

**silka**  
kalkzandsteen

silka gaat vérder met kalkzandsteen



Bouwfysica en kalkzandsteen

xella

## Samen kunnen we elke bouwuitdaging aan



Xella Nederland BV is een moderne, ambitieuze onderneming die voortbouwt op het stevige fundament dat in meer dan 50 jaar is gelegd door de bouwmaterialen kalkzandsteen en cellenbeton.

Xella Nederland BV maakt deel uit van het internationale Xella concern. De XELLA missie is helder: het bieden van betrouwbare bouwproducten en diensten die aansluiten bij de actuele eisen en wensen in de bouwwereld. Marktkennis, samenwerking, innovatie en service zijn hierbij sleutelwoorden. De synergie binnen het concern stelt XELLA in staat de behoeften in de bouwwereld snel en flexibel te vertalen naar concrete, efficiënte en kostenbesparende bouwoplossingen. Met SILKA kalkzandsteen als treffend voorbeeld. In Nederland wordt SILKA vervaardigd in

productielocaties te Hillegom (ZH), Huizen (NH), Liessel (NB) en Koningsbosch (L). Het hoofdkantoor is gevestigd in Vuren (Gld).

## Inhoud

Hoofdstuk 1	<a href="#">Algemeen Bouwbesluit</a>	4
	Alle bouwfysische feiten	4
	Eisen op het gebied van thermische isolatie	5
	Eisen op het gebied van energieprestatie	5
	Begrippen en eenheden	5
Hoofdstuk 2	<a href="#">Eigenschappen kalkzandsteen</a>	8
	Ademend vermogen	8
	Geen vocht en schimmel	9
	Condensatie	10
	Warmte-accumulatie	11
Hoofdstuk 3	<a href="#">Kalkzandsteenconstructies</a>	12
	De invloed van de spouwisolatie	12
	Rc – waarden van kalkzandsteenconstructies	13
Hoofdstuk 4	<a href="#">Energieprestatie</a>	16
	Energieprestatienormen	16
	Aandachtspunten bij het ontwerp	17
	Warmtewand	18
	Invloed warmtewand op de energieprestatie	18



## Hoofdstuk 1

## Algemeen Bouwbesluit

SILKA kalkzandsteen is een enorm veelzijdig bouw materiaal. De bouwfysische kwaliteiten maken het geschikt voor de meest uiteenlopende dragende en niet-dragende constructies. Bovendien zijn woon- en werkcomfort 'ingebouwd', dankzij het uitstekende vocht- en dampregulerende vermogen en de geluids- en warmte-isolerende eigenschappen.

## Alle bouwfysische feiten

In deze brochure vindt u alle informatie over de bouwfysische mogelijkheden en eigenschappen van SILKA Kalkzandsteen. Duidelijk beschreven en overzichtelijk gerangschikt. Zo leest u over het Bouwbesluit. Hoe u met SILKA Kalkzandsteen vocht en warmte kunt

reguleren. Hoe u optimale isolatie-resultaten bereikt. En hoe u tegemoet komt aan de EPC-eisen. Wij zijn ervan overtuigd dat deze gids u snel en feilloos naar de resultaten loodst die u voor ogen hebt. Onze producten én de adviezen van onze afdeling Bouwtechniek staan daarvoor garant.



## Eisen op het gebied van thermische isolatie

In artikel 5.2 van het Bouwbesluit wordt gesteld dat ter beperking van warmteverlies door overdracht of geleiding de warmteweerstand van constructies ten minste  $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  dient te bedragen. Het betreft de volgende constructies:

- uitwendige scheidingsconstructies van een verblijfsgebied, toilet- of badruimte en de kruipruimte;
- inwendige scheidingsconstructies van een verblijfsgebied, toilet- of badruimte, voor zover deze geen scheiding vormt met een ander verblijfsgebied, toilet- of badruimte.

Bepaling van de warmteweerstand moet plaatsvinden conform NEN 1068 "Thermische isolatie van gebouwen" eventueel met gebruikmaking van NEN 2444 "Bepaling van de warmteweerstand en/of de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bouw- en isolatiematerialen".

## Eisen op het gebied van energieprestatie

Het Bouwbesluit stelt dat een woning (geen deel uitmakend van een woongebouw) of een woongebouw een energieprestatiecoëfficiënt van ten hoogste 1,0 mag hebben. De bepaling van de EP van een woning (geen deel uitmakend van een woongebouw) of een woongebouw moet geschieden conform NEN 5128 "Energieprestatie van woningen en woongebouwen-Bepalingsmethoden". Voor niet tot bewoning bestemde gebouwen stelt het Bouwbesluit dat deze een zodanige energieprestatiecoëfficiënt, bepaald volgens NEN 2916 "Energieprestatie van utiliteitsgebouwen-Bepalingsmethoden", dienen te hebben dat in verregaande mate energie wordt bespaard.

## Begrippen en eenheden

## Warmtedoorgang (q)

De warmtestroom die per  $\text{m}^2$  door de constructie gaat. Deze warmte stroomt altijd van een ruimte met een hoge temperatuur naar een ruimte met een lage temperatuur. Dit warmtetransport kan plaatsvinden door:

- geleiding of conductie (g): in vaste stoffen;
- straling of radiatie (s): via elektromagnetische golven;
- stroming of convectie (c): in vloeistoffen en gassen.

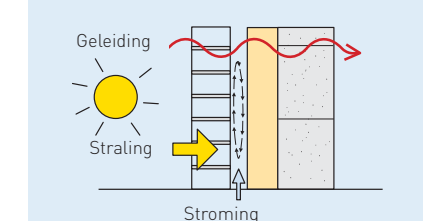
q wordt uitgedrukt in  $\text{W/m}^2$  (Watt per

vierkante meter).

De hoeveelheid warmte die per tijdseenheid door de constructie gaat, is afhankelijk van:

- het materiaal waaruit de constructie bestaat;
- de dikte van het materiaal waaruit de constructie bestaat;
- het oppervlak van het constructieonderdeel;
- het temperatuurverschil tussen de beide zijden van het constructieonderdeel;
- de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda$ ) van het materiaal.

