



Return To Nature

Naam:
Femke Verra
Stijn Hokke
Melissa Weidum
Berna Özkurt
Angèl Verschoor

Klas: BOU-22
Groep: 5
Datum: 30-10-2019
Vak: BOUPRT01P





VOORWOORD

Dit is een project die om innovatie draait. het is de bedoeling om zo bio-based, herbruikbare en innovatieve mogelijke bouwsteen te creëren. Return to nature streeft ernaar om in haar projecten zo veel mogelijk bio-based materialen toe te passen. In een 'Bio-based Economy' bestaat alleen natuurlijk afbreekbaar afval. Dat houdt in dat wij rekening houden met de maatschappelijke en natuurlijke effecten van al onze producten en bouwactiviteiten. Ook willen wij zero waste, dit houdt in dat er zo min mogelijk tot geen afval ontstaat. Onze visie is de markt te laten zien dat het anders kan en moet. Een betere manier van bouwen door gebruik te maken van kwalitatief hoogwaardige en duurzaam ecologische materialen. We gebruiken hiervoor alternatieve en efficiënte bouwmethododes. Innovatie is hierbij de sleutel.

Onze bouwsteen staat in een onverwarmde kasruimte. Het is de bedoeling dat na het bouwen van de gevel, de gevel getest wordt op warmte accumulerend vermogen. In dit meetrapport staat uitgeschreven op welke manier we gaan meten, wat onze verwachtingen zijn en de uitgewerkte resultaten. Aan de hand van dit meetrapport kunnen wij vast stellen wat de warmte accumulerende vermogen is van de gevel.



INHOUDSOPGAVE

Voorwoord.....	2
Inhoudsopgave.....	3
Uitgangspunten.....	4
Wat gaan we precies testen?	4
Wat hebben we nodig voor de test?.....	4
Hoe werkt een warmtescan?.....	4
Hoe gaan we de test vastleggen?	4
Omschrijving beproevingsmethode.....	5
De eisen die wij willen bereiken zijn:	5
Hoe gaan we dit doen in de praktijk?	5
Bronnen:	5
Hypothese / Onderzoeksvraag.....	6
Hoofdvraag:	6
Deelvraag:.....	6
Hypothese.....	6
Schetsen / Factsheets.....	8
Beschrijving schets	8
Uitslag meting.....	9
Referenties	13
Wat doet leem?	13
Opwarming en afkoeling.....	13
Warmtecapaciteit bouw materiaal.....	13
Waarom een warmtebeeld?	14
Bronnen	14



UITGANGSPUNTEN

WAT GAAN WE PRECIES TESTEN?

We moeten testen hoe groot het warmte accumulerend vermogen is van de bouwsteen door de massa van de bouwsteen op temperatuur te brengen en te meten hoe lang de ruimte aan de steenzijde warm blijft. Omdat elke materiaal anders reageert op warmte gaan we kijken hoelang het duurt om het materiaal op te warmen en hoelang het duurt om weer afkoelen. Sommige materialen houden de warmte beter vast dan andere. Om dit te kunnen testen moeten we eerst alle materialen vastleggen en de eigenschappen opzoeken, omdat die van belang zijn tijdens het testen.

WAT HEBBEN WE NODIG VOOR DE TEST?

We willen onze bouwsteen testen met behulp van een warmtebron. Als warmtebron denken we aan een heater of een föhn. Om de resultaten te meten gebruiken wij een warmtesensor en warmtecamera.

HOE WERKT EEN WARMTESCAN?

Een warmtescan wordt gemaakt met speciale warmtebeeldcamera, die infrarode warmtestraling kan vastleggen. Daarom staat het ook bekend als infraroodfoto. In de camera zit een zogeheten microbolometer, die opwarmt door infrarode straling. De temperatuurverschillen worden omgezet in elektrische spanning, die weer wordt omgezet in een afbeelding. Op de meest gebruikte apparaten geeft de kleur blauw koud aan en rood warmte aan.

HOE GAAN WE DE TEST VASTLEGGEN?

