gehouden met het verschil in kostprijs te wijten aan de gebruikte houten constructie. Bij een stobalen woning wordt namelijk een andere houten constructie toegepast dan bij een traditionele houtbouw. Bovendien bestaat in dit marktsegment een hoge graad van zelfbouw en zijn aannemersprijzen voor stobalenconstructie moeilijk terug te vinden.

Bij een globaal overzicht van de hele problematiek is voorzichtig te concluderen dat een stobalenwoning, in vergelijking met een klassieke constructie vrijwel in hetzelfde prijssegment valt. Evenwel is met de stobalenconstructie een hoge isolatiegraad te bereiken die de woonkost drastisch zal verlagen door een aanzienlijke besparing op de energiekost. Een volledige prijsvergelijking zou in dit

geval inhouden dat de stobalenconstructie vergeleken wordt met een woning die hetzelfde isolatiepeil bereikt. Gezien de lage K-waarde van de stobalenconstructie is dit in een klassieke metselwerkconstructie zelfs moeilijk haalbaar.

Overigens is in deze hele kostprijsproblematiek geen milieukost gerekend: indien ook deze kost zou meegerekend worden slaat de balans door in het voordeel van de stobalenconstructie.

9 BEKOMMERNISSEN

9.1 Brandveiligheid

9.1.1 Wetgeving

In België bestaat er geen wetgeving rond eengezinswoningen naar brandveiligheid toe. Zoals u hieronder kunt vaststellen.

Strobalenwoningen vallen in de wetgeving onder lage gebouwen.

De lage gebouwen (LG) : diegene waarvan de hoogte h kleiner is dan 10 m
 LG:h<10m

De hoogte h van een gebouw is conventioneel de afstand tussen het afgewerkte vloerpeil van de hoogste bouwlaag en het laagste peil van de door de brandweerwagens bruikbare wegen omheen het gebouw. Het dak met uitsluitend technische lokalen wordt bij deze hoogtemeting niet meegerekend.

9.1.1.1 Wet

KB Basisnormen brandveiligheid Bijlage 2 Lage gebouwen

Basisnormen (KB 19.12.1997 – BS 30.12.1997) met aanpassingen van KB van 4 april 2003.

De officiële tekst van de basisnormen is terug te vinden op de site van het Belgisch Staatsblad (<http://www.staatsblad.fgov.be>)

Basisnormen bijlage 2 :Lage gebouwen

Doel

Deze basisreglementering bepaalt de minimale eisen waaraan de opvatting, de bouw en de inrichting van lage gebouwen (LG) moeten voldoen om:

- a) het ontstaan, de ontwikkeling en de voortplanting van brand te voorkomen;
- b)de veiligheid van de aanwezigen te waarborgen
- c) preventief het ingrijpen van de brandweer te vergemakkelijken

Toepassingsgebied

Deze bijlage is van toepassing op alle lage gebouwen (LG : h<10m). Waarvoor de aanvraag voor een bouwvergunning wordt ingediend na 31 december 1997. De koning bepaalt de basisnormen betreffende de industriegebouwen binnen een termijn van 12 maanden na de inwerkingtreding van dit besluit.

9.1.2 Conclusie

Strobalenwoningen worden beschouwd als eengezinswoningen waarvoor dus geen wetgeving qua veiligheid en andere van toepassing is.

9.1.3 Brandverzekering

Een brandverzekering wordt berekend aan de hand van een schattingsstelsel. Aan de hand van zo'n schattingsstelsel wordt de waarde van een gebouw bepaald. Iedere maatschappij hanteert een ander schattingsstelsel.

KBC gebruikt een plaatsensysteem, hierbij worden verschillende onderdelen in rekening gebracht namelijk: het type van de woning, het aantal kamers in hoofdgebouw en aanpalende bijgebouwen, autostaanplaatsen en niet – aanpalende bijgebouwen, de afwerking, hoogte en oppervlakte van de living of eetkamer + zithoek. (zie bijlage) Fortis daarentegen berekend de waarde van het gebouw op basis van het aantal m², en er wordt een toeslag gerekend indien de woning voor meer dan 50% uit hout bestaat.

Mercator maakt onder andere gebruik van een schatter om de waarde van een gebouw te bepalen.

Andere maatschappijen baseren zich dan weer op de facturen van de gebruikte materialen in de woning om een waarde aan het gebouw toe te kennen. Deze waarde van het gebouw wordt jaarlijks aangepast met de ABEX-index*. De waarde de woning wordt dan vervolgens vermenigvuldigd met een factor variërend tussen de 0,80 – 1,10 ‰ afhankelijk van de maatschappij, die hiervoor haar eigen criteria hanteert. Bij het bekomen van de waarde na vermenigvuldigen van de factor worden er nog eens extra taksen bijgerekend namelijk 15,75% van overheidswege. Na dit alles berekend te hebben, bekom je de jaarlijkse premie. Hieronder een eenvoudig voorbeeld uitgewerkt ter verduidelijking van bovenstaande tekst.

Schattingsstelsel afhankelijk van maatschappij

↓

X bedrag: waarde gebouw vb. € 250 000 ⇒ jaarlijks ABEX – geïndexeerd

↓

x (0,80 – 1,10 ‰) afhankelijk van maatschappij

↓ vb. 1,00 ‰

€ 250 + 15,75 % taksen (overheid)

↓

€ 289,38 jaarlijkse premie

Afhankelijk van het gebruikte schattingssysteem wordt er rekening gehouden met de materialen die voor de woning gebruikt worden. De brandpremie is dus sterk afhankelijk van maatschappij en gebruikt schattingssysteem. Ook houdt de maatschappij er rekening mee dat je al dan niet een goede klant bent. Na aanvraag bij een verzekeringsmakelaar blijkt dat AXA en AGF geen extra premie aanrekenen voor een strobale woning. Er moet wel bij vermeld worden dat een strobale woning tot nu toe een ongekennd iets is bij verzekeringsmaatschappijen en dat de berekende premie sterk afhankelijk zal zijn van maatschappij tot maatschappij omdat er geen uniform systeem bestaat om de premie te berekenen van strobale woningen.

Peter Vos, architect van verscheidene strobale woningen wist te vertellen dat al deze woningen een normale brandverzekering verkregen.

9.1.4 Brandtesten

Brandtesten volgens ASTM- richtlijnen* hebben uitgewezen dat bepleisterde strobale wanden uitermate bestand zijn tegen vuur. Strobale wanden bevatten voldoende lucht om goed te isoleren, maar op grond van hun compacte persing bevatten ze te weinig lucht om een ontbranding tot stand te brengen.

Opmerking:

Onderstaande testen vermelden geen wanddiktes. Hierbij mogen we veronderstellen dat de wandopbouw uitgevoerd werd met standaarddiktes van strobale wanden ± 45 cm.

Uitslagen van testen:

SHB AGRA-Test (New Mexico):

Een onbepleisterde strobale wand doorstaat zonder problemen een F30 - Test (30 minuten brandweerstand) met een brandhaard aan één zijde.

Na 30 minuten bedroeg de temperatuur in de brandkamer 922 °C en bedroeg de buitenkant van de testwand slechts 12° C.

Na 35 minuten sloegen vlammen door de voegen van de strobale wand.
In een verdere SHB AGRA- Test werden bepleisterde wanden in de brandkamer onderworpen aan vuur, deze hielden toch 120 minuten stand wat voldoende is om de DIN 4102, Teil 2 F120 te behalen. De relatief slechte verbranding van strobale wanden ten opzichte van los stro is gebaseerd op de persing van het stro waardoor het vuur zich niet uitbreidt maar beperkt tot de bovenste laag die verkoold en op zich dan ook weer een bescherming biedt tegen de verbranding.

Voorwaarde is een goede afwerking met leem en/of kalk deze biedt een extra bescherming tegen brand. De dikte van het pleister op een strobale wand bedraagt

meestal tussen de 4 en 5 cm. In bijlage nog enkele uitslagen van testen uitgevoerd op 30 juli 2003.

De kennis over brandweerstand van strobalenwoningen is nog niet volledig. Toch kunnen we concluderen dat een strobalenwoning als brandveilig beschouwd mag worden. Een tweezijdige bepleisterde wand, biedt immers een brandweerstand van $2u = RF 120$, dit is een normale brandweerstand.

Overzicht van testen in verband met brandweerstand

1. Transverse Load Test and Small Scale E-119 Fire Test on Uncoated Straw Bale Wall Panels and Stucco Coated Wall Panels 1993 by Bryce Simons, P.E. of SHB Agra, Inc. Available from Natural Building Resources, 119 Main Street Kingston, NM 88042; ph 505- 895-5652; (www.strawbalecentral.com)

2. ASTM E84-98 Surface Burning Characteristics, (on) Straw Bale 2000 by Guy Haby and William E. Fitch, P.E. of Omega Point Laboratories, Inc. Available from Development Center for Appropriate Technology (DCAT) P.O. Box 27513, Tucson, AZ 85726-7513; ph520-624-6628; (www.azstarnet.com/~dcat)

3. Wall Systems of Renewable Resources (“Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen”) which includes an F90 (European fire resistivity test) and B2 (European flammability test) 2001 by Robert Wimmer, Hannes Hohensinner, Luise Janisch and Manfred Drack of the Gruppe Angepasste Technologie (GrAT) an der TU Wien (the Appropriate Technology Group at Vienna Technological University); posted (in German) as a PDF document at (www.grat.tuwien.ac.at)

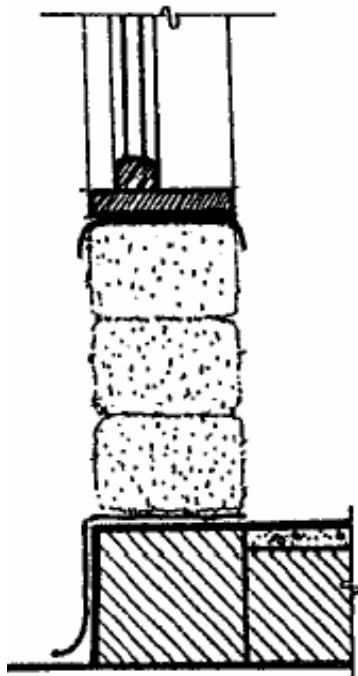
9.2 Vocht

Vocht is de grootste potentiële vijand van een strobalenconstructie. Aantasting door vocht kan leiden tot volledige ontbinding en biologische aantasting. Het is daarom belangrijk de woning te beschermen tegen rechtstreekse blootstelling aan vocht. Een goede opbouw, en afwerking vooral aan de fundering en het dak zijn noodzakelijk. De afwerking van het dak zou zo snel mogelijk moeten gebeuren, indien dit niet mogelijk is dienen de strobalen afgeschermd te worden. Bij ons wordt het meest gebruik gemaakt van strobalenbouw in combinatie met houtskeletbouw. Bij toepassing van deze techniek staat de houtskeletbouw uiteraard eerst en wordt het dak afgewerkt wat het nat worden van de balen voorkomt. Wanneer vocht binnendringt in de bovenste strobalen en zo verder sijpelt naar de onderste bestaat de kans dat ze beginnen te rotten vooraleer ze opdrogen. De strobalenwanden lijken dan weer niet zo gevoelig te zijn aan vocht. Strobalenwanden die enige tijd blootgesteld werden aan weer en wind leverden geen probleem op. Het blijkt dat enkel de buitenste laag van de wand nat wordt en terug opdroogt bij droger weer. Een strobalenbouw die goed kan ventileren blijkt de beste oplossing te zijn tegen vocht, aangezien het vocht naar buiten kan emigreren. Hierbij is de

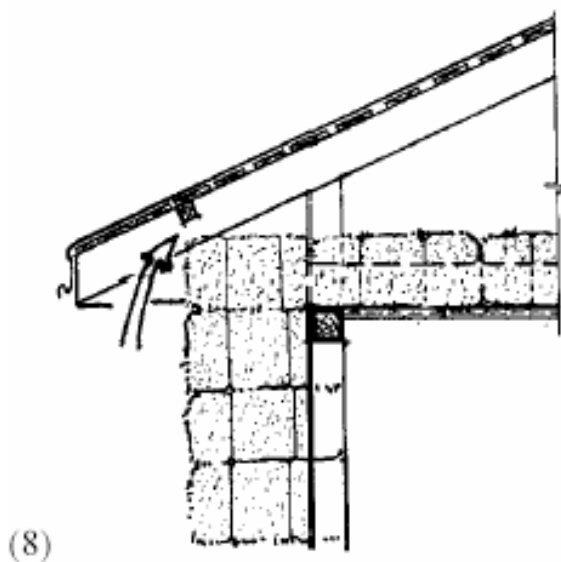
dampdiffusieweerstand van de afwerkmaterialen, zoals eerder gezien wel erg belangrijk.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

Voorbeeld van een goede opbouw om vochtproblemen te vermijden.



Figuur 8.1 Hoge voetsteen om waterinfiltratie te voorkomen (doorsnede)



(8)

Figuur 8.2 Ruime oversteek van het dak (doorsnede)



Figuur 8.3 bescherming van stobalen door middel van plastic



Figuur 8.4 plasticen bescherming tegen vocht

Na het plaatsen van de balen is het aan te raden de stobalen te beschermen tegen weer en wind, tot na de bepleistering door het plaatsen van een plastic zeil.

9.3 Ongedierte

Stro bevat in principe geen voedsel voor ongedierte. Men kan het best stro kiezen wat een minimum aan granen bevat. Als de muren daarenboven nog goed bepleisterd worden kunnen deze ook niet als nestgelegenheid gebruikt worden. De muren worden bepleisterd met een mengsel van leem en kalk, deze kalk en de natuurlijke waslaag van het stro gaan ongedierte tegen.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

9.4 Allergieën

Er bestaat een verschil tussen stoffig en relatief proper stro. Astmapatiënten kunnen problemen krijgen met stoffig stro, dit moet men dan ook proberen te vermijden. Eens de muren gepleisterd zijn lijken er geen problemen op te treden zelfs bij stoffig stro.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

9.5 Binnenafwerking

9.5.1 Elektriciteit en waterleidingen

De methode om leidingen te installeren, zowel elektrische als waterleidingen, verschilt op zich niet met die van een traditionele woning. De elektrische leidingen dienen volgens het AREI* (Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties) geïnstalleerd te worden. Volgens deze methode worden de leidingen zonder verbindingstukken aangebracht, en wordt kortsluiting uitgesloten. Bij de aanwezigheid van een kelder kan men de leidingen voor een groot deel hierin verwerken.