## Warmte-overdracht in spouwconstructies



**Warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda$ )**

De hoeveelheid warmte die door een laag materiaal met een dikte van 1 m en een oppervlakte van 1 m<sup>2</sup> stroomt bij een temperatuurverschil van 1 K (= °C).

$\lambda$  wordt uitgedrukt in W/(m·K) (Watt per meter Kelvin). Het mag duidelijk zijn dat hoe kleiner  $\lambda$  is, hoe beter het materiaal isoleert. De warmtegeleidingscoëfficiënt is afhankelijk van:

- materiaalsoort (metaal, steen, glas, hout, enz);
- volumegegewicht (hoe lager het volumegegewicht, hoe gunstiger  $\lambda$ , hoe beter de isolatie);
- vochtgehalte (hoe droger het materiaal, hoe gunstiger  $\lambda$  is; water geleidt warmte 25 tot 30 x beter dan lucht);
- materiaalstructuur.

Hiernaast staat een aantal  $\lambda_{dr}$  - waarden uit tabel 2 van de NEN 1068. Deze waarden kunnen worden gehanteerd als geen gemeten waarden bekend zijn.

**Warmteweerstand (R)**

1. De weerstand die een constructie biedt tegen warmtedoorstroming ( $R_c$ ).
2. De specifieke warmteweerstand van één laag in de constructie ( $R_m$ ).

$R_m$  is recht evenredig met de dikte van de laag en omgekeerd evenredig met de warmtegeleidingscoëfficiënt:  $R_m = d/\lambda$ .; De eenheid van  $R = (m^2 \cdot K)/W$ ;  $R_c = \sum R_m$ . In § 4.4.2 van de NEN1068 wordt de warmteweerstand  $R_m$  van constructielagen gegeven.

Warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda$ )		
Materiaal-soort	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda^{1)}$ W/(m·K)
Anorganische materialen, zoals grindbeton, beton met lichte toeslag, cellenbeton, gasbeton, baksteen en kalkzandsteenmetselwerk, los gestorte minerale materialen; met uitzondering van glas	2500	2,00
	2300	1,60
	2100	1,20
	1900	1,00
	1600	0,70
	1300	0,50
	1000	0,35
Glas	700	0,23
	400	0,14
	2500	0,80
Organische materialen, al dan niet met bindmiddel (met uitzondering van kunststoffen)	1000	0,17
	700	0,23
	500	0,12
	= 400	0,10
Kunststoffen	1500	0,20

Isolatiematerialen	$\lambda^{1)}$ W/(m·K)
Minerale wol	0,040
Cellulair glas	0,045
Kurk	0,045
Kunststofschuimen	0,040
Na-isolatiemateriaal in spouwen	0,060
- ureumformaldehydeschuim	0,060
- minerale wolvlakken	0,045
- gebonden polystyreenschuimparels	0,045
- polyurethaanschuim met open cellen	0,045
- polyurethaanschuim met gesloten cellen	0,045
- gesiliconiseerde perlitekorrels	0,050

1) Rechthoekige interpolatie is toelaatbaar voor de materiaalcategorieën met een reeks waarden van r  
 (Voor rekenwaarden van  $\lambda$  geldt:  $\lambda = \lambda_{dr} (1 + a)$   
 (voor waarden van correctiefactor a zie tabel 1 van de NEN 1068))



**Warmte overgangsweerstand ( $R_{si}$  en  $R_{se}$ )**

De overgang van lucht op materiaal en materiaal op lucht geeft een zekere warmteweerstand.

Deze warmteoverdracht vindt plaats door straling en convectie, waarbij de convectie o.a. afhankelijk is van de luchtsnelheid langs het oppervlak.

$R_{si}$  = de warmteovergangsweerstand aan

de zijde van de ingaande warmtestroom.

$R_{se}$  = de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom. Hieronder staat een aantal waarden uit tabel 3 van de NEN 1068:

Warmte-overgangsweerstand ( $R_{si}$ en $R_{se}$ )		
Constructie	$R_m$ (m <sup>2</sup> ·K/W)	
Afdek- of afwerkklagen zoals:	0,04	
-een gesloten verlaagd plafond, exclusief de luchtlaag		
-een flexibele dakbedekking al dan niet voorzien van een grindverzwaring		
-een dakbedekking van pannen inclusief de luchtlaag tussen pannen en dakbeschoot niet of zwak geventileerde luchtlaag met een dikte:	0,17	
-van tenminste 10 mm		
-kleiner dan 10 mm	0	

Constructie	$R_{si}$ (m <sup>2</sup> ·K/W)	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> ·K/W)
Daken en buitenwanden; vloeren boven buitenlucht	0,13	0,04
Niet aan buitenlucht grenzende wanden	0,13	0,13
Vloeren boven kruipruimten of direct op de ondergrond	0,13	0,13
Niet aan buitenlucht grenzende vloeren; warmtestroom naar boven	0,10	0,10
Niet aan buitenlucht, kruipruimte of ondergrond grenzende vloeren; warmtestroom naar beneden	0,20	0,20

**Warmteweerstand "lucht op lucht" ( $R_l$ )**

Wie het warmteverlies door een constructie wil berekenen, moet rekenen met de warmteweerstand "lucht op lucht". Deze is samengesteld uit de warmteweerstand van de constructie en de beide overgangsweerstanden:

$$R_l = R_{si} + R_c + R_{se}$$

In de verwarmingstechniek wordt meestal gerekend met de zogenaamde U-waarde, de warmtedoorgangcoëfficiënt. Hiervoor geldt:  $U = 1/R_l$ .