We maken video's en foto's van onze hele bouwproces en van onze beproevingsmethode zo kunnen we dat makkelijk vast leggen. Ook krijgen we beelden van de warmte camera en hebben we de gegevens van de warmte sensor.



OMSCHRIJVING BEPROEVINGSMETHODE

Wij hebben als groep de opdracht gekregen om onze bouwsteen te testen op warmte accumulerend vermogen. Warmte accumulatie is het langzaam opslaan van energie, met als doel om deze energie op een later tijdstip weer te gebruiken. In de praktijk betekent dat de warmte van een warmtebron (dat kan bijvoorbeeld de warmte van de zon zijn die op de gevel komt) wordt opgeslagen en op een later moment gebruikt wordt om de ruimte te verwarmen.

Om dit te bepalen moeten we eerst weten welke materialen we gebruiken en wat voor dikte die materialen hebben, omdat die van invloed zijn op zo een test.

DE EISEN DIE WIJ WILLEN BEREIKEN ZIJN:

- Hij moet voldoen aan een rc waarde van 4,5.
- Dat de bouwsteen langdurig langzaam zijn temperatuur afgeeft richting de steenzijde

HOE GAAN WE DIT DOEN IN DE PRAKTIJK?

1. Voor we gaan beginnen moeten we aan onze veiligheid denken, dus bouwschoenen aan.
2. Voor het meten brengen we de warmte sensor alvast aan zodat we kunnen meten waar de warmte word opgeslagen.
3. Voor we het gaan verwarmen brengen we ook de warmte camera aan. Zodat we het gehele proces in beeld hebben.
4. Met een heater verwarmen we de muur.
5. Hierna houden we het proces in de gaten via de warmte sensoren en de warmte camera.
6. We schrijven alle gegevens op en kijken of deze voldoen aan onze eisen.

BRONNEN:

- <http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/warmteaccumulatie.htm>
- <http://www.zonsondergangtijden.nl/>



HYPOTHESE / ONDERZOEKSVRAAG

HOOFDVRAAG:

- Hoe groot is het warmte accumulerend vermogen van de bouwsteen door de massa van de bouwsteen op temperatuur te brengen?

DEELVRAAG:

- Hoe lang blijft de ruimte aan de steen zijden verwarmt?
- Hoe lang duurt het tot de gevel volledig is opgewarmd?

HYPOTHESE

Zoals berekend volgens onze berekeningen verwachten we dat het warmte accumulerend vermogen **2.330.810.517 MJ/m²** is. Volgens het onderzoeken houdt leem ook warmte vast en laat dat op een later tijd stip los wij verwachten dat de ruimte 17 uur verwarmd blijft door de bouwsteen. Met een temperatuur van 35 graden. Uit onze berekening blijkt dat het 24,2 minuten duurt tot de gevel volledig is opgewarmd. Warmteaccumulatie $Q = \rho \times c \times d \times \Delta T$, de praktische eenheid is in dit geval MJ/m²

Q = hoeveelheid warmte die per m² in de constructielaag is geaccumuleerd
 ρ = dichtheid (volumieke massa) van het materiaal in kg/m³: 1650
c = soortelijke warmte in J/(kgK): 1000
d = dikte van de constructielaag in m: 0,295
 ΔT = temperatuurstijging die de laag heeft ondergaan, in K: 308,15

$$1650 \times 1000 \times 0,295 \times 308,15 = 149.992.012,5$$

Q = hoeveelheid warmte die per m² in de constructielaag is geaccumuleerd
 ρ = dichtheid (volumieke massa) van het materiaal in kg/m³: 140
c = soortelijke warmte in J/(kgK): 2100
d = dikte van de constructielaag in m: 0,16
 ΔT = temperatuurstijging die de laag heeft ondergaan, in K: 308,15

$$140 \times 2100 \times 0,16 \times 308,15 = 14.495.376$$

Q = hoeveelheid warmte die per m² in de constructielaag is geaccumuleerd
 ρ = dichtheid (volumieke massa) van het materiaal in kg/m³ 1650
c = soortelijke warmte in J/(kgK) 1000
d = dikte van de constructielaag in m 0.02
 ΔT = temperatuurstijging die de laag heeft ondergaan, in K 308,15

$$1650 \times 1000 \times 0,02 \times 308,15 = 10.168.950$$

Bij een constructie die uit meer lagen bestaat, worden simpelweg de verschillende Q's opgeteld.