Figuur 8.5 leidingen verwerkt in stro

Voor de installatie van waterleidingen kan men ofwel de leidingen in de strobalenwand of in binnenwand (bestaat meestal niet uit stro), in een kruipkelder verwerken ofwel op de bestaande houtskeletbouw monteren. Indien de leidingen in de strobalenwand worden verwerkt, wordt aangewezen op leidingen zonder verbindingstukken om de kans op lekken maximaal te beperken. Deze methode van leidingen verwerken in de strobalen zelf wordt in Vlaanderen praktisch niet toegepast, meestal wordt er gekozen om de leidingen in een kruipkelder te verwerken of op binnenmuren die niet uit stro bestaan.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

Voor de plaatsing van stopcontacten en schakelaars maakt men meestal gebruik van opbouwstopcontacten, ze worden op de bestaande houtstructuur bevestigd.

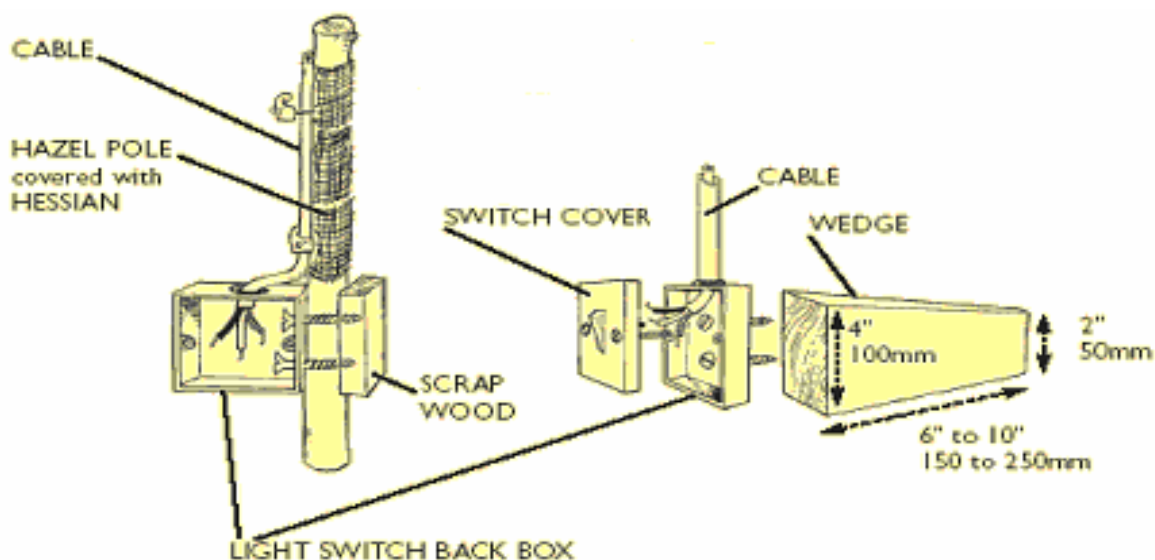


Figuur 8.6 opbouwstopcontact



Figuur 8.7 opbouwstopcontact

Ook kan men gebruik maken van inbouw stopcontacten - schakelaars, bij deze moet er wel een verstevigde constructie voorzien worden in de strobalenwand. Dit kan op verscheidene methodes gebeuren, enkele methodes worden in figuur hieronder duidelijk.



Figuur 8.8 Bevestigingswijzen voor inbouwstopcontact en schakelaar

9.5.2 Bevestigingspunten

Als bevestigingspunt kan men steeds gebruik maken van de bestaande hout(stalen)skeletbouw, daarnaast bevinden er zich in geval van balloonbouw (zie 11.3) , in de wanden dwarsbalken die men gebruikt heeft voor het aanspannen van de balen. Bij het gebruik van deze dwarsbalken om de strobalenwand samen te persen kan men deze als bevestigingspunt gebruiken.



Figuur 8.9 Dwarsbalk die men kan gebruiken als bevestigingspunt

Verder kan er in de bepleistering van 4 à 5cm ook wel het één en ander bevestigd worden bvb. fotokader.

Als alternatief voor het plaatsen van ophangradiatoren kan men ook vrijstaande radiatoren gebruiken die in de vloer gemonteerd worden of gebruik maken van muur en/of wandverwarming.



Figuur 8.10 vrijstaande radiator

10 STRO EN HET MILIEU

10.1 LCA – cyclus van stro

10.1.1 Definitie

Levenscyclusanalyse (LCA) biedt een objectief instrument om de milieu-impact van een materiaal te beoordelen.

Hierbij worden zowel milieucriteria als gezondheidscriteria in rekening gebracht. Deze LCA- cyclus werd uitgewerkt volgens het TWIN-model door NIBE, Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, in 1999.

Nota: de gebruikte schaal wordt hierbij toegelicht.

Schaal	MBPn	Omschrijving
1	0-3	Geringe milieubelasting
2	4-9	Geringe milieubelasting
3	10-27	Matige milieubelasting
4	28-81	Matige milieubelasting
5	82-243	Matige milieubelasting
6	244-729	Aanzienlijke milieubelasting
7	>729	Aanzienlijke milieubelasting

MBPn = milieubelastingspunten

10.1.2 Milieucriteria

Grondstoffen

Winplaats

Stro is een bijproduct van granen en peulvruchten.
Inschaling op niveau 0.

Uitputting biotische grondstoffen

De aanwas van stro is groter dan het verbruik. Alleen bij een enigszins groeiend gebruik is er uitputting te verwachten. Inschaling op niveau 1.

Uitputting abiotische grondstoffen

Niet van toepassing

Tempo uitputting

Op mondiaal niveau is er een grote voorraad stro aanwezig, alleen bij een sterk toenemend gebruik is er uitputting te verwachten. Dit komt doordat stro een vernieuwbare grondstof is.

Verontreiniging

De emissies zijn afkomstig van het transport van stro per truck van de winplaats naar de verwerking.

Broeikaseffect

6,26 kg CO₂ equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 5.

Ozonlaagaantasting

0 kg CFK equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 0.

Verzuring

0,085 kg SO₂ equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 3.

Vermesting

0,014 kg fosfaat equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 5.

Zware metalen

0,000012 kg lood equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 3.

Wintersmog

0,016 kg stof equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 2.

Zomersmog

0,0097 kg etheen equivalenten/ton stro. Inschaling op niveau 3.

Pesticiden

0 kg pesticiden/ton stro. Inschaling op niveau 0.

Warmte

Geen invloed bekend en/of verwacht. Inschaling op niveau 0.

Hinder

Stank

Geen invloed bekend en/of verwacht. Inschaling op niveau 0.

Geluid

Bij het oogsten is er incidenteel sprake van geluidsoverlast, omdat stro een bijproduct is, is dit niet meegerekend. Inschaling op niveau 0.

Licht

Geen invloed bekend en/of verwacht. Inschaling op niveau 0.

Calamiteiten

Geen invloed bekend en/of verwacht. Inschaling op niveau 0.

Aantasting

Ruimtebeslag

Stro is een bijproduct, daarom is ruimtebeslag niet van toepassing. Inschaling op niveau 0.

Energie

Uitputting energiedragers

De belangrijkste energiebronnen bij de winning van stro zijn steenkool, aardgas en aardolie.

Dit is energie afkomstig van het transport. Inschaling op niveau 6.

Totale energiegebruik

943,63 MJ/ton stro. Inschaling op niveau 5.

10.1.3 Gezondheidscriteria

Fysische agentia

Elektromagnetische velden

Geen invloed bekend en/of verwacht.

Elektrostatische velden

Geen invloed bekend en/of verwacht

Statische magneetvelden

Geen invloed bekend en/of verwacht

Radon en radioactiviteit

Geen invloed bekend en/of verwacht

Chemische agentia

Vaste chemische agentia

Geen gegevens bekend

Vloeibare chemische agentia

Geen gegevens bekend

Gasvormige chemische agentia

Geen gegevens bekend

Ergonomie

Tillen

Geen gegevens bekend

Werkhouding

Geen gegevens bekend

Veiligheid

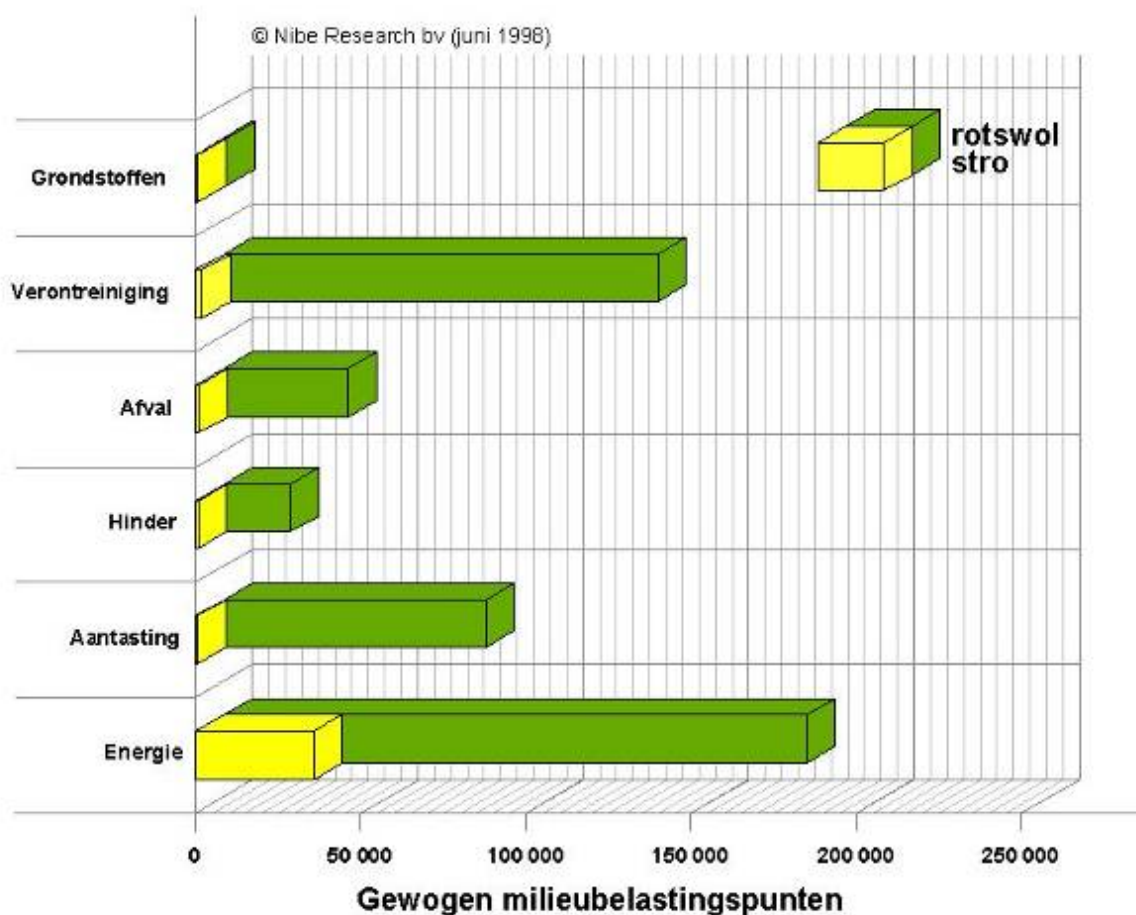
Ongelukken

Geen gegevens bekend

Af-/bescherming

Geen gegevens bekend

Gewogen milieuprofiel van stro en steenwol



Figuur 9.1 Vergelijking steenwol - stro

Vergelijking stro - steenwol :

Beiden worden gequoteerd door middel van milieubelastingspunten. Dit gebeurt op 6 gebieden namelijk: grondstoffen, verontreiniging, afval, hinder, aantasting en energie. Hieruit blijkt dat stro in tegenstelling tot steenwol een veel kleinere milieupact heeft. De kleine milieupact die stro heeft is praktisch volledig te wijten aan het transport van de strobalen wat zich vertaalt in het gebied "energie". Steenwol daarentegen heeft een grote milieupact vooral op gebied van "verontreiniging", "aantasting" en "energie". Uit deze vergelijking blijkt dus dat stro een milieuvriendelijk isolatiemateriaal is.

Haas, M., (1999).

Opmerking:

Bij de opmaak van deze LCA-cyclus werd geen rekening gehouden met de onkruid – en ziektebestrijding van granen, deze bestrijding heeft toch enige impact op ons milieu.

10.2 Hernieuwbaar product

Voor veel materialen geldt dat deze op termijn op zullen raken. Voor hernieuwbare materialen geldt dat niet. Deze groeien immers altijd weer aan. Voor de landbouw vormt de teelt van hernieuwbare materialen een welkome aanvulling op de teelt van voedselgewassen, waarvan stro een voorbeeld is. Met andere woorden het is een onuitputtelijk materiaal, stro kan in minder dan een jaar geteeld worden.

(<http://www.agrodome.nl/HGABM.pdf>)

10.3 Restproduct

Stro is een restproduct van granen. Het is de halm van het graan dat voornamelijk gebruikt wordt om dieren op te strooien en om onder te ploegen in de bodem als structuurverbeteraar. Dit restproduct kan dus gebruikt worden voor de bouw van woningen.