## Hoofdstuk 2

## Eigenschappen van kalkzandsteen

**Ademend vermogen**

Bij koken, baden, wassen en het ademen komt vocht vrij in de vorm van waterdamp. Een gezin van vier personen produceert zo al gauw zo'n tien liter vocht per dag. Wanneer dit niet op de juiste wijze uit de woning wordt afgevoerd, ontstaat vochtoverlast. Dat is niet alleen vervelend, maar ook slecht voor de gezondheid. Er zijn mogelijkheden om vochtoverlast te voorkomen. Bijvoorbeeld door goed te ventileren en bouwmaterialen toe te passen die overtollig vocht kunnen opnemen. Ventilatie lijkt een goede oplossing voor dit probleem, maar

moderne energiezuinige woningen worden nagenoeg luchtdicht gebouwd. Dergelijke woningen zijn voorzien van mechanische ventilatiesystemen. Helaas zet de bewoner deze vaak af om energie te besparen. Dat werkt averechts: het vocht blijft in de woning waardoor het snel onbehaaglijk wordt. Men zet al gauw de verwarming wat hoger zodat de beoogde energiebesparing weer verloren gaat. Een woning gebouwd in kalkzandsteen heeft deze problemen veel minder. Het materiaal is in staat vocht op te nemen totdat de vochtigheidsgraad in de woning weer is

verminderd. Het vermogen van de wand om vocht op te nemen en weer af te staan, wordt bepaald door de 24-uurs variatie van het relatief vochtgehalte en het soort materiaal. Per m<sup>2</sup> kalkzandsteenwand bedraagt dit vermogen 0,17 liter bij absorptie en 0,13 liter bij desorptie. De penetratiediepte van het vocht is daarbij 5 à 6 mm. Voor een woning met 130 m<sup>2</sup> kalkzandsteen komt dit neer op ca. 17 liter vocht per etmaal. De waterdampproductie is sterk afhankelijk van het bewonersgedrag maar zal zelden meer dan 15 liter per etmaal bedragen. Het waterdampregulerend

vermogen van kalkzandsteen is dus voldoende om het vochtklimaat in een woning beheersbaar te houden. Vaak spreekt men dan ook van het "ademen van kalkzandsteen". Hiermee wordt een goede en natuurlijke vochtregulatie bedoeld, die bevorderlijk is voor een gezonde leefomgeving.

**Geen vocht en schimmel**

Bij dichte constructiedelen kunnen te lage oppervlaktetemperaturen de oorzaak zijn van schimmelproblemen.

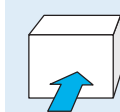
Schimmels vormen niet alleen een esthetisch probleem (zwarte of gekleurde plekken op plafond of muur), ze zijn ook schadelijk voor de gezondheid. Schimmels kunnen allergische reacties bij mensen teweeg brengen. In het algemeen geldt dat schimmels zich bij een relatieve vochtigheid van 70% - 90% kunnen ontwikkelen. Aangezien kalkzandsteen goed in staat is om vocht op te nemen en weer af te staan zal het probleem van schimmelvorming minder aanwezig zijn.

De voorwaarden voor schimmelgroei op constructies zijn:

- temperatuur: voor de meeste schimmelsoorten geldt een minimumtemperatuur tussen de -2 en 5 °C. De optimale temperatuur voor de meeste schimmels ligt tussen de 20 en 28 °C;
  - vochtgehalte van de lucht;
  - aanwezigheid van zuurstof;
  - zuurgraad van de ondergrond;
  - "time of wetness", dit is de tijd waarin een RV > 80% aanwezig is.
- Hieronder worden zes oorzaken genoemd waardoor vocht in een constructie kan komen, met daarbij vermeld de eventuele maatregelen die genomen kunnen worden.

**Vochtcirculatie**

RV &gt; 70%



RV &lt; 40%



Relatieve vochtigheid

&lt; 40%

→te droog dus onaangenaam

80 à 90%

→drukkend dus onaangenaam

Meestal wordt een RV tussen de 40 en 70% als comfortabel ervaren.

**Regendoorslag** kan plaatsvinden via materiaalporiën, haarscheurtjes, open voegen, door verkeerd plaatsen van spouwankers, niet plaatsen van een loodslab boven een latei, afgesloten "open" stootvoegen. Regendoorslag door materiaalporiën kan worden voorkomen door het buitenblad te impregneren. De mate van regendoorslag hangt af van:

- de kwaliteit van de mortel en het metselwerk;
- de grootte van de stromingsweerstand (r) van de gebruikte steen en mortel;
- de waterremmende eigenschap van het vulmateriaal.

**Optrekkend grondvocht** of druk van grondwater. Dit kan voorkomen worden door het aanbrengen van een horizontale vochtkering in de muur (b.v. DPC-folie opnemen in de lintvoeg), door een mechanische onderbreking of door injecteren (bij renovatie). Ook kan de grondwaterstand verlaagd worden tot onder de funderingsvoet door middel van

drainage. Bij houten funderingspalen dient erop gelet te worden dat de palen onder water blijven staan.

**Bouwvocht** ten gevolge van vrij aanmaakwater of regenwater (zit in de poriën van het bouw materiaal) in holle bouwcomponenten. Wat helpt is goed ventileren tijdens en na de bouw.

**Hygroscopiciteit** van het materiaal: d.w.z. de hoeveelheid vocht die uit de lucht wordt opgenomen.

**Condensatie** zie volgende paragraaf.

**Toevallige oorzaken** zoals een lekkende waterleiding of dakgoot, verstopte afvoerbuizen.

Vocht heeft op verschillende manieren invloed op de bouwconstructie:

- in thermisch opzicht;
- op de levensduur;
- in verband met krimpen en uitzetten;
- op de kwaliteit.

Het is dus van belang om bij het ontwerp en de uitvoering rekening te houden met de bovengenoemde punten.

### Condensatie

De temperatuur in een wand neemt af naarmate men dichterbij het buitenoppervlak komt. Hierdoor bestaat de kans dat tijdens het damptransport de waterdamp die zich in de constructie bevindt, zo sterk afkoelt dat de damp wordt omgezet in water. Er ontstaat dan condensatie in de wand. Dit condensatievocht verdampt pas als de temperatuur wordt verhoogd of de RV wordt verlaagd. Of condensatie nadelige gevolgen heeft, hangt onder meer af van de gecondenseerde hoeveelheden in de wand én van de gevoeligheid van het materiaal voor vocht. De waterdampgeleidingscoëfficiënt ( $\delta$ ) van kalkzandsteen bedraagt volgens NEN 3837 "Kalkzandsteen-elementen" circa  $15 \cdot 10^{-12}$  s. Het diffusieweerstandgetal (m) van kalkzandsteen is 12. Naarmate de waterdampgeleidingscoëfficiënt hoger is en het diffusieweerstandgetal lager, zal de waterdamp sneller worden opgenomen. De maximale hoeveelheid waterdamp die lucht kan bevatten, is afhankelijk van de temperatuur. Als in een bepaalde situatie de maximale dampspanning heerst, is de lucht voor 100% met waterdamp verzadigd (= verzadigde dampspanning ( $p_{max}$ )). De hoeveelheid waterdamp in de lucht wordt aangegeven met behulp van de relatieve vochtigheid  $\phi = p/p_{max} \cdot 100\%$ .