$$149.992.012,5 + 14.495.376 + 10.168.950 = 174.656.338,5 \text{ J/m}^2$$

Leemstenen	$1650 \times 1000 \times 0,295 =$	486.750	
Leemstuc	$1650 \times 1000 \times 0,02 =$	33.000	
Houtvezel	$140 \times 2100 \times 0,16 =$	47.040	+
		<u>566.790</u>	

Binnen temperatuur: 20 graden
Buiten temperatuur: 35 graden
35-20= 15 graden

$$15 \text{ graden} = 4.112,3 \text{ K}$$
$$Q = 566.790 \times 4.112,3 = 2.330.810.517 \text{ MJ/m}^2$$



$\rho \times c$ = warmtecapaciteit van een materiaal in J/(m³K); overigens, de warmtecapaciteit van een voorwerp is J/K (dus niet per m³).

Leemstenen: $1650 \times 1000 = 1.650.000$ J/m³K
Houtvezel: $140 \times 2100 = 294.000$ J/m³K
Leemstuc: $1650 \times 1000 = 1.650.000$ J/m³K

De *thermische capaciteit C* van een materiaal is de warmtecapaciteit van dat materiaal maal de dikte ervan en wordt nu:

$$C = (\rho \times c \times d) / 1000 \text{ kJ/(m}^2\text{K)}.$$

Leemstenen:	$1650 \times 1000 \times 0,295 / 1000 =$	486,75
Leemstuc:	$1650 \times 1000 \times 0,02 / 1000 =$	33,00
Houtvezel:	$140 \times 2100 \times 0,16 / 1000 =$	47,04 +
		<u>566,79</u>

De *tijd t* (tau) die nodig is om de hoeveelheid warmte Q te leveren voor het opwarmen van de constructie is:

$t = \rho \times c \times d \times (0,5 R_c + R_{\text{koudstezijde}})$, in seconden
waarin R_c = warmteweerstand van de constructie is.

RC waardes

Leemsteen: $0,295/0,35 = 0,84$
Leemstuc: $0,02/0,8 = 0,025$
Houtvezelplaat: $0,16/0,040 = 4$
Rc waarde totaal: 4,865

$$\text{Tijd} = (566,79) \times (0,5 \times 4,865 + 0,13) / 60 = \mathbf{24,2 \text{ min}}$$



SCHETSEN / FACTSHEETS

BESCHRIJVING SCHETS

In de schets zie je een schema van de opstelling van onze test methode. Hier zie je dat we verschillende punten gebruiken in de muur om te meten tot hoever in de muur het wordt opgewarmd. De punten zitten op verschillende dieptes. Hier onder ziet u het lijst met welke punt op welke diepte zit.