10.4 Reductie bouwafval

Bouw –en sloopafval behoort tot de grotere afvalstromen. Bouw –en sloopafval bestaat voor ruim 90% uit resten beton en metselwerk, asfaltpuin, dakpannen en keramiek. Dit noemt men ook wel de steenachtige fractie. Daarnaast bevat bouw en sloopafval een zeer diverse restfractie waaronder hout, kunststoffen, metaal, roofing, gips, kalk,... De hoeveelheid bouw - en sloopafval die jaarlijks in Vlaanderen vrijkomt wordt geschat op 5,2 miljoen ton. Bouw - en sloopafval is in volume dan ook één van de grootste afvalstromen. Ter vergelijking: alle Vlaamse huishoudens samen produceren "slechts" 3 miljoen ton huishoudelijk afval. In het "uitvoeringsplan bouw - en sloopafval" dat de Vlaamse regering op 5 april 1995 goedkeurde, zijn de doelstellingen voor het beheer van bouw -en sloopafval opgenomen. Deze doelstellingen gaan voornamelijk over preventie en nuttige toepassing. Conform de verwerkingshiërarchie komt preventie van bouw –en sloopafval op de eerste plaats. Enerzijds wordt er gestreefd naar een kwantitatieve preventie door de hoeveelheid bouw -en sloopafval te beperken. Anderzijds moet de kwaliteit van de samenstelling van het bouw –en sloopafval verbeteren. Dan kan het dienen als herbruikbare grondstof. Daardoor verschuiven we het accent naar duurzame bouwstoffen. Aangezien strobalembouw een manier van duurzaam bouwen is, is dit de ideale manier om het bouw -en sloopafval met een pak te verminderen. Na sloop gaat het stro zonder schadelijke effecten op in de kringloop.

(<http://www.milieudedefensie.nl/publicaties/magazine/1998/julaug98/strohuis.htm>)

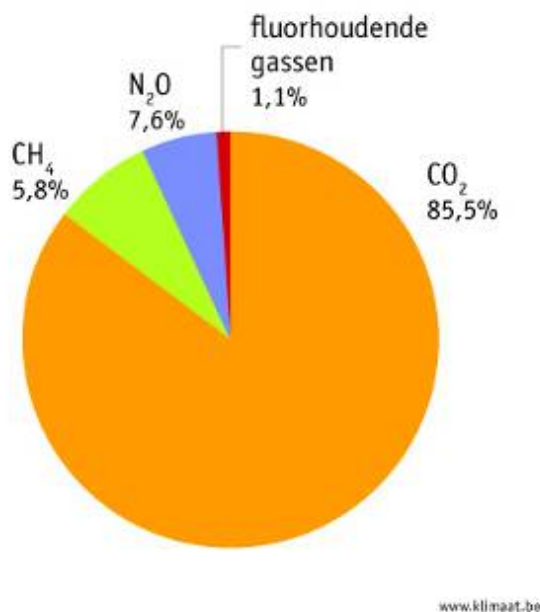
(www.ovam.be)

10.5 CO₂ – reductiebeleid

Het klimaatverdrag van Kyoto verbindt België ertoe om tegen 2012 de broeikasgassen met 7,5% terug te dringen in vergelijking met 1990. Koolstofdioxide is hierbij één van de belangrijkste broeikasgassen, en ontstaat door de verbranding van fossiele en plantaardige energie (transport, verwarming...), door bepaalde industriële activiteiten, en door de ontbossing (door de vermindering van opslag van CO₂ door de bossen).

(<http://www.klimaat.be/nl/broeikasGas.html>)

In onderstaande figuur wordt vastgesteld dat koolstofdioxide voor 85,5% deel uitmaakt van de totale uitstoot.



Figuur 9.2 De bijdrage van de verschillende broeikasgassen aan de totale uitstoot en hun evolutie

(<http://www.klimaat.be/inventemis/inventaris3.html>)

10.5.1 CO₂ – reductie door vermindering van productie - energie

De productie van stro vraagt slecht 14Mj/m³ aan energie dit in tegenstelling met minerale wol die 1.077Mj/m³ energie vereist. De plant neemt namelijk tijdens het groeiproces , CO₂ op uit de atmosfeer, deze komt weer vrij bij de verbranding ervan en wordt daarom ook CO₂ - neutraal genoemd. Er is relatief weinig productie-energie nodig om van stro een bouwsteen te persen, i.t.t. andere materialen zoals bvb. een baksteen, waarbij de klei eerst gebakken moet worden. Het isolatiemateriaal is de strowand en vergt geen aparte productie zoals gangbare isolatiematerialen: een 10-100-voudige energiewinst wordt makkelijk verkregen.

Claus, P., (2003).

Gernot, M., Friedemann, M. (2004).

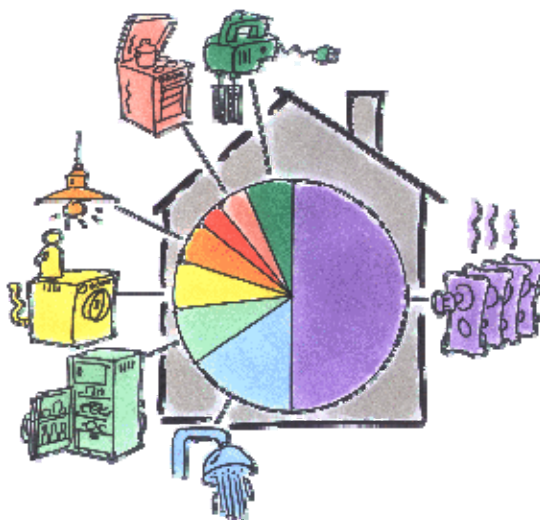
(<http://www.ramstrobouw.nl/RAMid.html>)

(<http://www.ecn.nl/biomassa/waarom.nl.html>)

(<http://www.milieudefensie.nl/publicaties/magazine/1998/julaug98/strohuis.htm>)

10.5.2 CO₂ – reductie als gevolg van een verminderd energieverbruik

Een strobalen woning is beter geïsoleerd dan een traditionele woning waardoor minder energie vereist is om de woning te verwarmen, dit brengt eveneens een reductie van het CO₂- gehalte met zich mee.



Figuur 9.3 Energieverbruik binnen het huishouden

Zoals men ziet op figuur 8.4 wordt het merendeel van energieverbruik toegewezen aan verwarming van de woning. Het is in dit opzicht niet onbelangrijk te weten dat verwarming een grote CO₂ – uitstoot met zich meebrengt. Indien onze woning nu beter geïsoleerd wordt, zal niet enkel het energieverbruik binnen een woning sterk dalen maar ook de CO₂ – uitstoot alsook de stookkosten. Bij een strobalen woning zal dus de stookkost, het energieverbruik en de CO₂ – uitstoot een pak minder zijn tengevolge van een beter geïsoleerde woning

11 CONSTRUCTIE VAN EEN STROBALEN WONING

11.1 Funderingen

Zoals iedere fundering is het hoofddoel ervan, het dragen van lasten zoals dak en muren op een vorstvrije basis. Een fundering moet altijd minimaal 70-90 cm diep zijn. De vorstgrens mag namelijk ook bij een strenge winter nooit de onderkant van de fundering bereiken. De fundering kan anders omhoog vriezen. Bij deze toepassing heeft de fundering ook een tweede functie. Het isoleert de strobalen, houtskelet van opkomend grondwater, waterdamp en opspattend water bij regenval. Het is van fundamenteel belang dat de basis van de strobalen droog gehouden wordt. De voorkeur voor funderingen van strobalenconstructies gaat uit naar een funderingsplaat op volle grond. Bij funderingen op staal is de algemene regel van goede praktijk dat de buitenmuren op dezelfde dikte funderingsmuren geplaatst wordt. De klassieke buitenwand wordt opgebouwd met een dragende binnenmuur 14 cm, 7 cm spouw waarin ook isolatie geplaatst wordt en 9 cm buitengevelsteen. Buitenwanden van strobalenconstructies zijn, door de specifieke afmetingen van de balen 45 à 50 cm dik. De draagconstructie is bijgevolg ook gedimensioneerd op de breedte. Dat maakt dat er ter hoogte van de steunende kolommen verbredingen in de funderingen voorzien worden voor een optimale krachtspreiding. Door het lichte gewicht van de balen zelf kunnen deze rechtstreeks op de gelijkvloerse plaat geplaatst worden. Bij het gebruik van putten, palen of fundering op staal zal met deze specifieke eigenschappen rekening gehouden worden door plaatselijke verbredingen. Afhankelijk van een aantal bouwkundige factoren vorm van de constructie, de ondergrond, de al dan niet aanwezigheid van kelder of kruipkelder,...

Lacinski, P., Bergeron, M., (2000).

11.1.1 Fundering uit stro

In woestijnklimaten wordt vaak gebruik gemaakt van funderingen uit stro. De strobalen zijn dan omhuld met een leempleister en worden rechtstreeks op de bodem geplaatst. Dit systeem wordt ten sterkste afgeraden in ons klimaat (te nat) en is enkel mogelijk in een vorstvrij klimaat.

11.1.2 Fundering op staal, gegoten in situ

De vaste grond is hier een zandlaag op ± 1 a 2 meter. Deze zandlaag is zo hard "staal" dat er niet geheid hoeft te worden.



Figuur 10.1 Fundering op staal



Figuur 10.2 Fundering op staal

Zoals in de meeste traditionele huizen wordt ook bij strobalembouw overwegend gebruik gemaakt van een betonnen fundering. Funderingen op staal omvat de ondiepe fundering van het bouwwerk, bestaande uit funderingszolen of -stroken, die op vorstvrije diepte (80cm) aangezet worden. Dit type van fundering is enkel mogelijk bij middelmatige belasting en goede grondeigenschappen, die voorafgaandelijk uit diepsonderingen ter plaatse moeten afgeleid zijn. Naargelang de grondkarakteristieken bestaan dergelijke funderingen uit ongewapend en/of gewapend beton.

Het systeem is toepasbaar bij vloeren op volle grond, kruipkelders of kelders, op voorwaarde dat de draagkracht van je grond goed en gelijkmatig is.

(<http://www.vhm.be/PROF2004/B2005/Deel1/hfd12.htm>)

(<http://www.bouwsite.be/Bghome/2rfk.htm> - ftypes)

Algemene beschrijving-uitvoering

Met ongewapend/gewapend beton wordt er een verbrede zone gerealiseerd onder alle dragende muren. Het beton wordt gestort op een effen, droge, stabiele en schone ondergrond voorzien van een geomembraan. Het beton wordt zodanig gestort dat er geen enkele holte tot stand komt. In de funderingen voorziet de aannemer de nodige uitsparingen, leidingdoorvoeren en zettingvoegen zoals aangeduid op de plannen. De bekistingen zijn voldoende dicht uitgevoerd om verlies van cementmelk te voorkomen. Voor het ondergrondse gedeelte van de funderingen, staat het in de aannemer vrij de uitgravingen in talud uit te voeren en geen bekisting te gebruiken. Op de fundering wordt vervolgens een betonnen vloerplaat gegoten.

Cordemans, C., Stout, K. (2003).

(<http://www.livios.be/nl/build/guid/roug/fund/333.asp>)

11.1.3 Algemene gewapende funderingsplaat



Figuur 11.1 Algemene funderingsplaat

Algemene gewapende funderingsplaat wordt gebruikt bij minder draagkrachtige grond. Het basisprincipe is het volgende: de woning wordt gebouwd op een stijve plaat die zich als een vlot gedraagt; als er zettingen optreden dan zal de woning in zijn geheel bewegen, wat veel minder differentiële spanningen in de constructie doet optreden en bijgevolg het risico op barsten verkleint. De dikte en bewapening van de plaat wordt berekend.

Toepasbaar bij kruipkelders en kelders, en ook als vloer op volle grond op voorwaarde dat de grond hoger gelegen

is dan de straat. Ook hier geldt dat er aan de buitenmuren een vorstrand moet voorzien worden tot op 80 cm diepte.

11.1.4 Gemetselde fundering

Ook de gemetselde fundering is één van de traditionele types. Ook deze methode kan toegepast worden bij strobalembouw. Er kan gekozen worden voor een kruipkelder/kelder bij deze methode.



Figuur 10.4 Gemetselde fundering



Figuur 10.5 Gemetselde fundering

Algemene beschrijving-uitvoering

De gemetselde funderingen moeten loodrecht, haaks en goed vlak uitgevoerd worden. De voegen moeten horizontaal en overal dezelfde dikte hebben. Er moet voor gezorgd worden dat het dagvlak goed effen is en dat de randen loodrecht zijn. Het steenverband wordt uitgevoerd in halfsteensverband. Alle muren die een geheel vormen worden tezelfdertijd opgetrokken. Het metselwerk wordt met andere structurelementen verbonden door middel van ankers.

Cordemans, C., Stout, K. (2003).

11.1.5 Puttenfundering

Een fundering op putten wordt toegepast wanneer de draagkrachtige grond zich op 10 à 15 m diepte bevindt. De putten bestaan uit ringvormige geprefabriceerde elementen in beton waarvan de diameter kan variëren van ± 80 cm binnendiameter tot 1,5 m diameter of meer. De ringvormige elementen worden op mekaar gestapeld en een aangepaste grijper graaft de aarde binnen de ring uit waardoor de ringen omlaag zakken door hun eigen gewicht. De ontstane putten worden opgevuld met zand, gestabiliseerd zand of beton. Bovenop de putten komt een ringbalk in gewapend beton waarop de verdere constructie vertrekt. Een eenvoudig gestructureerd gebouw kan het aantal putten beperken wat een geweldige prijsconsequentie heeft.

(<http://www.bouwsite.be/Bghome/2rfk.htm#ftypes>)

11.1.6 Paalfunderingen

Paalfunderingen worden toegepast wanneer de draagkrachtige grond zich op grote diepte bevindt en het gebruik van putfunderingen economisch niet rendabel is. Bij paalfunderingen gaat men niet enkel de draagkracht aan de punt in rekening brengen maar ook de wrijvingsweerstand over de lengte van de paal. Deze weerstand wordt ook "kleef" genoemd.