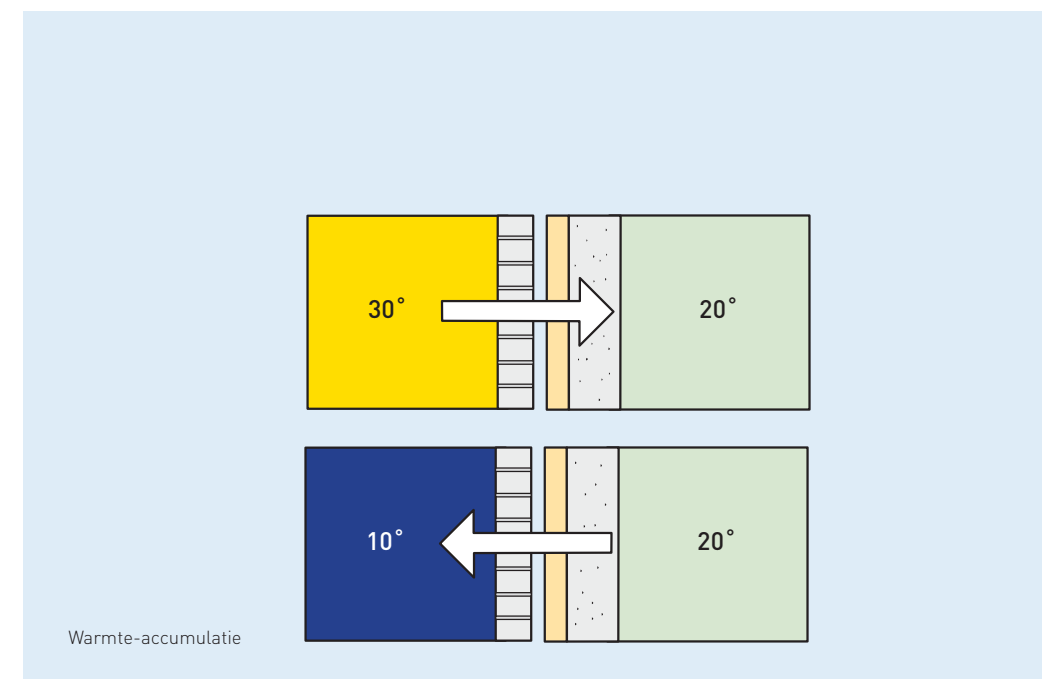
Als er meer waterdamp is dan de lucht kan bevatten ( $p > p_{max}$ ), zal condensatie optreden. De temperatuur waarop lucht met een bepaalde hoeveelheid vocht gaat condenseren, noemt men de dauwpunttemperatuur.

Sommige materialen kunnen de dampdiffusie afremmen. Met name de dikte en dampdichtheid van deze materialen zijn van belang bij het beperken van de dampdiffusie. Als regel kan worden gesteld dat de meeste dampremmende lagen zich aan de binnenzijde bevinden, terwijl naar buiten toe de materialen steeds meer dampdoorlatend (poreuzer) worden. Bij toepassing van isolatie brengt men de dampremmende laag aan tegen de binnenzijde van de warme zijde van het isolatiemateriaal. Door het aanbrengen van een dampremmende laag kan worden voorkomen dat condensatie in het inwendige van de constructie optreedt. Condensatie kan optreden bij een:

- geringe warmteweerstand van de constructie(delen) waardoor condensatie plaatsvindt (koudebruggen): hoe geringer de warmteweerstand, des te lager de temperatuur van het binnenoppervlak;
- een lage oppervlaktetemperatuur betekent dat eerder condensatie optreedt;
- lage buitentemperatuur: hoe lager de buitentemperatuur, des te lager de temperatuur van het binnenoppervlak;
- hoge luchtvochtigheid in de woning: hoe hoger de waterdampproductie binnen, des te hoger de dampspanning. Een hoge dampspanning betekent dat de kans op condensatie toeneemt;
- geringe ventilatie: hoe geringer de ventilatie, des te minder waterdamp er wordt afgevoerd, zodat de dampspanning hoger wordt.;
- Combinatie van eerder genoemde factoren.

Condensatie moet worden vermeden, omdat het kan leiden tot:

- vervuiling en schimmelvorming door vochtige plekken;
- scholvorming door bevrozing bij strenge vorst;
- condens op ruiten;
- sterke hygrische vervorming;



- lekkage door condenswater;
- vermindering van de warmteweerstand als gevolg van vocht.

Al deze problemen verminderen de kwaliteit van het gebouw en hebben tevens invloed op de gezondheid.

### Warmteaccumulatie

Tijdens het opwarmen van een ruimte door de centrale verwarming of door zoninstraling nemen de wanden een deel van de warmte op. Daalt de luchttemperatuur, dan wordt de warmte weer aan de omgeving afgegeven. Hierdoor ontstaat een warmteverlenerend effect met een positieve invloed op de behaaglijkheid. Bovendien blijven hierbij extreme temperatuurschommelingen achterwege, wat tot een ander positief effect leidt: besparing van energie. De mate waarin warmte kan worden opgenomen en afgestaan, wordt het warmteaccumulerend vermogen genoemd.

Dit vermogen wordt vooral bepaald door de soortelijke warmte en de massa van het bouw materiaal. De soortelijke warmte van kalkzandsteen bedraagt circa  $840 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Door de combinatie van deze gunstige soortelijke warmte met de massa van kalkzandsteen, ontstaat een hoog warmteaccumulerend vermogen. Dat betekent dat kalkzandsteen in de zomer langer koel blijft en in de winter juist langer warm. Door de warmteaccumulatie zijn wisselingen in de buitentemperatuur binnenshuis niet zo snel merkbaar. De verwarming hoeft niet zo

vaak te reageren, wat een meer constante binnentemperatuur tot gevolg heeft.