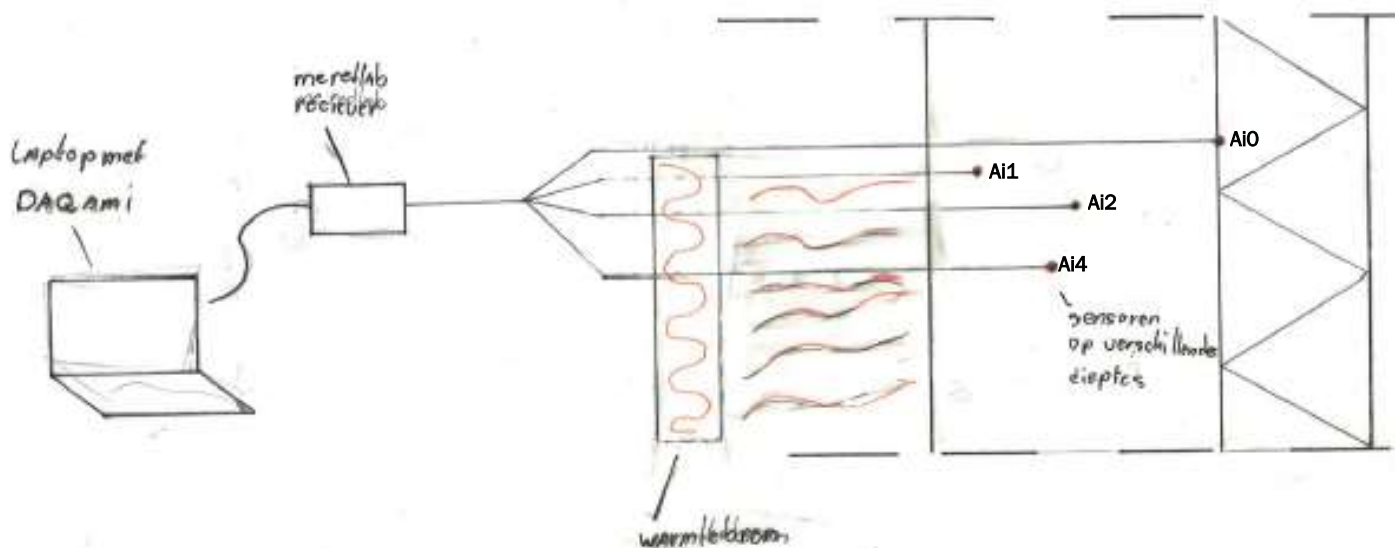
Ai0: Tegen isolatie

Ai1: 100 mm diep

Ai2: halve steendikte, +/-140mm

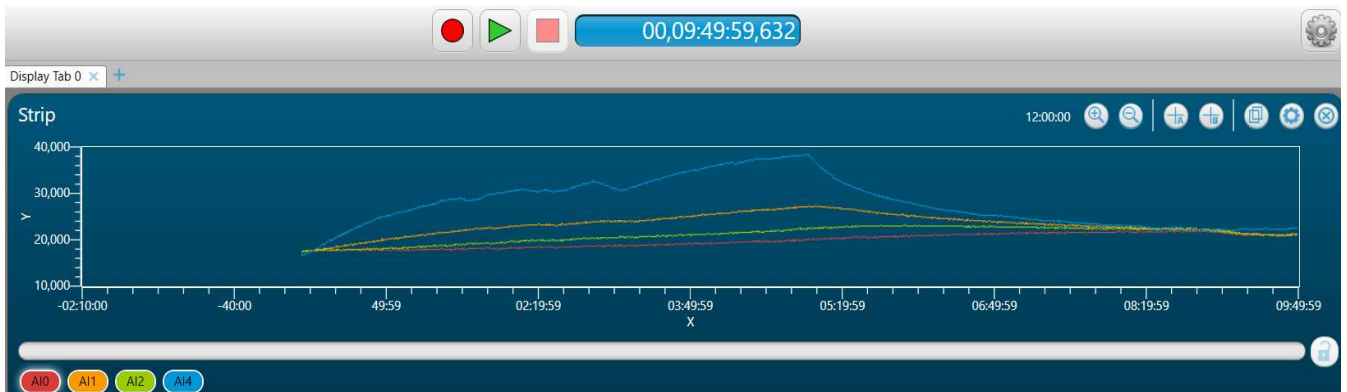
Ai4: 20 mm diep

De sensoren die in de muur zitten sturen informatie naar het kleine kastje de Me-redlab. Dit kastje stuurt de informatie naar je laptop. Deze informatie komt uiteindelijk in het programma DAQami en dit wordt omgezet in een grafiek. Van uit de grafiek kunnen wij lezen wat de gegevens zijn van de sensoren en hoe het proces verlopen is.