Aanvankelijk werden palen geheid, een heiblok werd opgehesen en valt op het bovineinde van de paal en dringt deze de grond in. Deze techniek gaat gepaard met aanzienlijke trillingen die schade kunnen veroorzaken aan constructies in de grote omgeving van de uitgevoerde werken. Om dit te voorkomen zijn dan ook andere methoden ontwikkeld zoals schroefpalen en boorpalen. Origineel werden houten palen gebruikt (bvb. in Amerika en Venetië). Vandaag worden betonnen en stalen palen gebruikt. Betonpalen kunnen geprefabriceerd zijn of worden in de grond zelf gevormd.



Figuur 10.6 Paalfundering



Figuur 10.7 Paalfundering

11.2 Wandopbouw

11.2.1 Nebraskastijl - zelfdragende constructie



Figuur 10.8 Strobalen woning: Nebraskastijl



Figuur 10.9 Opbouw van Nebraskastijl



Figuur 10.10 Strobalen woning in Nebraska stijl

11.2.2 Traditioneel

De Nebraskastijl is de authentieke stijl van strobalenbouw die dateert uit 1800. Deze stijl wordt in het Engels dikwijls aangehaald als “load-bearing”. Bij deze constructie zijn de strobalen op zich de dragende constructie, ze dragen de last van het dak en eventuele sneeuwlast. Er is geen dragende skeletbouw aanwezig. De strobalen worden in verband geplaatst en hier en daar verstevigd met pinnen en koorden. Ze fungeren als dragende constructie. De strobalen worden niet gecompacteerd, dit gebeurt in principe later door het gewicht van het dak. Het dak moet zo ontworpen zijn dat de last over de totale strobalenwanden gelijk verdeeld worden. Niet-gecompacteerde strobalen die onmiddellijk na plaatsen bepleisterd worden, hebben vaak te maken met krimp en uitzetting wat barsten tot gevolg heeft. Men kan dus het best enkele weken wachten na het plaatsen van het dak waardoor de wanden zich “gezet” hebben en de kans op barsten veel kleiner wordt.

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994).

Magwood, C., Mack, P. (2000).

Voordelen

- ▶ Gemakkelijke methode, weinig moeilijke details
- ▶ Weinig vakmanschap vereist
- ▶ Vrije expressieve vormgeving mogelijk
- ▶ Snelle methode
- ▶ Goedkope methode

Nadelen

- ▶ Geen verdieping mogelijk
 - ▶ Stro moet droog gehouden worden tijdens het ganse bouwproces en een periode van minstens een maand na het opbouwproces tot de wanden zich gezet hebben en bepleisterd kunnen worden vandaar niet echt aan te raden in ons klimaat.
 - ▶ Openingen voor deuren en ramen mogen niet meer dan 50% van de totale muuroppervlakte bedragen
 - ▶ Maximum muurlengte zonder verdere ondersteuning is 6m
- Wachttijden voor het bepleisteren van de wanden (ca 2 maanden)

Claus, P., (2003).

Haas, M., (2003).

11.2.3 Pre-compactering van de strobalen



Ook hier worden de strobalen halfsteens geplaatst en fungeren ze als dragende constructie.

Deze recentere methode verschilt met de vorige op basis van een voorafgaande compactering van de strobalen. De compactering kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. Een van deze methodes bestaat uit het plaatsen van een horizontale balk bovenop de strobalenwand die dan door middel van spanbanden of touwen aangespannen wordt. Een andere methode die gebruikt wordt is de luchtdrukmethode. Er wordt een zak op de muurplaat onder de spanbanden

aangebracht. Deze zak wordt volgepompt met lucht en daardoor wordt de wand samengeperst totdat de verdiepingshoogte met wel 12,5 cm verminderd is. Nog een andere methode maakt gebruik van draadstangen bevestigd in de fundering doorheen de volledige hoogte van de balenwand die dan aangevezen worden. Het blijkt dat door pre-compactering niet alleen veel sneller met de afwerking begonnen kan worden, maar dat ook een stabielere wand ontstaat.

Haas, M., (2003).



Figuur 10.11 Compactering door middel van spanbanden



Figuur 10.12 Horizontale balk bovenop strobalenwand om deze gelijkmatig te kunnen samenspannen



Figuur 10.13 compacteringsmechanisme

Voordelen

- ▶ Gemakkelijke methode, weinig moeilijke details
- ▶ Weinig vakmanschap vereist
- ▶ Eén verdieping mogelijk
- ▶ Vrij snel mogelijkheid tot afwerken
- ▶ Goedkope methode

Nadelen

- ▶ Stro moet droog gehouden worden tijdens het ganse bouwproces
- ▶ beperkingen gevelopeningen

Haas, M., (2003).

Magwood, C., Mack, P. (2000).

11.2.4 Houtstaanders of houtskelet met strobalen gevelvulling

Deze methode is te omschrijven als een houtconstructie met strobalen als gevelvulling. De houten constructie heeft een dragende functie en zorgt voor meer stabiliteit, de strobalen dienen als gevelvulling en isolatie en hebben op zich geen dragende functie. De strobalen worden in verband geplaatst en kunnen onderling verbonden worden. Bij houtskeletbouw staan de stijlen dicht bij elkaar, bij houtstaanders staan ze verder uit elkaar in combinatie met een ringbalk.



Figuur 10.14 Houtstaanders met stro als gevelvulling

Mogelijke uitvoeringswijze:

In eerste instantie wordt de houten constructie geplaatst. De balen worden vervolgens tegen de houten constructie geplaatst. De binnen – en buitenkant wordt dan afgewerkt naar keuze. De wanden (binnen –en buitenwand) kunnen bepleisterd of betimmerd worden.

Haas, M., (2003).

Voordelen

- ▶ Gemakkelijke methode, weinig moeilijke details
- ▶ Vrije expressieve vormgeving mogelijk
- ▶ Meerdere verdiepingen mogelijk
- ▶ Op de houten constructie is al snel een dak te plaatsen, zodat strobalen droog blijven tijdens de uitvoering
- ▶ Goedkope methode

Nadelen

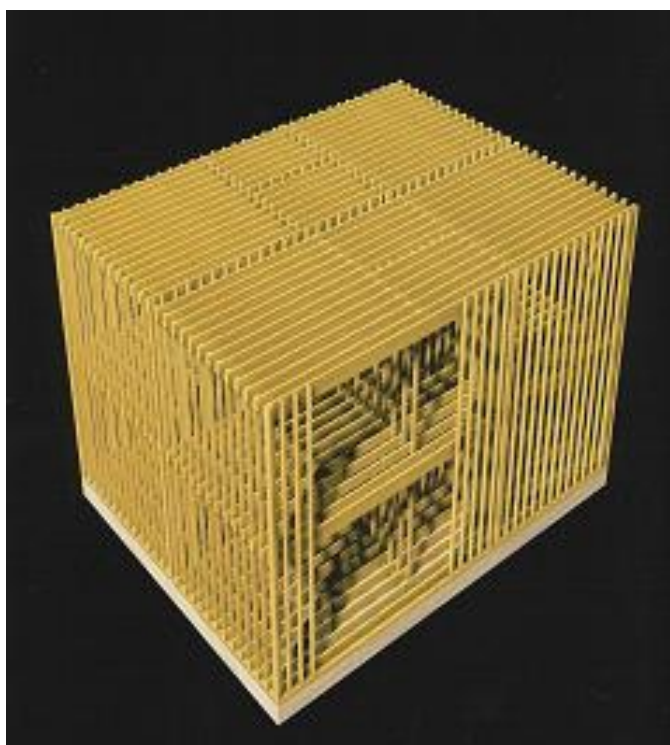
- ▶ Vaklui vereist voor houten constructie

► Ingewikkelder dan de Nebraska methode

11.2.5 Houtskeletbouw met opvulling door stobalen

Ook bij deze methoden is de houtskeletbouw dragend, de opvulling van dit skelet gebeurt door stro. De stobalen worden “halfsteens” geplaatst net zoals bij de vorige methoden. De houten constructies die hier toegepast worden kunnen algemeen opgedeeld worden in 2 soorten, de balloonconstructie en de platformconstructie.

1. Balloonconstructie



Figuur 10.15 Balloonconstructie

Een puur zuivere toepassing van de balloonconstructie is het niet, maar het houtskeletbouw wordt er grotendeels op gebaseerd.

De structuur is zo opgebouwd dat er geen horizontale compartimentering ontstaat waardoor de balen van vloer tot dak volledig kunnen doorlopen en zo goed gecompacteerd kunnen worden. Door het volledig doorlopen van de stobalen ontstaan er geen koude bruggen. Zoals men ziet op figuur 10.16 loopt de stobalenwand door tot aan het dak.



Figuur 10.16 Balloonbouwconstructie

Om de 3 à 4 lagen wordt een dwarsbalk bevestigd, dit om de strobalenwand goed te kunnen samenpersen. Door dit samenpersen van de wand, ontstaat een stevige en stabiele wand. Na het samenpersen wordt de dwarsbalk door middel van stalen voetjes bevestigd. Na het plaatsen van de dwarsbalk worden opnieuw 3 à 4 lagen strobalen geplaatst en samengeperst door middel van spanbanden en dwarsbalk tot aan het dak.

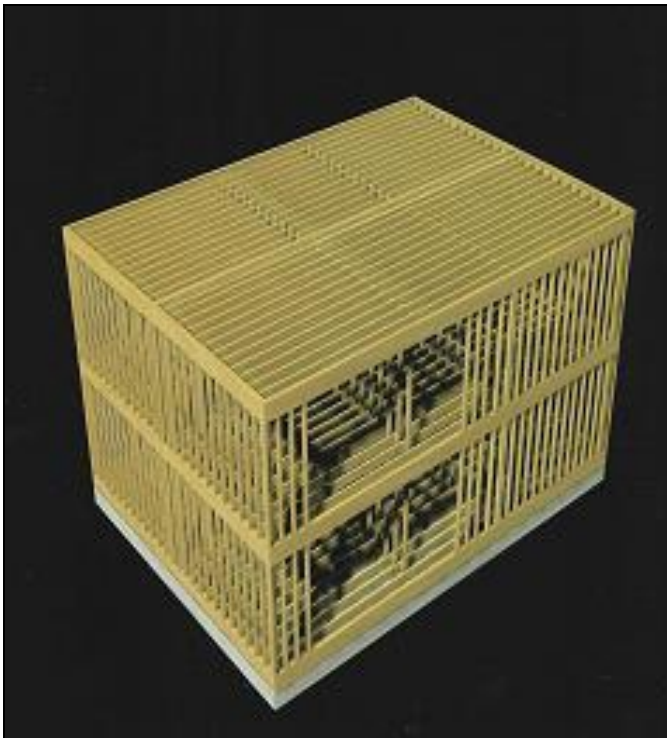


Figuur 10.17 Samenpersen van de strobalenwand



Figuur 10.18 Bevestiging dwarsbalk door stalen voetjes

2. Platformmethode:



10.19 Platformbouw

Kenmerkend voor de platformmethode is dat de verdiepingvloeren op de wanden van de ondergelegen bouwlaag worden gelegd. De vloerelementen vormen zo een werkplatform voor het plaatsen van de volgende laag. Bij deze laagsgewijze opbouw lopen de vloeren door over de verdiepingshoge wanden en staan de wanden op de vloeren.

Dicke, D.W., Haas, E.M. (2003). *Praktijkhandboek duurzaam bouwen: Toepassingen met aandacht voor mens en milieu*. Amsterdam: WEKA.

Het verschil met de balloonconstructie is de horizontale compartimentering die gemaakt wordt door middel van een verdiepingvloer. De strobelenwand loopt niet door tot tegen het dak. De strobelen worden tussen de stijlen en balken geperst. Er is geen extra compactering mogelijk door middel van spanbanden en het plaatsen van een dwarsbalk.



Figuur 10.20 De strobalen worden tussen de stijlen geperst

Hier worden er wel degelijk horizontale onderverdelingen gemaakt waardoor het doorlopen van de strobalen onderbroken wordt. Het samenpersen van de balen wordt hier niet of slechts gedeeltelijk toegepast.



Figuur 10.21 Ter hoogte van de verdiepingvloer kan er geen volledige strobaal geplaatst worden, en wordt er los stro gebruikt.

11.3 Wandafwerking

Voor men gaat bepleisteren worden de wanden meestal, naargelang eigen keuze, getrimd. Dit kan gebeuren door middel van een haagschaar of bosmaaier. Door de wanden te trimmen verkrijgt men een strakker geheel en wordt de benodigde pleister gereduceerd door een verminderd wandoppervlak.



Figuur 10.22 Gladscheren van de strobalewand



Figuur 10.23 Effenen van strobale dmv van bosmaaier

Het pleisterwerk beschermt het stro tegen brand, ongedierte, regen. De keuze van de pleister en methode van aanbrengen zullen het uiteindelijke resultaat bepalen.

Magwood, C., Mack, P. (2000). *Straw bale building*. Canada: New Society Publishers.



Figuur 10.24 Strakke kalkpleister



Figuur 10.25 Gewelfde leempleister

Bij het bepleisteren van de wanden dient er aandacht geschonken worden aan het ademend karakter van stro. Stro is in staat om vochtige dampen en lucht door te laten. Indien nu stro waterdicht en luchtdicht gemaakt wordt kan door de aanwezigheid van vocht in het stro, het materiaal beginnen rotten. Stro moet kunnen ademen, er mag geen gebruik gemaakt worden van pleisters die dit verhinderen.

De ideale afwerking voor stro zijn de natuurlijke leempleisters, op kalk gebaseerde pleisters en gipspleisters omwille van hun dampopen karakter. Cementpleister en kunstharspleister zijn minder dampopen en milieuvriendelijk.

Claus, P., (2003). *Strobalenbouw in de Benelux*. Diepenbeek: Katholieke Hogeschool Limburg.

De pleisters kunnen eventueel geschilderd worden met dampopen verven. De pleister kan zowel handmatig als machinaal worden aangebracht, bij machinaal aanbrengen van de pleister moet de pleister fijner en viciuzer zijn. Het handmatig aanbrengen is een arbeidsintensieve taak.