In een gebouw met weinig massa zal de binnentemperatuur snel stijgen als de zon op het gebouw staat. Het overschot aan warmte zal door ventilatie moeten worden afgevoerd. In een gebouw met meer massa zal de temperatuur minder snel stijgen, omdat ook de constructie moet worden opgewarmd. Het warmteoverschot wordt in de constructie opgeslagen. 's Nachts zal deze warmte dan vrijkomen, zodat het gebouw 's morgens minder bijverwarmd hoeft te worden. Kalkzandsteen heeft met een volumieke massa van circa  $1750 \text{ kg/m}^3$  een positieve invloed op de warmteaccumulatie.

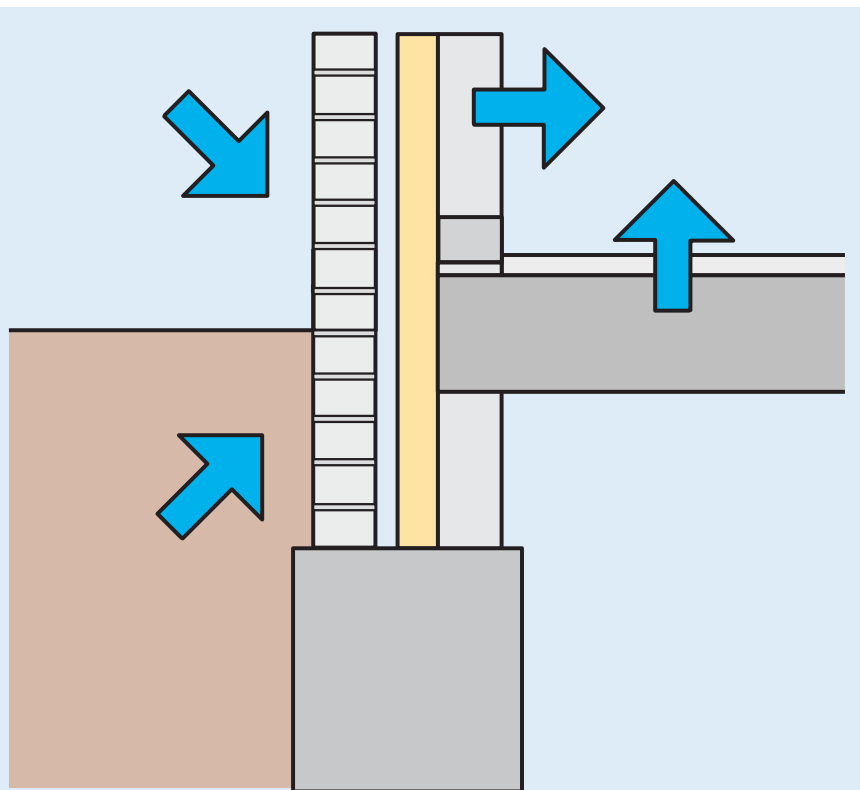
Bij warmteaccumulatie moet ook rekening worden gehouden met de plaats van de isolatie. De plaats van de isolatie heeft namelijk invloed op de warmteaccumulatie van het gebouw.

### Isolatie aan de buitenzijde:

- veel warmte wordt in de constructie opgeslagen, zodat een gelijkmatig binnenklimaat ontstaat;
- opwarmen en afkoelen van het gebouw duurt lang.

### Isolatie aan de binnenzijde:

- weinig warmte wordt in de constructie opgeslagen;
- het opwarmen en afkoelen van het gebouw duurt korter.



## Hoofdstuk 3

## Kalkzandsteen-constructies

**De invloed van de spouwisolatie**

Argumenten om de spouw goed te isoleren.

**Milieutechnische redenen:**  
energiebesparing.

**Economische redenen:**  
geldbesparing.

**Bouwfysische redenen:**  
onder bouwfysische redenen wordt verstaan gevaar voor condensatie in de constructie en alle hieruit voortvloeiende gevolgen bij onvoldoende isolatie.

**Behaaglijkheid:**

in de winter veroorzaakt een te geringe isolatie een lage oppervlaktetemperatuur, waardoor een onbehaaglijk gevoel ontstaat. In de zomer geeft een te geringe isolatie een hoge binnenoppervlaktetemperatuur.

**Installatietechnische redenen:**

bij een slechte of geringe isolatie verandert de binnentemperatuur snel door schommelingen in de buitentemperatuur. Bij een slechte of geringe isolatie moeten extra eisen aan de technische regelingen worden gesteld. Dit kost extra geld

Door toepassing van isolatie in de spouw wordt de warmteweerstand verhoogd. Bij de keuze van het isolatiemateriaal is het volgende van belang:

- een constante R-waarde;
- het materiaal mag niet uitzetten of krimpen bij wisselende temperaturen en vochtcondities;
- het materiaal moet slijtvast zijn.

De keuze is ook afhankelijk van de toepassing. De R-waarde wordt groter als het isolatiemateriaal dikker wordt en is in zekere mate ook afhankelijk van de dichtheid. In de praktijk komt het vaak voor dat de isolatie niet goed tegen het binnenblad wordt aangesloten als gevolg van speciebaarden of dat de isolatieplaten onderling



slecht aansluiten. Daardoor kan koude lucht door de naden tussen de isolatieplaten naar de warme zijde stromen. Hierdoor zal de isolatiewaarde van de constructie aanzienlijk teruglopen. Soms zelfs tot de helft van de beoogde isolatiewaarde. Het is dus van belang om de lijm- en/of speciebaarden af te steken.