UITSLAG METING



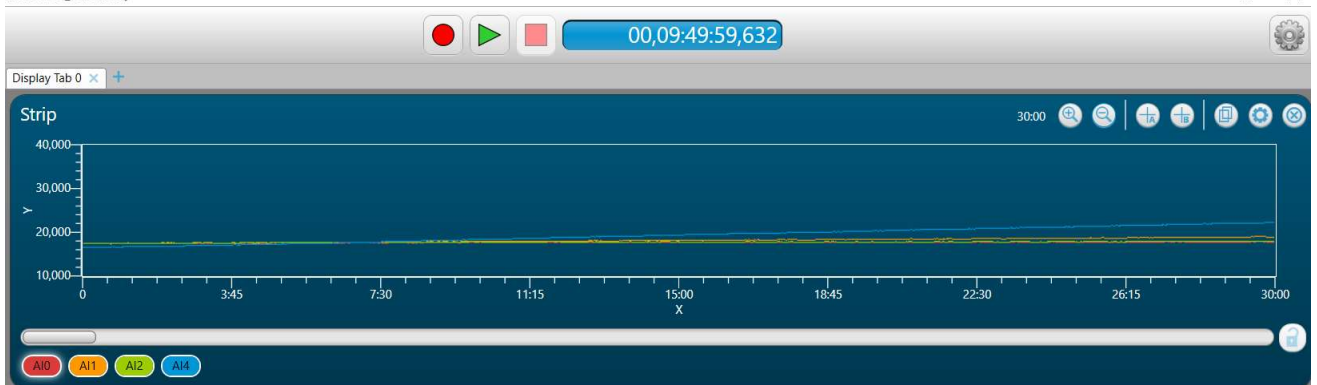
Hierboven is het totaalbeeld te zien van het warmteverloop van onze bouwsteen. Bevindingen die zijn gedaan tijdens het meten zullen worden benoemd en toegelicht.

Opzet van de proef

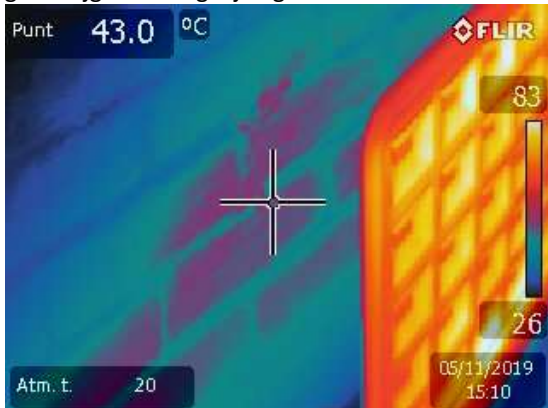
Thermokoppel aanbrengen in bouwsteen op verschillende diepten voor accuratere gegevens. DAQami instellen en configureren. Testmetingen gedaan. Opstellen van verwarmmethode. Meting en verwarmen gevel van 5 uur beginnen.

Bevindingen en verloop

Start van temperaturen per sensor; begin temperatuur ruimte : 16.4 graden Celsius



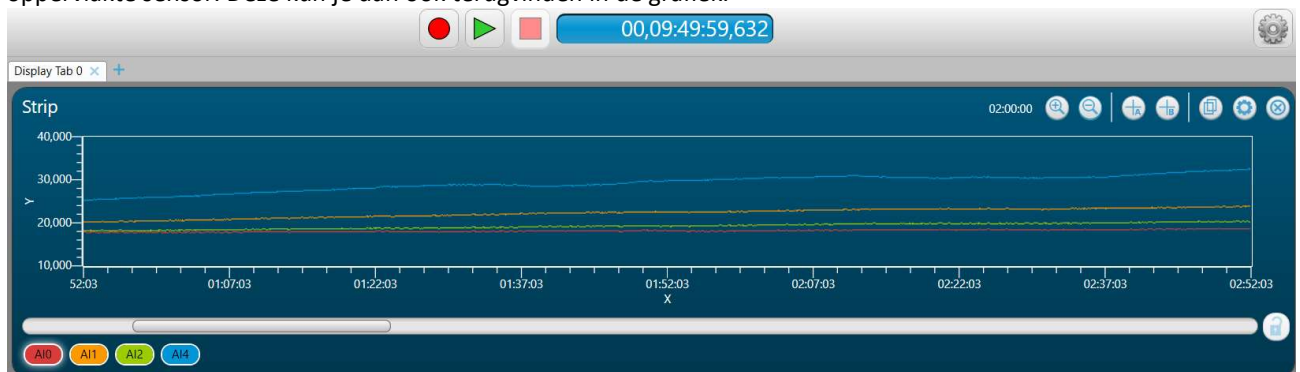
eerste 30 minuten van opwarmen, je kunt hier al gelijk zien dat de sensor die dicht op het oppervlakte zit al snel gaat stijgen in vergelijking tot de andere sensoren.



