

Eindrapport onderzoek Warm Bouwen

*Onderzoek naar de mogelijkheden
van Warm Bouwen voor de
bestaande woningbouw.*

adviesburo

Eindrapport

onderzoek

Warm Bouwen

*Onderzoek naar de mogelijkheden
van Warm Bouwen voor de
bestaande woningbouw.*

i.o.v.

Agentschap NL Energie en Klimaat
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT

Uw referentie: CORP100034

Adviesburo Nieman B.V.
Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC ZWOLLE
T (038) 467 00 30
F (038) 467 00 40

zwolle@nieman.nl
www.nieman.nl

Datum	30 juni 2011
Projectnummer	z100522aa
Rapportnummer	Wz100522aaA1.jda

Opdrachtgever

Agentschap NL Energie en Klimaat
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT
T 088 - 602 70 00
F 088 - 602 90 25
vertegenwoordigd door:
de heer drs. W.F.J.H.T. Gerardu

Omschrijving project

Onderzoek naar de mogelijkheden van Warm
Bouwen voor de bestaande woningbouw

Projectnummers

Nieman z100522aa
Agentschap NL CORP100034

Datum

30 juni 2011

Versie

Definitief

Uitgevoerd door

Adviesburo Nieman B.V.
Vestiging Zwolle

mw. ir. A.M.S. Weersink
ing. J.J.P. van Dalen

Het rapport omvat:

62 pagina's (excl. bijlagen)

Samenvatting

'Agentschap NL- Energie en Klimaat' heeft Adviesburo Nieman gevraagd onderzoek te doen naar de toepassingsmogelijkheden voor het WarmBouwen principe voor de bestaande woningbouw.

De studie omvat een literatuurstudie, inventarisatie van gebouwen die zijn voorzien van een systeem vergelijkbaar met de WarmBouwentechniek, interviews met enkele medewerkers van corporaties over kansen en toepassingsmogelijkheden van WarmBouwen in hun praktijk.

Aan de hand van drie voorbeeldwoningen zijn energie- en behaaglijkeheidsberekeningen gemaakt, om te onderzoeken welke bijdrage WarmBouwen kan leveren aan energiebesparing.

De conclusie uit ons onderzoek is dat er energetisch voordeel te behalen is uit WarmBouwen. De hoeveelheid energie die wordt bespaard is sterk afhankelijk van het te hanteren systeem- en opwekkingsrendement. Zeker welk systeemrendement dient te worden gehanteerd is een punt van nader onderzoek. Het systeemrendement zal, zeker bij ongeïsoleerde constructies veel lager zijn dan bij geïsoleerde constructies, vanwege de forse energieverliezen in de leidingen. In onze studie hebben we het effect van warmteverliezen meegenomen in de beoordeling (wijkt af van EPA systematiek). Daar tegenover staat een veel hoger opwekkingsrendement door inzet van een warmtepomp.

Berekend is dat in ongeïsoleerde situaties theoretisch besparingen van 20-30% mogelijk zijn op het energiegebruik voor verwarming. Toepassing van gebalanceerde ventilatie leidt tot 5% hogere waarden. Het energielabel stijgt door toepassing van deze techniek met 1 tot 2 labels hoofdzakelijk als gevolg van toepassing van de warmtepomp.

Conclusies is dat deze techniek kan bijdragen aan het energievraagstuk van corporaties.

Door 2 cm isolatie in de gevel toe te passen neemt het transmissieverlies in de gevel 50% af. Advies is dan ook om constructies in ieder geval minimaal te isoleren. Dit geeft een ander voordeel, namelijk dat de temperatuurafname in de watervoerende leidingen beperkt wordt en dus met een lagere aanvoertemperatuur van het water kan worden volstaan. Bij het niet isoleren zal bij lage buitentemperaturen mogelijk de warmteafgifte van de wand onvoldoende zijn, waardoor bijstoken nodig wordt. Dit reduceert het rendement in negatieve zin. Vanwege de negatieve verhouding van de warmtevraag/koudevraag is aandacht voor beperking van de warmtevraag een issue om onnodig energiegebruik te voorkomen.

Knelpunt is dat de verhouding warmtebehoefte/koudebehoefte in de woningen ongunstig is, groter dan een factor 1:10. Dit houdt in dat geen balans in de bodem wordt bereikt. De warmtevraag is veel groter dan de koudevraag. Additionele bronnen moeten worden gevonden om de bron te laden, dan wel het zoeken naar een afnemer van extra koude. Ook kan worden gedacht aan benutting van bronnen met een constante temperatuur (bijv. oppervlaktewater). Dit punt verdient nadere uitwerking.

Aandachtspunt voor de tussenseizoenen en de zomer is dat door koeling van de wand kans op in/oppervlaktecondensatie ontstaat. Een regeling moet worden toegepast om dit te voorkomen.

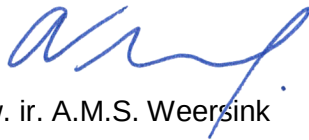
De techniek lijkt voor monumentale gebouwen een oplossing te kunnen bieden om zonder dikke pakketten energie te kunnen besparen.

Veel corporaties geven in de gehouden interviews te kennen vooralsnog deze techniek niet te zullen toepassen in hun dagelijkse praktijk. Enerzijds vanwege het onbekende, maar overwegend vanwege kosten. Warmtepompen zijn veel duurder dan een HR-ketel. Ook toepassen van de techniek in de wanden vinden niet alle bewoners wenselijk. Dat is waar ook corporaties rekening mee houden.

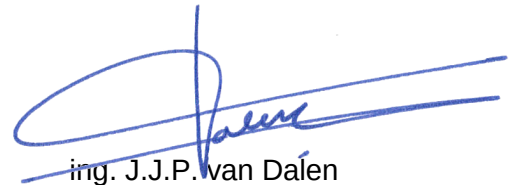
Ook is er angst voor kinderziektes, bijvoorbeeld het condensprobleem. Een corporatie heeft aangegeven een pilot te overwegen, maar de meeste corporaties houden zich liever aan de aanpak volgens de trias energetica. Eerst goed isoleren...

Zwolle, 30 juni 2011
Adviesburo Nieman B.V.

P/o



mw. ir. A.M.S. Weersink



ing. J.J.P. van Dalen

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting		5
Hoofdstuk 1	Inleiding	9
Hoofdstuk 2	Wat is WarmBouwen	10
2.1	Inleiding	10
2.1.1	<i>Koeling van de constructie – warmteopslag in de bodem</i>	10
2.1.2	<i>Verwarming van de constructie – koudeopslag in de bodem</i>	10
2.2	Werkingssprincipe WarmBouwen	11
2.2.1	<i>Waar moet de watervoerende laag liggen?</i>	11
2.2.2	<i>Geen nieuwe componenten – wel innovatiekansen</i>	12
2.2.3	<i>Benutting van overtollige warmte voor opladen van de bron</i>	12
2.2.4	<i>Omgaan met extreme situaties</i>	13
2.3	Waarom WarmBouwen	13
Hoofdstuk 3	Behaaglijkheid binnenklimaat	14
3.1	Verkennde analyse	14
3.1.1	<i>Zowel verwarming als koeling mogelijk</i>	14
3.1.2	<i>Lage temperatuurverwarming via grote stralingsoppervlakken comfortabel</i>	14
3.2	Criteria voor behaaglijkheid volgens Fanger	15
3.2.1	<i>Analyse behaaglijkheidsfactoren</i>	15
3.2.2	<i>Conclusie behaaglijkheidsfactoren</i>	18
3.3	Aanbeveling: ATG als rekenmethodiek voor behaaglijkheid	19
Hoofdstuk 4	Energetisch effect van de schil	20
4.1	Analyse	20
4.2	Relatie met WarmBouwen	20
4.3	Temperatuurverloop	20
4.4	Verbeterde beheersing temperatuur en vochtigheid	21
4.5	Conclusie en advies	21
Hoofdstuk 5	Behoud visuele kwaliteit	22
Hoofdstuk 6	Analyse kansen energiebesparing	23
6.1	Opsomming - algemeen	23
6.2	Specifieke berekeningen	24
6.2.1	<i>Inleiding</i>	24
6.2.2	<i>Energieberekeningen in 9 stappen</i>	24
6.2.3	<i>Energieberekeningen met VA114 en beoordeling behaaglijkheid met de ATG methodiek</i>	25
6.2.4	<i>Drie referentiewoningen en hun energielabel</i>	27
6.2.5	<i>Berekeningsresultaten</i>	28
6.2.6	<i>Resultatenoverzicht 3 woningen</i>	40
Hoofdstuk 7	WarmBouwen en het energielabel	41

Hoofdstuk 8	Kosten	42
Hoofdstuk 9	Voorbeeldprojecten	43
9.1	Woningbouwproject Maastricht	43
9.2	Renovatie De Tempel – Den Haag	46
9.3	Wipsa kids – Amsterdam	48
Hoofdstuk 10	Marktverkenning	51
Hoofdstuk 11	Toepasbaarheid WarmBouwen in de praktijk	52
Hoofdstuk 12	Contact met corporaties	54
Hoofdstuk 13	Conclusie en aanbevelingen	55
Literatuur		57

Bijlagen:

1. Overzicht lage temperatuursystemen (wandverwarming)
2. Vergelijking energiegebruik: conventioneel vs. WarmBouwen
3. ATG grafieken 4 seizoenen en overzicht wandtemperaturen
4. Resultaten enquêtes woningcorporaties

Hoofdstuk 1 Inleiding

In opdracht van 'Agentschap NL- Energie en Klimaat' heeft Adviesburo Nieman B.V. een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid van brede toepassing van de techniek WarmBouwen in de bestaande woningbouw.

Tot op heden is de techniek van WarmBouwen nog niet op grote schaal toegepast. Slechts enkele pilotprojecten zijn ons bekend.

De vraag is gesteld om de beschikbare informatie over de innovatieve techniek van WarmBouwen te beoordelen en een theoretische toets uit te voeren op een aantal woningen. Het uiteindelijke doel daarvan is om te kunnen concluderen of deze techniek op grote schaal toepasbaar is voor de bestaande woningbouw en zo ja welke bijdrage dit kan leveren aan de CO₂ reductiedoelstellingen van het Rijk en corporaties om binnen 10 jaar 20% op het energieverbruik voor verwarming te besparen. We doen dit aan de hand van een theoretische toets van dit concept op drie voorbeeldwoningen. We toetsen het concept bij vijf corporaties; is er interesse voor dit nieuwe concept, waarom wel/niet, wat zijn aandachtspunten voor corporaties bij eventuele toepassing, etc. Ook gaan we na welke verbeterpunten er zijn om toepassing van dit concept in de corporatiewereld mogelijk te maken.

In deze eindrapportage zijn de bevindingen van ons onderzoek weergegeven.

Hoofdstuk 2 Wat is WarmBouwen

2.1 Inleiding

WarmBouwen is een methode om het binnenklimaat in gebouwen te beheersen.

De methode is gepatenteerd (Stichting WarmBouwen).

Bij deze klimatiseringsmethode wordt de warmtecapaciteit van de gebouwmhulling benut en wordt gebruik gemaakt van een warmte/koudeopslagsysteem.

De gebouwmhulling wordt voorzien van watervoerende leidingen waardoorheen transport van warmte en/of koude plaatsvindt om de binnenruimte te klimatiseren via stralingsoverdracht van de wanden/vloeren/plafonds in de woning.

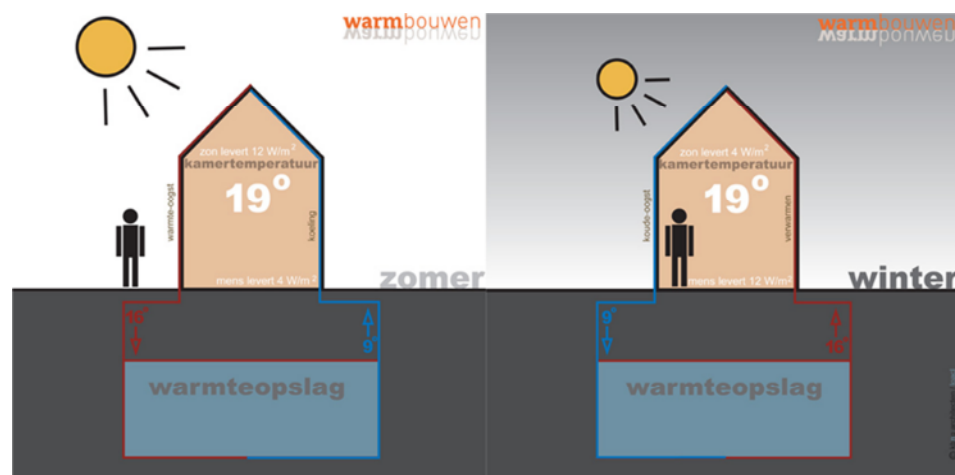
Deze watervoerende leidingen in het gebouw/de gebouwschil staan via een warmtewisselaar (warmtepomp) in verbinding met een warmte-koude-opslagsysteem in de bodem.

2.1.1 Koeling van de constructie – warmteopslag in de bodem

Warmtetransport vanuit de gebouwschil naar het bodemopslagsysteem vindt plaats als de temperatuur van de gebouwschil hoger is dan de temperatuur van de bron (bodemopslagsysteem). Dan vindt afvoer van overtollige warmte uit de woning/gebouwschil warmteopslag in het bodemopslagsysteem plaats en wordt de warmwaterbron in de bodem 'geladen'.

2.1.2 Verwarming van de constructie – koudeopslag in de bodem

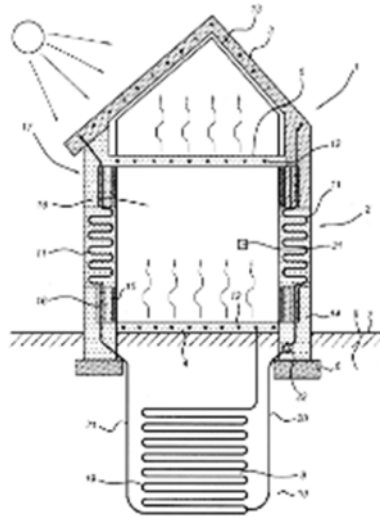
Warmtetransport vanuit de gebouwschil naar het bodemopslagsysteem vindt plaats als de temperatuur van de gebouwschil lager is dan de temperatuur van de bron (bodemopslagsysteem). Dan vindt afvoer van water met een lage temperatuur uit de woning/gebouwschil en wordt de koudwaterbron in de bodem 'geladen'.



Figuur 1: Het principe van WarmBouwen

2.2 Werkingsprincipe WarmBouwen

Onderstaand figuur illustreert het werkingsprincipe van WarmBouwen.



Figuur 2
Werkingsprincipe van Warm Bouwen (bron: Stichting WarmBouwen)

Door benutting van de warmteaccumulerende werking wordt de constructie op een duurzame wijze warm gehouden. Het binnenklimaat wordt grotendeels door warmteafgifte via straling op temperatuur gehouden.

2.2.1 Waar moet de watervoerende laag liggen?

De watervoerende leidingen in de constructie hebben als functie om warmte/koude op te nemen (bijv. geabsorbeerde zonnestraling) en naar de bodembron over te brengen. Voor de meest optimale werking zou deze laag aan de buitenzijde van de constructie moeten liggen.

De watervoerende leidingen hebben tevens als functie om de ruimteomhullende constructies op de juiste temperatuur te brengen. Voor de meest optimale werking zou deze laag nabij het binnenoppervlak van de constructie moeten liggen om relatief snel te kunnen reageren op wijzigingen in de warmte/koudevraag.

Idealiter zou het systeem in de gebouwschil uit twee deelsystemen met watervoerende leidingen bestaan:

- Systeem 1 in de buitenste laag van de buitenwand: deze absorbeert zonne-warmte aan de buitenzijde van de constructie, en is als zodanig te vergelijken met de werking van een zonnecollector. Watervoerende leidingen voeren die warmte af. In de periode met warmtebehoefte kan deze warmte vervolgens worden benut voor verwarming van het binnenklimaat, door een buizensysteem aan de binnenoppervlakte van wanden, vloeren en/of plafonds. In een periode met koudebehoefte kan deze warmte worden opgeslagen in een ondergronds warmteopslag systeem om vervolgens in een periode met warmtebehoefte er weer uit te halen.
- Systeem 2 aan de binnenzijde van de buitenwand: deze laag zorgt ervoor dat de oppervlaktetemperatuur van de wand zodanig is dat een behaaglijk binnen-

klimaat wordt gerealiseerd. Dit systeem is vergelijkbaar met het principe van wandverwarming, ofwel een lage temperatuursysteem.

In de praktijk is het aanbrengen van een dubbel leidingennet vaak niet mogelijk, dan wel kostbaar. Afgewogen moet worden per constructieonderdeel waar de watervoerende laag het meest noodzakelijk of efficiënt is. Bij aanwezigheid van isolatie zal dit vaak aan de zijde van het binnenklimaat zijn. Bij vertrekken waar minder hoge eisen aan het binnenklimaat worden gesteld, denk bijvoorbeeld aan zolders, is de functie van 'zonne-absorber' een goede optie, dus meer aan de buitenzijde van de constructie. Aandachtspunt is dan de extra warmteverliezen naar buiten.

2.2.2 Geen nieuwe componenten – wel innovatiekansen

Het systeem van WarmBouwen gaat uit van bestaande principes: warmteaccumulerende werking, laagtemperatuurverwarming in combinatie met hoogtemperatuurkoeling, wand/vloer/plafondverwarmingssysteem, warmtepomp, koudeopslag in de bodem.

Belangrijk element van WarmBouwen is het uitgangspunt dat er een energetisch evenwicht tussen warmtebehoefte en koudebehoefte moet ontstaan om functioneren op termijn te kunnen garanderen. In dit licht bezien kan WarmBouwen een stimulator zijn om innovatieve producten te ontwikkelen die zorgen voor een breder toepassingsgebied van het principe.

2.2.3 Benutting van overtollige warmte voor opladen van de bron

Het systeem van wand/vloerverwarming via een watervoerend systeem maakt het mogelijk om ongewenste warmte of koude van buiten "af te vangen" en te transporteren naar het warmte- of koudeopslagsysteem in de bodem om overmatige opwarming of afkoeling te voorkomen.

Overmatige opwarming kan onder andere ontstaan door:

- opvallende zonnestraling. Via absorptie en warmtegeleiding dringt de warmte in de constructie – watervoerende leidingen kunnen deze warmte afvoeren naar het opslagsysteem
- invallende zonnestraling. Deze zonnestraling zorgt voor verwarming van de lucht, die op haar beurt voor opwarming van de wanden zorgt. Via luchtafzuiging en de watervoerende leidingen in de constructie kan deze warmte worden afgevoerd naar het opslagsysteem.
- hoge buitenluchttemperaturen die via ventilatie in een vertrek komt. Via afzuiging van de lucht kan deze warmte worden afgevoerd naar het opslagsysteem.

Waar in situaties zonder actieve koeling overmatige opwarming in de zomer tot een comfortprobleem zou leiden, wordt de overmatige warmte bij WarmBouwen juist benut om om de warmtebron in de bodem te 'laden'. Het voldoende geladen zijn van de warmtebron is voor woningen vanwege de hoge warmtebehoefte van belang om voldoende verwarmingsvermogen in de winter te krijgen.

2.2.4 Omgaan met extreme situaties

Doordat bij wand/vloerverwarming de temperatuur van de constructie relatief laag is en afhankelijk is van de brontemperatuur, kan het voorkomen dat het vermogen te laag is bij extreme situaties. Het kan noodzakelijk zijn in zeer koude perioden om aanvullende verwarming te hebben, als de warmtebehoefte te groot is, en het afgegeven vermogen van de stralende oppervlakten te beperkt.

Te lage temperaturen in de constructie moeten worden voorkomen om oppervlaktecondensatie of inwendige condensatie te voorkomen. Dit kan schade aan constructies veroorzaken door materiaaldegradatie, houtrot of schimmelvorming.

2.3 Waarom WarmBouwen

In het patent zijn de volgende voordelen van de methode van WarmBouwen genoemd, die zijn te bereiken ten opzichte van conventionele verwarmingssystemen in woningen:

1. Verbeterde behaaglijkheid van het binnenklimaat
2. Behoud van de bestaande kwaliteit van de gebouwschil
3. Behoud van de architectonische en esthetische kwaliteiten van de gebouwschil, zowel aan de buitenzijde als aan de binnenzijde
4. Verbeterde beheersing van temperatuur en vochtigheid van wanden en dak, zowel aan de binnen- als buitenzijde
5. Energiebesparing.

De hiernavolgende hoofdstukken geven een toelichting op de genoemde aspecten.

Hoofdstuk 3 Behaaglijkheid binnenklimaat

3.1 Verkennende analyse

3.1.1 Zowel verwarming als koeling mogelijk

Toepassing van het WarmBouwen principe betekent dat wanden, vloeren en/of plafonds van een warm/koudwaternet worden voorzien. Via warmte/koudestraling van deze grote wand/vloer/plafondvlakken vindt warmteafgifte plaats.

Omdat door de watervoerende leidingen zowel warm als koud water kan stromen, is zowel verwarming als koeling van de woningen mogelijk. Het hebben van koeling in woningen biedt zomers extra comfort.

3.1.2 Lage temperatuurverwarming via grote stralingsoppervlakken comfortabel

Door de koppeling met het warmte/koudeopslagsysteem is er sprake van een (zeer)lage temperatuurverwarmingssysteem en een (zeer) hoog temperatuurkoelingssysteem. Het voordeel van een lage temperatuursysteem, zoals wandverwarming is dat de aanvoertemperatuur van het water opmerkelijk laag is. Volstaan kan worden met watertemperaturen tot ca. 40°. De wandtemperaturen zijn aanzienlijk lager. In vergelijking tot centrale verwarming, is de ruimtetemperatuur met wandverwarming één tot twee of zelfs drie ° lager om een vergelijkbaar warmtegevoel te krijgen als bij radiatorenverwarming.

Dit komt omdat wandverwarming functioneert op basis van stralingswarmte via grote (wand/vloer/plafond) oppervlakken.

De wanden hebben in het stookseizoen een hogere oppervlaktetemperatuur ten opzichte van conventionele systemen. De warmteafgifte door straling via de wanden/vloeren/plafonds wordt door de mens als comfortabel ervaren. Door de grote stralende oppervlakten kan worden volstaan met beperkte temperatuurverschillen tussen de wanden en de lucht. Deze gelijkmatige verwarming/koeling wordt als zeer prettig ervaren.

De warme wanden stralen het lichaam aan. Hierdoor kan de luchttemperatuur in de ruimte lager zijn, terwijl het toch behaaglijk is in de ruimte. De kamertemperatuur kan 1 tot zelfs 3°C lager zijn in vergelijking met radiatorenverwarming. Dit is gunstig voor het energiegebruik.