Figuur 10.26 Machinaal aanbrengen van pleister



Figuur 10.27 Handmatig bepleisteren dmv plakspaan

11.3.1 Natuurlijke leempleister

Leem wordt van oudsher toegepast als pleister en is een mengeling van klei en zand in de verhouding 4/2. Het is een natuurlijke dampdoorlatende pleister die rechtstreeks uit de bodem gehaald kan worden. Bij ons in de leemstreek, kan de leem bekomen worden bij het uitgraven van de funderingen. De leem kan men ook verkrijgen bij verscheidene steenbakkerijen.



Figuur 10.28 Leem

Bereidingswijze van de leempleister:



Toevoegen van water



Kalk wordt toegevoegd als bindingsmiddel en dient eveneens om ongedierte af te weren.



Leem wordt toegevoegd.



Restjes stro, bekomen bij het gladscheren van de wanden, worden toegevoegd dit om de treksterkte te verbeteren waardoor er minder barsten zullen ontstaan.

Het resultaat is een stevige specie die tegen de wanden kan aangebracht worden.



Afhankelijk van hoeveel water er wordt toegevoegd, zal de pleister meer of minder vaster zijn.

De leempleister wordt op de stobalenwand aangebracht, ingewerkt om een goede hechting met het stro te bekomen.



Wand na eerste laag leempleister.



www.casacalida.be

Meerdere pleisterlagen worden aangebracht, afhankelijk van het gewenste resultaat.



Figuur 10.29 Afgewerkte leempleister

Zoals te zien op figuur 10.29 is door toevoeging van stro een speciale textuur gecreëerd.

Leempleister heeft als nadeel dat het krimpgevoelig is waardoor er barsten kunnen ontstaan in de bepleistering. Barstvorming van pleisterwerk komt voornamelijk voor wanneer de bepleistering in contact komt met andere materialen, balken, vloeren... Om deze barstvorming te reduceren wordt er bij de aansluiting tussen stro en andere materialen jutte aangebracht. Rietmatten kunnen eveneens gebruikt worden om het geheel minder krimpgevoelig te maken. Ook andere alternatieven worden gebruikt om de hechting met het stro te verbeteren zoals kippendraad



Figuur 10.30 Barsten in pleisterwerk

De barsten kunnen eventueel weggewerkt worden door de bepleistering nat te maken en te effenen of door een extra laag leem aan te brengen.

Opmerking:

Bij afwerking van buitenmuren kan ook leempleister gebruikt worden. Er moet dan wel gezorgd worden dat er geen neerslag in contact komt met de leempleister, dan gaat deze namelijk afregenen, daarom wordt er bij gebruik van een leempleister een grote dakoversteek voorzien.

11.3.2 Kalkpleister

Kalk wordt traditioneel gebruikt als bindmiddel (mortel) tussen stenen en bakstenen, en als oppervlaktebeschermer voor gebouwen. Alle Europese landen gebruikten kalk voor gebouwen, honderden jaren voor cement werd uitgevonden. Ook kalkpleisters zijn dampdoorlatend en dus ideaal om een strobalenwand te bepleisteren. Ze hebben een hoge elasticiteit en specifieke vochthuishouding waardoor geen krimp zal ontstaan.

Kalkpleisters kunnen mixklaar aangekocht worden.

De kalkpleister wordt op bijna gelijke wijze aangebracht als de leempleister. Het is wel aan te raden eerst een laag kalkmelk aan te brengen voor te beginnen met de eerste laag kalkpleister. De wand moet in ieder geval bevochtigd worden voor het aanbrengen van de eerste laag kalkmortel, anders zuigt het stro het vocht uit de bepleistering en dan “verbrandt” die. Voor gebruik dient de kalkpleister opgemixt, toevoeging van water is overbodig. De eerste laag is meestal kalkrijker om het kleviger te maken, vaak een 2:1 mix. De eerste laag moet zo dun mogelijk zijn, en stoppels stro laten uitsteken.



De eerste laag kalkpleister hoeft niet egaal te zijn. Na uitharden van de eerste laag kan de tweede laag aangebracht worden, de pleister moet zo hard zijn dat je je duim er niet meer kan induwen. Bij het aanbrengen van de tweede laag, bevochtig je de eerste laag door middel van een vernevelaar. In totaal komen er drie lagen kalkpleister.

10.31 Onafgewerkte kalkpleister

11.3.3 Gipspleister

Gipspleister is in tegenstelling tot leem – en kalkpleister niet geschikt als buitenpleister. Het kan wel gebruikt worden als binnenpleister in combinatie met een kalkpleister we spreken dan over een gips – kalkpleister. Een gipspleister heeft een dampopen karakter en wordt op dezelfde wijze aangebracht als een kalkpleister.

11.3.4 Cementpleister

Bij het gebruik van een cementpleister moet er gedacht worden aan het mindere dampopen karakter ervan. Bij deze moet rekening gehouden worden met de opbouw van de volledige wand namelijk binnenbepleistering – strobaal - buitenbepleistering, als men werkt met een dampopen binnenbepleistering dan

moet de buitenbepleistering minstens even, en beter, meer dampopen zijn. Dit is nodig om het vocht van binnen naar buiten toe te laten emigreren. Wordt er nu gewerkt met een minder dampopen buitenbepleistering dan ontstaat er vochtophoping in de strobaal. Zolang deze regel juist gehanteerd wordt zou er geen vochtprobleem mogen optreden. Bij cementpleister moet er als binnenbepleistering een minder dampopen bepleistering gebruikt worden als die van de cementpleister.

11.3.5 Kunstharspleister

Deze is één van de recentere pleisters. Ook deze kan gebruikt worden als bepleistering van een strobalen woning maar dan wel op een secundaire drager bijvoorbeeld een houtwolplaat. Bij deze pleister moet er ook rekening gehouden worden met een minder dampopen karakter zoals bij de cementpleister.

12 STRO ALS DAK –EN VLOERISOLATIE

12.1 Dakisolatie

Stro kan eveneens gebruikt worden als dakisolatie. Bij de constructie van het dak wordt er rekening gehouden met de dikte van de balen. De afstand tussen de balken (45 cm) en de hoogte van de balken (35 cm) wordt aangepast zodat men de balen er netjes kan tussen plaatsen.



12.1 Stro als dakisolatie

12.2 Vloerisolatie

Net als bij de dakisolatie wordt de afstand tussen de balken en de hoogte aangepast aan de grootte van de balen.



12.2 Stro als vloerisolatie

13 EEN WAAIER AAN STIJLEN OVER DE GANSE WERELD

België



Italië



Zwitserland



Duitsland**Nederland****Noorwegen**

Frankrijk



Ierland



Oostenrijk



Australië



Amerika



14 CONCLUSIE

Lessen uit het verleden hebben ons reeds geleerd dat stro als een volwaardig bouw materiaal gebruikt kan worden. Wanneer in Nebraska stro als bouw materiaal werd aangewend was dit te wijten aan een tekort aan traditionele bouw materialen zoals hout en klei waardoor ze genoodzaakt waren hun huizen op te bouwen uit alternatieve bouw materialen zoals stro, wat wel in grote mate aanwezig was. Traditionele bouw materialen zoals klei zijn in principe eindig. Hout is een nagroeibare bouwstof maar met een cyclus van minimaal 30 jaar voor snelgroeïende naaldboomsoorten. De nood aan strobale techniek kan zich opnieuw stellen. Natuurlijke grondstoffen zijn immers eindig. Stro kan hiervoor een perfecte oplossing zijn. Stro biedt daarenboven ook nog het voordeel dat het jaarlijks en dus snel vernieuwbaar is.

Stro is een hoog isolerend materiaal. In geperste toestand kan met stro een stevige wand opgebouwd worden. Het is dus tegelijk een isolatie –en bouw materiaal, wat de kostprijs ten goede komt.

Stro is een duurzaam materiaal, het gebruik ervan nu zal geen beperkingen met zich meebrengen om in de behoeften van de volgende generatie te voorzien. Het is vernieuwbaar zoals reeds vermeld, heeft een hoog isolerend vermogen en dit in combinatie met de dikte van een strobaal (45cm) heeft tot gevolg dat er laag-energie woningen ($K < 30$) gebouwd mee kunnen worden. De lage K-waarde heeft bovendien een rechtstreeks gevolg op de energiehuishouding wat weer bijdraagt tot het duurzaamheidsaspect. Het lage energieverbruik voor ruimteverwarming in een laag-energie-gebouw heeft een rechtstreekse en onmiddellijke invloed op de CO₂-uitstoot die drastisch vermindert ten opzichte van traditionele gebouwen.

Door de eenvoudige en snelle plaatsing is deze bouw methode geschikt voor zelfbouwers. Het sociale aspect komt bij deze bouw methode dan ook sterk op de voorgrond, de zelfbouw van een strobale woning is niet zelden een aangelegenheid van vrienden en familie, zelfs van een hele buurt.

Het gebruik van stro als bouw materiaal heeft een herwaardering van de landbouw tot gevolg. Deze herwaardering is vergelijkbaar met landbouw producten die dienen voor biodiesel en bio-ethanol. Het materiaal stro kent als het ware een nieuwe afzetmarkt, een afzetmarkt voor de bouw sector.

De bouw van een strobale woning leidt veelal tot een bio-ecologische woning dit bij gebruik van onbehandeld hout voor de skeletbouw en leemleister voor de wandafwerking. De opbouw ervan wordt gerealiseerd uit volledig natuurlijke materialen.

Gebruik van strobale als bouw materiaal heeft geen impact op het landschap wat wel het geval is bij ontginning van kleilagen of bij houtkap. Evenmin verstoort de graanteelt de natuurlijke waterhuishouding van een gebied niet. Bij ontginningen van klei, hout, puzzolaan (oorspronkelijk gesteente voor cementproductie) is dit veel meer het geval.

Kortom strobalenbouw is een duurzame, bio-ecologische en milieuvriendelijke manier van bouwen. Het feit dat het een eenvoudige, weinig technische manier van bouwen is maakt de strobalenbouw nog aantrekkelijker.

Meer en meer mensen zijn geïnteresseerd om te bouwen met stro.

Er vindt zich als het ware een revival van de strobalenbouw plaats.

15 LITERATUURLIJST

Bainbridge, D., Swentzell Steen, A., Steen, B. (1994). *The straw bale house*. Vermont: Chelsea green publishing company.

Brundtland,H.,Khalid,M. (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.

Claus, P., (2003). *Strobalenbouw in de Benelux*. Diepenbeek: Katholieke Hogeschool Limburg.

Cordemans, C., Stout, K. (2003). *Ik ga bouwen*. Wommelgem: A BertelsmannSpringer Company.

Dicke, D.W., Haas, E.M. (2003). *Praktijkhandboek duurzaam bouwen: Toepassingen met aandacht voor mens en milieu*. Amsterdam: WEKA.

Gernot,M., Friedemann,M. (2004). *Building with straw*. Basel-Berlin-Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture.

Haas, M., (1999). *Handboek Duurzame Bouwproducten: Grondstoffen (B2)*. Amsterdam: WEKA Uitgeverij bv.

Haas, M., (2003). Basiswerk duurzaam en gezond bouwen: *Bouwen met strobalen (Dl. 2)*.Bussum: NIBE Publishing bv.

Jones, B. (2002). *Building with straw bales: A practical guide for the UK and Ireland*. Foxhole, Dartington, Totnes, Devon: Green Books Ltd.

Lacinski, P., Bergeron, M., (2000). *Serious Straw Bale*. Canada: Chelsea Green Publishing Company.

Magwood, C., Mack, P. (2000). *Straw bale building*. Canada: New Society Publishers.

Vaes, E., Verbeeck, D., Simons, B., Vandaele, L. (2004). *O, is dat duurzaam bouwen!* Informatiebrochure voor de particuliere (ver)bouwer.

16 INTERNET

<http://www.agrodome.nl/HGABM.pdf>

<http://www.azstarnet.com/~dcat>

<http://www.bouwsite.be/Bghome/2rfk.htm#ftypes>

<http://www.butgb.be/index.cfm?cat=extra&sub=isolation&str=true>

<http://www.casacalida.be>

http://www.cedubo.be/nl/duurzaam_bouwen/LIVIOSwatisduurzaambouwen.html

<http://www.da-fi.com/broeckhuis/default-eng.htm>

<http://www.ecn.nl/biomassa/waarom.nl.html>

http://ecodata.mineco.fgov.be/mdn/ts_structur.jsp?table=EI9_

<http://www.ekbouwadvies.nl/bouwbesluit/energiezuinigheid/lambda.as>

http://www.energiesparen.be/energieprestatie/documenten/epb_brochure_particulier.pdf

<http://www.grat.tuwien.ac.at>

<http://www.harrysfarm.nl/wtarwe.html>

http://www.ipdubo.nl/watisdubo/wat_is_duurzaam_bouwen.htm

<http://www.imdb.com/title/tt0024660/>

<http://www.klimaat.be/nl/broeikasGas.html>

<http://www.klimaat.be/inventemis/inventaris3.html>

<http://www.lamaisonenspaille.com>

<http://www.livios.be>

<http://www.milieudefensie.nl/publicaties/magazine/1998/julaug98/strohuis.htm>

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Paalfundering>

<http://www.ovam.be>

<http://www.passiefhuisplatform.be>

<http://www.pitt.edu/~dash/type0124.html>

[\(http://www.ramstrobouw.nl/\)](http://www.ramstrobouw.nl/)

<http://www.rockwool.be/graphics/rws-bnl/rws-be/pdf/bouwplaatrockstud204.pdf>

<http://www.staatsblad.fgov.be>

http://statbel.fgov.be/downloads/crp2004_nl.xls

<http://www.strawbalecentral.com>

<http://www.strawhomes.com/sban/tour/tour.html>

<http://www.strobalenbouw.tk/>

<http://users.skynet.be/orcabvba/nebraska/index.html>

<http://www.vhm.be/PROF2004/B2005/Deel1/hfd12.htm>

<http://www.vodo.be>

17 TREFWOORDENLIJST

Dampdiffusie:

Vormt een muur de begrenzing tussen twee ruimten, dan zal waterdamp doorheen de muur migreren (diffusie). De diffusie gaat van hoge naar lage dampdruk. Het gaat hier om een eerder traag proces, waarvan de gevolgen minder snel zichtbaar worden. Is de muur dun en het temperatuurverschil tussen de ruimten (of tussen de gesloten ruimte en de buitenlucht) groot, dan kan de damp in de kern van de muur condenseren. Vocht in een materiaal vermindert de weerstand tegen transport van warmte, de muur wordt kouder wat het condensatieproces nog versnelt. Buitenmuren met onvoldoende dikte zijn daarom niet bruikbaar voor bewoonde ruimten. Niet alleen is de thermische weerstand van dergelijke muren onvoldoende, ze worden ook nog vochtig.