hier het eerste warmtebeeld (temperatuur camera niet betrouwbaar)



Vanwege een kleine miscommunicatie voor de warmtebronnen is er een daling van temperatuur ontstaan bij de oppervlakte sensor. Deze kun je dan ook terugvinden in de grafiek.

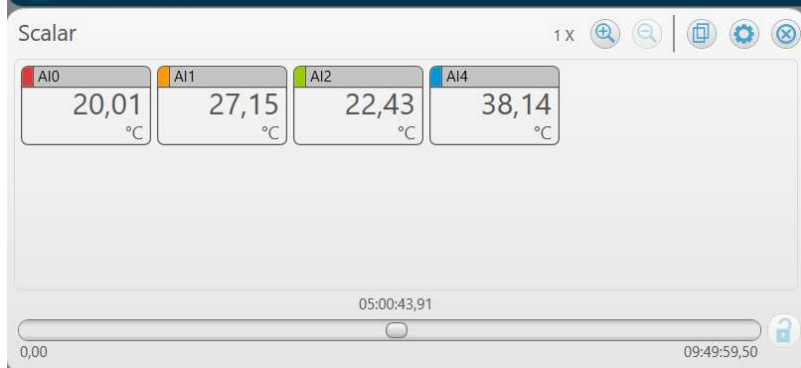


dip vanaf 2 uur tot 2 uur 30 minuten, hierbij was er een warmtebron uitgevallen.

Tweede dip in temperatuur door stroomuitval, deze kun je ook terugvinden, helaas was ik hier zelf erg laat achter.



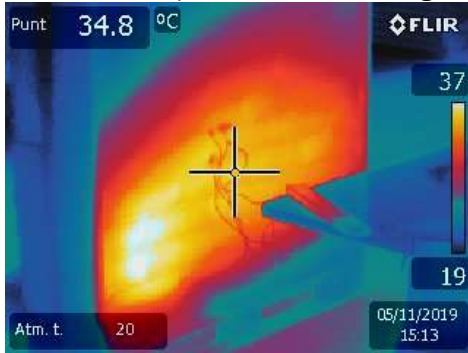
Snelle daling van temperatuur aan het oppervlakte, dit was te verwachten.



Exacte temperaturen op moment van weghalen van de warmtebron.



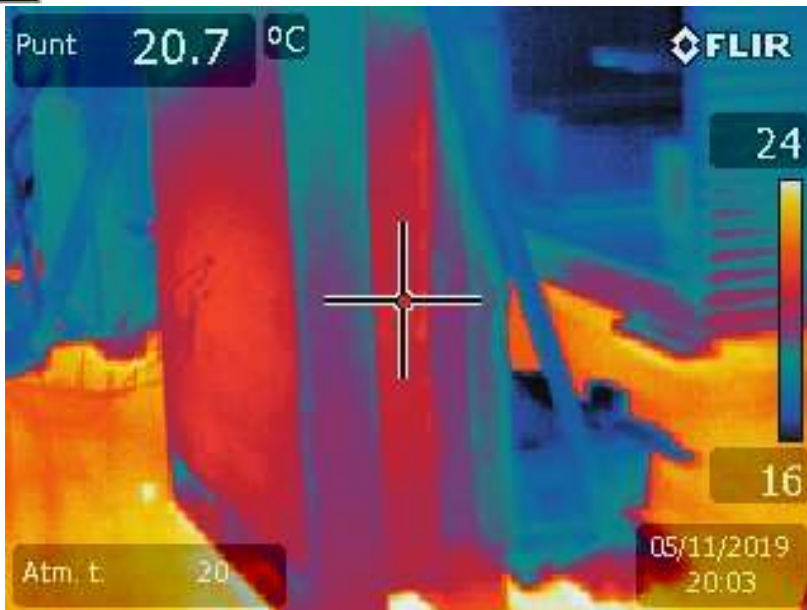
Warmtebeeld op het moment van weghalen van de warmtebron.