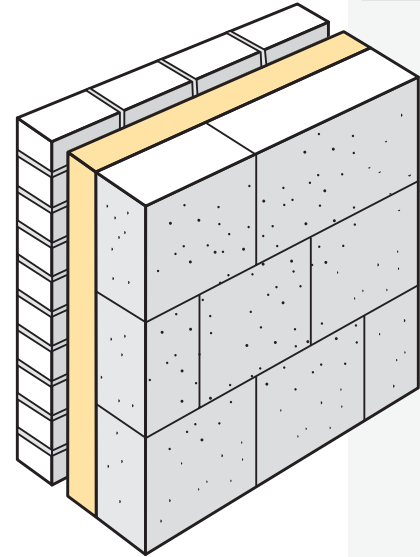
**R<sub>c</sub>-waarden van kalkzandsteenconstructies**

Gegevens	
Materiaal	rekenwaarde λ
kalkzandsteen gevelsteen	λ = 1,50 W/m·K
luchtspouw	R = 0,17 m <sup>2</sup> ·K/W
isolatie	λ = 0,034 W/m·K
kalkzandsteen lijmwerk	λ = 0,93 W/m·K
kalkzandsteen metselwerk	λ = 0,97 W/m·K
pleisterwerk	λ = 1,15 W/m·K

De R<sub>c</sub>-waarde van de constructie kan berekend worden door de λ en R-waarde uit de afzonderlijke delen bij elkaar op te tellen:

- $R_c = R_{m1} + R_{sp} + R_{m2} + R_{m3}$
- $R_l = R_{si} + R_c + R_{se}$

Voor tabellen zie bladzijde 14 en 15.

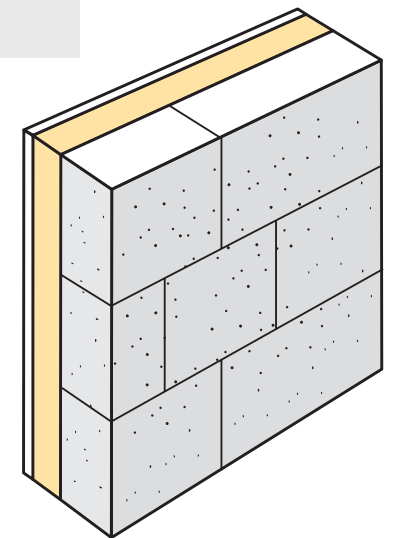


R <sub>c</sub> - waarden SILKA lijmblokken en elementen				
Soort blok	dikte kalkzandsteen binnenspouwblad (mm)	dikte isolatie (mm)	R <sub>c</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)	R <sub>l</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)
Lijmblokken/ elementen	100	75	2,55	2,72
		80	2,70	2,87
		85	2,85	3,02
		90	2,99	3,16
		95	3,14	3,31
		100	3,29	3,46
	120	75	2,57	2,74
		80	2,72	2,89
		85	2,87	3,04
		90	3,01	3,18
		95	3,16	3,33
		100	3,31	3,48
	150	75	2,61	2,78
		80	2,75	2,92
		85	2,90	3,07
		90	3,05	3,22
		95	3,19	3,36
		100	3,34	3,51
	214	75	2,67	2,84
		80	2,82	2,99
		85	2,97	3,14
		90	3,12	3,29
		95	3,26	3,43
		100	3,41	3,58
	300	75	2,77	2,94
		80	2,91	3,08
		85	3,06	3,23
		90	3,21	3,38
		95	3,35	3,52
		100	3,50	3,67

R <sub>c</sub> - waarden SILKA metselblokken en metselstenen				
Soort blok	dikte kalkzandsteen binnenspouwblad (mm)	dikte isolatie (mm)	R <sub>c</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)	R <sub>l</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)
Metselblokken/ metselstenen	100	75	2,55	2,72
		80	2,69	2,86
		85	2,84	3,01
		90	2,99	3,16
		95	3,14	3,31
		100	3,28	3,45
	150	75	2,60	2,77
		80	2,75	2,92
		85	2,89	3,06
		90	3,04	3,21
		95	3,19	3,36
		100	3,33	3,50
	214	75	2,66	2,83
		80	2,81	2,98
		85	2,96	3,13
		90	3,11	3,28
		95	3,25	3,42
		100	3,40	3,57

R <sub>c</sub> - waarden buitengevel isolatiesysteem SILKA lijmblokken en elementen				
Soort blok	dikte kalkzandsteen muur (mm)	dikte isolatie (mm)	R <sub>c</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)	R <sub>l</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)
Buitengevel isolatie systeem lijmblokken/ elementen	150	80	2,53	2,70
		85	2,68	2,85
		90	2,83	3,00
		95	2,97	3,14
		100	3,12	3,29
		105	3,27	3,44
	214	80	2,60	2,77
		85	2,75	2,92
		90	2,89	3,06
		95	3,04	3,21
		100	3,19	3,36
		105	3,34	3,51
	300	80	2,69	2,86
		85	2,84	3,01
		90	2,99	3,16
		95	3,13	3,30
		100	3,28	3,45
		105	3,43	3,60

R <sub>c</sub> - waarden buitengevel isolatiesysteem SILKA metselblokken en stenen				
Soort blok	dikte kalkzandsteen muur (mm)	dikte isolatie (mm)	R <sub>c</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)	R <sub>l</sub> - waarde (m <sup>2</sup> ·K/W)
Buitengevel isolatie systeem metselblokken/ metselstenen	150	80	2,52	2,69
		85	2,67	2,84
		90	2,82	2,99
		95	2,97	3,14
		100	3,11	3,28
		105	3,26	3,43
	214	80	2,59	2,74
		85	2,74	2,91
		90	2,89	3,06
		95	3,03	3,20
		100	3,18	3,35
		105	3,33	3,50



## Hoofdstuk 4

## Energieprestatie

## Energieprestatie normen

EPC staat voor energieprestatiecoëfficiënt en is een maat voor de energetische eigenschappen van een gebouw. De waarde van het maximaal toelaatbare energiegebruik (energiebudget) verschilt per woning en per gebouwsoort. De EPC-eis bepaalt in belangrijke mate het toelaatbare energiegebruik: hoe lager de EPC, hoe energie-efficiënter het gebouw. Het maximaal toelaatbare energiegebruik hangt niet alleen af van de EPC-eis uit het Bouwbesluit. Ook de vorm en de afmetingen van de woning/het gebouw spelen een rol. Bij utiliteitsbouw speelt daarnaast het al dan niet aanwezig zijn van koeling een rol én het aantal personen in de gebouwen (i.v.m. een grotere

ventilatiebehoefte). De energie-eisen in het Bouwbesluit die voor nieuwbouw vanaf 1 januari 2000 gelden, zijn:

1. EPC-eis (indien van toepassing);
2.  $R_c$ -waarde (gevel/dak/vloer) =  $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ;
3.  $U_{\text{raam}} = 4,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (tenminste dubbel glas): verblijfsgebieden;
4. Luchtdichtheid  $q_{v;10} = 200 \text{ liter/s}$  (per  $500 \text{ m}^3$  netto inhoud).