3.2 Criteria voor behaaglijkheid volgens Fanger

Jaren geleden heeft Prof. O. Fanger onderzoek uitgevoerd naar factoren invloed hebben op de behaaglijkheid. In deze paragraaf geven we enkele belangrijke resultaten daarvan aan. Deze gegevens zijn van belang om een goed binnenklimaat te kunnen realiseren.

Bij WarmBouwen wordt gebruik gemaakt van lage temperatuur (wand/vloer)verwarming en hoge temperatuur koeling. Het is hoofdzakelijk stralingswarmte die zorgt voor de warmteafgifte.

Deze uitgangspunten zorgen ervoor dat de randvoorwaarden afwijkend zijn van traditionele (centrale verwarmings)systemen of systemen op basis van luchtverwarming. Om deze reden de criteria voor behaaglijkheid op een rij.

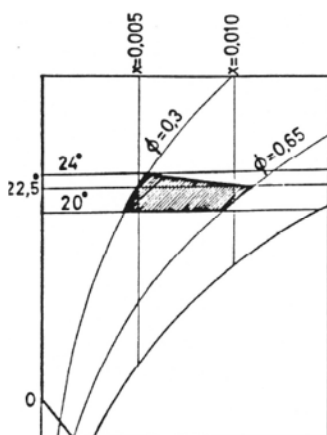
Bij de regulatie van warmte door het lichaam spelen de volgende factoren een rol:

1. Convectie
2. Straling
3. Geleiding
4. Transpiratie
5. Latente warmte in de ademlucht
6. Idem voor voelbare warmte
7. Warmtetransport door kleding
8. Metabolisme
9. Uitwendige arbeid
10. Vochtdiffusie

3.2.1 Analyse behaaglijkheidsfactoren

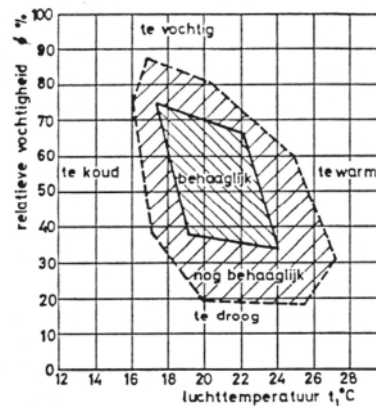
Fanger heeft getracht de resultaten te vatten in formules die de relatie tussen deze factoren en behaaglijkheid aangeven. Daarnaast zijn vele soorten behaaglijkheidsdiagrammen opgesteld.

Hieronder staan enkele grafieken die deze relatie aangeven.

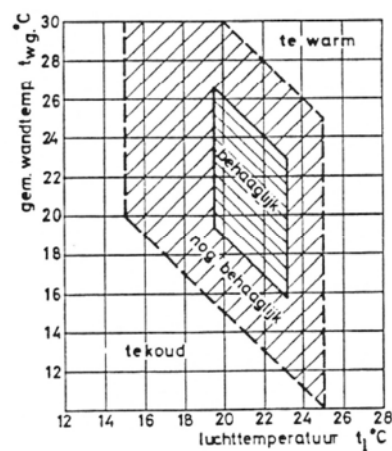


Figuur 3: Behaaglijkheidsgebied in het Mollier diagram

Voor een algemene bepaling van de grenzen van het behaaglijkheidsgebied voor normale omstandigheden (comfort installaties) is dit gebied in het Mollier diagram ingetekend (zie bovenstaande figuur)

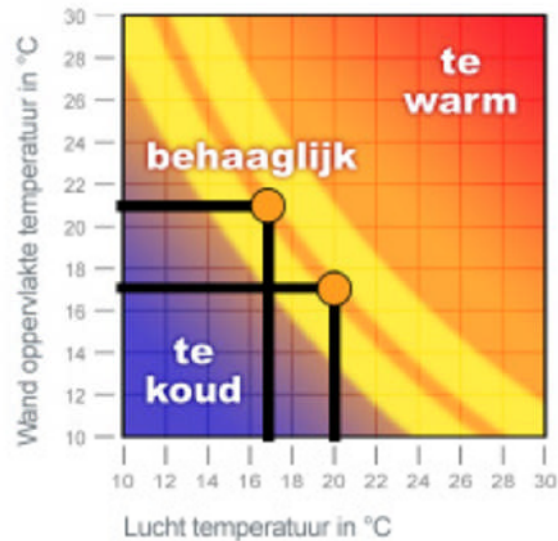


Figuur 4: Relatie tussen de luchttemperatuur, -vochtigheid en behaaglijkheid



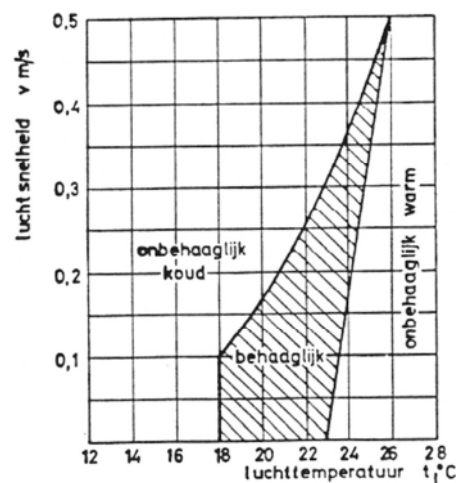
Figuur 5: Relatie tussen luchttemperatuur en de gemiddelde wandtemperatuur

De relatie luchttemperatuur versus gemiddelde wandtemperatuur is van belang voor het onderzoek WarmBouwen. Bovenstaande figuur laat zien dat bij hogere stralings-temperaturen met een lagere luchttemperatuur kan worden volstaan. Bij een luchttemperatuur van 18°C is het (nog) behaaglijk als de gemiddelde wandtemperatuur tussen 17 en 25°C ligt. Het behaaglijkheidsgebied ligt in de range van de luchttemperatuur tussen 19°C en 23°C en een gemiddelde wandtemperatuur van 20 resp. 16°C.



Figuur 6: Beoordeling van de thermische behaaglijkheid afhankelijk van de luchttemperatuur in relatie tot de wandoppervlakte temperatuur (bron: WEM)

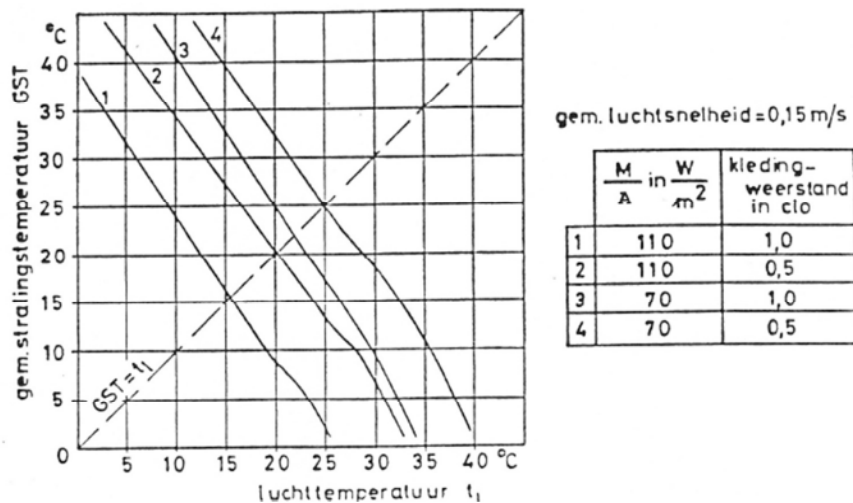
De bovenstaande grafiek is (naar verwachting) een afgeleide (populaire versie) van een wandverwarmingsleverancier. De grenzen liggen iets anders dan de ervoor getoonde grafiek van Fanger. De grenzen zijn enigszins verschoven.



Figuur 7: Relatie tussen luchtsnelheid, luchttemperatuur en behaaglijkheid

Bij een toenemende luchtsnelheid zal al snel sprake zijn van een onbehaaglijke situatie. Boven een luchtsnelheid van 0,5 m/s is zonder bijzondere maatregelen behaaglijkheid niet meer te verwachten. Bij lage luchtsnelheden < 0,1 m/s is het behaaglijkheidsgebied gelegen tussen 18 en 23°C (luchttemperatuur). In bovenstaande figuur zijn deze relaties vastgelegd.

Conclusie die we hieruit kunnen trekken voor WarmBouwen is dat bij het hanteren van lagere binnentemperaturen een lage luchtsnelheid moet worden aangehouden.



Figuur 8: Relatie tussen kleding en lucht- en stralingstemperatuur

De behaaglijkheid wordt sterk beïnvloed door de wijze van kleden (dikke winterkleding / schaarse zomerkleding). Bovenstaande figuur toont hier de effecten van op behaaglijkheid.

3.2.2 Conclusie behaaglijkheidsfactoren

Er zijn veel factoren die de ervaren behaaglijkheid van het thermisch binnenklimaat beïnvloeden, zowel fysische factoren als mensfactoren (incl. kleding). Bij het ontwerpen dient rekening te worden gehouden met de invloed van bewonersgedrag. De installatie dient de nodige flexibiliteit te hebben om onder verschillende omstandigheden tot een behaaglijke situatie te leiden. Belangrijke conclusie is dat door toepassing van wand/vloerverwarming met een lage temperatuursysteem, met een lagere binnenluchttemperatuur kan worden volstaan. 18-19°C is daarbij een ondergrens (mede afhankelijk van overige omstandigheden).

Op basis van de resultaten van de studies van Fanger, zullen wij uitgaan van een ondergrens van 19°C, mede omdat we bij wandverwarming met geringe luchtbewegingen te maken hebben en verwarmd wordt op basis van stralingsverwarming.

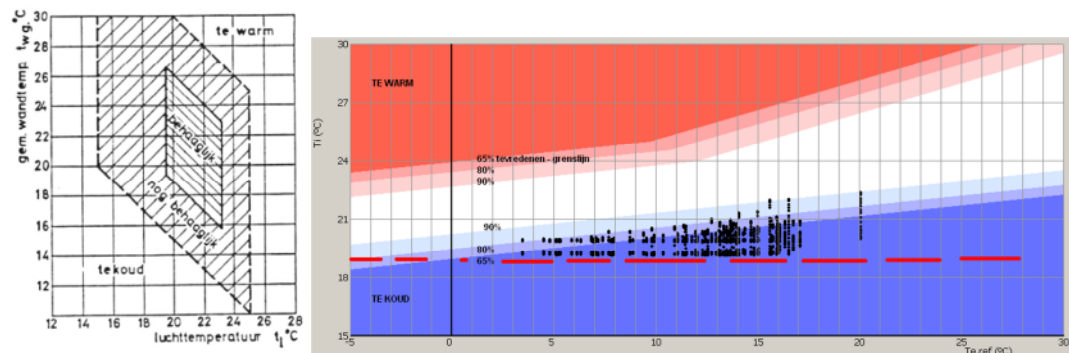
3.3 Aanbeveling: ATG als rekenmethodiek voor behaaglijkheid

Om voor een thermisch dynamisch het binnenklimaat te beoordelen, zijn modellen afgeleid van de theorie van Fanger. Fanger heeft zijn formules afgeleid van een stationaire (laboratorium) situatie. Uit het onderzoek van Fanger blijkt dat de lucht- en stralingstemperatuur voor veel gangbare situaties maatgevend is. Met dit gegeven zijn nieuwe modellen ontwikkeld, waaronder de ATG methodiek. Hoewel de thermisch dynamische beoordelingsmethoden in de regel voor kantoor situaties zijn ontwikkeld, is hiermee bij niet extreme situaties ook beoordeling van het klimaat in woningen mogelijk zijn.

Voor de onderhavige studie hebben we gekozen voor de ATG rekenmethodiek voor de beoordeling van behaaglijkheid. Binnen bandbreedtes van 10, 15, 35% klachten, zijn grenzen opgesteld voor beoordeling 'te warm' en te koud.

Voor onze studie accepteren we dat de temperatuur in het binnenklimaat 19°C mag zijn; we gaan uit van stralingsverwarming.

Dit sluit aan bij de benadering volgens Fanger, waarbij we eveneens uitkwamen om als ondergrens voor behaaglijkheid 19°C aan te houden.



Figuur 9: ATG-stramien

In die situaties dient de wandtemperatuur minimaal 19°C te zijn (stralingstemperatuur). Aangezien we wandverwarming hebben en de temperatuur regelen van de wand, kunnen we deze situatie als uitgangspunt hanteren bij verdere berekeningen.

Hoofdstuk 4 Energetisch effect van de schil

4.1 Analyse

Na-isolatie volgens de traditionele wijze kent zeker bij binnenisolatie een aantal praktische problemen, met name koudebrugwerking is daarvan een voorbeeld. Bekend zijn in dat kader naar binnen doorlopende balkons, consoles, etc. Om dit bouwfysische probleem op te lossen is het thermisch 'inpakken' van de constructies aan de buitenzijde nodig. Als dat niet mogelijk/wenselijk is, bijvoorbeeld vanwege esthetische afwegingen wordt ook wel afgezien van isoleren, of wordt een woning deels geïsoleerd.

Hoewel buitenisolatie vanuit bouwfysisch oogpunt wel een goede optie zou zijn, levert dit vaak architectonische of welstandtechnische problemen op. Dit geldt zeker ook voor monumentale gebouwen, waar het gevelbeeld intact moet blijven. Bij deze categorie gebouwen gaat binnenisolatie van gevels en daken ook vaak niet ongestraft. Bij houten balken die in massieve buitenmuren zijn opgelegd is door na-isolatie de kans op houtrot vaak groot.

4.2 Relatie met WarmBouwen

WarmBouwen zou een oplossing kunnen bieden. Met wand/vloer/plafondverwarming blijft de buitenconstructie warmer door het warmwaterleidingstelsel in de constructie. Dit vermindert de kans op condensatie/schimmelvorming. Wel moet men bedachtzaam zijn wat er thermohygrisch gebeurt als de constructie wordt gekoeld via het leidingensysteem.

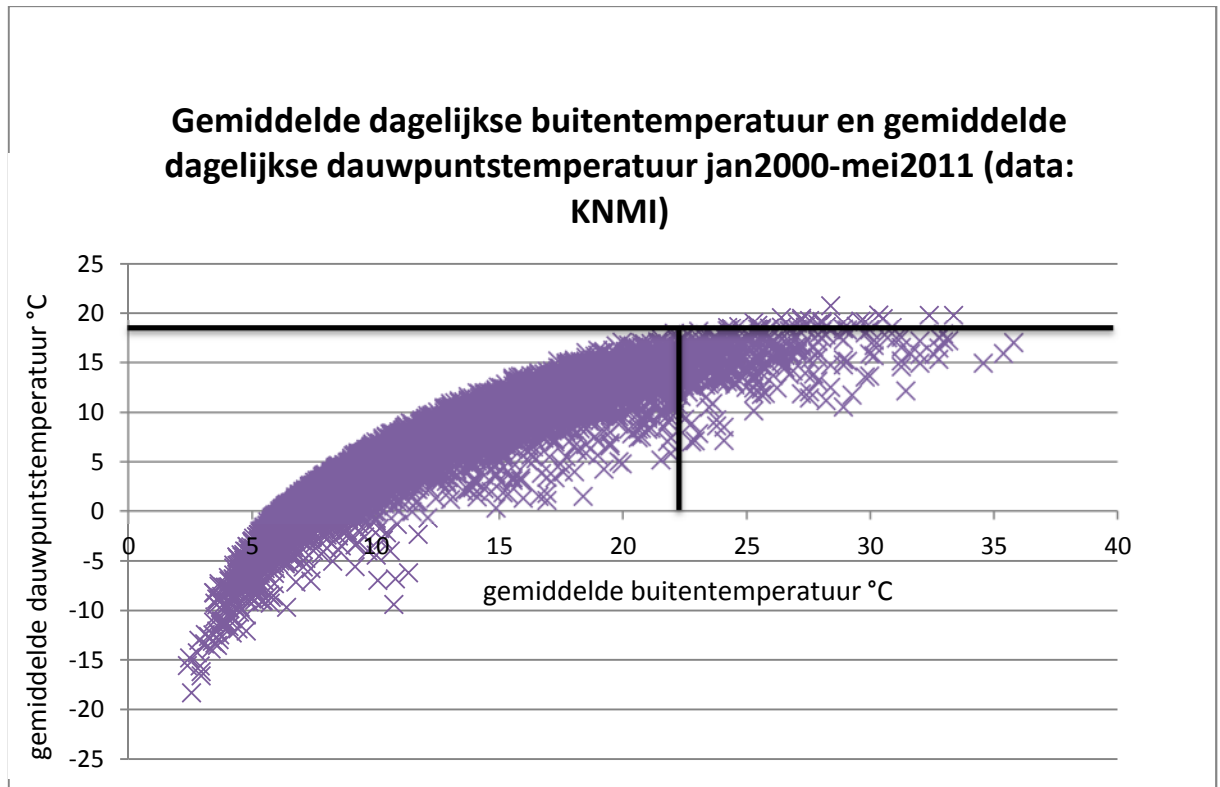
Veel praktische problemen als het thermisch moeten inpakken van consoles, balkons, e.d. kunnen wellicht met het WarmBouwensysteem worden voorkomen. Zeker bij monumentale panden, waarbij zich problemen als houtrot en condensvorming bij koudebruggen door na-isolatie kunnen voordoen, kan het systeem een uitkomst bieden om een behaaglijk binnenklimaat te creëren en om energie te besparen.

Kortom, koudebruggen hoeven in de winter niet langer een knelpunt te vormen, omdat warmte via het leidingennet wordt aangevoerd.

Daarentegen is er wel extra aandacht nodig voor de zomersituatie. Doordat de constructie wordt gekoeld, mag het dauwpunt niet worden onderschreden.

4.3 Temperatuurverloop

In de grafiek op de volgende pagina is de gemiddelde dagelijkse buitentemperatuur uitgezet tegen de gemiddelde dagelijkse dauwpuntstemperatuur voor de periode januari 2000 – mei 2011.



Figuur 10: gemiddelde buitentemperatuur vs. dauwpuntstemperatuur

Stel dat in de zomer de constructie wordt afgekoeld tot 12°C, dan kan er bij gemiddelde buitentemperaturen vanaf 15°C en hoger een probleem ontstaan met condensatie.

Bovenstaande grafiek laat zien dat hetzelfde zich voordoet bij een wandconstructie van 18°C bij gemiddelde buitentemperaturen van ca. 22°C.

4.4 Verbeterde beheersing temperatuur en vochtigheid

Doordat de temperatuur van de constructies voor een belangrijk deel wordt bepaald door een opgelegde temperatuur van de watervoerende leidingen, is in de winterperiode een betere beheersing van temperatuur en vochtigheid in de constructies mogelijk. De temperatuur van het watervoerende systeem is immers relatief hoog - hoger dan bij conventionele verwarming. Hierdoor is de kans op inwendige condensatie erg klein geworden.

Wel moet oppervlakte en inwendige condensatie worden voorkomen in het geval gekoeld water door de leidingen wordt gevoerd. Zie opmerkingen die in dit kader eerder in deze rapportage zijn gemaakt.

4.5 Conclusie en advies

Om condensvorming en hoge relatieve vochtigheden waarbij schimmelvorming en houtrot kan optreden, te voorkomen, kan het van belang zijn om in de constructie voelers te installeren die ervoor zorgen dat de temperatuur zodanig wordt geregeld dat de dauwpuntstemperatuur niet wordt onderschreden.

Hoofdstuk 5 Behoud visuele kwaliteit

Bij WarmBouwen gaan we uit van warmtemuren aan de binnenzijde van de constructie. Toepassing van dit principe gaat goed samen met gebouwen waarbij geen wijzigingen van de constructie/aanzicht aan de buitenzijde toegestaan zijn. Denk hierbij bijvoorbeeld aan gebouwen met welstandseisen en monumenten.

Toepassing van WarmBouwen biedt dan kansen om het architectonische en esthetische beeld te behouden, terwijl aan de andere kan wel verbetering van het binnenklimaat plaatsvindt en energiebesparing mogelijk wordt via de inzet van duurzame bronnen.

De toepassing van wandverwarming als onderdeel van het WarmBouwen concept biedt een aantal belangrijke voordelen (zie ook bijlage 1). Een daarvan is de grote indelingsvrijheid door het ontbreken van verwarmingsornamenten (radiatoren aan de gevel / in de ruimte). Keerzijde van dit systeem is dat door de aanwezigheid van leidingenregisters in de wanden niet overal in de muur naar hartelust kan worden geboord. Ook het plaatsen van grote kasten kan vanwege de stralingsafgifte een probleem zijn. Dit laatste geldt met name bij een beperkt wandoppervlak.

Hoge ruimten verdienen in dit kader extra aandacht ten aanzien van het realiseren van een comfortabel binnenklimaat. Het systeem functioneert op basis van stralingsverwarming, met beperkte luchtstromingen. Extra aandacht verdient het voorkomen van koudeval.

Hoofdstuk 6 Analyse kansen energiebesparing

6.1 Opsomming - algemeen

De onderzoeksvraag is wat het besparingspotentieel is van WarmBouwen ten opzichte van conventionele besparingstechnieken en hoeveel kan worden bespaard als deze techniek in een niet geïsoleerd gebouw wordt toegepast.

Er zijn kansen en aandachtspunten, die in deze rapportage nader aan de orde komen. Aan de hand van een theoretische energieberekening aan drie voorbeeldwoningen, worden effecten van maatregelen op warmtetransmissie en energiegebruik beoordeeld.

We noemen hier in een notendop een aantal kansen/aandachtspunten bij toepassing van de WarmBouwentechniek:

- Warmtetransmissieverlies zonder extra isolatie in de gevel leidt tot een verhoogd energieverlies door de wand als gevolg van de hogere wandtemperatuur. Toevoeging (beperkte hoeveelheid) isolatie zal transmissieverlies fors reduceren. Te forse transmissieverliezen kunnen ertoe leiden dat bij lage buitentemperaturen minder warmtevermogen door de wand kan worden afgegeven dan wenselijk is, en de beoogde wandtemperatuur niet kan worden bereikt. Overmatige warmteverliezen leidt tot een aanslag op het onttrekken van warmte uit de bodem. De warmte/koudebehoefte verhoudingen kunnen dan zeer scheef komen te liggen. Zeker in woningen, met een relatief hoge warmtevraag en beperkte koudevraag.
- Door de toepassing van een bronsysteem, is aandacht nodig voor een goede balans in de warmte en koudevraag. Voor woningen kan dit een probleem opleveren, aangezien de warmtevraag heel hoog is, en de koudevraag in de regel beperkt is.
- Beperkttere ventilatieverliezen door een lagere (vertrek)luchttemperatuur
- Efficiëntere benutting van warmteabsorptie via opslag.
- Hoog warmteopwekkingsrendement door inzet van een warmtepomp
- Combinatie met warmteterugwinning efficiënt (benutting retour warmte bij warmtevraag, of benutting retourwarmte voor warmtebron bij koudevraag)
- In extreme situaties/buitencondities kunnen conventionele oplossingen voor verwarming wellicht nog noodzakelijk zijn als blijkt dat de verwarmingscapaciteit te beperkt is bij lage buitentemperaturen.