Men kan de dampdiffusie wijzigen door op de juiste plaats een dampremmende laag (meestal een folie) aan te brengen. In alle gevallen is de juiste plaats te vinden aan de warme kant van de muur. Nadeel van de dampremmende laag is dan, dat het vermogen van baksteen om overtollig vocht uit de lucht snel te absorberen, dan verloren gaat. (Cfr. de badkamertegels.)

(<http://www.baksteen.be/Version2/articles/articles-eau-vapeur.htm>)

Laag-energie-woning:

K-waarde < dan 30; energiezuinige woning die weinig stookkosten vereist.

ASTM:

American Society for Testing and Materials

(<http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/index.shtml?E+mystore>)

ABEX-index:

De Associatie van Belgische Experts (ABEX), een professionele pluridisciplinaire vereniging, opgericht in 1933 en erkend door de raad van staat, verenigt meer dan 200 experts met verschillende specialiteiten over het ganse land. Als professionele vereniging is ABEX aanwezig in een aantal adviesorganen op federaal niveau (waaronder de hoge adviescolleges van zelfstandige en kleine en middelgrote ondernemingen, de hoge adviescollege van de rechtbank) en van nationale en internationale associaties of federaties waaronder FEBEX (Federatie van de Expertsverenigingen van België, opgericht begin 2003 onder impuls van ABEX) en AEXEA (Associatie van Europese Erkende Experts). ABEX geeft semestrieel de ABEX-index uit die de evolutie van de bouwkostprijs voor woningbouw in België weergeeft.

(http://www.abex.be/NL/index_nl.htm)

Triticale:

Triticale is een graan dat is ontstaan als een kruising tussen tarwe (Triticum) en rogge (Secale).

(<http://nl.wikipedia.org>)

Condensatie:

Condensatie is het verschijnsel waarbij vocht in de lucht van gasvormige toestand overgaat naar vloeibare toestand. Warme lucht kan meer waterdamp bevatten dan koude lucht. Wanneer dus warme lucht en waterdamp afkoelen, gaat vanaf een bepaald t° de aanwezige waterdamp, vloeibaar worden.

Wanneer de warme lucht in contact komt met een koude oppervlak treedt dit verschijnsel ook op, in de dunne laag tegen het koude oppervlak wat dus resulteert in oppervlaktecondensatie.

Koudebrug:

Een koudebrug is een plaats in de constructie waar door onzorgvuldig detailleren de temperatuur lager blijft dan die van de omgevende materialen. Op deze plaatsten is het risico op oppervlaktecondensatie en mogelijke schade dus groter.

Geluidsverzwakkingsindex:

De geluidsverzwakkingsindex is de grootheid R. Deze wordt bepaald voor verschillende gedeeltes van het hoorbaar spectrum (minstens 16 metingen voor het hele spectrum), een "gewogen geluidsverzwakkingsindex". Voor praktisch gebruik wordt er R_w gebruikt, wat een ééngetalsaanduiding is.

Het bepalen van R en R_w is genormeer door de Europese norm, EN ISO 717:1996.

(www.BBRI.be)

LCA- levenscyclusanalyse:

In een levenscyclusanalyse wordt op objectieve wijze de volledige cyclus van een materiaal van een materiaal belicht en gekwalificeerd.

Dit gebeurt vanaf de ontginning tot de afbraak. In dit verband bestaan er verschillende systemen die allen tot hetzelfde doel leiden. Enkele van deze systemen zijn, Eco-quantum, GreenCalc, TWIN-model.

Het Nederlands Instituut voor bouwbiologie en ecologie (NIBE) gebruikt het TWIN-model.

(www.NIBE.org)

18 BIJLAGEN

FORMULIER BNRE/ISO 1

Bijlage 1 bij het besluit van de Vlaamse regering van 30 juli 1992 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse regering van 18 september 1991 houdende het opleggen van minimumeisen inzake thermische isolatie van woongebouwen

Invulformulier te voegen bij het dossier van de aanvraag om bouwvergunning.

1. Administratieve gegevens

Aard van het bouwwerk: Nieuwbouw

Ligging van het bouwperceel:

Stad of gemeente: Tongeren

Straat: Grootmeerstr nr. 14

Kadastrale sectie: .Sie .B vr 66g/lot 3

2. Verklaring van de architect

Ondergetekende

woonachtig te

verklaart dat de hierbijgevoegde en ingevulde formulieren in overeenstemming zijn met de voorziene werken zoals aangeduid op de plans en in het op te maken bestek. De opgegeven informatie alsmede de bekomen rekenresultaten tonen aan dat het nieuw op te richten gebouw voldoet aan de eisen inzake de thermische isolatie van woongebouwen zoals opgelegd door het besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991. (1)

Datum:30-06-04..... De Architect,

3. Verklaring van de bouwheer

Ondergetekende

Woonachtig te... verklaart kennis genomen te hebben van deze verklaring met hier bijgevoegde invulformulieren opgemaakt door zijn architect en verbindt er zich toe de uitvoering van de werken conform te houden aan de eisen inzake thermische isolatie van woongebouwen opgelegd door het besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991. (1)

Datum:30-06-04..... De Bouwheer,

Inbreuken op de door dit besluit bepaalde regels worden bestraft overeenkomstig Hoofdstuk III - Strafbepalingen - van de wet van 29 maart 1962, houdende organisatie van de ruimtelijke ordening en van de stedenbouw, gewijzigd bij de wet van 22 december 1970, en bij decreet van 28 juni 1984 en 29 april 1991.

4. Berekening van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt volgens NBN B62-301			
WANDELEMENT		Type	Thermische weerstand
1.	Vensters, Lichtkoepels, Vensterdeuren, Dakramen.	T1	
		T2	
		T3	
		T4	
2.	Buitendeuren en poorten.	T1	
		T2	
		T3	
		T4	
3.	Buitenmuren tussen beschermd volume en buitenomgeving.	T1	$0,125 + 0,05/0,7 + 0,49/0,045 + 0,05/0,7 + 0,043$
		T2	$= 0,125 + 0,071 + 10,88 + 0,07 + 0,043$
		T3	
		T4	
4.a	Daken of bovenste plafonds onder niet vorstvrije ruimten.	T1	
		T2	$0,125 + 0,50 + 0,02/0,12 + 0,14 + 0,35/0,045 + 0,02/0,12 + 0,125$
		T3	$= 0,125 + 0,5 + 0,167 + 0,14 + 7,78 + 0,167 + 0,125$
		T4	
4.b	Plafonds onder vorstvrije ruimten.	T1	
		T2	
5.	Vloeren boven buitenomgeving. Vloeren boven niet vorstvrije ruimte. Vloeren boven vorstvrije ruimte. Vloeren op volle grond.		
			$0,167 + 0,02/0,12 + 0,14 + 0,35/0,045 + 0,25/2,6$
			$= 0,167 + 0,167 + 0,14 + 7,78 + 0,096$
6.	Buitenmuren in contact met de grond.	T1	
		T2	
		T3	
7.a	Muren tussen beschermd volume en niet vorstvrije ruimte. Muren tussen beschermd volume en vorstvrije ruimte		

Koudebruggen volgens NBN B62.002				
Omschrijving koudebrug	K_i (W/mK)	l (m)	$K_i \cdot l$ (W/K)	$\Sigma k_i \cdot l$ (W/K)
1				<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> \rightarrow $=$ <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> </div>
2				
3				
4				

4. Berekening van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt volgens NBN B62-301				
R_T (m ² K/W)	K_i (W/m ² K)	A_i (m ²)	a_i	$a_i k_i A_i$ (W/K)
	1,1	122,6	1	134,86
			1	
			1	
			1	
			1	
			1	
			1	
11,19	0,089	76,26	1	6,79
			1	
			1	
			1	
			1	
9	0,11	151,36	1	16,65
			1	
			1	
			2/3	
			2/3	
			1	
			1	
			2/3	
8,35	0,12	130,4	1/3	5,22
			2/3	
			2/3	
			2/3	
			1	
			1	
			2/3	
			2/3	

$A_T = \sum A_j =$	$\sum a_j k_j$	← 480,62	163,52 W/K)
	$\sum k_{jl} =$		→

Warmteverlies van het verliesoppervlak: $\uparrow + \rightarrow =$

↓

Gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt: k_s

$$k_s = \frac{\downarrow \sum a_j k_j A_j + \sum k_{jl}}{\leftarrow A_T} =$$

° 0,34

5. Berekening van het globaal isolatieniveau volgens NBN B62-301.

5.1.

Beschermde volume: V

$V =$

$\pm V = 735,68$
(m^3)

5.2.

Totaal verliesoppervlakte: A_T

$A_T =$

← $A_T = 480,62 (m^2)$

5.3.

Compactheidsgraad: V/A_T

$V/A_T =$

" $V/A_T = 1,53 (m)$

5.4.

Globaal Isolatieniveau K_x

- Gemiddelde k_s

- Indien $V/A_T \leq 1 : x = 100 k_s$

$$1 < V/A_T < 4 : = \frac{300 k_s}{V/A_T + 2}$$

$4 \leq V/A_T : x = 50 k_s$

° $k_s = (W/m^2K)$

K 28,89

K ..

K ..

5.5. De k-waarde van gemeenschappelijke wanden tussen woningen of appartementen moet kleiner zijn dan $1 \text{ W/m}^2\text{K}$

wand nr. 1 : $R_T =$ $\text{m}^2\text{K/W}$	=	k	=
wand nr. 2 : $R^T =$ $\text{m}^2\text{K/W}$	=	k	=
		$\text{W/m}^2\text{K}$	
		$\text{W/m}^2\text{K}$	

5.6. Vul in bijgevoegde tabel voor elk wandelement de k-waarde in zoals berekend in het berekeningsformulier en controleer of de berekende waarden kleiner of gelijk zijn aan de maximum toegelaten k-waarden die opgegeven zijn in kolom 2 van deze tabel.

Wandelement (*)	Maximum k ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Berekende k ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Buitenmuren of delen ervan	0.6 (1,0)	
Buitenmuren in contact met de grond k	0.9	
Daken of bovenste plafonds	0.6	
Onderste vloeren		
Boven buitenomgeving of niet-vorstvrije ruimte	0.6	
Boven vorstvrije ruimte	0.9	
Op volle grond k	1.2	
Venster - Vensterdeuren - Dakkoepels	3.5	
(*) Indien er voor een bepaald wandelement verschillende types voorkomen, moet in deze tabel de hoogste gevonden k-waarde van het wandelement aangegeven worden.		

FORMULIER BNRE/ISO 1

Bijlage 1 bij het besluit van de Vlaamse regering van 30 juli 1992 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse regering van 18 september 1991 houdende het opleggen van minimumeisen inzake thermische isolatie van woongebouwen

Invulformulier te voegen bij het dossier van de aanvraag om bouwvergunning.

1. Administratieve gegevens

Aard van het bouwwerk: Nieuwbouw

Ligging van het bouwperceel:

Stad of gemeente: Tongeren

Straat: Linderstraat nr:

Kadastrale sectie: Sie D 194B lot 3

2. Verklaring van de architect

Ondergetekende .Vos P

woonachtig te Tikkelsteeg 11 3770 Riemst

verklaart dat de hierbijgevoegde en ingevulde formulieren in overeenstemming zijn met de voorziene werken zoals aangeduid op de plans en in het op te maken bestek. De opgegeven informatie alsmede de bekomen rekenresultaten tonen aan dat het nieuw op te richten gebouw voldoet aan de eisen inzake de thermische isolatie van woongebouwen zoals opgelegd door het besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991. (1)

Datum: 11-04-05..... De Architect,

3. Verklaring van de bouwheer

Ondergetekende Vanempten- Reynders

woonachtig te Schramentstr. 33 3700 Tongeren

verklaart kennis genomen te hebben van deze verklaring met hier bijgevoegde invulformulieren opgemaakt door zijn architect en verbindt er zich toe de uitvoering van de werken conform te houden aan de eisen inzake thermische isolatie van woongebouwen opgelegd door het besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991. (1)

Datum: ...11-04-05..... De Bouwheer,

Inbreuken op de door dit besluit bepaalde regels worden bestraft overeenkomstig Hoofdstuk III - Strafbepalingen - van de wet van 29 maart 1962, houdende organisatie van de ruimtelijke ordening en van de stedenbouw, gewijzigd bij de wet van 22 december 1970, en bij decreet van 28 juni 1984 en 29 april 1991.