Er wordt voldaan aan de energieprestatie-eis als het berekende (karakteristieke) energiegebruik niet hoger is dan het maximaal toelaatbare energiegebruik (energiebudget). Het totale of karakteristieke energiegebruik is het totaal van het energiegebruik voor verwarming,

ventilatoren, verlichting, koeling, bevochtiging, pompen en warm tapwater. Het energiebudget is afhankelijk van de gebruiksoppervlakte, de hoogte van de energieprestatie-eis, de gebouw grootte (in verband met verliesoppervlak), de vereiste ventilatiehoeveelheid (afhankelijk van het aantal aanwezige personen en de gebouwfunctie) en de eventueel aanwezige koeling.

Voor de berekening van de EPC wordt verwezen naar de volgende NEN normen:

## NEN 2916:

Energieprestatie van utiliteitsgebouwen-bepalingsmethoden

## NEN 5128:

Energieprestatie van woningen en woongebouwen-bepalingsmethoden

## Aandachtspunten bij het ontwerp:

## De invloed van de thermische isolatie.

Om energie te besparen is het belangrijk om de thermische isolatie van een gebouw te verbeteren. De thermische isolatie zorgt ervoor dat de warmteverliezen beperkt blijven. Hierdoor daalt ook het energieverbruik dat nodig is om de warmteverliezen te compenseren. Een goede isolatie zorgt ervoor dat de zonne-energie, die met name door de ramen binnenkomt, beter wordt vastgehouden in het gebouw. Dit geldt ook voor andere

vormen van energie die in het gebouw worden afgegeven door b.v. personen, verlichtingstoestellen en fornuis.

## De vorm van het gebouw.

Een compact gebouw heeft een kleiner omhullend of verliesoppervlak dan een niet compact gebouw en zal dus ook minder energie afgeven aan de buitenomgeving.

## De oriëntatie van de raamoppervlakken.

Als in een gebouw 80 tot 90% van alle vensters aan de zuidzijde zijn geplaatst, dan zal via deze ramen meer zonne-energie binnendringen dan wanneer deze ramen zich in de noordzijde bevinden. Het mag duidelijk zijn dat in het eerste geval het aandeel aan 'gratis' energie hoger zal zijn. Hierdoor zal de temperatuur zonder verwarming stijgen. Het toepassen van HR-beglazing met een lage warmtedoorgangcoëfficiënt is een zeer effectieve energiebesparende maatregel.

## Voldoende thermische capaciteit.

Als er te veel zonne-energie binnenkomt of de bijkomende inwendige warmtebronnen teveel warmte afgeven, zal een voldoende thermische capaciteit of materiaalmassa in het gebouw de warmte tijdelijk kunnen opslaan om die later, wanneer het nodig is, weer af te staan. Dit wordt ook wel het warmteaccumulerend vermogen genoemd.

**Voldoende luchtdichtheid** van het gebouw. Dit is natuurlijk een belangrijke voorwaarde om het nuttig effect van 'gratis' energie te optimaliseren.

## Vermijd koudebruggen.

Een constructie met koudebruggen heeft in vergelijking met een zelfde constructie zonder koudebruggen een 10 tot 50% lagere  $R$ -waarde. Behalve veel warmteverlies door de gevel veroorzaken koude-

energieprestatiecoëfficiënt	
gebruiksfunctie	EPC eis
1 woonruimte	[-]
a woonfunctie van een woonwagen	-
b woonfunctie gelegen in een woongebouw	1
c andere woonfunctie	1
2 bijeenkomstfunctie	2,4
3 celfunctie	
a celfunctie niet gelegen in een cellingebouw	2,2
b celfunctie gelegen in een cellingebouw	2,2
4 gezondheidszorgfunctie	
a gezondheidszorgfunctie voor aan het bed gebonden patiënten	3,8
b andere gezondheidszorgfunctie	1,8
5 industriefunctie	-
6 kantoorfunctie	1,6
7 logiesfunctie	
a onverwarme logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw	-
b verwarme logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw	1,4
c logiesfunctie gelegen in logiesgebouw	2,1
8 onderwijsfunctie	1,5
9 sportfunctie	2,2
10 winkelfunctie	3,5
11 overige gebruiksfunctie	-
12 bouwwerk geen gebouw zijnde	-

bruggen condensatieproblemen. De keuze van het verwarmingssysteem en het type warmtapwateropwekkingstoestel.

- een vr-ketel leidt tot een slechtere energieprestatiecoëfficiënt dan een hr-ketel. De keuze van een ketel zonder waakvlam is aan te bevelen, aangezien een waakvlam een aanzienlijk energieverbruik heeft.
- het is raadzaam om de leidinglengtes tussen de ketel en het tappunt voor warmwater te beperken.

Het inzetten van energie-efficiënte apparatuur en verlichtingssystemen. Door toepassing van energie-efficiënte verlichting kan ook de interne warmte-last worden gereduceerd en hiermee de benodigde hoeveelheid koeling en/of ventilatie in de zomerperiode.