DGMR heeft door een analyse van de energiebalans met een referentiewoning onderzocht op statische wijze of een WarmBouwenconcept haalbaar zou zijn. Conclusie daaruit was dat

- enige extra isolatie wenselijk is om de warmtebehoefte te beperken. Met een beperkte hoeveelheid isolatie (R_c 1,5 tot 2 m^2K/W) bleek al snel 50% reductie op het energiegebruik voor verwarming te worden behaald.
- toepassing van warmteterugwinning heeft een zeer positief effect op reductie van de warmtebehoefte.
- de capaciteit van de bron (opslagsysteem) belangrijk is – bij onvoldoende capaciteit moet gezocht worden naar extra mogelijkheden voor het genereren van warmte.
- de keuze voor het genereren van warmtapwater in relatie tot verwarming heeft aandacht
- temperatuurregeling als maar één bron aanwezig is heeft aandacht.

Aan de hand van drie voorbeeldwoningen onderzoeken we kansen/aandachtspunten voor WarmBouwen op energetisch gebied.

Aan de hand van thermische behaaglijkeheidsberekeningen en warmte/koudebehoefteberekeningen met VA114 worden randvoorwaarden vastgesteld. Op basis

van deze gegevens worden vervolgens energieberekeningen opgesteld die nader worden geanalyseerd.

Deze analyse dient inzicht te geven of met WarmBouwen een bijdrage kan worden geleverd aan de energiedoelstellingen van corporaties (20 % energiebesparing) en welke kansen/knelpunten er kunnen worden geformuleerd.

In het hierna volgende hoofdstuk zal worden geanalyseerd op welke wijze WarmBouwen kan worden in de energielabelsystematiek (EPA) kan worden 'vertaald' en welke knelpunten hier mogelijk nog zijn

6.2 Specifieke berekeningen

6.2.1 Inleiding

Het energiegebruik en de behaaglijkheid is aan de hand van een drietal referentiewoningen berekend. Om te onderzoeken wat het effect is van warm bouwen op energiegebruik en behaaglijkheid, zijn drie woningen gemodelleerd met het dynamisch temperatuursimulatieprogramma VA114.

Het betreft

- een "arbeiderswoning" (begane grond+kap) – tussenwoning
- een eengezins rijwoning
- een portieketagewoning (4 lagen met kap)

Voor alle drie de woningtypen is uitgegaan van een niet-geïsoleerde woning, voorzien van enkel glas. De woningen hebben natuurlijke luchttoevoer/luchtafvoer zonder warmteterugwinning. Wel zijn we van een redelijke kierdichting uitgegaan.

6.2.2 Energieberekeningen in 9 stappen

De berekening van het energiegebruik van de WarmBouwen woningen verloopt in ons onderzoek via de volgende stappen:

1. **Berekening warmteverlies en energiegebruik koeling en relatie met binnenklimaat. Berekeningen met VA114.** Bepaling met VA 114 bij welke gemiddelde wandtemperaturen een behaaglijk binnenklimaat kan worden gerealiseerd. Deze temperatuur wordt als uitgangspunt gehanteerd voor de energieberekeningen. Uitgangspunt is dat wordt geventileerd volgens het Bouwbesluit. De interne warmtelasten worden aangehouden conform de energieprestatienorm NEN 5128. Uitgangspunt is dat de woningen 16 uur per dag op temperatuur worden gehouden. De woningen hebben een massieve wandconstructie en pannendak en zijn niet geïsoleerd. De woningen zijn voorzien van enkelglas. Wanden en vloeren zijn van steenachtig materiaal. Als buitenklimaat is aangehouden het klimaatbestand voor energieberekeningen volgens NEN 5060. Dit klimaatbestand is ook als basis gebruikt voor de NEN-EPG (NEN 7120). Als minimum binnentemperatuur in de gebruikperiode is 19°C aangehouden. Berekeningen zijn uitgevoerd met natuurlijke luchttoevoer/mechanische afzuiging en gebalanceerde ventilatie met 70% wtw.
2. **Additionele energiebehoefte.** Bepaling met VA114 hoeveel extra energie voor verwarming en koeling nodig is bij de geselecteerde wandtemperatuur, om aan behaaglijkheidscriteria te voldoen.
3. **Totale energiebehoefte berekenen.** Sommatie van de warmte/koudeafgifte van de wand en van punt 1 bepaalt de totale energietoevoer voor de WarmBouwen woning voor klimatisering.

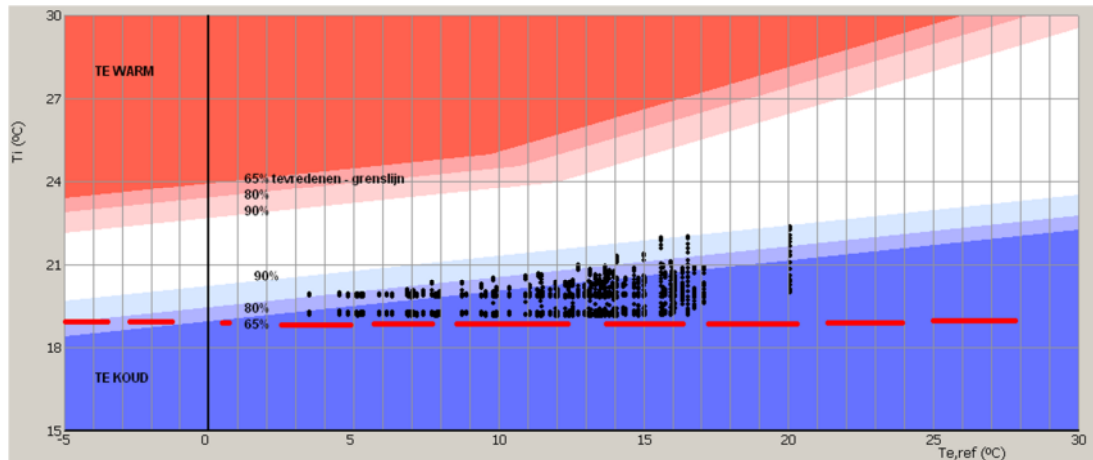
4. **Inschatting effect van extra isoleren op transmissieverliezen.** Op basis van de rekenresultaten van 1 zijn handmatig (xls) aanvullende berekeningen uitgevoerd om energieverliezen door transmissie te bepalen per seizoen. Als basis hiervoor zijn de binnentemperaturen en buitentemperaturen uit het VABI-model gehanteerd. Berekend zijn de transmissieverliezen zonder warmtewanden en met warmtewanden bij verschillende isolatiegraden. Uitgangspunt voor de aan te houden temperatuur van de warmtewanden in de gebruikperiode zijn de resultaten volgend uit punt 1.
5. **Berekening warmtebehoefte bij afwijkende isolatiegraden.** De totale energiebehoefte wordt bepaald voor de basissituatie. Voor varianten met andere isolatiegraden wordt gecorrigeerd op basis van de resultaten van 4.
6. **Berekening opwekkingsrendement warmtepompen.** Voor het opwekkingsrendement van warmtepompen wordt van een vaste waarde uitgegaan conform de energieprestatienorm NEN 5128.
7. **Berekening systeemrendement.** Voor het systeemrendement is uitgegaan van de rendementen van warmtewanden. NEN 5128 hanteert een rendement van 1. Omdat hier de wanden niet zijn geïsoleerd zijn de verliezen naar buiten toe groter dan bij goed geïsoleerde wanden. Het systeemrendement is daardoor ongunstiger. Maar omdat we bij punt 4 bij de transmissieberekening reeds van de hogere wandtemperaturen zijn uitgegaan, is hier van het rendementsgetal van NEN 5128 uitgegaan, om 'dubbel straffen' te voorkomen. Het voordeel van de lagere binnentemperatuur vanwege wandverwarming (19°C) komt in dit getal (positief) tot uitdrukking. Dit aangehouden rendement is relatief hoog, omdat we hier geen optimale inzet van regelingen van de warmtewanden hebben gehanteerd (beperking model). Volgens de rekenmethodiek EPA zou dit 3% besparing van het systeemrendement kunnen opleveren. EPA hanteert voor ongeïsoleerde leidingen in **onverwarmde** ruimten een reductie van 50%.
8. **Berekening energiegebruik ventilatoren.** Het energiegebruik voor ventilatoren en hulpenergiegebruik is gehanteerd volgens NEN 5128.
9. **Berekening totaal energiegebruik verwarming, koeling, ventilatoren, hulpenergie.** Sommatie van de energieposten levert het energiegebruik voor verwarming, inclusief hulpenergie, ventilatoren en koeling. Overige energieposten van de EPA en de EPN zijn niet in dit onderzoek meegenomen.

6.2.3 Energieberekeningen met VA114 en beoordeling behaaglijkheid met de ATG methodiek

In VA114 is het alleen mogelijk om per vertrek één wand/vloer van vloerverwarming/wandverwarming te voorzien. Dit maakt het energetisch doorrekenen van onze woningen met de WarmBouwen techniek, waarbij wanden, vloeren en plafonds met verwarmings/koelleidingen worden voorzien niet mogelijk. Daarom is ervoor gekozen om per seizoen – lente, zomer, herfst, winter – te bepalen onder welke wand/vloercondities een behaaglijk binnenklimaat wordt gerealiseerd en hoeveel energie dan nog extra nodig is om een behaaglijk binnenklimaat te realiseren. Dit houdt in dat het gehanteerde rekenmodel beperkingen heeft ten aanzien van de regeltechniek. Hier is een optimalisatieslag mogelijk.

Voor de beoordeling van het binnenklimaat is gebruik gemaakt van de ATG methodiek die standaard in VA114 is opgenomen. Hierbij is een extra opmerking op zijn plaats. Grafieken van Fanger, die wij eerder in deze rapportage lieten zien, gaan niet uit van historische gegevens (dynamiek buitenklimaat), maar gaan uit van een stationaire situatie. In de ATG methodiek wordt ook het verloop van het buitenklimaat meegenomen in de beoordeling.

Als we nu een grafiek van de ATG methodiek bekijken, waarbij de ATG grenswaarden van 65%, 80% en 90% tevreden zijn ingetekend, dan zien we bij $T_i = 18^\circ\text{C}$ en ook 19°C dat regelmatig de beoordeling “te koud” zou zijn.

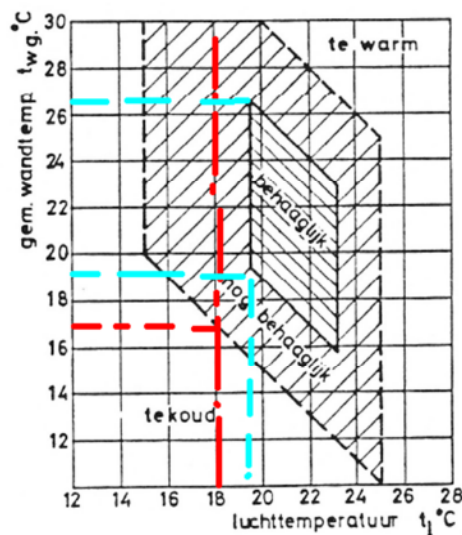


Figuur 11: ATG-grenswaarden.

Beschouwen we echter de methode Fanger, dan zien we dat vanaf 19°C binnenluchttemperatuur er sprake is van het “echt” behaaglijke gebied. Kortom, de twee beoordelingsmethodes leiden niet tot dezelfde conclusies.

Omdat we in dit geval te maken hebben met hoofdzakelijk verwarming door straling, accepteren we dat berekeningen in het “blauwe gebied” mogen komen, onder voorwaarde dat wel aan de Fanger beoordeling wordt voldaan.

Bij het opstellen van het VABI-model gaan we ervan uit dat de klimatisering zodanig is dat tijdens de gebruiksuren de luchttemperatuur -in verblijfsvertrekken- van 19°C niet wordt onderschreden.



Figuur 12: Beoordeling Fanger

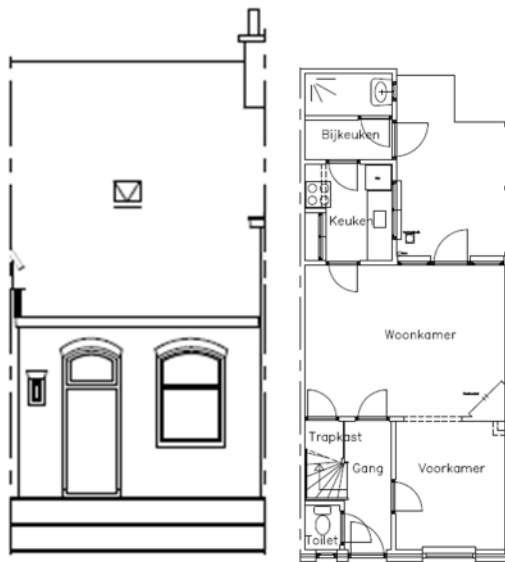
De Fanger beoordeling leidt wel tot de conclusie dat bij 19°C binnenluchttemperatuur en minimaal 19°C wandtemperatuur het klimaat als behaaglijk wordt beoordeeld.

Berekend is voor de perioden lente, zomer, herfst en winter van het energiereferentiejaar NEN bij die wandtemperaturen die leiden tot een behaaglijk binnenklimaat. Deze gegevens vormen de input voor de energieberekening.

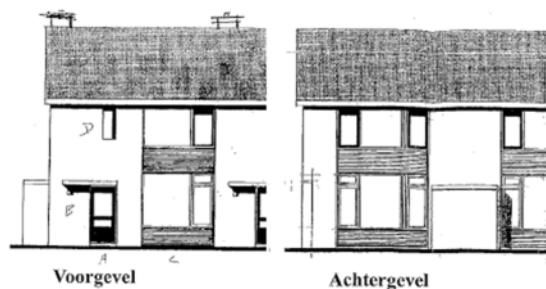
6.2.4 Drie referentiewoningen en hun energielabel

Voor drie soorten referentiewoningen zijn energieberekeningen uitgevoerd.

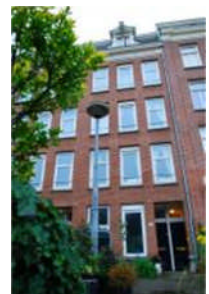
Woning 1: Het betreft een tussenwoning bestaande uit een begane grond en eerste verdieping onder een kap. De footprint van de woning beslaat 47 m². De totale gebruiksoppervlakte bedraagt 90 m². De woning heeft een energielabel F en energie-index 2,67 (uitgaande van HR-107 ketel, U=2 en enkelglas).



Woning 2: Het betreft een grote tussenwoning met een gebruiksoppervlakte van 141 m² en bestaat uit een begane grond, eerste verdieping en kap. De woning heeft energielabel F en energieindex 2,57 (uitgaande van HR-107 ketel, U=2 en enkelglas).



Gebouw 3: Dit is een woongebouw, bestaande uit portieketagewoningen: 4 bouwlagen met kap. De totale gebruiksoppervlakte van de portieketagewoningen is 188 m². Voor één tussenwoning is het energielabel berekend. Uitgangspunt is een HR-107 ketel. De woning heeft energielabel C en energie-index 1,6.

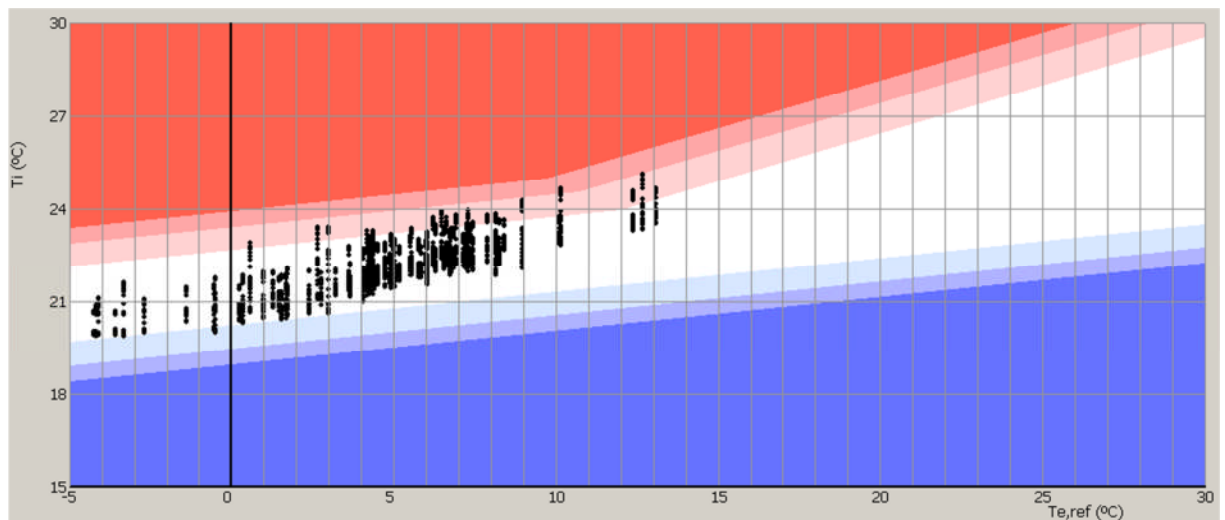


6.2.5 Berekeningsresultaten

In dit hoofdstuk laten we de belangrijkste conclusies uit de berekeningen zien. Aan de hand van woning 2 (twee lagen met kap) laten we zien welk effect WarmBouwen heeft op het energiegebruik van een woning ten opzichte van een niet geïsoleerde woning en een woning die wordt nageïsoleerd met een gemiddelde R_c in de gebouwmhulling van $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ en is voorzien van mechanische afzuiging en een HR-ketel.

6.2.5. Berekening behaaglijkheid

Nadat de woningen zijn gemodelleerd in VA 114, is berekend onder welke condities (wandtemperaturen) een behaaglijk binnenklimaat kan worden gerealiseerd in de lente, zomer, herfst en winter (zie resultaten bijlage 2). Gemiddeld komt dit neer op een temperatuur in de lente/zomer/herfst van $19\text{-}20^\circ\text{C}$ en in de winter $25\text{-}26^\circ\text{C}$ van de woningomhullende constructies (wand/vloer/dak). Er is beperkt extra capaciteit nodig om de woning verder te verwarmen.

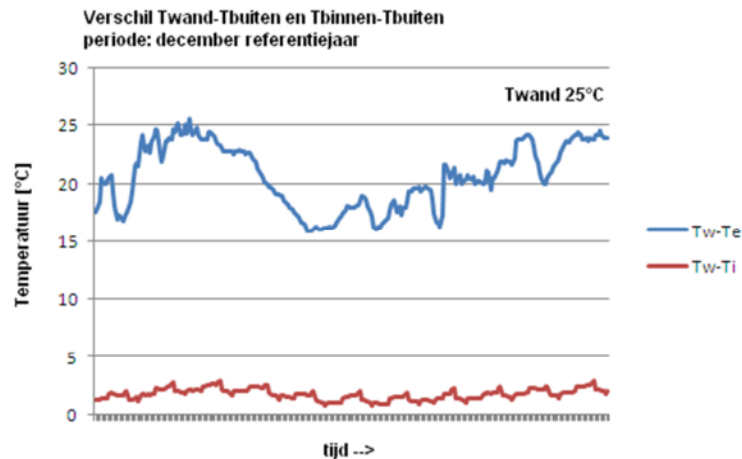


Figuur 13: Voorbeeld behaaglijkheidsdiagram volgens ATG methodiek (deel winterperiode)
Met een wandtemperatuur van 25° wordt ook een behaaglijk binnenklimaat verkregen bij lage temperaturen.

6.2.5. Berekening transmissieverliezen

Met behulp van de dynamische temperatuurberekeningen wordt de resulterende binnentemperatuur berekend.

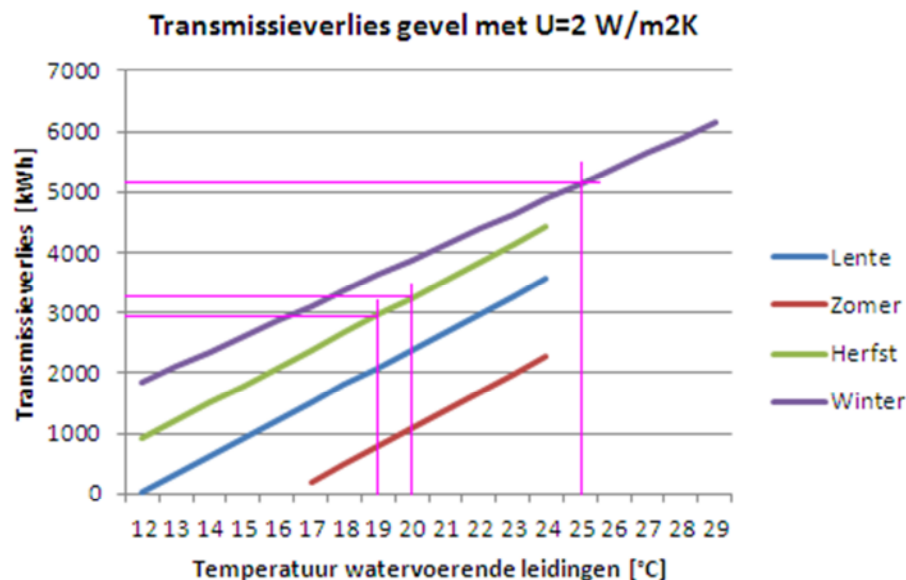
Het transmissieverlies wordt berekend uit het verschil tussen de temperatuur in de wandconstructie (watervoerende laag) en de buitentemperatuur volgens het referentieklimaatjaar voor energie uit NEN 5060.



Figuur 14: Verschil in T_{wand} - buiten en binnen

Het verschil in wand- en buitentemperatuur (blauwe lijn) en de wandtemperatuur en binnentemperatuur (rode lijn). Deze gegevens vormen de basis voor de transmissieberekening

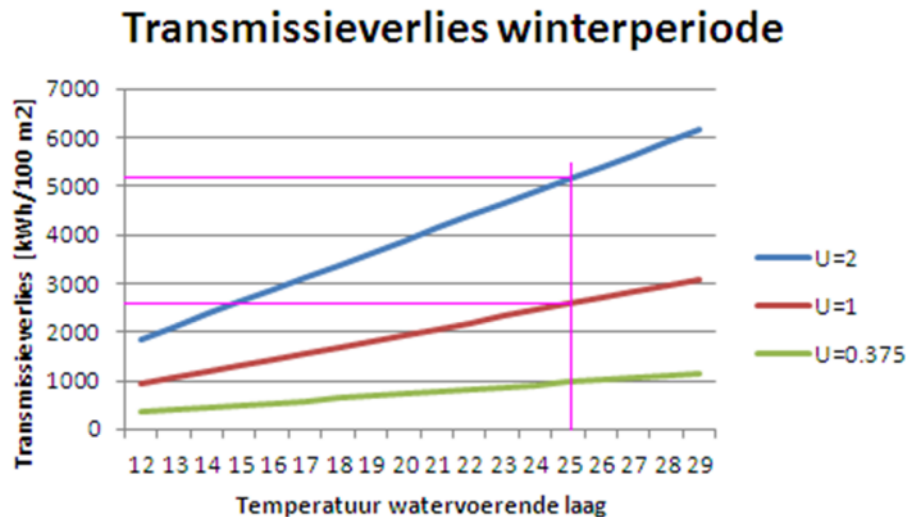
Deze gegevens vormen de basis voor transmissieverliesberekeningen bij verschillende isolatiegraden.