Wat er vervolgens gebeurd is een bijzondere bevinding; de oppervlakte temperatuur neemt flink af, maar de kern temperatuur zie je nog een tijdje geleidelijk stijgen. Vervolgens kun je zien dat enkel nog de diepste sensor opwarmt. Deze stopt na 3 uur pas zodra alle temperaturen weer ongeveer gelijk zijn. Wat opvalt is dat de oppervlakte temperatuur daalt tot onder de andere temperaturen. Maar deze zal vervolgens tijdens het afkoelen van de diepste sensor weer omhoog komen. Dit betekent dat opgeslagen warmte dus weer vrij komt, dit is een resultaat die we graag willen zien bij onze bouwsteen.



Temperatuur op het einde van de meting. Hier kun je zien dan AI4 nog 22 graden is, dit is de oppervlakte sensor, op het moment van deze opname was de ruimte 16.4 graden Celcius. (hiervan zijn stand opnames gemaakt, ook deze zijn nader te verkrijgen bij Return to Nature)



zo hier ook te zien in het zijaanzicht, de warmte is goed de bouwsteen ingetrokken en je kan zien dat het een goede geleidelijke spreiding heeft van temperatuur. Het is gelijkmatig verdeeld en er is geen groot kleurverschil.

Deze opname is aan het einde van de meting genomen, dus na 5 uur opwarmen en 5 uur afkoelen.

conclusie

Wij concluderen dat leem een wel degelijk goed warmte accumulerend vermogen heeft en ook erg goed warmte terug af kan geven naarmate er tijd verstrekt en de warmtebron uit/weg is.

Dit bevestigt dan ook dat leem een erg geschikt materiaal is voor warme (maar ook vochtige) ruimtes.

Dus de bestemming van leem binnen onze casus is dus een zeer aan te raden manier van bouwen.

Voor eventuele specifiekere data voor temperatuurverloop kunt u deze 1470 pagina's aanvragen bij Return to Nature.



REFERENTIES

WAT DOET LEEM?

Leem neemt snel warmte op en geeft die langzaam af. Het is dus ideaal voor warmteopslag. Ook werkt het vochtregulerend. Doordat de stenen niet worden gebakken, behoudt leem zijn werking.

De beleving van warmte is met relatief droge lucht door de leem vaak aangenamer dan bij vochtige lucht. Daarom is in mediterrane landen de warmte veel draaglijker dan in ons eigen vochtige land.

Daarnaast heeft leem een zacht en open oppervlak, waardoor de akoestische demping heel goed is. Door de soortelijke massa heeft een wand van leemstenen daarbij bovendien een hoge geluidsisolatie.

OPWARMING EN AFKOELING

Voor optimale warmteaccumulatie is het van belang dat de gebouwschil warmte en koelte zo goed mogelijk op kan slaan. Om verlies te voorkomen, is het essentieel dat de gebouwschil luchtdicht is. Ook de plaats van isolatiematerialen heeft invloed op het warmte accumulerende vermogen. Isolatie aan de buitenzijde van een gevel betekent dat er veel warmte in de constructie wordt opgeslagen. Zo ontstaat een gelijkmatig binnenklimaat, maar het opwarmen en afkoelen van het gebouw duurt langer. Isolatie aan de binnenzijde leidt tot een lagere warmte- of koudeopslag, terwijl opwarming en afkoeling korter duren.