4. Berekening van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt volgens NBN B62-301			
WANDELEMENT		Type	Thermische weerstand
1.	Vensters, Lichtkoepels, Vensterdeuren, Dakramen.	T1	
		T2	
		T3	
		T4	
2.	Buitendeuren en poorten.	T1	
		T2	
		T3	
		T4	
3.	Buitenmuren tussen beschermd volume en buitenomgeving.	T1	$0,125 + 0,05/0,7 + 0,49/0,045 + 0,05/0,7 + 0,043$
		T2	
		T3	
		T4	
4.a	Daken of bovenste plafonds onder niet vorstvrije ruimten.	T1	$0,125 + 0,02/0,125 + 0,14 + 0,35/0,045 + 0,02/0,12 + 0,125$
		T2	
		T3	
		T4	
4.b	Plafonds onder vorstvrije ruimten.	T1	
		T2	
5.	Vloeren boven buitenomgeving. Vloeren boven niet vorstvrije ruimte. Vloeren boven vorstvrije ruimte. Vloeren op volle grond.		
			$0,167 + 0,02/0,12 + 0,14 + 0,35/0,045 + 0,25/2,6$
6.	Buitenmuren in contact met de grond.	T1	
		T2	
		T3	
7.a	Muren tussen beschermd volume en niet vorstvrije ruimte. Muren tussen beschermd volume en vorstvrije ruimte		

Koudebruggen volgens NBN B62.002

Omschrijving koudebrug	K_i (W/mK)	l (m)	K_i (W/K)	$\Sigma k_i \cdot l$ (W/K)
---------------------------	------------------	-------	----------------	----------------------------

1					= →
2					
3					
4					

4. Berekening van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt volgens NBN B62-301				
R_T (m ² K/W)	K_j (W/m ² K)	A_j (m ²)	a_j	$a_j k_j A_j$ (W/K)
	1,8	122,17	1	219,91
			1	
			1	
			1	
			1	
			1	
			1	
11,19	0,089	250,10	1	22,26
			1	
			1	
			1	
9	0,11	207,12	1	22,78
			1	
			1	
			1	
			2/3	
			2/3	
			1	
			1	
8,35	0,12	142	2/3	11,36
			1/3	
			2/3	
			2/3	
			2/3	
			1	
			1	
			2/3	
			2/3	

$$A_T = \sum A_j =$$

$$\sum a_j k_j A_j$$

←

721.39

↑276.31

→

$$\sum k_{l} =$$

Warmteverlies van het verliesoppervlak: $\uparrow + \rightarrow =$

↓ 276.31

Gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt: k_s

$$k_s = \frac{\downarrow \sum a_j k_j A_j + \sum k_{l}}{\leftarrow A_T} =$$

°0,38

5. Berekening van het globaal isolatieniveau volgens NBN B62-301.

5.1.

Beschermd volume: V

$V =$

± $V = 1363,87$
(m^3)

5.2.

Totaal verliesoppervlakte: A_T

$A_T =$

← $A_T = 721,39$
(m^2)

5.3.

Compactheidsgraad: V/A_T

$V/A_T =$

" $V/A_T = 1,89$ (m)

5.4.

Globaal Isolatieniveau K_x

- Gemiddelde k_s

- Indien $V/A_T \leq 1 : x = 100 k_s$

$$1 < V/A_T < 4 : = \frac{300 k_s}{V/A_T + 2}$$

$4 \leq V/A_T : x = 50 k_s$

° $k_s =$
(W/m^2K)

K . .

K 29

..

5.5. De k-waarde van gemeenschappelijke wanden tussen woningen of appartementen moet kleiner zijn dan $1 W/m^2K$

wand nr. 1 : $R_T =$ m^2K/W	=	k	=
wand nr. 2 : $R^T =$ m^2K/W	=	k	=
		W/m^2K	
		W/m^2K	

5.6. Vul in bijgevoegde tabel voor elk wandelement de k-waarde in zoals berekend in het berekeningsformulier en controleer of de berekende waarden kleiner of gelijk zijn aan de maximum toegelaten k-waarden die opgegeven zijn in kolom 2 van deze tabel.

Wandelement (*)	Maximum k (W/m^2K)	Berekende k (W/m^2K)
Buitenmuren of delen ervan	0.6 (1,0)	
Buitenmuren in contact met de grond k	0.9	
Daken of bovenste plafonds	0.6	
Onderste vloeren		
Boven buitenomgeving of niet-vorstvrije ruimte	0.6	
Boven vorstvrije ruimte	0.9	
Op volle grond k	1.2	
Venster - Vensterdeuren - Dakkoepels	3.5	
(*) Indien er voor een bepaald wandelement verschillende types voorkomen, moet in deze tabel de hoogste gevonden k-waarde van het wandelement aangegeven worden.		

FORMULIER BNRE/ISO 1

Bijlage 1 bij het besluit van de Vlaamse regering van 30 juli 1992 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse regering van 18 september 1991 houdende het opleggen van minimumeisen inzake thermische isolatie van woongebouwen

Invulformulier te voegen bij het dossier van de aanvraag om bouwvergunning.

1 Administratieve gegevens

Aard van het bouwwerk: Woning

Ligging van het bouwperceel: Vlaanderen

Stad of gemeente: 2590 Berlaar

Straat: Hertstraat. nr: 52

Kadastrale sectie: 1^{ste} afdeling, sectie B, nr 527 c

2. Verklaring van de architect

Ondergetekende, Henk Van Aelst

woonachtig te ..Hertstraat 52-2590 Berlaar

verklaart dat de hierbijgevoegde en ingevulde formulieren in overeenstemming zijn met de voorziene werken zoals aangeduid op de plans en in het op te maken bestek. De opgegeven informatie alsmede de bekomen rekenresultaten tonen aan dat het nieuw op te richten gebouw voldoet aan de eisen inzake de thermische isolatie van woongebouwen zoals opgelegd door het besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991. (1)

Datum: 30-8-05 De Architect,

3. Verklaring van de bouwheer

Ondergetekende Henk Van Aelst-Kristel Liesens

woonachtig te Hertstraat 52-2590 Berlaar

verklaart kennis genomen te hebben van deze verklaring met hierbijgevoegde invulformulieren opgemaakt door zijn architect en verbindt er zich toe de uitvoering van de werken conform te houden aan de eisen inzake thermische isolatie van woongebouwen opgelegd door het besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991. (1)

Datum:30-08-04..... De Bouwheer,

Inbreuken op de door dit besluit bepaalde regels worden bestraft overeenkomstig Hoofdstuk III - Strafbepalingen - van de wet van 29 maart 1962, houdende organisatie van de ruimtelijke ordening en van de stedebouw, gewijzigd bij de wet van 22 december 1970, en bij decreet van 28 juni 1984 en 29 april 1991.

4. Berekening van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt volgens NBN B62-301			
WANDELEMENT		Type	Thermische weerstand
1.	Vensters, Lichtkoepels, Vensterdeuren, Dakramen.	T1	
		T2	
		T3	
		T4	
2.	Buitendeuren en poorten.	T1	
		T2	
		T3	
		T4	
3.	Buitenmuren tussen beschermd volume en buitenomgeving.	T1	0,04+0,05/0,91+0,45/0,04+0,02+0,05/0,91+0,13
		T2	0,04+0,01/0,13+0,14+0,05/0,91+0,5/0,04+0,02+0,05/0,91+0,13
		T3	0,04+0,10/1,10+0,14+0,23/0,03+0,17/0,87+0,03/0,91+0,13
		T4	
4.a	Daken of bovenste plafonds onder niet vorstvrije ruimten.	T1	0,04+0,003/203+0,13+0,02+0,02/0,05+0,43/0,03+0,02+0,14+0,02/0,12+0,13
		T2	
		T3	
		T4	
4.b	Plafonds onder vorstvrije ruimten.	T1	
		T2	
5.	Vloeren boven buitenomgeving. Vloeren boven niet vorstvrije ruimte. Vloeren boven vorstvrije ruimte. Vloeren op volle grond.		
			0,04+0,01/1,2+0,06/0,25+0,15/0,25+0,61/0,10+0,13
6.	Buitenmuren in contact met de grond.	T1	
		T2	
		T3	
7.a	Muren tussen beschermd volume en niet vorstvrije ruimte. Muren tussen beschermd volume en vorstvrije ruimte		

Koudebruggen volgens NBN B62.002				
Omschrijving koudebrug	K_i (W/mK)	l (m)	$K_i \cdot l$ (W/K)	$\Sigma k_i \cdot l$ (W/K)
1				<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> \rightarrow $=$ <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div> </div>
2				
3				
4				

4. Berekening van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt volgens NBN B62-301				
R_T (m ² K/W)	K_i (W/m ² K)	A_i (m ²)	a_i	$a_i k_i A_i$ (W/K)
1,56	0,64	78,86	1	50,47
			1	
			1	
			1	
			1	
			1	
			1	
10,30	0,10	221,32	1	21,49
11,63	0,09	31,14	1	2,68
7,20	0,14	25,00	1	3,47
			1	
12,63	0,08	106,00	1	8,39
			1	
			1	
			1	
			2/3	
			2/3	
			1	
			1	
			2/3	
7,16	0,14	183,75	1/3	8,56
			2/3	
			2/3	
			2/3	
			1	
			1	
			2/3	
			2/3	

$A_T = \sum A_j =$	$\sum a_j k_j$	\leftarrow	646.07	\uparrow 95.06
	$\sum k_{jl} =$			\rightarrow 0.00 (W/K)

Warmteverlies van het verliesoppervlak: $\uparrow + \rightarrow =$

\downarrow 95.06 (W/K)

Gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt: k_s

$$k_s = \frac{\downarrow \sum a_j k_j A_j + \sum k_{jl}}{\leftarrow A_T} =$$

\circ
0,15

5. Berekening van het globaal isolatieniveau volgens NBN B62-301.

5.1.

Beschermde volume: V

$V =$

$\pm V = 996,48$

5.2.

Totaal verliesoppervlakte: A_T

$A_T =$

$\leftarrow A_T = 646,07$

5.3.

Compactheidsgraad: V/A_T

$V/A_T =$

" $V/K \cdot 12$

5.4.

Globaal Isolatieniveau K_x

- Gemiddelde k_s

- Indien $V/A_T \leq 1$: $x = 100 k_s$

$$1 < V/A_T < 4 : = \frac{300 k_s}{V/A_T + 2}$$

$4 \leq V/A_T$: $x = 50 k_s$

$\circ k_s = 0,15$
(W/m²K)

K . .

K . 12

K . .

5.5. De k-waarde van gemeenschappelijke wanden tussen woningen of appartementen moet kleiner zijn dan $1 \text{ W/m}^2\text{K}$

wand nr. 1 : $R_T =$ $\text{m}^2\text{K/W}$	=	k	=
wand nr. 2 : $R^T =$ $\text{m}^2\text{K/W}$	=	k	=
		$\text{W/m}^2\text{K}$	
		$\text{W/m}^2\text{K}$	

5.6. Vul in bijgevoegde tabel voor elk wandelement de k-waarde in zoals berekend in het berekeningsformulier en controleer of de berekende waarden kleiner of gelijk zijn aan de maximum toegelaten k-waarden die opgegeven zijn in kolom 2 van deze tabel.

Wandelement (*)	Maximum k ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Berekende k ($\text{W/m}^2\text{K}$)
Buitenmuren of delen ervan	0.6 (1,0)	0,10
Buitenmuren in contact met de grond k	0.9	
Daken of bovenste plafonds	0.6	0,08
Onderste vloeren		
Boven buitenomgeving of niet-vorstvrije ruimte	0.6	
Boven vorstvrije ruimte	0.9	
Op volle grond k	1.2	0,14
Venster - Vensterdeuren - Dakkoepels	3.5	0,64
(*) Indien er voor een bepaald wandelement verschillende types voorkomen, moet in deze tabel de hoogste gevonden k-waarde van het wandelement aangegeven worden.		

- 2 -

MA 39 - VFA 2000-0563.02

Prüfverfahren:

Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit bzw. des Wärmedurchlasswiderstandes erfolgte mit einem Plattengerät nach ÖNORM B 6015, Teil 1 (*jetztgültige Ausgabe*).

Prüfgerät:

Für die Prüfung wurde ein Zweiplattengerät mit der Heizplattengröße 300 mm x 300 mm verwendet.

Herstellung:

In der MA 39 - VFA wurden aus dem angelieferten Material 2 Prüfkörper der Größe 500 mm x 500 mm x 100 mm angefertigt. Die Proben wurden normgemäß bis zur Massekonstanz getrocknet.

Proben:

Probendicke	100,6	mm
Rohdichte (im getrockneten Zustand)	100,8	kg/m ³
Trocknungstemperatur	70	°C

Prüfdatum:

Die Prüfung erfolgte vom 29. Juli 2000 bis 1. August 2000.

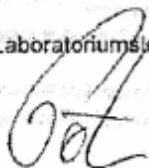
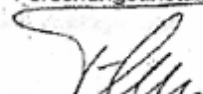
Messwerte:

Nach dem Erreichen des stationären Zustandes ergaben sich folgende Mittelwerte bzw. Rechenwerte:

Mitteltemperatur der Proben	10,0 °C	19,5 °C	28,7 °C
Temperaturdifferenz zwischen den warm- und kaltseitigen Probenoberflächen	10,6 K	11,0 K	11,1 K
Wärmeleitfähigkeit Messwert λ_p	0,0380 W/mK	0,0394 W/mK	0,0408 W/mK

Vereinbarungsgemäß werden lediglich die o.a. Messergebnisse ausgewiesen und nicht mit einem baustoffspezifischen Zuschlag beaufschlagt. Die Prüfung der Wärmeleitfähigkeit ist eine Teilprüfung und ermöglicht daher keine Aussage über weitere Materialeigenschaften des vorliegenden Produktes.

Der Laboratoriumsleiter:


Dipl. Ing. C. Pöhn
OberstadtbauratDer Leiter der Versuchs- und
Forschungsanstalt:

Dipl. Ing. W. Fleck
Senatsrat

Ecological Building Network (EBNet) *a project of the Tides Center*
www.ecobuildnetwork.org STRAW BALE FIRE SAFETY

A review of testing and experience to date July 30, 2003 Bob Theis ABSTRACT

The ability of plastered and unplastered straw bale walls to resist fire is presented, based on a number of tests and field reports to date. Field and laboratory experience show plastered bale walls to be highly resistant to fire damage, flame spread and combustion.

INTRODUCTION

We are accustomed to building with extremely flammable materials. For example, wood studs with air spaces around each one burn extremely well. With this as the cultural baseline, our building codes do not typically concern themselves with, “Does it burn?” as much as they ask,

“Can people escape while it’s burning?”