Figuur 15: Grafiek transmissieverlies gevel

Uit bovenstaande grafiek kan het transmissieverlies van de gevel worden afgeleid voor de vier seizoenen bij verschillende temperaturen van de watervoerende leidingen in de wand.

Uit voorgaande figuur kan het transmissieverlies in kWh worden afgeleid, afhankelijk van de temperatuur in de leidingen in 100 m² buitenwand met een U-waarde van 2,0 W/m²K. De grafiek toont aan dat er zeker in de winterperiode forse warmteverliezen vanuit de constructie naar buiten toe zijn van rond de 5000 kWh/100 m². Het niet isoleren van de watervoerende leidingen betekent een laag systeemrendement. In dit onderzoek hebben we ervoor gekozen om de transmissieverliezen expliciet in de energiegebruiksberekening te betrekken en deze verliezen niet in het systeemrendement te verdisconteren.



Figuur 16: Bepaling transmissieverlies wand.

Bovenstaande grafiek geeft de bepaling van het transmissieverlies door de wand (100 m²) aan, afhankelijk van de temperatuur van de watervoerende leidingen, bij verschillende isolatiegraden van de wand

Met slechts 2 cm isolatie achter de watervoerende laag, halveert het energieverlies ten opzichte van U=2 W/m²K (We gaan dan van U=2,0 naar U=1,0 W/m²K).

Met 8 cm isolatie achter de watervoerende laag wordt U=0,375 W/m²K en is het energieverlies nog slechts 1/5 ten opzichte van het verlies bij U=2 W/m²K.

Negatieve effecten van het niet isoleren van de watervoerende laag

Het niet isoleren van de watervoerende laag heeft een aantal negatieve effecten, die ongunstig zijn voor de energiebalans (ofwel die een aanslag doen op de beschikbare warmte en de verhouding warmtevraag/koudevraag negatief beïnvloeden). Volgens opgave van leveranciers van warmtewanden bedraagt het maximaal vermogen van warmtewanden ca. 30 W/m². Indien we uitgaan van een U-waarde van de wand van U=2 W/m²K, dan is bij een temperatuurverschil van 25°C (T_{wand}temperatuur 25°C – T_{buiten} 0°C) het warmteverlies ca. 50 W/m².

De vraag doet zich nu voor is onder welke omstandigheden in de winter voldoende vermogen kan worden geleverd door de watervoerende laag om de wand op voldoende hoge temperatuur te krijgen om het vertrek te verwarmen. (Een systeem van WEM levert bij 100 W/m², bij aanvoertemperatuur 35°C en dT=5°C). De hoge warmteverliezen betekenen dat een hogere aanvoertemperatuur noodzakelijk is. In veel gevallen zal bijverwarming noodzakelijk zijn als geen extra isolatie wordt toegepast in de wanden.

Forse verliezen door de gebouwmhulling leidt er ook toe dat de bron (WKO systeem) veel warmte moet kunnen leveren. Daar tegenover staat geen navenant hoge koudebehoefte. Ook dit is een argument om waar mogelijk toch te isoleren.

6.2.5.Aannames voor berekening van het energiegebruik

Om een energiegebruiksberekening voor verwarming en ventilatie te kunnen maken, is een aantal uitgangspunten gehanteerd, gebaseerd op NEN 5128.

In onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor de berekening opgenomen.

	Woning 141 m ²	Woning 90 m ²	Gebouw 188 m ²
Systeemrendement verwarming Nsys WABO*	1.0	1.0	1.0
Opwekkingsrendement verwarming Nsys WABO***	1.475 (1.75)	1.475 (1.75)	1.475 (1.75)
Systeemrendement verwarming conventioneel (rad.)systeem	0.95	0.95	0.95
Opwekkingsrendement conventioneel (rad.)systeem	0.975	0.975	0.975
Hulpenergie WABO [MJ]	1431	914	1911
Hulpenergie conventioneel [MJ]	3305	2114	4412
Ventilator afzuiging -wisselstroom -gelijkstroom**	4555 3124	2908 1994	6074 4165
Ventilator gebal.vent. Met 90% wtw -wisselstroom -gelijkstroom**	8590 5446	5483 3489	11454 7289

Tabel 1: Uitgangspunten voor energieberekeningen

*WABO = WarmBouwen

** alleen de gegevens van gelijkstroom zijn in de berekeningen gehanteerd

*** in de basis wordt van een rendement van 1,475 uitgegaan (bodem); bij grondwater wordt 1,75 als rendement gehanteerd. Waar niet expliciet in deze rapportage het opwekkingsrendement is vermeld geldt $Nopw=1,475$.

Toelichting

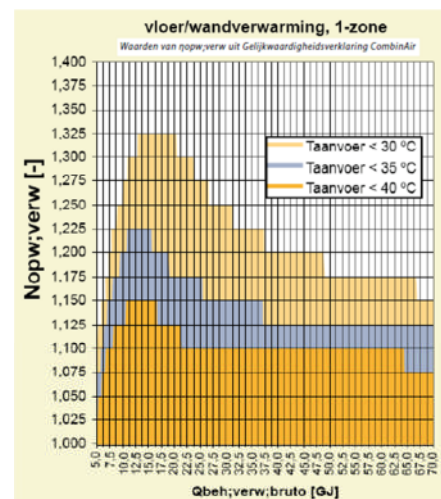
Opwekkingrendement

Rekening is gehouden met een opwekkingsrendement van warmtekoudeopslag (grondwater) in combinatie met een warmtepomp. Rendementen van deze installatie variëren sterk. De gehanteerde waarde zien we als een gemiddelde waarde. Hogere maar ook lagere waarden zien we in de praktijk (zie onderstaande tabel voor Combinair, waarin zowel HR ketel als WP functioneert).

Figuur 17: opwekkingsrendement vs. warmtevraag

Het opwekkingsrendement van warmtepompen (y-as) is afhankelijk van de warmtevraag (x-as).

Deze grafiek laat zien dat het opwekkingrendement sterk afhankelijk is van de warmtevraag en meer dan 10% kan verschillen afhankelijk van de warmtevraag.



Systeemrendement

Een lastig punt is het te hanteren systeemrendement. Het systeemrendement wordt mede bepaald door optimale regeling van de installatie (stooklijnregeling, thermostaatkranen, etc), isolatie van verwarmingsleidingen om warmteverliezen door leidingen naar ruimten zonder warmtebehoefte te voorkomen, bemetering.

Het systeemrendement volgens NEN 5128 geldt voor goed geïsoleerde nieuwbouwwoningen.

- Door ongeïsoleerde leidingen in de muur gaat veel warmte verloren. Dit beïnvloedt het systeemrendement negatief
- De gemiddeld lagere binnenluchttemperatuur, heeft een positief effect op het systeemrendement
- Door individuele bemetering zullen bewoners efficiënter met hun systeem omgaan. Volgens de EPA methode gaat het om 10%
- We gaan ervan uit dat er geen leidingen door onverwarmde ruimten gaan waardoor warmteverlies optreedt.
- Optimale regelingen hebben volgens de EPA systematiek een positief effect van 3%.
- Het effect van leidingisolatie van leidingen in onverwarmde ruimten hebben een negatief effect van 50% als de leidingen niet geïsoleerd zijn. In onze situatie is er geen sprake van onverwarmde ruimten, maar doet zich een vergelijkbaar negatief effect voor.
- Hoe lager de aanvoertemperatuur van het water in de leidingen in de wand, hoe kleiner het negatieve effect van ongeïsoleerde leidingen op het systeemrendement.

NEN 5128 (nieuwbouw) hanteert voor woningen met wand/vloerverwarming een systeemrendement van 1,0.

In onze situatie gaan we in de basisberekeningen in beginsel uit van 1,0 als systeemrendement, aangezien we het negatieve effect van het ontbreken van leidingisolatie verdisconteren via transmissieverliezen.

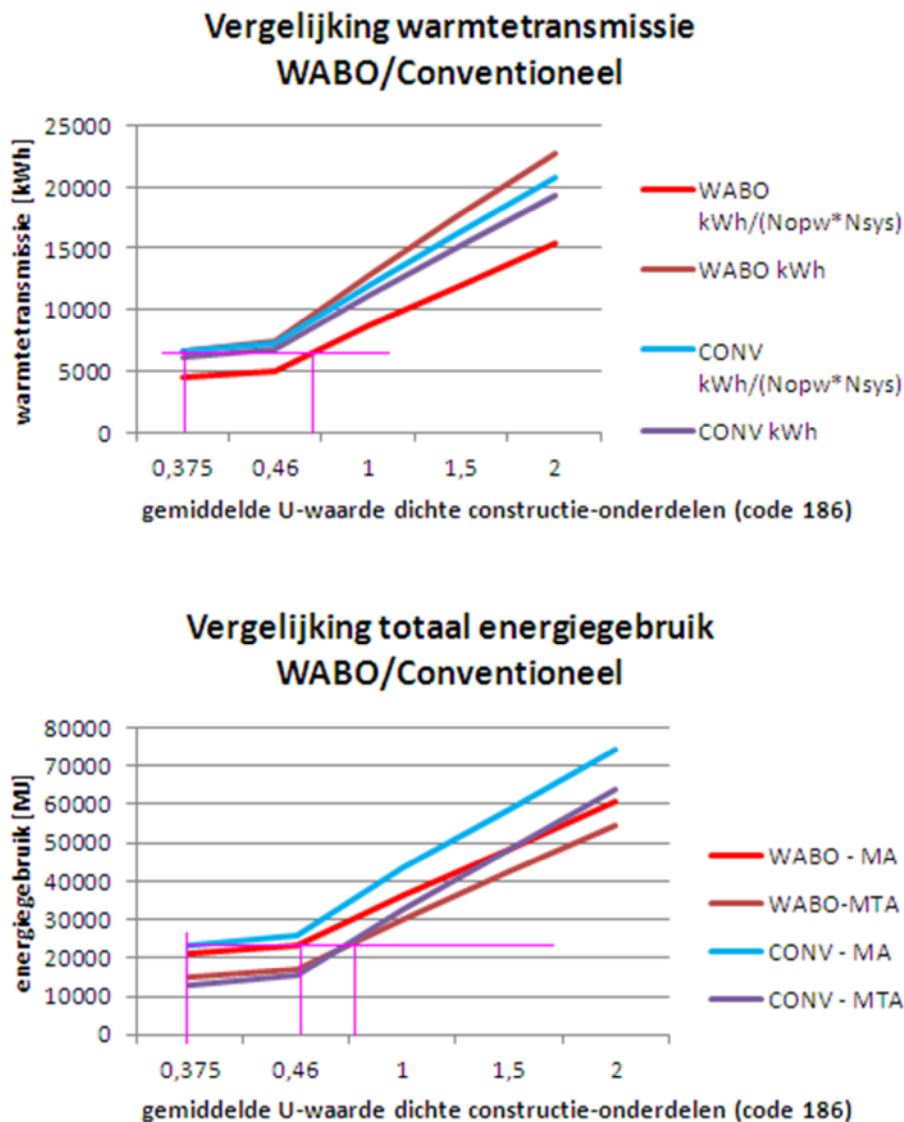
In dit geval hanteren wij (gevoelsmatig) een gunstig systeemrendement.

Omdat zowel het systeemrendement als het opwekkingsrendement een 'best guess' zijn, hebben we onderzocht hoe groot het effect is op het energiegebruik. We komen hierop later terug.

6.2.5.Resultaten energieberekeningen: vergelijking WarmBouwen met conventionele installaties

Aan de hand van de woning met een gebruiksoppervlakte van 141 m² (tweelaags + kap) maken we een vergelijking van de energieberekeningsresultaten.

Berekend is de warmtetransmissie van de woning met een conventionele (radiatoren) verwarmingsinstallatie met HR ketel en deze is vergeleken met het WarmBouwen concept met een warmtepomp en warmtekoudeopslag. Warmtetransmissieberekeningen zijn uitgevoerd bij verschillende U-waarden van de gebouwmhulling. In onderstaande grafiek staan de resultaten (zie ook bijlage 3).



WABO=WarmBouwen
 CONV=Conventioneel bouwen
 Nopw=opwekkingsrendement
 Nsys=systeemrendement
 MA=natuurlijke luchttoevoer
 MTA=mechanische luchttoevoer en mechanische afzuiging

Figuur 18: Vergelijking van de warmtetransmissie en het totale energiegebruik voor verwarming, ventilatoren en hulpenergie voor de woning tweelaags+kap

Vergelijking warmtetransmissie

Het bovenste deel van de grafiek laat zien hoe groot de warmtetransmissie op jaar-basis is uitgedrukt in kWh (x 3,6 levert MJ op). Vergelijking van een WABO concept (bruinrood) met conventioneel (donkerblauw) laat zien dat er 15% meer transmissieverlies is bij WABO.

Omdat het systeemrendement van de WABO installatie gunstiger is dan conventionele installaties, hebben we deze waarden gecorrigeerd voor deze rendementen (deling door $\text{Nsys} \cdot \text{Nopw}$). Omdat het systeem- x opwekkingsrendement van conventionele installaties < 1 bedraagt, neemt het gecorrigeerde transmissieverlies van conventionele installaties toe, terwijl die van WABO installaties afneemt.

We zien dan dat WABO 30% gunstiger wordt ten opzichte van conventioneel. Dit wordt 40% als van een opwekkingsrendement van de warmtepomp van 1,75 wordt uitgegaan (grondwater)

Conclusie: hoewel er 15-18% meer warmteverlies is met de WABO methode bij dezelfde U-waarde als conventioneel, zien we bij gecorrigeerde verliezen, waarbij het systeem/opwekkingsrendement is verdisconteerd dat WABO 30-40% gunstiger uitvalt.

Equivalente U-waarde

In veel woningen die momenteel worden gerenoveerd wordt om energielabel B te bereiken een gemiddelde Rc-waarde van 2,5 m²K/W aangehouden (U=0,375 W/m²K).

We onderzochten met dit als uitgangspunt wat deze voorbeeldwoning aan isolatiegraad zou moeten hebben om hetzelfde energetische resultaat te bereiken op basis van alleen transmissie. Dit leidt tot de conclusie dat een U-waarde van 0,375 en conventionele installaties tot eenzelfde gecorrigeerd warmteverlies leidt als een WABO constructie met een U-waarde van 0,7 W/m²K (bij Nopw 1,475. Dit betekent een Rc van 1,25 m²K/W, ofwel 5 cm isolatie.

Equivalent energieverbruik bij vergelijking totaalconcepten

Omdat het warmbouwen concept niet alleen afwijkt ten aanzien van het opwekkingsrendement en systeemrendement, hebben we deze vergelijking ook uitgevoerd als het energieverbruik voor transmissie+ventilatie+hulpenergie wordt vergeleken. (Onderste deel van de grafiek). Als variant hebben we natuurlijke luchttoevoer/mechanische afzuiging en gebalanceerde ventilatie toegevoegd. Dit heeft effect op het energieverbruik voor verwarming, maar ook voor ventilatoren. Ook deze energiepost is om die reden meegenomen in het energieverbruik.

In dat geval leidt een conventioneel systeem met mechanische afzuiging bij een U-waarde van 0,375 W/m²K (Rc 2,5 W/m²K) tot een vergelijkbaar energieverbruik als:

- WABO concept met mechanische afzuiging en U-waarde 0,46 (Rc=2 m²K/W) bij Nopw=1,475
- Idem bij Nopw=1,475 U-waarde 0,6 (Rc=1,5 m²K/W)
- WABO concept met mechanische toe/afvoer, Nopw=1,75 en U-waarde ca. 0,75 W/m²K (Rc=1,16 m²K/W)
- Idem bij Nopw=1,475 U-waarde 0,86 (Rc=1 m²K/W)

Ook kunnen we vergelijkbaar redeneren vanuit het WABO concept zonder isolatie (U=2 W/m²K)

Een WABO concept met mechanische afzuiging en U=2 leidt energetisch tot een vergelijkbaar resultaat als:

- Conventionele installatie met U=1,6 (Rc = 0,5), mechanische afzuiging, Nopw=1,475
- Bij een opwekkingsrendement van Nopw=1,75 is dit U=1,3 (Rc=0,6)

Een WABO concept met gebalanceerde ventilatie en U=2 leidt energetisch tot een vergelijkbaar resultaat als:

- Conventionele installatie met U=1,3 (Rc = 0,65), mechanische afzuiging
- Bij een opwekkingsrendement van Nopw=1,75 is dit U=1,15 (Rc=0,7)

Hierbij gaan we uit van onze vastgestelde systeem/opwekkingsrendementen. In de hierna volgende paragraaf laten we zien dat de invloed van deze rendementen op het resultaat groot is.

Conclusie

Om een wezenlijke bijdrage te leveren aan reductie op het energieverbruik voor verwarming, zal bij WABO ook isolatie van de gebouwschil nodig zijn, hoewel de isolatiegraad lager is. Om een vergelijkbaar resultaat met Rc 2,5 m²K/W te bereiken zal

een Rc van ca. 1 (bij gebalanceerde ventilatie) à 2 (bij mechanische afzuiging) nodig zijn.

6.2.5. Invloed van effect van systeem- en opwekkingsrendement: gevoeligheidsanalyse

In de vorige subparagraaf zijn “equivalente U-waarden” bepaald door vergelijking van verschillende systemen. Deze zijn gebaseerd op aangenomen systeem- en opwekkingsrendementen. Zoals reeds aangegeven, zijn de opwekkingsrendementen afhankelijk van de COP en deze is op haar beurt weer afhankelijk van verhoudingen van warmte/koudebehoefte, aanspraak op het vermogen (dimensionering: te grote warmtepomp leidt tot lager rendement). Ook over het systeemrendement is veel te zeggen. Deze kan afhankelijk van de omstandigheden variëren. De EPA rekenregels geven hier beperkt uitsluitsel over voor de omstandigheden die van toepassing zijn bij WarmBouwen.

		NsysX Nopw				
		Nopw				
Nsys		1	1,2	1,4	1,6	1,8
1		1	1,2	1,4	1,6	1,8
0,9		0,9	1,08	1,26	1,44	1,62
0,8		0,8	0,96	1,12	1,28	1,44
0,7		0,7	0,84	0,98	1,12	1,26
0,6		0,6	0,72	0,84	0,96	1,08
0,5		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

In de referentiesituatie is voor WABO uitgegaan van ca. 1,475 en bij conventioneel bouwen van 0,926

Tabel 2

Waarden van Systeem- x opwekkingsrendement

Om een indruk te krijgen van de gevoeligheid van het systeem- en opwekkingsrendement hebben we wederom grafieken opgesteld.

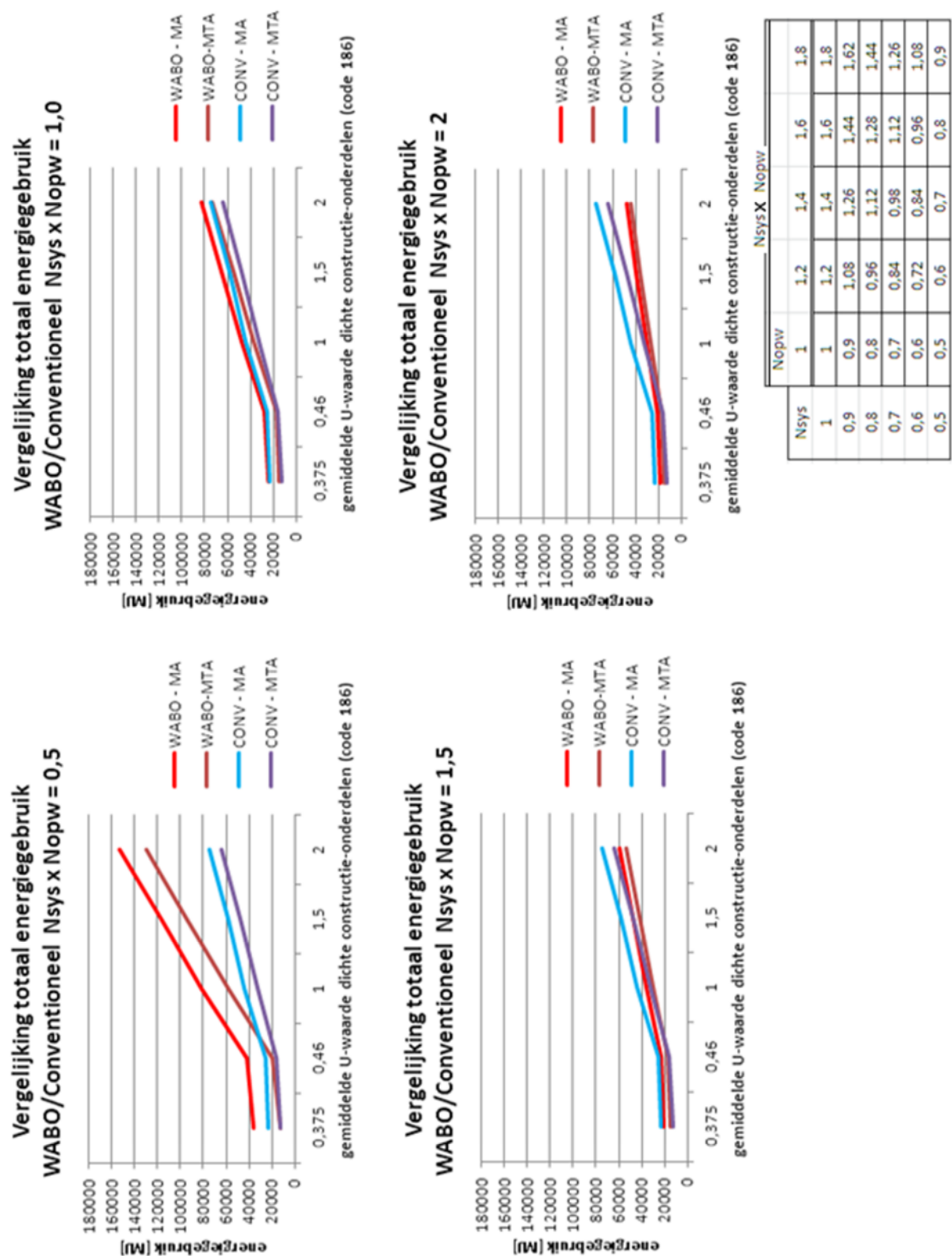
We zien dat reductie van het systeem- en opwekkingsrendement een fors effect heeft op het energiegebruik. Bijvoorbeeld 10% reductie op het gehanteerde systeemrendement van 1,0 (waarde van het systeemrendement is vooralsnog discussiepunt) en 15% reductie op het opwekkingsrendement (bijv. als een combinaire zou worden toegepast), levert een 25% hoger energiegebruik op.