### Klimaatwand

Het gevoel van behaaglijkheid dat men in een ruimte ervaart, wordt niet alleen beïnvloed door de luchttemperatuur in de ruimte, maar ook door:

- de oppervlaktetemperatuur van omliggende vlakken met inbegrip van eventuele verwarmingslichamen en meubels (stralingswarmte) en koude oppervlakten zoals ramen;
- de vochtigheid van de lucht;
- de beweging van de lucht. Deze factoren bepalen samen het klimaat van een verwarmde ruimte. Het ideale binnenklimaat is te realiseren met stralingswarmte. CVK Kalkzandsteen ontwikkelde hiervoor in samenwerking met WTH-vloerverwarming en architect Renz Pijnenborgh begin jaren negentig de warmtewand. In de SILKA klimaatwandproducten zijn fabrieksmatig sleuven gemaakt, waarin flexibele kunststof leidingen worden aangebracht. Door deze leidingen loopt water met een temperatuur van 30 - 50 °C. Het resultaat is een wandtemperatuur van maximaal 30 °C. De wand geeft over de gehele oppervlakte een gelijkmatige warmte af, waarbij de verwarmde lucht nauwelijks in beweging wordt gebracht. Door de hogere stralingstemperatuur en gelijkmatige warmteverdeling wordt een behaaglijk klimaat verkregen bij een luchttemperatuur die circa 3 °C lager is dan bij traditionele radiatorenverwarming. Isoleren van de spouw van een ankerloze spouwmuur is niet noodzake-

lijk, mits voorkomen wordt dat luchtcirculatie in deze spouw kan ontstaan. Bij toepassing van de wandverwarming in het binnenspouwblad zal de wand droger worden. Hierdoor neemt de isolatiewaarde toe. Uitgangspunt bij deze toepassing is een isolatiewaarde (Rc) van de wand van = 2,5 m<sup>2</sup>·K/W.

### Invloed klimaatwand op energieprestatie

Door WE adviseurs duurzaam bouwen te Gouda is onderzocht wat de invloed van een klimaatwand op de energieprestatie is. Uitgangspunt is de voorbeeldwoning uit bijlage H van NEN 5128, uitgave 1998. Hierbij is een aantal varianten berekend. Voor de basisvariant is uitgegaan van een individuele HR-104 combiketel als verwarmingstoestel voor ruimteverwarming en warm tapwater. Ruimteverwarming vindt plaats door middel van radiatoren met een ontwerp-temperatuur  $\theta_{aanv} > 55$  °C. Voor de varianten 1 en 2 is eveneens uitgegaan van een individuele HR-104 combiketel als verwarmingstoestel voor ruimteverwarming en warm tapwater, maar de ruimteverwarming vindt respectievelijk plaats middels wandverwarming en wandverwarming gecombineerd met radiatoren, beide met een ontwerp-temperatuur  $\theta_{aanv} = 55$  °C. Voor variant 3 is als verwarmingstoestel voor ruimteverwarming uitgegaan van een individuele elektrische warmtepomp met de bodem als bron. Afgifte voor ruimteverwarming

vindt plaats door middel van wandverwarming. Om een goede vergelijking met de overige varianten te kunnen maken, is het opwekkingsrendement van de warmwatertapinstallatie niet veranderd. Door verhoging van het opwekkingsrendement ( $\theta_{aanv} = 55$  °C i.p.v.  $\theta_{aanv} > 55$  °C) en het systeemrendement (wandverwarming i.p.v. verwarming door radiatoren) van de verwarmingsinstallatie, is de berekende EPC volgens variant 1 0,04 lager dan de berekende EPC van de basisvariant. Het verschil in energieprestatiecoëfficiënt tussen variant 1 en 2 is het gevolg van een iets lager systeemrendement van wandverwarming in combinatie met radiatoren ten opzichte van alleen wandverwarming.

Gebruik van warmtepompen als verwarmingsinstallatie heeft door toepassing van lage aanvoertemperaturen hoge opwekkingsrendementen tot gevolg en is daarmee van invloed op de EPC. De stapsgewijze verhoging van de ontwerp-aanvoertemperatuur leidt tot een verlaging van de opwekkingsrendementen. Hierdoor daalt

de EPC. Geconcludeerd kan worden dat toepassing van klimaatwanden, door de mogelijkheid van lage aanvoertemperaturen, een zeer gunstig effect heeft op de energieprestatiecoëfficiënt.

Hebt u vragen naar aanleiding van deze brochure of over de SILKA kalkzandsteenproducten en hun toepassingen- en/of verwerkingsmogelijkheden, dan kunt u contact opnemen met Xella Nederland BV te Vuren.

Hoewel XELLA de grootst mogelijke zorg heeft besteed aan de inhoud en samenstelling van deze brochure, kunnen hieraan door derden geen rechten worden ontleend. Raadpleeg altijd de actuele verwerkingsrichtlijnen en productinformatie. Xella Nederland BV behoudt zich het recht voor te allen tijde productspecificaties aan te passen zonder voorafgaande kennisgeving.

Berekende energieprestatiecoëfficiënten	
Variant	EPC
Basis	1,09
1	1,05
2	1,06
3a ( $\theta_{aanv} \leq 35$ °C)	0,88
3b ( $35$ °C > $\theta_{aanv} \leq 45$ °C)	0,92
3a ( $\theta_{aanv} > 45$ °C)	0,95

De berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 5128: 1998



**5** Xella Kalkzandsteenfabriek  
**Van Herwaarden BV**  
Postbus 72, 2180 AB HILLEGOM  
Leidsestraat 244, 2182 DW HILLEGOM  
Telefoon: 0252-578600  
Telefax: 0252-523481

**4** Xella Kalkzandsteenfabriek  
**Rijsbergen BV**  
Postbus 453, 1270 AL HUIZEN  
Blaricummerstraat 119, 1272 JG HUIZEN  
Telefoon: 035-5258858  
Telefax: 035-5264525

**3** Xella Kalkzandsteenfabriek  
**Hoogdonk BV**  
Hoogdonkseweg 15, 5757 PL LIESSEL  
Telefoon: 0493-342135  
Telefax: 0493-342518

**2** Xella Kalkzandsteenfabriek  
**De Hazelaar BV**  
Postbus 128, 6100 AC ECHT  
Saeffelderstraat 10, 6104 RA KONINGSBOSCH  
Telefoon: 0475-308208  
Telefax: 0475-308209



**1** Xella Nederland BV  
Postbus 23, 4200 AA GORINCHEM  
Mildijk 141, 4214 DR VUREN

Telefoon: 0183-671234  
Telefax: 0183-671368

[www.xella.nl](http://www.xella.nl)  
[verkoop@xella.nl](mailto:verkoop@xella.nl)