These building codes express the fire safety of walls as a function of fire *resistance*, meaning how long a conflagration can exist on one side of the wall in question before enough heat is transmitted through the wall to ignite materials on the other side, even if fire has not actually breached the wall. So while a wall made, say, of a single slab of steel is not going to burn under normal fire conditions, it is not fire resistive because the heat of the fire would pass so quickly through it. The fire resistivity of a wall is expressed as a function of this time of heat transmission: a “one hour wall” has kept a set of flame throwers heating a furnace to over 1500 °F (840 °C) from heating the opposite side of the wall 250 °F (139 °C) over its initial temperature for one hour. BALES BURN BADLY

It seems counterintuitive to suppose that a bale wall would increase the fire safety of a building, as the straw is so obviously flammable. However, fire requires high temperature, fuel, and oxygen; compressing the straw into a dense block dramatically decreases the ability of oxygen to feed a fire at the straw. After the surface of a bale or bale wall has been charred (providing that the wall of exposed bales remains intact), the worst it will generally do is smolder. Fire departments actually utilize this quality, and ignite wire-tied bales as smoke generators for training exercises. This resistance to rapid combustion has been observed during a few accidental fires during construction of bale buildings, and during a lab test, called a “corner test”, on unplastered bales at the Richmond Field Station of the University of California in March 1996. The author was present for this corner test, which was meant to simulate what a burning wastebasket would do to the walls of an adjacent corner. When exposed to the fire source, the surfaces of the bales rapidly charred, after which there was no observable effect. This was said by the fire experts present to be comparable to how drywall performs in such a test. At the test’s completion, we were asked to remove the charred bales from the test chamber to a dumpster— without first subjecting the chamber to a soaking down. When we did, we saw firsthand that when the bales fell apart, sparks inside the straw then had sufficient oxygen to develop into open flame.

Straw Bale Fir Safety Bob Theis July 30, 2003 page 2 of 5

Ecological Building Network (EBNet) *a project of the Tides Center*
www.ecobuildnetwork.org

A remaining question on this issue concerns the fire performance of bales laid on edge, as in this arrangement the plastic baling twine commonly in use is not buried 4 to 6 inches within the wall, but is out on the bale’s surface. No lab tests of this configuration have yet been made, but in at least one instance a construction fire

did indeed melt the twine holding the bales together, allowing flakes from the bales to drop out of the unplastered wall and feed the fire. Since exposed bales are only a temporary condition during construction, the predominant questions are (1) how well protected from melting is the twine on the straw surface once the wall has been plastered; and, (2) if the strings *do* melt beneath the plaster, how much structural integrity the wall will retain.

PLASTER PRODUCES PERMANENCE—LABORATORY TEST RESULTS

In general, once a bale wall has been plastered on both faces, the combination of an incombustible surface and an insulating interior that neither burns well nor melts makes a straw bale wall a very fire-resistive assembly. This has been verified in the lab tests to date:

1. 1993 Two small scale ASTM E-119 fire tests at the SHB Agra lab in Sandia, New Mexico—one test wall with plastered faces, the other unplastered—showed bales to be very fire-resistant. The unplastered bale wall withstood the heat and flames of the furnace for 30 minutes before flames penetrated a joint between bales. The plastered bale wall was naturally much better, resisting the transmission of flame and heat for two hours.
2. 1996 A full scale ASTM E-119 fire test at the University of California Richmond Field Station easily passed the criteria to qualify as a one hour wall. In the opinion of the experts present at the test [personal communication with R. Brady Williamson], the wall would probably have passed as a two hour assembly.
3. 2001 The Appropriate Technology Group at Vienna Technical Institute conducted an F90 test (similar to the ASTM E-119 test), which gave a plastered straw bale wall a 90 minute (1 -1/2 hour) rating.
4. 2001 The Danish Fire Technical Institute tested a plastered straw bale wall with exposed studs on the fire side as a worst-case scenario, and got these results: in a 30 minute test with a 1832 °F. (1000 °C) fire on the exposed side, the unexposed side rose just 1.8 °F (1 °C). The maximum average increase permitted to in order to pass that test is 144 °F (80 °C).
5. 2002 Bohdan Dorniak and members of AUSBALE tested individually plastered bales to the Australian standard simulating the heat of a bushfire. Subjected to a maximum heat intensity of 29 kilowatts per square meter, none of the nine plastered bales ignited, or even developed visible cracks. According to Mr. Dorniak, this qualifies them as non-combustible under the current Australian Bushfire Code AS 3959.

Straw Bale Fir Safety Bob Theis July 30, 2003 page 3 of 5

Ecological Building Network (EBNet) *a project of the Tides Center*
www.ecobuildnetwork.org FLAME SPREAD and SMOKE DENSITY

The issue has sometimes been raised that bales inside a wall should conform to the code criteria for insulation, which specifies minimum surface burning characteristics based on a standard test (ASTM E84-98). According to Professor R. Brady Williamson (one of the authors of this section of the Uniform Building Code (UBC) section 707), this notion is misguided, as this part of the code is meant to address insulation installed within a cavity in a wall. In typical straw bale construction the

straw bale insulation *is* the wall, more like the situation in a log cabin. With no concealed draft tunnels for fire to rise up through, surface burning characteristics, as measured in what is commonly called a “tunnel test”, are not especially relevant. In some buildings, though, people have indeed inserted bales between extra deep “studs” to construct walls. With that in mind, Katrina Hayes sponsored an ASTM E84-98 test on unplastered straw bales in 2000 at the Omega Point Laboratories. They passed the test easily; where the Uniform Building Code allows a flame spread of no more than 25, the test produced a flame spread of 10; where the codes allows a smoke density of no more than 450, the bales produced a smoke density of 350. STILL, IT BURNS; FIELD REPORTS

The author has collected 14 reports of fires in straw bale buildings during and after construction.

These range in severity from the inconsequential flash of flames across the loose surface straw

of an unplastered wall, to the complete loss of the structure.

The sources of the fire break down as follows:

1 was caused by a votive candle breaking in a recess in a wall.

1 was caused by candles at a party in an unplastered bale house.

1 was caused by a fireplace with no air gap separating it from an adjacent bale wall.

1 was caused by a portable electric heater in a crawl space.

2 were deliberate arson.

2 were electrical short circuits.

6 were caused by construction activity (welding, soldering, grinding).

This field data begins to indicate where the most fire danger resides in straw bale construction. If sorted by stage of construction and extent of damage: 11 fires occurred during construction; of them,

- 6 had local damage.

- 5 were a total loss.

- 3 fires occurred after occupancy; of them,

- 2 had local damage

- 1 was a total loss.

Straw Bale Fire Safety Bob Theis July 30, 2003 page 4 of 5

Ecological Building Network (EBNet) *a project of the Tides Center*
www.ecobuildnetwork.org

However, the best single correlation with extent of damage seems to be whether the plaster was in place at the time of the fire:

6 fires occurred after plastering; of them,

- 5 had local damage

- 1 was a total loss (in which the fire began in the roof framing)

8 fires occurred before plastering; of them,

- 2 had local damage

- 6 were a total loss

The most typical pattern of fire, reported in five instances, was where a construction activity ignited loose straw on the ground, which ignited loose straw on the surface of an adjacent wall. Regardless of the source of fire, in all five instances in which a fire climbed an unplastered wall on which framing lumber stood unprotected, the framing ignited, and complete loss of the structure resulted. In the two instances that were timed, the collapse of the roof occurred within 25 minutes of the fire's beginning. In at least five of the reported fires, the fire smoldered in the spaces between bales, and was difficult or impossible to fully extinguish with a water hose.

New protocols for dealing with this new kind of fire are evidently necessary, because in most of these smoldering instances, substantial sections of sound wall were demolished simply to get at the fire in the crevices. Most needed, however, is the spread of knowledge of the basic safety measures that have become standard on straw bale construction sites:

1. Make certain everyone on site, but especially tradespeople, understand the flammability of exposed straw, and that extra precautions are required.
2. The straw on the ground must be removed continuously during the bale raising, and as a cleanup two to four times a day until the walls are plastered.
3. Have pressurized water hoses at ready everywhere on site. They must be within one minutes' access to make the difference in controlling the start of a fire.
4. Stuff all cracks between bales, and between bales and framing, with clay-coated (not loose) straw to reduce its ability to smolder. Trimming the bulges at the ends of bales prior to stacking substantially reduces the amount of this stuffing required.
5. Get the initial plaster coat on the bales as soon as possible. The practice of pre-coating the bale surfaces that will remain exposed, *prior* to stacking, while not yet widely practiced, would reduce fire vulnerability tremendously.

Straw Bale Fire Safety Bob Theis July 30, 2003 page 5 of 5
Ecological Building Network (EBNet) *a project of the Tides Center*
www.ecobuildnetwork.org

CONCLUSIONS

Our knowledge of the fire-resistive properties of straw bale construction is incomplete, but tests and field experience to date have been very encouraging. Most of straw bale construction to date has been low density single family dwellings, which the building code allows to be built with essentially zero fire resistance. Within this context, fire safety concerns usually don't come up as a significant issue; the standard, as set by wood frame construction, is very low. Fire safety concerns rise as building and population density increase, but straw bale construction would require little or no additional testing to be readily acceptable for uses such as urban infill, row housing, commercial, retail, and educational buildings. There, additional attributes such as its excellent acoustic insulation would be of great value. Straw bale construction has achieved its remarkable growth in use largely due to its aesthetic characteristics, its environmental credentials, and its excellent insulation value. In all these aspects, it compares favorably with stud wall construction. Those of us who have worked with it for years find it, in fact, a far superior wall system, whose potentials are barely tapped. When its fire-resistive qualities are better known, we may see new economies realized where it can, for example, be substituted for concrete block, or remove the need for fire safety measures such as sprinklers.

Bob Theis is an Architect living and practicing in Berkeley, California

APPENDIX

published straw bale fire tests

1. Transverse Load Test and Small Scale E-119 Fire Test on Uncoated Straw Bale Wall Panels and Stucco Coated Wall Panels 1993 by Bryce Simons, P.E. of SHB Agra, Inc.

Available from Natural Building Resources, 119 Main Street Kingston, NM 88042; ph 505- 895-5652; www.strawbalecentral.com

2. ASTM E84-98 Surface Burning Characteristics, (on) Straw Bale 2000 by Guy Haby and William E. Fitch, P.E. of Omega Point Laboratories, Inc. Available from Development

Center for Appropriate Technology (DCAT) P.O. Box 27513, Tucson, AZ 85726-7513; ph 520-624-6628; www.azstarnet.com/~dcat

3. Wall Systems of Renewable Resources (“Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen”) which includes an F90 (European fire resistivity test) and B2 (European flammability test) 2001 by Robert Wimmer, Hannes Hohensinner, Luise Janisch and Manfred Drack of the Gruppe Angepasste Technologie (GrAT) an der TU Wien (the Appropriate Technology Group at Vienna Technological University); posted (in German) as a PDF document at

www.grat.tuwein.ac.at

19 INDEX

- λ - waarde, 14
 λ -waarde, 18
 μ -waarde, 14
 aantasting, 29
 Aardbevingsweerstand, 21
 afvalproduct, 16
 akoestiek, 14
 Allergieën, 32
 Alliance, 6
 AREI, 32
 bacteriën, 8
 Baled Hay, 6
 Bevestigingspunten, 34
 Binnenafwerking, 32
 brandcategorie, 15
 Brandeigenschappen, 15
 Brandveiligheid, 26
 Brandverzekering, 27
 brandweerstand, 15
 broeikasgassen,, 41
 Brundtlandrapport, 5
 Burke House, 6
 Cementpleister, 66
 CO₂, 41
 CO₂ – reductie, 42
 condensatie, 14
 Dakisolatie, 68
 Dampdiffusie, 14
 dampdiffusieweerstand, 14
 dampopen, 14
 dB-schaal, 14
 decibel, 14
 draagvermogen, 13
 Drukweerstand, 13
 Duurzaam, 18
 duurzame ontwikkeling, 5
 Elektriciteit, 32
 energiekost, 24
 energieprestatie, 20
 energieverbruik, 21
 energiezuinig, 21
 E-peil = energieprestatie-eis, 21
 Funderingen, 44
 geluidsintensiteit, 14
 Geluidsisolatie, 14
 gewicht, 8
 Gewicht, 12
 gezondheidscriteria, 36
 Gipspleister, 66
 Graansoort, 11
 Grootte, 11
 houtskeletbouw, 13
 Isolatie, 18
 isolatieformulier, 20
 isolatiegraad, 20; 24
 isolatiemateriaal, 18
 Kalkpleister, 66
 karakteristieke drukweerstand, 13
 klimaatverdrag van Kyoto, 41
 knaagdieren, 8
 koolstofdioxide, 42
 kostprijs, 24
 K-peil, 20
 Kunstharspleister, 67
 Kyoto, 21
*laag-energie-woning**, 20
 LCA – cyclus, 36
 leempleister, 17
 leidingen, 32
 Levenscyclusanalyse, 36
 Maison Feuillet, 6
 milieu, 36
 milieubelasting, 36
 milieubelastingspunten, 36
 milieucriteria, 36
 milieu-impact, 36
 milieukost, 25
 milieuprofiel, 40
 Montargis, 6
 Nebraska, 6
 Nebraskastijl, 51
 Noord-Dakota, 6
 Ongedierte, 31
 oogst, 8
 oversteek, 30
 passiefhuis, 20
 persmachine, 8
 pleisterlaag, 17
 Pre-compactering, 52
 productie - energie, 42
 Roger Welsch, 6
 R-waarde, 14; 19

schakelaars, 33
stopcontacten, 33
thermische isolatie, 18
Thermische isolatie, 14
Vloerisolatie, 68
Vocht, 29
vochtgehalte, 8
Vochtigheid, 12
vochtinhoud, 12
voetsteen, 30

Voorradigheid, 16
Wandafwerking, 60
warmtegeleidingcoëfficiënt, 18
waterleidingen, 32
Wetgeving, 26
Winterrogge, 11
wintertarwe, 16
zelfbouw, 17
zelfdragende constructie, 50
zomertarwe, 16