We deden de aanname van het systeemrendement van 1,0.

Stel dat nader onderzoek uitwijst dat 0,9 een betere waarde zou zijn, dan zou het opwekkingsrendement ca. 1,6 moeten bedragen om vergelijkbare resultaten te bereiken.

Combinaties van systeem/opwekkingsrendementen rechts boven de blauwe lijn in onderstaande tabel laten zien wanneer geen verslechtering van onze berekeningsresultaten optreden. Combinaties van systeem/opwekkingsrendementen die rechtsboven de roze lijn zijn gelegen laten zien wanneer de situatie niet slechter is dan bij ‘conventionele’ installaties.

		NsysX Nopw				
		Nopw				
Nsys		1	1,2	1,4	1,6	1,8
1		1	1,2	1,4	1,6	1,8
0,9		0,9	1,08	1,26	1,44	1,62
0,8		0,8	0,96	1,12	1,28	1,44
0,7		0,7	0,84	0,98	1,12	1,26
0,6		0,6	0,72	0,84	0,96	1,08
0,5		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

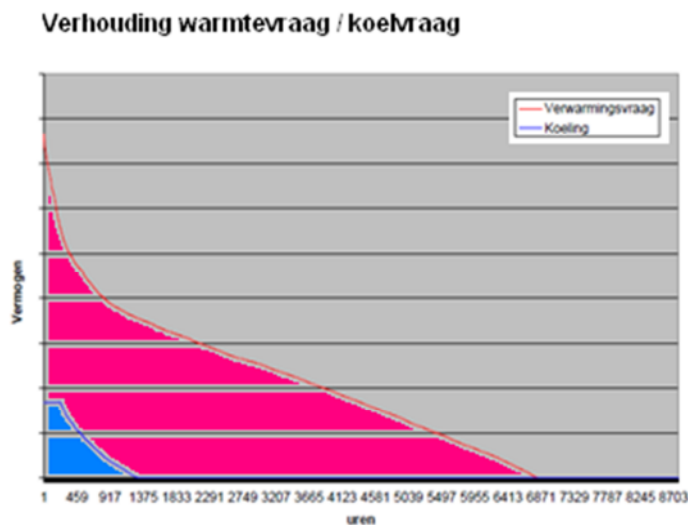


Conclusie

De werkelijke waarden voor het systeem- en opwekkingsrendement bepalen in belangrijke mate of WarmBouwen energetisch gezien een succesvol concept kan zijn. Op basis van de vergelijkende berekeningen kan worden geconcludeerd dat zonder aanvullende isolatie in wanden/vloeren/daken met watervoerende lagen het energetisch effect beperkt is in vergelijking tot traditioneel isoleren.

6.2.5. Warmte- en koudebehoefte: (on)balans?

Berekeningen van de warmte/koudebehoefte laten zien dat de balans van warmte/koudebehoefte zeer scheef uitvalt voor de voorbeeldwoningen.



Figuur 20: Verhouding van de warmte en koudevraag voor woningen

Voor de woning van 141 m² is de verhouding verwarmingsvraag/koelvraag > 1:12. Deze verhouding is voor de overige woningen vergelijkbaar.

Voor het genereren van een bron in balans zullen aanvullende oplossingen moeten worden gezocht om de bron op te laden. De disbalans zal leiden tot uitputting van een warmte/koudebron, zeker bij toepassing op grote schaal, voor veel woningen in een project. Dit kan bijvoorbeeld door een combinatie van woningprojecten met een project met een grote koelvraag in verhouding tot de warmtevraag (bijv. kantoren), dan wel zal moeten worden gezocht naar een bron met een constante temperatuur (bijv. oppervlaktewater).

Een ander alternatief is de bron op te laden met warmte uit andere projecten / voorzieningen. Bijvoorbeeld warmtecollectie in de zomer, en deze warmte opslaan in de bron.

Naar de effectiviteit hiervan dient nader onderzoek te worden verricht.

6.2.5. Bijdrage WarmBouwen aan energiebesparing

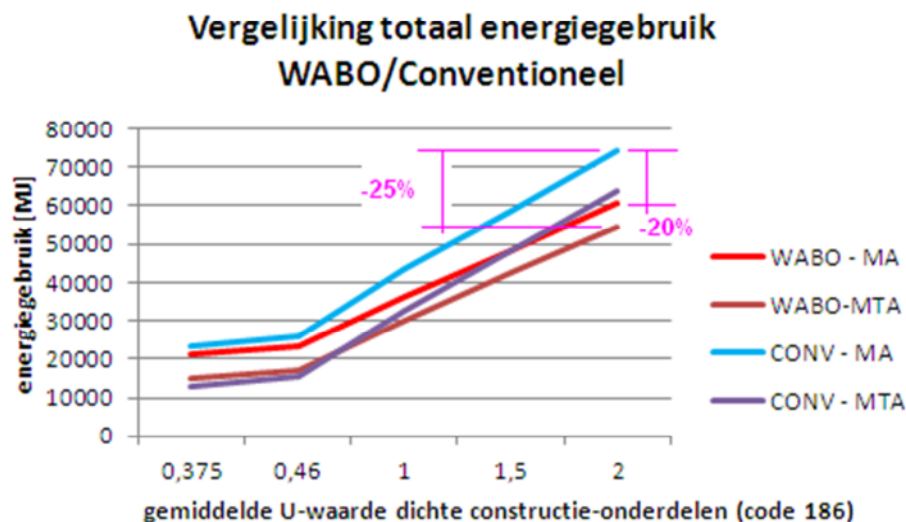
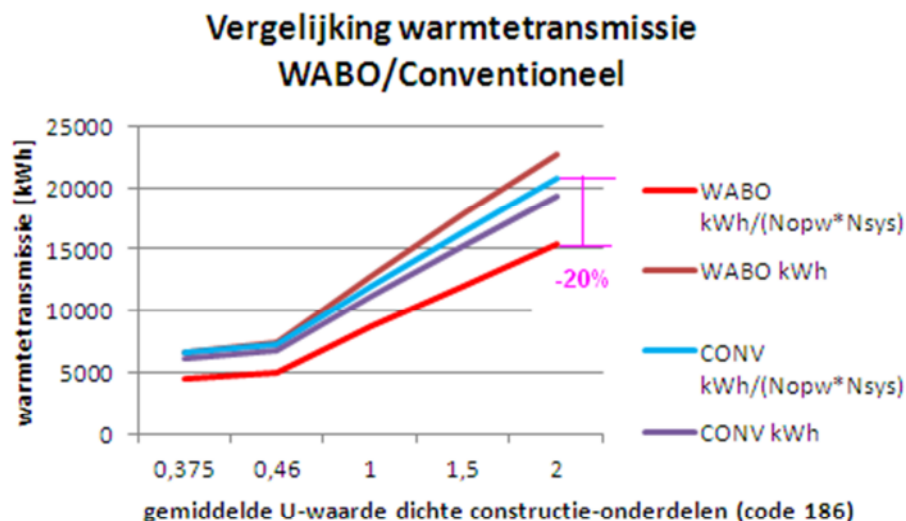
Wat de bijdrage van WarmBouwen aan energiebesparing is, kan direct uit de eerder gegeven grafieken worden afgeleid.

Gaan we uit van de basis-systeemrendementen, dan is de conclusie dat bij een ongeïsoleerde woning met een gemiddelde U-waarde van 2,0 W/m²K, er 20% energiebesparing kan worden bereikt met WarmBouwen, als niet wordt

aanvullend wordt geïsoleerd. Wordt de woning ook voorzien van warmteterugwinning, dan is de besparing 25%.

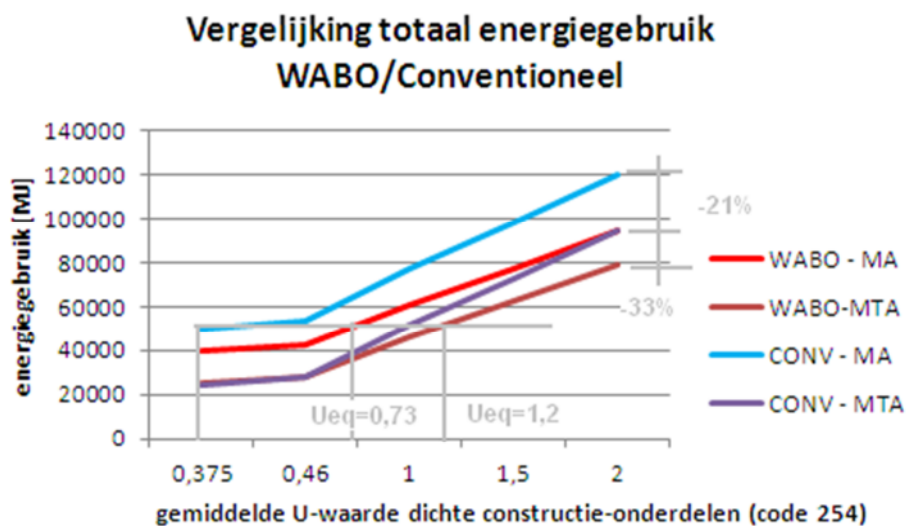
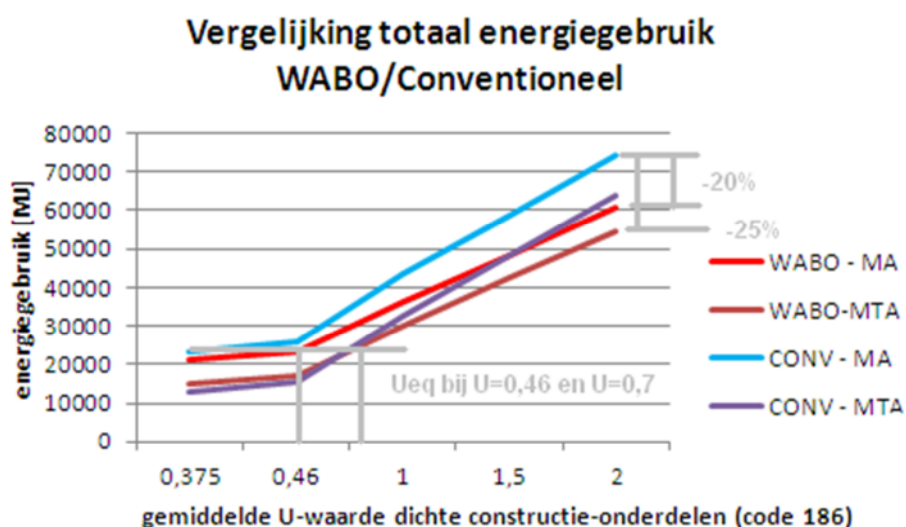
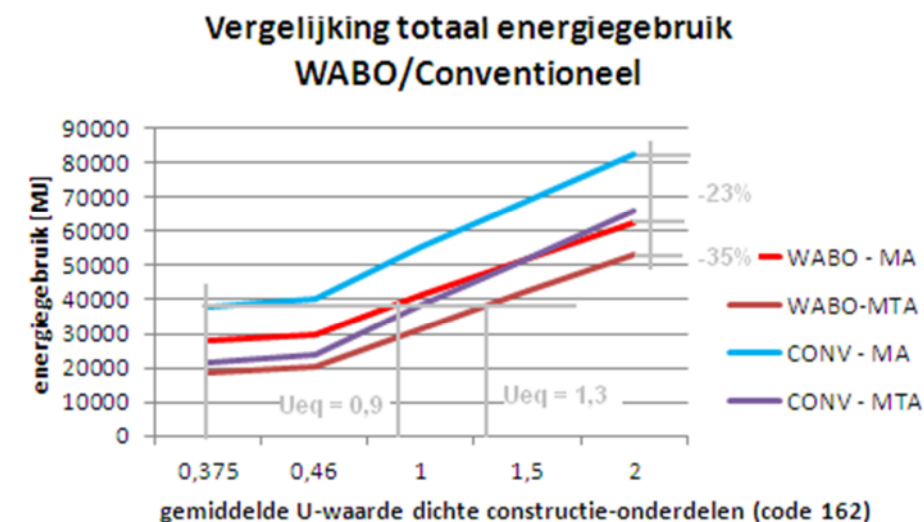
In deze vergelijking gaan we uit van het WarmBouwen concept vergeleken met een HR-ketel. Gaan we in de basis uit van een VR-ketel, dan valt de besparing verhoudingsgewijs iets (5%) hoger uit. Omdat de meeste woningen inmiddels van een HR ketel zijn voorzien, gaan wij van de HR-ketel in de basis situatie uit.

20% besparing op het energieverbruik voor verwarming



Figuur 21: bepaling van het besparingspotentieel door inzet van WarmBouwen techniek in relatie tot een conventioneel systeem

Ter vergelijking van de resultaten van de 3 woningen, zijn de grafieken met het totale energieverbruik van de 3 woningen onder elkaar gezet (let op: y-as niet gelijk in de drie situaties) (volgende pagina).



Bij deze grafieken is Nopw=1,475 als uitgangspunt gehanteerd

Figuur 22

6.2.6 Resultatenoverzicht 3 woningen

In deze hoofdrapportage beperken wij ons tot het uitgebreid bespreken van één woning. In deze paragraaf laten wij het resultaat van de overige woningen zien in een overzicht.

Conclusie is dat met WarmBouwen zonder extra isolatie gemiddeld ca. 20%-25% energiebesparing op verwarming kan worden bereikt.

Met verbetering van de isolatie van de gebouwschil van $U=2$ naar gemiddeld $U=1$ kan ca. 40% energiebesparing op het totale energiegebruik voor verwarming, hulp-energie en ventilatoren, worden bereikt en 60% op het verlies door transmissie.

Daarbij moet worden opgemerkt dat de te bereiken besparingen in belangrijke mate afhangen van het systeem en opwekkingsrendement. Om een gunstig systeemrendement te krijgen, is ook vanuit dit gezichtspunt isolatie van de gebouwschil wenselijk.

Woning / basis energiegebruik bij $U=2$ W/m ² K	Equivalent Uwaarde		Energiebesparing van $U=2,0$ naar $R_c 2,5$
	Mechanische afzuiging	Gebalanceerde ventilatie	
<i>Nopw=1,475 (bodem)</i>			
1laag+kap (162) 81.000 MJ	$U=0,9$ $R_c=0,94$	$U=1,3$ $R_c=0,6$	50% van 81.000 MJ
2laag+kap (186) 73000 MJ	$U=0,46$ $R_c=2$	$U=0,7$ $R_c=1,89$	70% van 73.000 MJ
4 laag (254) 120.000 MJ	$U=0,73$ $R_c=1,19$	$U=1,2$ $R_c=0,66$	60% van 120.000 MJ
<i>Nopw=1,75 (grondwater)</i>			
1laag+kap (162) 81.000 MJ	$U=0,7$ $R_c=1,25$	$U=1,2$ $R_c=0,66$	50% van 81.000 MJ
2laag+kap (186) 73000 MJ	$U=0,8$ $R_c=1,5$	$U=0,86$ $R_c=1,0$	70% van 73.000 MJ
4 laag (254) 120.000 MJ	$U=0,9$ $R_c=0,94$	$U=1,4$ $R_c=0,54$	60% van 120.000 MJ

Tabel 3

Equivalent U-waarden/ R_c waarden met warmbouwentechniek om vergelijkbaar energetisch resultaat te bereiken als met HRketel en mechanische afzuiging en te bereiken energiebesparing uitgaande van een gemiddelde Uwaarde van 2 van de gebouwomhulling

Woningtype/ Energiegebruik verwarming+hulp-energie+ventilatoren	Wabo zonder naisolatie met Mecha- nische afzuiging	Wabo zonder naisolatie met Mecha- nische toe- en afvoer
	Energiebesparing ten opzichte van conventionele installatie HR ketel, me- chanische afzuiging, U=2,0	
Opwekkingsrendement = 1,475 (bodem)		
1laag+kap (162) 81.000 MJ	23%	35%
2laag+kap (186) 73000 MJ	20%	25%
4 laag (254) 120.000 MJ	21%	33%
Opwekkingsrendement = 1,75 (grondwater)		
1laag+kap (162) 81.000 MJ	36%	48%
2laag+kap (186) 73000 MJ	30%	34%
4 laag (254) 120.000 MJ	36%	42%

Tabel 4

Besparing bij toepassing warmbouwen, uitgaande van geen naisolatie van gebouwomhulling (dus $U=2,0$ W/m²K)

Hoofdstuk 7 WarmBouwen en het energielabel

Toepassing van WarmBouwen levert een aantal knelpunten op ten aanzien van de energielabelsystematiek. We noemen hier de volgende aspecten:

- Er wordt in de energielabelsystematiek geen rekening gehouden met warmtemuren. Er is geen hierop aangepast systeemrendement.
- Er zijn correctiefactoren voor het systeemrendement. Extra verliezen door ongeïsoleerde constructies blijft beperkt tot onverwarmde ruimten. Extra warmteverliezen door de ongeïsoleerde wanden komt niet in de berekening tot uitdrukking. Energetische consequenties van een lagere binnentemperatuur ten opzichte van HTV systemen komt eveneens in de berekening niet tot uitdrukking.
- Gelijkstroomventilatoren worden in de labelsystematiek niet gewaardeerd (wel in EPA maatwerkadvies)
- Het rendement voor warmtepompen in EPA bedraagt 1,95 bij grondwater, 1,48 bij lucht en 1,72 bij bodem. Deze waarden zijn in de NEN 5128 lager (resp 1,75 – 1,42 en 1,47).

De NEN-EPG (NEN 7120) bevat een berekeningsmethode voor bestaande bouw. Het is zinvol verschillen in rekenresultaten met die methode, die uitgebreider is te beschouwen.

In onderstaande tabel is aangegeven hoe het energielabel in de gunstigste situatie wijzigt (benutting grondwater). Berekend is wat het effect is volgens de huidige energielabelsystematiek (met de mitsen en maren die hierboven zijn genoemd) en volgens de correcties die volgen uit deze studie.

Dan komen we tot het volgende resultaat:

Woning	Energie-Index en Energielabel basissituatie	Energielabel wabo volgens huidige systematiek	Energielabel berekend met correcties uit dit rapport
Bg+kap	2,67 (F)	1,92 (D)	2,1 (D)
2laags+kap	2,57 (E)	1,42 (C)	2,03 (D)
portieketage	1,6 (C)	1,31 (C)	1,26 (B)

Tabel 5: indicatieve resultaten energielabelberekeningen.

Het toepassen van de WarmBouwentechniek in combinatie met een warmte pomp (grondwater), leidt voor onze voorbeeldwoningen tot een verbetering van het energielabel met minimaal 1 tot 2 stappen. Verdere verbetering is mogelijk door aanvullende isolatie.

Hoofdstuk 8 Kosten

De Stichting WarmBouwen geeft aan dat de investeringskosten van WarmBouwen ten opzichte van conventionele systemen hoger zijn.

Alleen in het geval wordt gekeken naar het kosten op basis van de gehele levensduur van de woning (TCO = total costs of ownership) in plaats van alleen de initiële investeringskosten te beschouwen, kan de balans voor WarmBouwen positief uitvallen. Het gaat hier om een terugverdieneffect.

De grootste kostenpost zit in de warmtepomp en het wandverwarmingssysteem. De kosten variëren sterk afhankelijk van de plaats van de bron (diepte / boringen).

Het verdient aanbeveling om varianten van bronsystemen met elkaar te vergelijken. Hier ligt een directe relatie met het opwekkingsrendement en de daarmee samenhangende energiebesparingsmogelijkheden.

Dit verdient nader onderzoek.

Hoofdstuk 9 Voorbeeldprojecten

In dit hoofdstuk laten we drie voorbeeldprojecten zien. Ondanks dat geen van de voorbeelden woningbouwprojecten met het principe WarmBouwen betreft, laten de projecten wel onderdelen zien die duidelijke parallellen vertonen.

De voorbeeldgebouwen betreffen:

- woningbouwproject Maastricht (renovatie gemeentelijk monument)
- renovatie kantoor De Tempel (eerste WarmBouwen kantoor)
- nieuwbouw kinderdagverblijf (voorbeeld warmtewinmuur)

9.1 Woningbouwproject Maastricht

Woningcorporatie Servatius in Maastricht heeft het gemeentelijke monument Boostencomplex gerenoveerd.

We spraken met de heer F. Lemmens van adviesbureau AFL, bouwfysisch adviseur in dit project over de toepassing van enkele principes in deze woningen, die gelijkenis vertonen met WarmBouwen.

Duurzaamheid was een belangrijk item. In de gekozen uitwerking zijn veel principes van WarmBouwen toegepast.

Duurzaam aan het project is ook dat het monumentale complex niet is gesloopt en na renovatie weer voldoet aan de hedendaagse (nieuwbouw)normen.



Het betrof een grootschalige renovatie, die heeft geresulteerd in een energetische verbetering naar energielabel A. De kleine verouderde woningen zijn qua plattegrond volledig herzien, waarbij twee woningen tot één zijn samengevoegd tot een eengezinswoning.

Er is in de woningen het doos-in-doos-principe toegepast. Voordeel van dit systeem is dat zowel energetische verbetering hiermee mogelijk is, comfort verbetering (verwarming in de winter en koeling in de zomer) maar ook akoestische verbeteringen van de geluidsisolerende kwaliteit.

Aan de binnenkant van de nieuwe wanden en de plafonds wordt met behulp van het comfort+ systeem op lage temperatuur de ruimte verwarmd, en zomers gekoeld. Hierdoor krijgen de woningen een EPC van 0,7 à 0,8, wat overeenkomt met energielabel A.

In het complex is tevens gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toegepast.

Er zijn (nog) geen meetresultaten en enqueteresultaten van bewonerservaringen. Op dit moment vindt de eerste monitoring plaats.

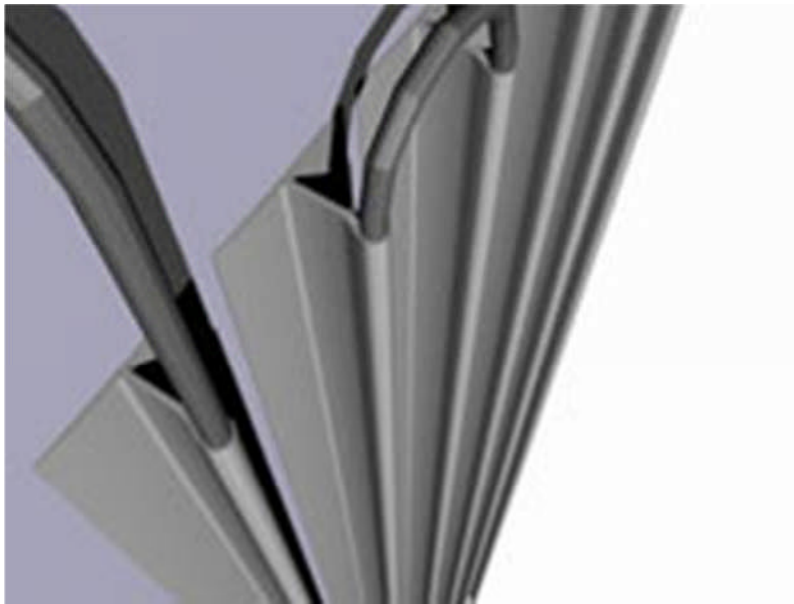
In dit complex is het principe van WarmBouwen, met warmteaccumulatie als uitgangspunt, niet in optima forma toegepast. Het systeem Comfort+wandafwerking en plafonds dat is toegepast is een licht binnenafbouwsysteem met gipsplaat (zie figuur), vergelijkbaar met een klimaatelement bij wandverwarming. Daarachter is een pakket isolatie toegepast met een dikte van meer dan 5 cm. Dit om forse warmteverliezen te voorkomen. Ook is plafondverwarming toegepast.