WARMTECAPACITEIT BOUWMATERIAAL

Bouwmaterialen zijn bepalend voor de mate van het warmte accumulerend vermogen van een energie neutrale woning. Het warmte accumulerende vermogen van bouwmaterialen wordt op zijn beurt bepaald door de warmtecapaciteit (soortelijke warmte x volumieke massa). Hoe hoger de warmtecapaciteit en hoe dikker de constructie laag, hoe hoger het warmte accumulerende vermogen. Om hoge warmtecapaciteit te krijgen heb je een sterk warmte accumulerend vermogen nodig, dat toeneemt naarmate het materiaal dikker wordt toegepast.

De warmteaccumulatie Q is afhankelijk van de (*volumieke*) *warmtecapaciteit* C . De warmtecapaciteit C is de hoeveelheid energie die nodig is om 1 m³ van een materiaal 1 graad Kelvin in temperatuur te doen stijgen. Voor warmteaccumulatie is uiteraard ook de *hoeveelheid materiaal* ("dikte van de constructie") en het *temperatuursverschil* aan weerszijden van de constructie belangrijk.

De formule wordt dan als volgt:

Warmteaccumulatie $Q = \rho \times c \times d \times \Delta T$, de praktische eenheid is in dit geval MJ/m²

waarin:

Q = hoeveelheid warmte die per m² in de constructielaag is geaccumuleerd

ρ = dichtheid (volumieke massa) van het materiaal in kg/m³

c = soortelijke warmte in J/(kgK)

d = dikte van de constructielaag in m

ΔT = temperatuurstijging die de laag heeft ondergaan, in K

$\rho \times c$ = warmtecapaciteit van een *materiaal* in J/(m³K); overigens, de warmtecapaciteit van een *voorwerp* is J/K (dus niet per m³).

Bij een constructie die uit meer lagen bestaat, worden simpelweg de verschillende Q 's opgeteld.

$\rho \times c$ = warmtecapaciteit van een *materiaal* in J/(m³K); overigens, de warmtecapaciteit van een *voorwerp* is J/K (dus niet per m³).

De *thermische capaciteit* C van een materiaal is de warmtecapaciteit van dat materiaal maal de dikte ervan en wordt nu:

$C = (\rho \times c \times d) / 1000$ kJ/(m²K).

De *tijd* t (tau) die nodig is om de hoeveelheid warmte Q te leveren voor het opwarmen van de constructie is:

$t = \rho \times c \times d \times (0,5 R_c + R_{\text{koudstezijde}})$, in seconden

waarin R_c = warmteweerstand van de constructie is.



WAAROM EEN WARMTEBEELD?

Een warmtescan geeft aan waar warmte uit de woning verloren gaat en waar het zinvol is om extra isolatie aan te brengen. Dat is aangenamer, maar ook gezonder: gebrekkige isolatie (koudebruggen) kan zorgen voor vochtvorming en schimmel in muren en houtrot in vloeren en daken.

Met een warmtebeeldcamera kunnen de volgende gebreken worden opgespoord:

- Ontbrekende isolatie;
- Natte of uitgezakte isolatie;
- Koudebruggen (in de isolatie);
- Kieren, naden en gaten (nauwkeuriger in combinatie met een blowerdoortest);
- Luchtdichtheid van de woning (alleen in combinatie met een blowerdoortest);
- Bouwgebreken;
- Onjuiste detaillering;
- Lekkages.

Slechte isolatie kan in een woning van gemiddelde omvang jaarlijks zo 1000 euro aan stookkosten schelen. Dit staat gelijk aan ongeveer tien procent van de totale klimaatbelasting van een gemiddeld huishouden. Wonen in een slecht geïsoleerd, tochtig huis is bovendien onprettig: het voelt er altijd koud aan.

BRONNEN

- <https://www.bouwwereld.nl/producten/leemstenen-basis-gezond-binnenklimaat/>
- <https://www.leemshop.nl/service/info/leem/>
- <file:///C:/Users/Ang%C3%A8l/Downloads/Energiek%20beton%20-%20Brochure.pdf>
- <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/warmtebeelden/>
- https://www.xella.nl/optimale_warmteaccumulatie_4006.php