Een optimalisatiestudie naar de energiebalans op lange termijn heeft voor dit project niet plaatsgevonden.

Te concluderen is dat de beschikbare massa van de buitenwanden niet optimaal ingezet.



Het samenvoegen van plattegronden maakt een doos-in-doosconstructie mogelijk.



Comfort+: Slangen zijn in aluminiumprofielen aan de achterkant van de gipsplaat aangebracht.

In het project is warmteopslag toegepast in combinatie met warmtepompen (individueel). Bij de Maasoevers is warmteopslag in grindbedden gerealiseerd. Voor het verwarmen met comfort+ moet de watertemperatuur in de leidingen van de wandverwarming en plafond relatief laag zijn om een gunstig rendement voor de warmtepomp te bereiken en vanuit behaaglijkheidsoverwegingen. Door de warmtepomp moet dan een temperatuur van 18-19°C worden overbrugd. Ook is per woning een tijdelijke opslag van warmte in een boilervat van 200 liter mogelijk om aan de warmtevraag te kunnen voldoen als er wisselingen in de warmtevraag zijn (bijv. in overgangsseizoenen).

Omdat bij het Comfort+ systeem er alleen een warmteoverschot is in de zomer, is de hoeveelheid warmte die kan worden gewonnen beperkt.

WarmBouwen gaat ervan uit dat kan worden volstaan met wandtemperaturen van 20 tot 21 °C, maar in dit project wordt 30 °C gehanteerd als uitgangspunt voor de wandtemperatuur. Wellicht komt dit door ingebouwde onzekerheidsmarges en om de kans op comfortklachten te beperken. Dan gelden stringente voorwaarden als voldoende te verwarmen ruimteoppervlakte.

Conclusie

De ervaringen met het toegepaste systeem zijn goed, hoewel monitoring van het energiegebruik nog niet is uitgevoerd. Een belangrijk verschil met WarmBouwen is dat bij Comfort+ verhoudingsgewijs veel isolatie is toegepast en ook de verwarmde oppervlakken zijn fors (niet alleen wandverwarming maar ook plafondverwarming). Helaas heeft geen optimalisatiestudie plaatsgevonden ten aanzien van de energiebalans op termijn.



9.2 Renovatie De Tempel – Den Haag

Het Rijksmonument De Tempel in Den Haag aan het Prins Hendrikplein is ruim 100 jaar geleden ontworpen als bankgebouw. Daarna heeft het verschillende bestemmingen gehad. De afdeling archeologie van de gemeente Den Haag wilde het pand gebruiken onder voorwaarde dat het na de renovatie energie-efficiënt zou zijn. Vanwege de ingewikkelde details bleek fors isoleren aan de binnenzijde geen geschikte optie.

In dit gebouw is het concept WarmBouwen toegepast om het pand fors energiezuiniger te krijgen: uiteindelijk is het resultaat energielabel A.

We spraken met de architect M. Karthaus over dit ontwerp.

In de bodem wordt het warmteoverschot in de zomer opgeslagen. Deze warmte wordt in de winter benut. Gevel- en vloerverwarming zorgen ervoor dat de wanden een constante temperatuur hebben van 18°C. Er wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp die water van 14°C oppompt. Dit water wordt gebruikt voor koeling in de zomer en voorverwarming in de winter. Een warmtepomp zorgt voor verdere opwarming tot ca. 23°C.

Ook in dit gebouw is isolatie tegen de gevel toegepast in combinatie met wandverwarming. Becijferd was dat 1 cm isolatie voldoende zou zijn. Maar vanwege de 'onbekendheid (onzekerheid t.a.v. energiezuinigheid) met de techniek' is uiteindelijk in overleg met de gemeente gekozen voor 3 cm isolatie.

Recentelijk is de Tempel opgeleverd (september 2010) en is inmiddels enkele maanden in gebruik. Meetgegevens over het energiegebruik zijn (nog) niet beschikbaar. Tot op heden zijn er geen klachten over het binnenklimaat.



Figuur x

De Tempel, Den Haag - Eerste gebouw in Nederland uitgevoerd met het Warm-Bouwen principe

Conclusie

Toepassing van de WarmBouwen principes zijn in dit pand toegepast. De beoordeling van het binnenklimaat is tot op heden goed. Over het energieverbruik kan nog niets worden gesteld. Het betreft een kantoorpand en geen pand met een woonbestemming waardoor wellicht de warmte/koudebalans eenvoudiger te regelen is.

9.3 Wipsa kids – Amsterdam

Kinderdagverblijf Wipsa Kids (Women In Positive Social Action) is gevestigd in de Amsterdamse Bijlmermeer en is onderdeel van een complex met ook 16 zestienzorgappartementen. Het betreft een nieuwbouwproject dat in 2008 is opgeleverd. Landstra was bouwfysisch adviseur voor dit project.

Het project heeft parallellen met WarmBouwen.

- De klimaatinstallatie maakt actief gebruik van de thermische capaciteit van de betonnen draagconstructie via betonkernactivering.
- De westgevel is uitgevoerd als 'warmtewinmuur' – zonnewarmte of langsvoerende lucht wordt geabsorbeerd door de constructie en afgevoerd naar het verwarmingssysteem of warmteopslagsysteem en benut voor ruimteverwarming.

Er is sprake van een thermisch actief gebouw.

Beton in de vloerconstructie wordt als afgiftesysteem voor lagetemperatuurverwarming gebruikt (betonkernactivering). Bijzonder is de inzet van betonnen gevels voor energie-opvang. Een van de redenen om lage temperatuurverwarming toe te passen is dat men minder last heeft van stof (kinderdagverblijf).

Systeemprincipe

Het principe van de warmtewinmuur is gebaseerd op de thermische capaciteit van een betonnen wand waarin leidingen zijn opgenomen met een glycolhoudende vloeistof. De leidingen bevinden zich in het midden van de betond doorsnede. Het glycol in de leidingen onttrekt warmte aan de wand (of geeft juist warmte af). De warmte kan afkomstig zijn zowel van directe zoninstraling als van langsstromende lucht. Via een warmtepomp wordt de warmte (of koude) uit het glycol overgebracht aan de vloerverwarming in het kinderdagverblijf. Het systeem reageert net als betonkernactivering relatief langzaam op veranderingen, waardoor de binnentemperatuur dag en nacht constant kan worden gehouden. In tegenstelling tot andere lagetemperatuursystemen met warmtepompen hoeft er in principe geen gebruik te worden gemaakt van warmteopslag in de bodem. In dat geval zijn er geen dure grondboringen nodig.

Wandopbouw

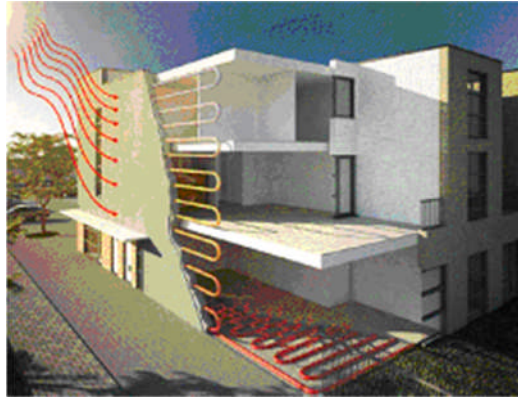
De gevelwand is opgebouwd uit een spouwmuur met een prefab betonnen buitenblad en een binnenblad van kalkzandsteen. In de spouw van 130 mm is een waterwerende isolatielaag van 100 mm hardschuim aangebracht. Een goed geventileerde spouw is noodzakelijk vanwege de condensvorming die kan ontstaan als de buitenmuur koud wordt.

Overcapaciteit

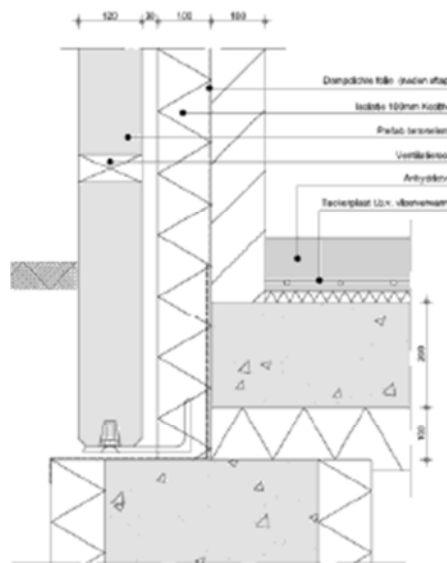
Hoewel het systeem al eerder met succes is toegepast in een klein proefproject, is in dit project voor de zekerheid toch nog overcapaciteit gecreëerd via extra wandoppervlak en warmteopslag in de bodem. Ook dient een cv-ketel als reserve. Deze is tijdens de koude winter van 2009/2010 enkele keren automatisch ingeschakeld. Het systeem zou echter zonder ketel en zonder bodemopslag moeten kunnen functioneren. Voordeel van opslag is wel dat de capaciteit van de warmtepomp lager kan zijn omdat die niet hoeft te worden gedimensioneerd op de koudste omstandigheden. Ook het oppervlak van de warmtewinmuur is hier aan de royale kant.

De eerste metingen geven aan dat er per m² BVO (bruto vloeroppervlak) ongeveer 0,2 m² gevelwand nodig is, waarbij zongerichte oriëntatie niet dwingend is. Meer wandoppervlak betekent tegelijkertijd minder behoefte aan capaciteit van de warmtepomp.

Gegevens over het energiegebruik zijn niet bekend; wel blijkt de opbrengst van de gevelwand door zonabsorptie voldoende is dat een vorm van warmteopslag lonend is.



Figuur x
Foto principe warmtemuur van Wipsa-kids



Aansluiting fundering
Figuur x
Detail warmtemuur Wipsa-kids

(bron: Cement en Betoncentrum, Betonmuur houdt wipsa-kids warm én koel, 2008)

Conclusie

Benutting van zonnewarmtewinst door zonabsorptie en benutting van warmte ventilatielucht in combinatie met warmteafvoer via water/glycol voerende leidingen naar een vertrek of een warmteopslagsysteem is zinvol gebleken bij Wipsa kids. Aandachtspunt is het ontstaan van condensvorming in de buitenste laag, door afkoeling van deze laag.

Hoofdstuk 10 Marktverkenning

Voor welk type woning zou het principe van WarmBouwen een relevante optie zijn. Om een eerste scan te maken, is het relevant om te kijken waar het principe een meerwaarde heeft ten opzichte van andere systemen.

Onderscheidende onderdelen zijn:

- behoud van de bestaande kwaliteit van de gebouwschil
- behoud van de architectonische en esthetische kwaliteiten van de gebouwschil
- toepassing waar koudebruggen of vochtproblemen een knelpunt vormen voor applicatie van binnenisolatie-systemen
- verwarming en koeling wenselijk zijn (hoog zomercomfort)
- integrale oplossing met geluidsisolatieproblemen en evt.brandveiligheid is goed mogelijk in combinatie met binnengevelisolatie / wandverwarming/plafondverwarming
- warmte op basis van straling (lage temperatuursysteem)
- energiebesparing is belangrijk item, waar men in wil investeren
- plaatsing van radiatoren kan worden voorkomen
- mogelijkheid nieuwe producttoepassingen (innovatie)
- toepassingsmogelijkheid met beperkte hoeveelheid isolatie

Geen probleem mogen vormen:

- toepassing warmtepompen (opstelplaats, geluid, etc). Onderzoeken mogelijkheid collectieve systemen
- aanwezigheid koudeopslag systeem met voldoende vermogen
- meerkosten, benadering vanuit TCO gedachte als optie meenemen
- vaak: toepassing voorzetwanden met watervoerende systemen (beperking van de vloeroppervlakte), evt. toepassing van verwarmde plafondsystemen (voldoende beschikbare hoogte), evt. toepassing vloerverwarming (hoogteverlies).
- mogelijkheid extra warmtebronnen onderzoeken
- check nader onderzoek: de juiste verhouding warmtebehoefte / koudebehoefte / warmtevraag voor verwarming

Naar onze mening is er een markt voor WarmBouwen voor historische woningen, zoals monumenten, waarbij

- reguliere vormen van isolatie niet mogelijk zijn en
- de gevel onaangetast moet blijven, bijvoorbeeld vanwege koudebrugproblematiek/vochtproblemen, en
- energiebesparing een belangrijk issue is.

Aandachtspunt is het voorkomen van condensvorming in de constructie als de constructie wordt gekoeld en de vochtigheidsgraad van de lucht hoog is.

Ook in geval dat sprake is van grootschalige renovatie, waarbij naast warmteisolatie problematiek speelt t.a.v. geluidsisolatie en brandwerendheid, is toepassing van WarmBouwen een interessante optie, omdat hierbij een doos- in doos constructie kan worden toegepast. Zowel voor geluidsisolatie als brandveiligheid is toepassing van gipskarton/gipsvezel in combinatie met minerale wol een optie.

Tel daarbij op dat energie-efficiënte koeling kan worden gerealiseerd, dan levert het systeem een meerwaarde.

Ook voor situaties waarbij plaatsing van radiatoren niet wenselijk is, biedt het systeem een oplossing.

Hoofdstuk 11 Toepasbaarheid WarmBouwen in de praktijk

Op basis van interviews, literatuur en praktijkervaring met componenten waaruit het principe van WarmBouwen bestaat, is bijgaand overzicht opgesteld van aandachtspunten.

Beoordelingsaspect	waardering toepasbaarheid Warm Bouwen
Gebruik woning	
Wisselend gebruikspatroon (geen stabiel klimaat)	-
Hoge binnentemperatuur gewenst (bijv. oudere mensen)	- +
Sterke differentiatie in bewonersgedrag vraagt specifiek aandacht dimensionering bron	-
Buitenklimaat	
extreme koude	-
extreme warmte	-
Binnenklimaat	
koeling gewenst	+
hoog comfort niveau (lage luchtsnelheden, koeling, constant klimaat)	+
Bouwtechnische eigenschappen woning	
hoogniveau renovatie is aan de orde	+
thermische massa aanwezig (check noodzaak!!)	+
geen ruimte voor dikke isolatiepakketten ivm beschikbare ruimte	+
mogelijkheid (beperkte) binnenisolatie aanwezig	+
mogelijkheid van plafond/vloerisolatie aanwezig	+
gevel mag niet worden gewijzigd (welstand/architectuur)	+
nagaan welke innovatieve systemen toepasbaar zijn om zonnewarmte te benutten in relatie tot warmteaccumulatie	
warmteverliesgevend oppervlak ten opzichte van volume beperkt	+
geen hoge ruimten aanwezig met strenge klimaat eis - anders speciale oplossing zoeken	-
Bouwfysische eigenschappen woning	
binnengevelisolatie geeft koudebruggen. Koudebruggen zijn niet adequaat op te heffen	+
doos-in-doos ook toe te passen voor geluid/brandveiligheid	+
sterke variatie in zonbelasting (wisselingen binnentemperaturen)	-
vochtproblemen aanwezig (condensatie)	+
Installatiesysteem	
koeling gewenst	+
lage temperatuurverwarmingssysteem gewenst	+
ontbreken radiatoren gewenst	+
aanvullende installaties misschien nodig (zware belasting)	-
regelbaarheid per vertrek kan probleem zijn (beperkt regelbaar)	-
trage responsietijd	-
warmteverlies ventilatie beperken via wtw	+

wtw ook in de zomer te gebruiken voor opladen bron (warmte)		+
Opwekkingssysteem		
warmtepomp is toepasbaar		+
collectieve warmtepomp is een pré (kosten/zekerheid)		+
aandacht voor geluidproblematiek warmtepomp		-
HR ketel nodig voor 'achtervang' (beperkt vermogen)		-
Bron-eigenschappen		
voldoende capaciteit		+
juiste temperatuur van de bron zomer/winter/overgangsseizoenen		+
nagaan of monobron voldoende zekerheid voor goed klimaat biedt		?
werking afhankelijk van warmte/koudebehoefte verhouding. Bij woningen is deze mogelijk scheef (veel meer warmtebehoefte). Dan aanvullende voorzieningen nodig om warmtebehoefte te beperken.		-
bron functioneert vaak niet/onvoldoende het eerste jaar		-
Kosten		
initiele kosten hoger dan conventioneel		-
kosten volgens total costs of ownership		+
Energiebesparing		
nader in te vullen....ten opzichte van wat...('niets'/matig geïsoleerd)		?

Hoofdstuk 12 Contact met corporaties

Wat vinden corporaties van WarmBouwen?

Is WarmBouwen een concept waarvan zij denken dat het toekomstperspectief biedt voor bepaalde soorten woningen? Wat zijn argumenten voor en tegen WarmBouwen.

We stelden de vraag aan vijf verschillende corporaties.

In bijlage 4 zijn de resultaten van de enquête opgenomen.

Conclusie is dat de meeste corporaties de techniek van WarmBouwen voorlopig nog niet zullen uitvoeren in hun dagelijkse praktijk. Ervaringen met warmtepompen zijn niet altijd best. Kosten van maatregelen zijn een belangrijke overweging en kans op condensproblemen is ook een belangrijk aandachtspunt.

Velen geven voorkeur aan traditionele systemen, ook vanwege bewoners (toepassing warmtewanden niet altijd wenselijk, besparingen van warmtepompen kunnen erg tegenvallen, niet altijd zijn nieuwe technieken wenselijk bij bewoners).

Een van de belangrijkste knelpunten zijn de kosten (investering) en het kunnen doorrekenen van de kosten in de huur.

Een van de corporaties heeft aangegeven te willen overwegen om een pilot met WarmBouwen voor historische woningen te starten.

Hoofdstuk 13 Conclusie en aanbevelingen

Op basis van theoretisch onderzoek, lijkt er zich een specifieke markt af te tekenen waarvoor WarmBouwen een oplossing zou kunnen zijn om energie-efficiënter te worden: woningen waarbij geen wijzigingen aan gevels mogen worden aangebracht en waar zich thermo/hygrische problemen (gaan) manifesteren als binnenisolatie wordt aangebracht.

Willen investeren in energiebesparing en comfort (klimaatverbetering) is daarbij een belangrijk punt. Investeringskosten zijn hoger dan conventionele oplossingen. Alleen in geval de totale lasten over de levensduur van een woning worden meegenomen, kan de balans financieel positief uitvallen.

Het systeem WarmBouwen zou ook in het geval dat de geluidisolatie tussen woningen/vertrekken moet worden verbeterd eventueel in combinatie met verbetering van de brandwerendheid, een goede optie kunnen zijn. Uiteraard dient energie-efficiëntie dan ook een belangrijk thema te zijn. Het systeem is met name relevant als sprake is van hoog niveau renovatie.

De conclusie uit ons onderzoek is dat er energetisch voordeel te behalen is uit WarmBouwen. De hoeveelheid energie die wordt bespaard is sterk afhankelijk van het te hanteren systeem- en opwekkingsrendement. Zeker welk systeemrendement dient te worden gehanteerd is een punt van nader onderzoek. Het systeemrendement zal, zeker bij ongeïsoleerde constructies veel lager zijn dan bij geïsoleerde constructies vanwege de forse energieverliezen in de leidingen. In onze studie hebben we het effect van warmteverliezen meegenomen in de beoordeling (wijkt af van EPA systematiek). Daar tegenover staat een veel hoger opwekkingsrendement door inzet van een warmtepomp.

Berekend is dat in ongeïsoleerde situaties theoretisch besparingen van 20-30% mogelijk zijn op het energiegebruik voor verwarming. Toepassing van gebalanceerde ventilatie leidt tot 5% hogere waarden. Het energielabel stijgt door toepassing van deze techniek met 1 tot 2 labels hoofdzakelijk als gevolg van toepassing van de warmtepomp.

Conclusie is dat deze techniek kan bijdragen aan het energievraagstuk van corporaties.

Wel is ons advies om de leidingenregisters geïsoleerd aan te brengen.

Door 2 cm isolatie in de gevel toe te passen neemt het transmissieverlies in de gevel 50% af. Advies is dan ook om constructies in ieder geval minimaal te isoleren. Dit geeft een ander voordeel, namelijk dat de temperatuurafname in de watervoerende leidingen beperkt wordt en dus met een lagere aanvoertemperatuur van het water kan worden volstaan. Bij het niet isoleren zal bij lage buitentemperaturen mogelijk de warmteafgifte van de wand onvoldoende zijn, waardoor bijstook nodig wordt. Dit reduceert het rendement in negatieve zin. Vanwege de negatieve verhouding van de warmtevraag/koudevraag is aandacht voor beperking van de warmtevraag een issue om onnodig energiegebruik te voorkomen.

De methodiek van WarmBouwen kan momenteel niet 1:1 in de EPA systematiek worden gemodelleerd. Met name de techniek van warmtemuren en warmteverliezen daarbij wordt niet op een juiste manier verwerkt. Bij ongeïsoleerde constructies daalt het rendement sterk. Niet verdisconteren levert een onjuist (te gunstig) beeld.

Knelpunt is dat de verhouding warmtebehoefte/koudebehoefte in de woningen ongunstig is, groter dan een factor 1:10. Dit houdt in dat geen balans in de bodem wordt bereikt. De warmtevraag is veel groter dan de koudevraag. Additionele bronnen moeten worden gevonden om de bron te laden, dan wel het zoeken naar een afnemer van extra koude. Ook kan worden gedacht aan benutting van bronnen met een constante temperatuur (bijv. oppervlaktewater). Dit punt verdient nadere uitwerking.

Aandachtspunt voor de tussenseizoenen en de zomer is dat door koeling van de wand kans op in/oppervlaktecondensatie ontstaat. Een regeling moet worden toegepast om dit te voorkomen.

De techniek lijkt voor monumentale gebouwen een oplossing te kunnen bieden om zonder dikke isolatiepakketten energie te kunnen besparen.

Veel corporaties geven in de gehouden interviews te kennen vooralsnog deze techniek niet te zullen toepassen. Enerzijds vanwege het onbekende, maar overwegend vanwege kosten. Warmtepompen zijn veel duurder dan een HR-ketel. Ook toepassen van de techniek in de wanden vinden niet alle bewoners wenselijk. Dat is waar ook corporaties rekening mee houden.

Ook is er angst voor kinderziektes, bijvoorbeeld het condensprobleem.

Een corporatie heeft aangegeven een pilot te overwegen, maar de meeste corporaties houden zich liever aan de aanpak volgens de trias energetica.

Bij toekomstige innovatieve ontwikkelingen dient rekening te worden gehouden met oplossingen voor condensproblemen bij levering van koude door het buizensysteem, waardoor vorst- en vochtschade kan ontstaan.

Ook dient er aandacht te zijn voor bevroeringsgevaar van buizen als het systeem niet in gebruik is en de buizen niet geïsoleerd zijn toegepast in de gebouwmhulling.

Conclusie is dat WarmBouwen kansen biedt, maar dat ongeïsoleerd toepassen van leidingen tot problemen en overmatige verliezen kan leiden. Voor woningbouw is de balans van warmte/koudebehoefte scheef en zal hiervoor een oplossing gevonden moeten worden in geval de warmte aan grondwater/bodem wordt onttrokken.

Literatuur

European Patent Application – EP 2 146 150 A2, Method for controlling the climate in a building, and respective building, 20 januari 2010

Cement en Betoncentrum, Betonmuur houdt wipsa-kids warm én koel, 2008

Warm Bouwen Studie – DGMR, 10 juli 2009

Internetsites

www.WarmBouwen.nl

BIJLAGE 1: Overzicht lage temperatuursystemen (wandverwarming)

Lage temperatuursysteem

Het systeem van wandverwarming is trager dan conventionele radiatorenverwarming. De traagheid (reactiesnelheid) van het systeem, wordt onder andere bepaald door de massa die door het systeem moet worden verwarmd (afstand buizen tot de wandoppervlakte), afstand van de buizen onderling en de diameter van de buizen.

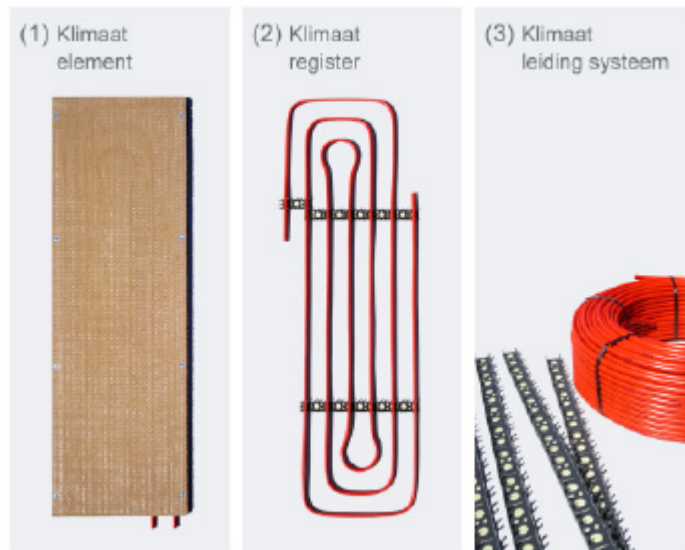
Energetisch wordt er een voordeel bereikt door de lagere temperatuur van het systeem ten opzichte van een conventioneel hoge temperatuurverwarmingssysteem (LTV versus HTV). Een belangrijke warmteverliespost kan de warmtelek zijn door geleiding van warmte door de constructie naar buiten. Hoe meer isolatie tussen het LTV systeem (leidingen) en het buitenklimaat, hoe beperkter de warmteverliezen zijn. Maar het zijn juist deze verliezen die voor bestaande bouw de toepassing geschikter zou kunnen maken.

Kortom: Door het kunnen functioneren van wand/vloerverwarming bij een lagere binnentemperatuur en de lagere watertemperaturen in het systeem, is het systeemrendement veel gunstiger van lage temperatuursystemen, dan van hogetemperatuursystemen. Daartegenover staan de warmtegeleidingsverliezen naar buiten. Zeker bij bestaande bouw is dit een belangrijk punt dat het systeemrendement in ongunstige zin kan beïnvloeden. Dit optimaliseringsvraagstuk is een belangrijk onderdeel van deze studie. Maar het is juist door deze warmteverliezen dat de condensatieproblematiek/schimmelproblematiek/houtrotproblematiek wordt voorkomen die zich voordoet bij conventionele binnenisolatie als naisolatiesysteem.

In principe zijn er drie systemen hoe het systeem van wandverwarming kan worden toegepast:

1. klimaat element
2. klimaatregister
3. klimaatleidingsysteem

DRIE SYSTEMEN - EEN PRINCIPE



Figuur ...:

Drie systemen voor wandverwarming (bron: WEM)

Al deze drie systemen zijn toepasbaar in het warmbouwenconcept

BIJLAGE 2: Vergelijking energiegebruik: conventioneel versus WarmBouwen

In deze bijlage staan grafieken waarin de warmtetransmissiegegevens en het energiegebruik voor verwarming (transmissie+ventilatie), hulpenergie en ventilatoren staat aangegeven.

De volgende afkortingen zijn gehanteerd:

WABO = warmbouwen

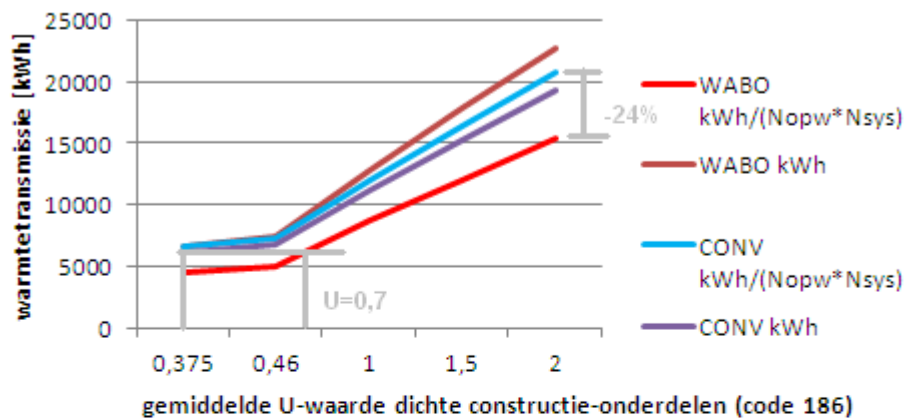
CONV = conventioneel bouwen (HR-107 ketel, cv)

Nopw = opwekkingsrendement

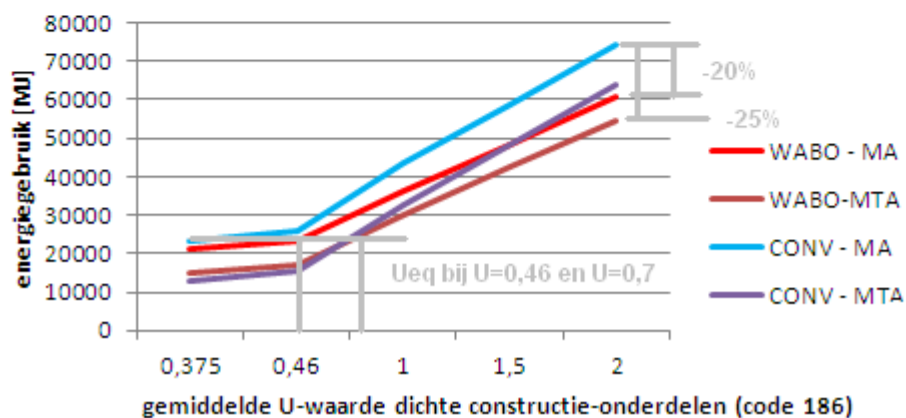
Nsys = systeemrendement

De warmtetransmissie is aangegeven in kWh. Vermenigvuldiging van deze waarde met 3,6 levert MJ (megajoules) op.

Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel



Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel

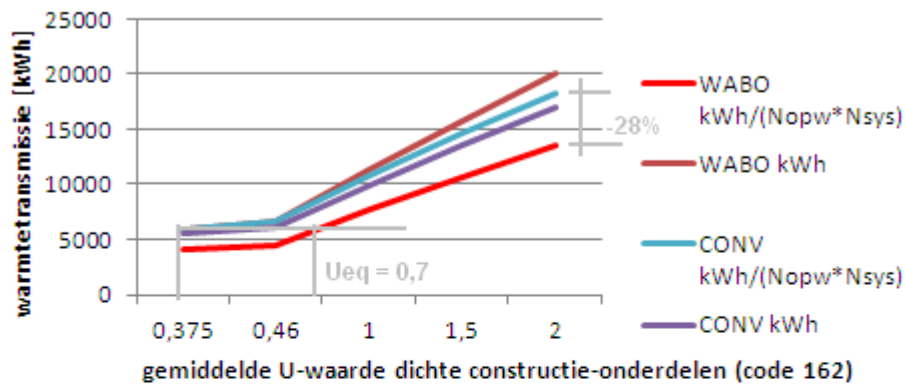


Uitgangspunten

WABO: $\text{Nopw}=1,475$. $\text{Nsys}=1$

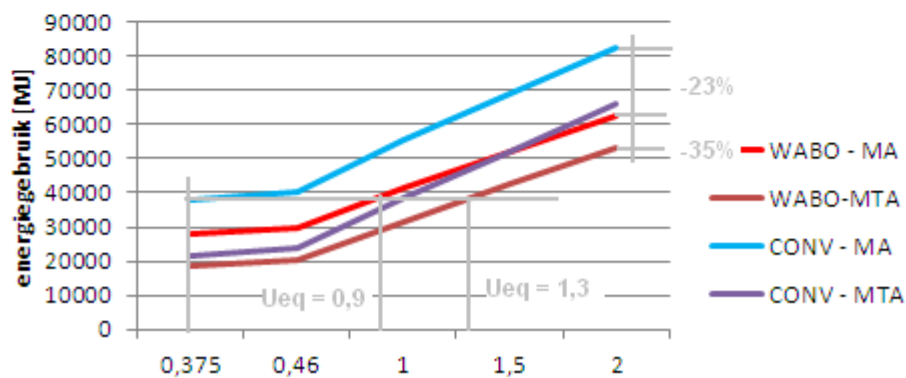
CONV: $\text{Nopw}=0,975$. $\text{Nsys}=0,95$

Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel



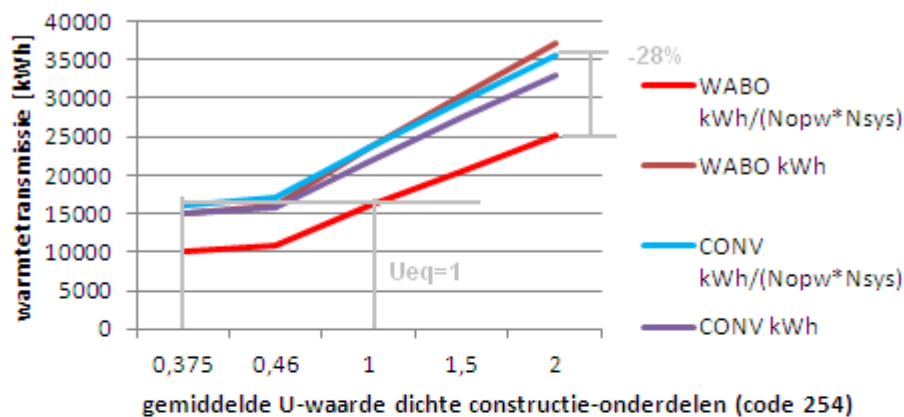
gemiddelde U-waarde dichte constructie-onderdelen (code 162)

Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel

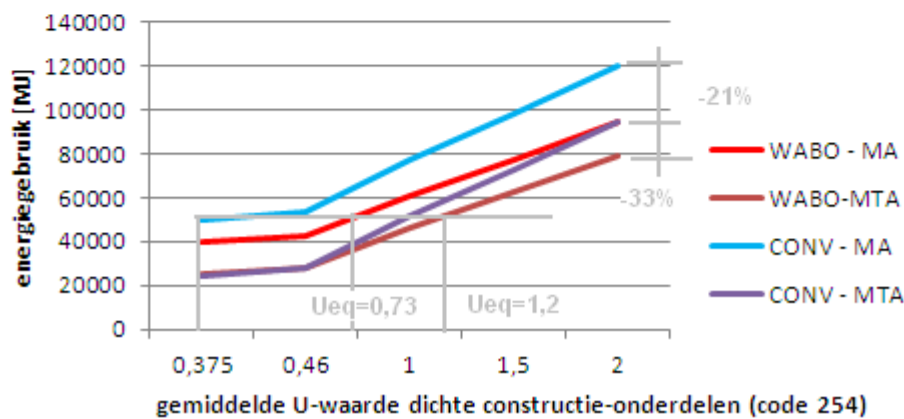


gemiddelde U-waarde dichte constructie-onderdelen (code 162)

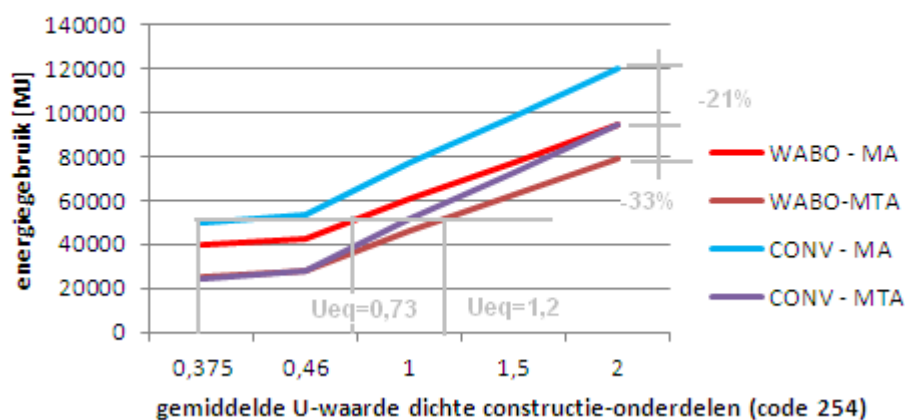
Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel



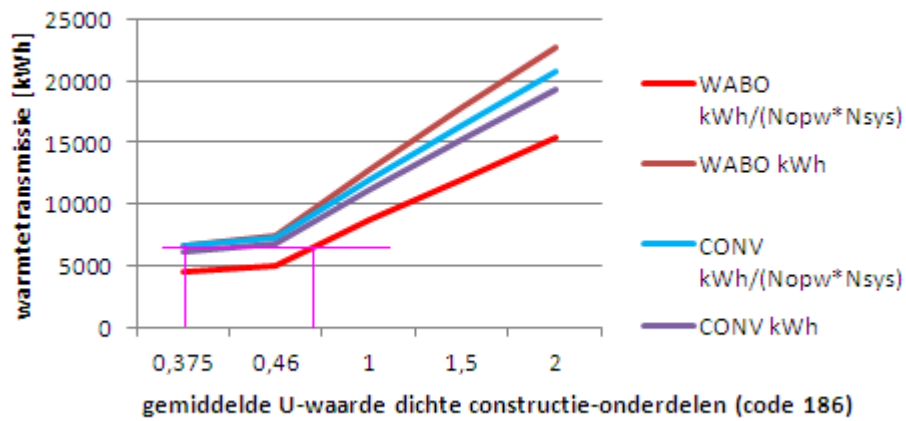
Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel



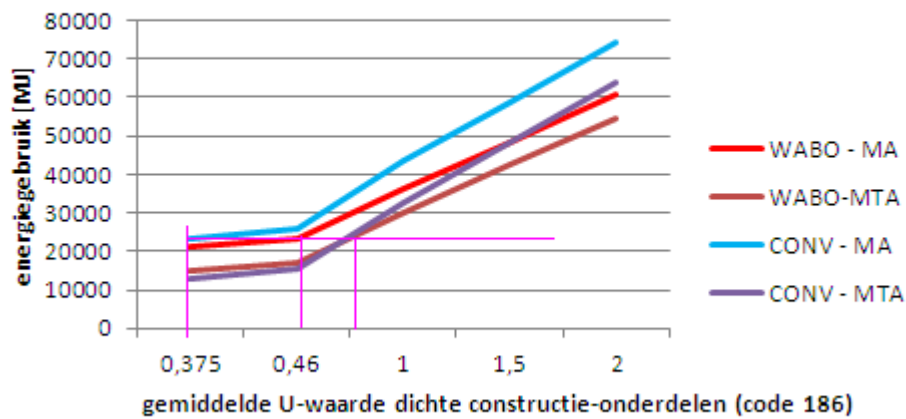
Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel



Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel

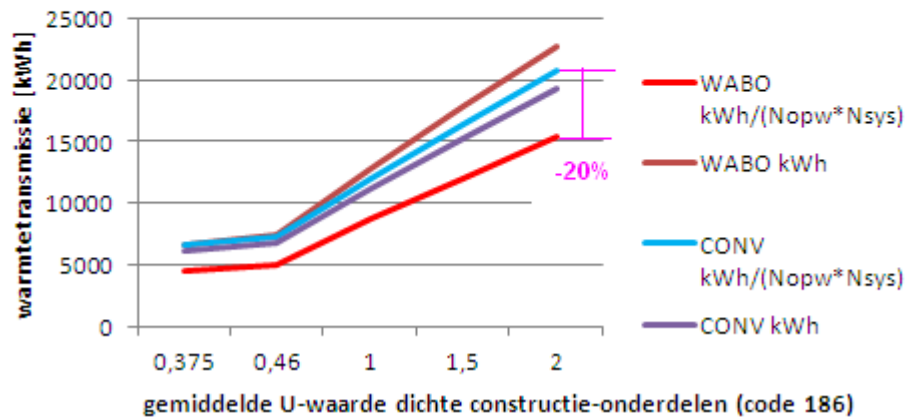


Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel

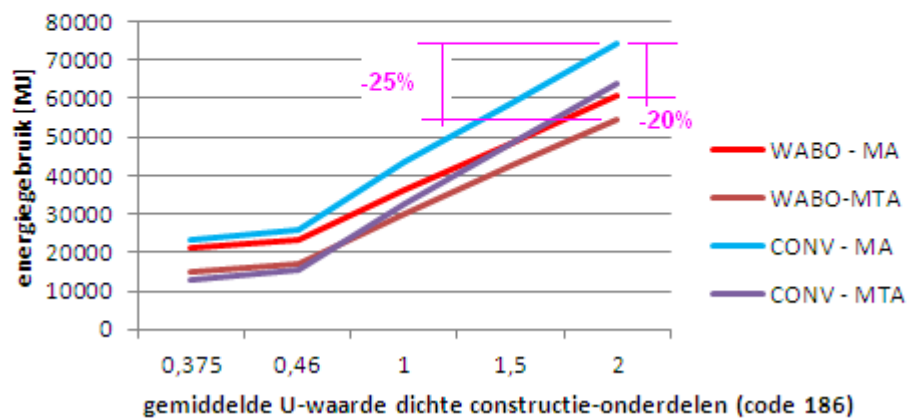


20% besparing op het energiegebruik voor verwarming

Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel

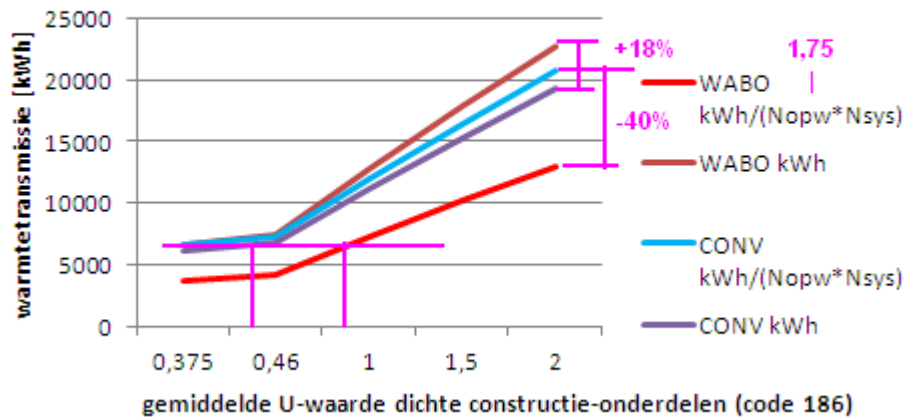


Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel

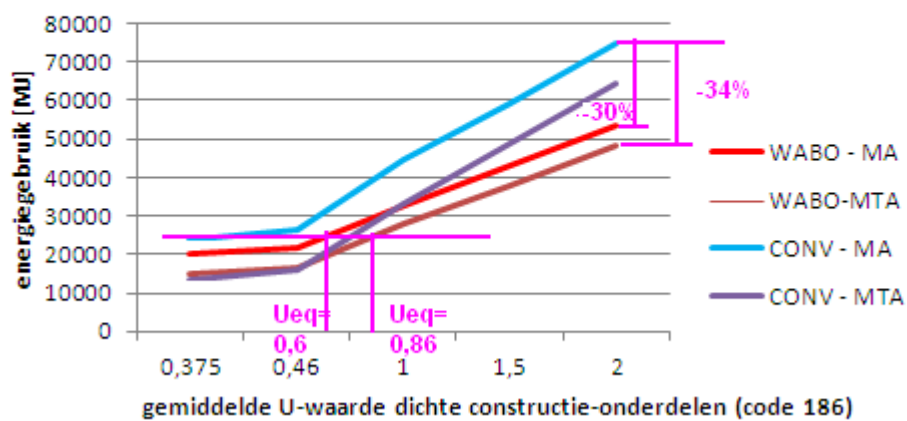


Grafieken met Nopw=1,75 voor het WABO systeem

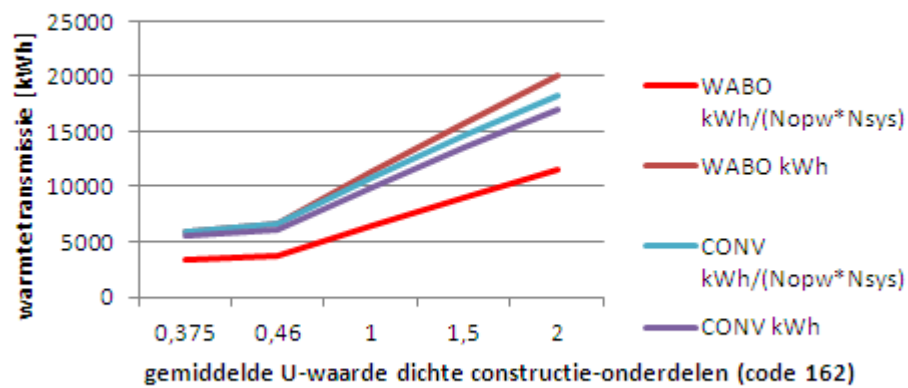
Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel



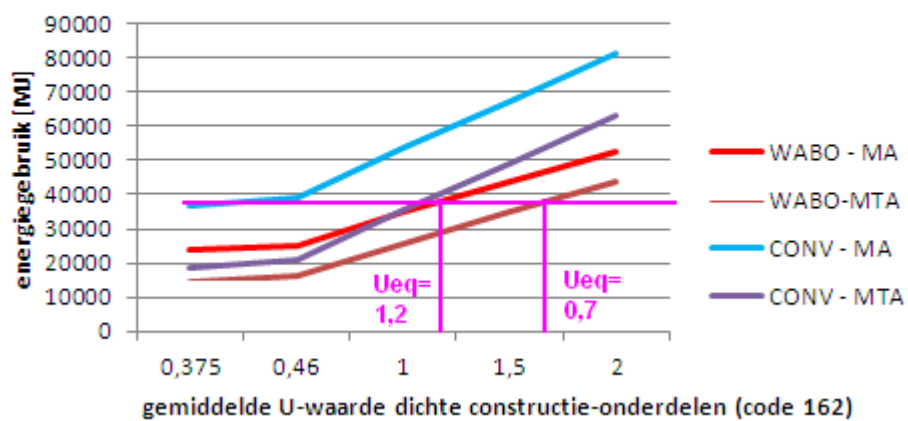
Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel



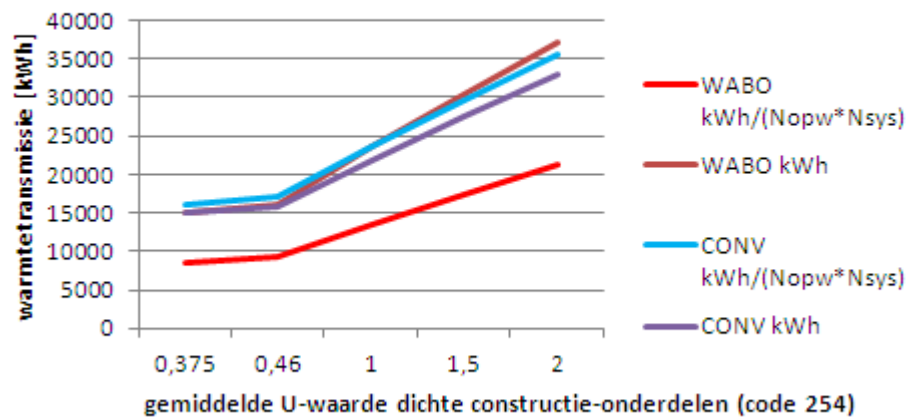
Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel



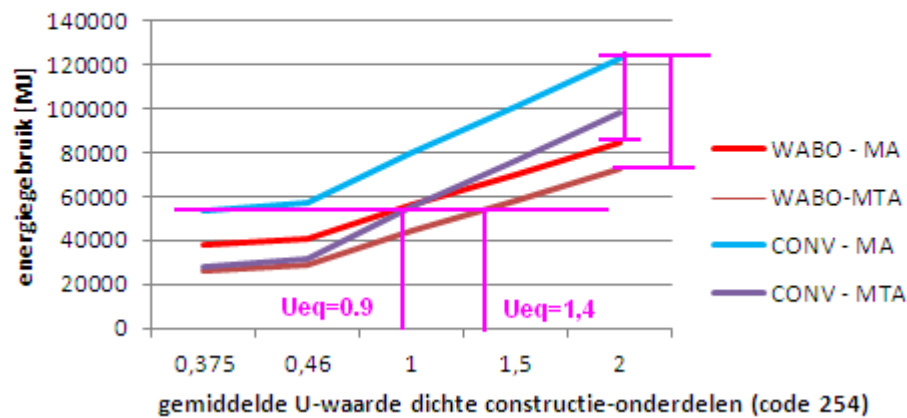
Vergelijking totaal energieverbruik WABO/Conventioneel



Vergelijking warmtetransmissie WABO/Conventioneel



Vergelijking totaal energiegebruik WABO/Conventioneel

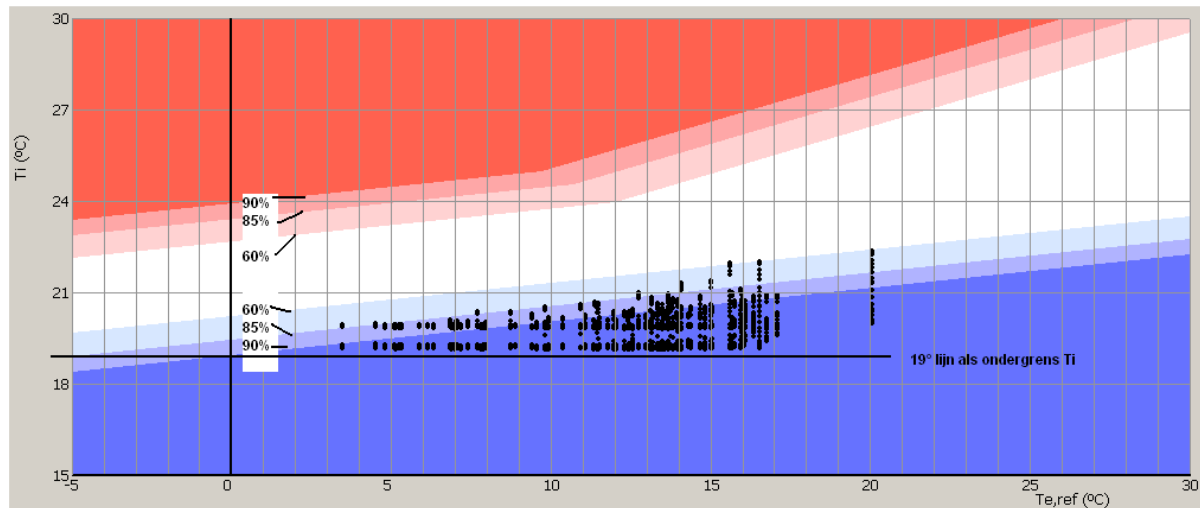


BIJLAGE 3 ATG grafieken 4 seizoenen en overzicht gehanteerde wandtemperaturen

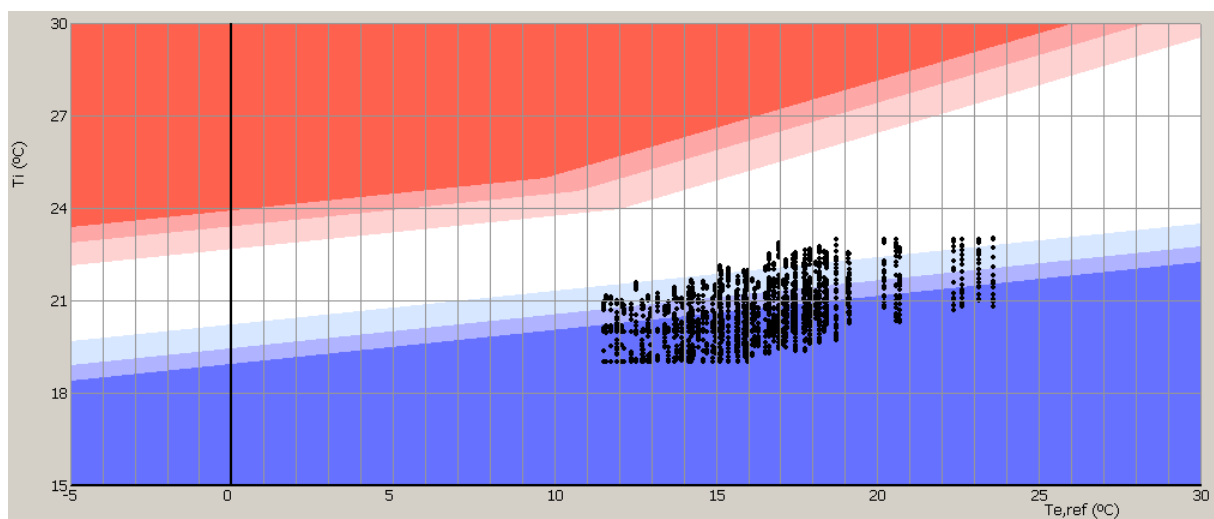
Twand 19°C

1a lente -code 186 -

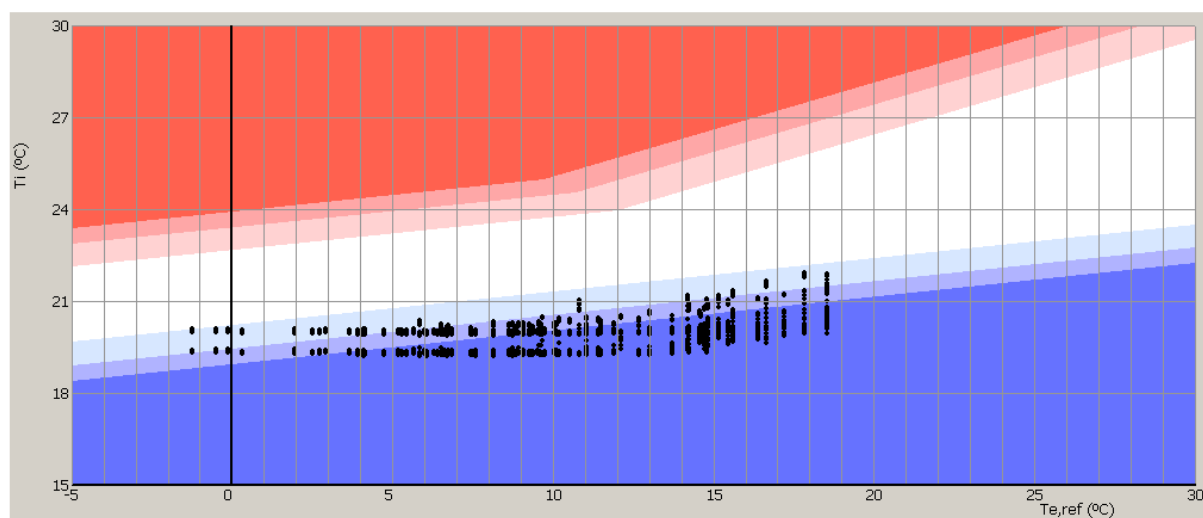
% tevreden (bandbreedtes voor over- en onderschijding



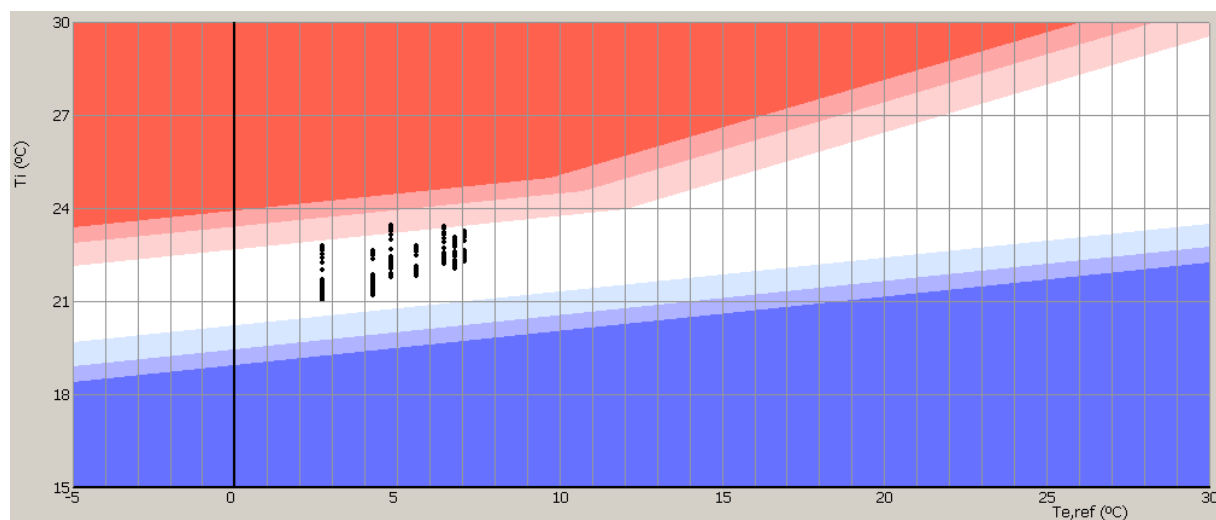
Twand 20°C, 1a zomer – code 186-



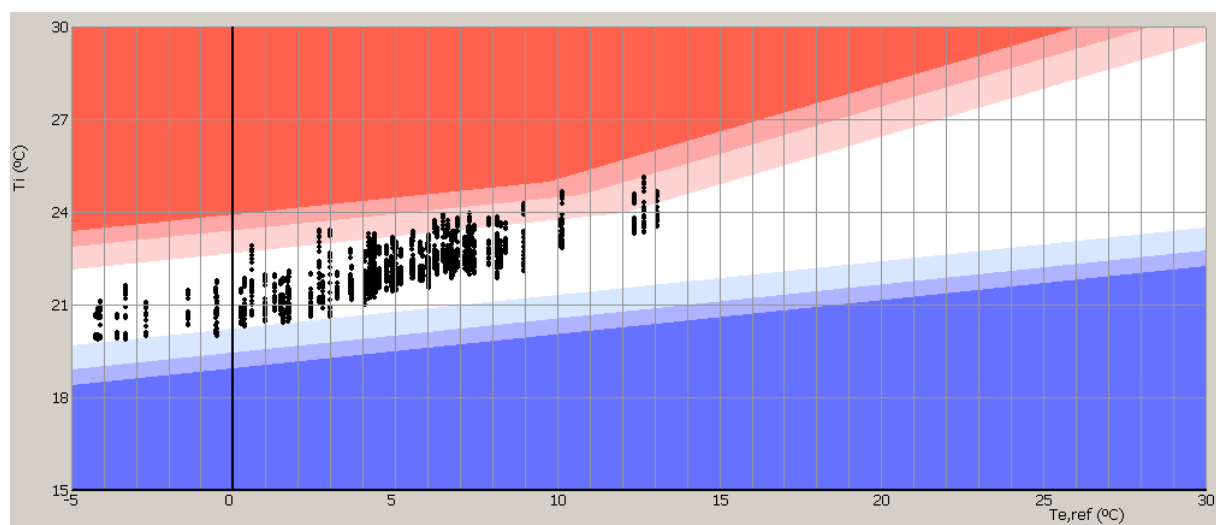
Twand
20°C
1a herfst - code 186 -



1a winter – code 186 – (eerste deel winter) Twand 26°C



1a winter – code 186 (tweede deel winter) Twand 26°C



Overzicht gehanteerde wand-temperaturen

woning	seizoen	Twand °C	Tverw/Tkoel kWh
Code 162	Lente	19	941/2
	Zomer	21	5/34
	Herfst	20	305/3
	Winter	25	0/0
Code 186	Lente	19	1138/2
	Zomer	20	74/8
	Herfst	20	1150/0
	Winter	26	35/0
Code 254	Lente	19	1302/45
	Zomer	21	14/611
	Herfst	19	2237/7091
	Winter	25	306/0

BIJLAGE 4 Resultaten enquêtes woningcorporaties

	Functie geïnterviewde: Manager vastgoed Locatie: Leiden
De geïnterviewde ziet Warm Bouwen niet als een grootschalig toe te passen concept binnen zijn corporatie. Voor monumenten ziet hij een zinvol toepassingsgebied. Tot de woningenvoorraad van zijn corporatie behoren niet veel oude of monumentale woningen. Een groot deel is gebouwd in de jaren '50-'60. De geïnterviewde is van mening dat de trias energetica gevolgd zou moeten blijven worden. Isolatie gaat gedurende de levensloop van een woning mee, terwijl installatietechnische verbeteringen om de 15 tot 20 jaar vervangen moeten worden. Beschouwd over de levensloop van een woning, zijn investeringen in installaties dus minder aantrekkelijk. Dit geldt voor wat betreft de geïnterviewde ook voor het principe van Warm Bouwen. Een dure warmtepomp is een essentieel onderdeel van dit principe, en dient na ca. 15 jaar vervangen te worden. De corporatie heeft hiermee ervaring opgedaan. Voor een complex hebben ze het principe van Warm Bouwen overwogen (wand/vloerverwarming). Vanwege de destijds geraamde meerkosten van €15.000 is niet voor dit principe gekozen, maar een conventioneel systeem. De geïnterviewde is van mening dat je ook moet kunnen kiezen voor sloop van woningen die in slechte staat zijn.	
	Functie geïnterviewde: Hoofd Bedrijfsbureau Locatie: Leiden
De geïnterviewde geeft aan dat bij de corporatie in geval van renovatie/naisolatie geld het grootste probleem is. Men heeft niet veel over om te investeren in technieken die kostbaar zijn. De corporatie heeft geen monumenten of heel oude gebouwen in haar bezit. Hij onderkent dat er veel problemen zijn met binnenisolatie (koudebruggen, etc) en dat traditioneel isoleren een probleem kan zijn bij met name oude gebouwen. Momenteel concentreert de corporatie zich op twee energielabelstappen verbetering. Maatregelen als HR-ketel, isolatie van het dak, HR++ glas en spouwvulling.	

Als traditioneel isoleren niet mogelijk is, dan wel veel problemen met koudebruggen oplevert, moet worden overwogen om woningen te slopen.



Functie geïnterviewde:
opzichter vastgoed
Locatie: Leiden

De corporatie heeft veel bezittingen in oud stedelijk gebied van Leiden: veel grachtenpanden, etc. Omdat Warm Bouwen een innovatief concept is dat nog niet bewezen is, is toepassing in monumentale gebouwen volgens de geïnterviewde niet aan de orde. Op de bouwbeurs zou volgens de geïnterviewde voor toepassing van het concept gewaarschuwd zijn. Vocht- en condensproblemen in steenswanden ziet hij als een probleem, als achter voorzetwanden een watervoerend systeem met gekoeld water wordt aangebracht. Ook extra condens op het glas ziet als hij als probleem, want dit (enkel)glas wordt niet vervangen door dubbelglas. Het lage temperatuursysteem lost de koudestraling van ramen niet op. Bij grote raamvlakken voorziet hij bij toepassing van deze techniek behaaglijkheidsproblemen. Benutting van de bodem voor warmte/koudeopslag is volgens de geïnterviewde ook vaak een probleem: het wordt niet altijd toegestaan.

De beste oplossing is het bouwen van een pand in een pand om een goede isolatiekwaliteit te krijgen. Daarmee wordt de kans op binnenkomende problemen beperkt. Deze techniek is bewezen en is veelvuldig toegepast.



Functie geïnterviewde:
Projectleider
team voorraadontwikkeling
Locatie: Middelburg

Volgens de geïnterviewde is er behoefte aan een concept als Warm Bouwen. Voor de bestaande bouw heeft deze corporatie het concept nog nooit toegepast, maar voor nieuwbouw wel. Met de gemeente is de corporatie bezig om duurzame concepten te onderzoeken. Warm Bouwen past in dat rijtje.

Bij de aanpak van energiebesparing kijkt de corporatie nu eerst naar verbeteringsmogelijkheden in de gebouwschil. Warmtepompen worden vanwege de hoge kosten nog niet vaak toegepast. Met de techniek van Warm Bouwen voorziet hij veel aanpassingen in woningen om het warmte/koudesysteem goed tot zijn recht te laten komen.

De geïnterviewde vindt het systeem zeker de moeite waard om nader te onderzoeken, want in Middelburg zijn veel monumenten, waarvoor zware welstandseisen gelden. Dit principe zou een alternatief kunnen zijn.

Als collectief systeem kan warmtekoudeopslag problemen met zich meebrengen. Kleine eenheden zou een goed alternatief kunnen zijn.
De geïnterviewde sluit af met de uitspraak dat hij het interessant zou vinden om in Middelburg een pilot te starten voor Warm Bouwen in de bestaande bouw.



Functie geïnterviewde:
Senior Projectleider
Locatie: Amersfoort

De geïnterviewde geeft aan dat een belangrijk aspect bij het bepalen van de keuze voor energiebesparende maatregelen de kosten en vertaling daarvan naar de huurprijs is. Investeren in het bestaande bezit kan, maar daar moet rendement tegenover staan in de vorm van een acceptabele huurverhoging. Het aandeel monumentale gebouwen in het bezit van de corporatie is beperkt, maar daar zou hij wel toepassingsmogelijkheden zien, als isoleren aan de binnenzijde niet tot de mogelijkheden behoort. Aandachtspunt is het volume dat toepassing van het Warm Bouwen concept in beslag neemt. Bij duurzame maatregelen is het belangrijk dat toegepaste technieken minder complex worden: beheer van systemen is daarbij een belangrijk aandachtspunt. Toepassing van warmtepompen gaat moeizaam. Zeker voor bestaande bouw levert dit problemen: het is complex om dit systeem collectief van de grond te krijgen. Aandachtspunt is dat het aanbrengen van het systeem van Warm Bouwen en de warmtepomp die daarvan onderdeel uitmaakt lastig is in een bewoonde woning aan te brengen. Hij voorziet problemen ten aanzien van kosten, omdat het duurder is dan conventionele systemen.



Functie geïnterviewde: Projectleider vastgoed
Locatie: Culemborg

De methode Warm Bouwen wordt niet haalbaar geacht op korte termijn vanwege kosten. Vanuit energetische overwegingen en inzet van duurzame bronnen ziet hij wel toekomstkansen voor een dergelijk concept. Vanwege split incentive zullen bewoners sterk overtuigd moeten worden van de waarde van een dergelijk concept. De meerkosten ten opzichte van conventionele alternatieven zijn daarbij een belangrijk punt. In niche-gebieden en in stedelijk gebied ziet hij wel toepassingsmogelijkheden voor Warm Bouwen. Omdat de conventionele oplossingen veel goedkoper zijn, is de aanpak van woningen nu een eenheidsworst. Als Warm Bouwen niet meer zou kosten dan de conventionele alternatieven, dan ziet hij zeker toepassingsmogelijkheden.



Functie geïnterviewde: Projectleider vast-
goed
Locatie: Etten-Leur

In Warm Bouwen ziet de geïnterviewde weinig toepassingsmogelijkheden voor zijn corporatie, omdat de corporatie een heel jong bezit heeft. Voor oude / monumentale gebouwen ziet hij wel toepassingsmogelijkheden.



info@nieman.nl

www.nieman.nl

Vestiging Utrecht

Postbus 40217 - 3504 AA Utrecht

Sophialaan 1A - 3542 AR Utrecht

Tel.: 030 - 241 34 27

Fax: 030 - 241 02 66

Vestiging Zwolle

Postbus 40147 - 8004 DC Zwolle

Dr. Van Lookeren Campagneweg 16

8025 BX Zwolle

Tel.: 038 - 467 00 30

Fax: 038 - 467 00 40

Vestiging Rijswijk

Postbus 1757 - 2280 DT Rijswijk

Nassaukade 1 - 2281 XA Rijswijk

Tel.: 070 - 340 17 20

Fax: 070 - 340 17 37

Vestiging Eindhoven

Postbus 1385 - 5602 BJ Eindhoven

Verdunplein 17 - 5627 SZ Eindhoven

Tel.: 040 - 264 58 20

Fax: 040 - 264 58 21