

HANDBOEK VOOR LAGE TEMPERATUUR- RADIATOREN

HANDBOEK VOOR LAGE TEMPERATUUR-RADIATOREN

DM023030150402 - 02/2012



Radson
Vogelsancklaan 250, B-3520 Zonhoven
Tel. +32 (0)11 81 31 41 Fax +32 (0)11 81 73 78
info@radson.com www.radson.com

Dit document is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niets uit deze uitgave mag zonder uitdrukkelijke, schriftelijke toestemming van Rettig ICC worden overgenomen of vermenigvuldigd. Rettig ICC aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele onjuistheden of gevolgen van gebruik of misbruik van de informatie in dit document.

Waarom dit handboek?

Dit handboek laat u kennis maken met lage temperatuurverwarmingssystemen, de voordelen en toepassingen ervan en hun algemene bijdrage aan een lager energieverbruik in Europa.

Wij hebben bijdragen opgenomen van een aantal academici en opinieleiders in onze sector, alsmede resultaten van diepgaand onderzoek naar gebruik van radiatoren in efficiënte verwarmingssystemen.

Het handboek over Lage Temperatuur Radiatoren (LTR) is bedoeld voor voorschrijvers, installatiebedrijven en groothandelaren. Wij willen hen daarmee in staat stellen bewuste keuzes te maken als het gaat om warmte-elementen in nieuwbouw en renovatieprojecten.



ENERGIE OMZETTEN IN EFFICIËNTIE



Waarom dit handboek?	3
Index	5
A Interview met Mikko Iivonen	6
1 Dit is het moment om onze manier van denken te veranderen	10
2 De invloed van isolatie op het rendement van verwarmingssystemen	20
B Interview met professor Christer Harryson	34
3 Het toenemend gebruik van lage temperatuur-systemen	38
C Interview met professor dr. Jarek Kurnitski	54
4 Duidelijk bewijs	58
5 Hoe kiest u een warmte-element?	72
D Interview met Elo Dhaene	78
6 Voordelen voor de eindgebruiker	82

IK ZET CIJFERS OM IN RESULTATEN

Als directeur van R&D, Research and technical standards bij Rettig ICC draag ik de verantwoordelijkheid om al onze markten te voorzien van nieuwe oplossingen, inzichten, innovaties, producten en resultaten. Al onze werkzaamheden zijn gebaseerd op realistisch en onafhankelijk onderzoek dat wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met academici en toonaangevende personen binnen de sector. Recentelijk waren onder andere prof. dr. Leen Peeters (Vrije Universiteit Brussel - België), prof. dr. Christer Harrysson (Universiteit van Örebro - Zweden), prof. dr. Jarek Kurnitski (Technische Universiteit van Helsinki - Finland), prof. dr. Dietrich Schmidt (Fraunhofer Instituut - Duitsland) en vele anderen hierbij betrokken. Met hun hulp, onderzoek en inzicht zet ik **cijfers om in resultaten**.



Mikko Iivonen

M. Sc. (Tech) Mikko Iivonen,
Director R&D, Research and Technical Standards Rettig ICC

20/20/20

**20% lager energie-
verbruik, 20%
minder uitstoot
van broeikas-
gassen, 20% van
de totale energie-
productie uit
hernieuwbare
bronnen.**

Slimme verwarmings- oplossingen

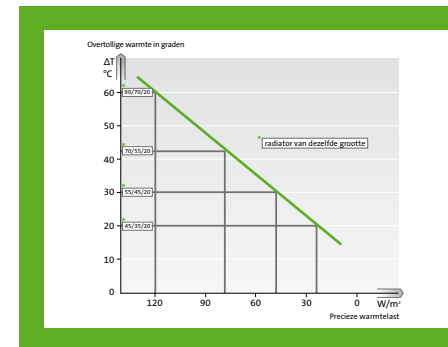
**Oplossingen
waarmee u tot 15%
energie kunt
besparen.**

Wij maken onze belofte waar om u te voorzien van slimme verwarmingsoplossingen door flink te investeren in research en development. Oplossingen die echt een verschil maken op het gebied van kosten, comfort, binnenklimaat en energieverbruik. Oplossingen die het mogelijk maken tot 15% energie te besparen. Uitgaande van deze informatie wil ik graag de resultaten van een uitgebreid, eenjarig onderzoek van prof. Harrysson met u delen. Deze studie, uitgevoerd bij 130 Zweedse één- en meergezinswoningen, toont aan dat het energieverbruik voor de verwarming van gebouwen met vloerverwarming 15 tot 25% hoger ligt dan van gebouwen met radiatoren. Dat is geen verrassing, maar het toont wel aan dat de toegenomen energiezuinigheid van moderne gebouwen het gebruik van lage temperatuur-verwarmings-systemen nog nadrukkelijker op de voorgrond plaatst.

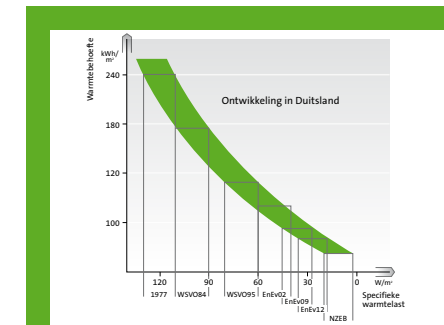
**Door scherpere
eisen kunnen
gebouwen makke-
lijker worden
verwarmd, omdat
minder warmte
ontsnapt.**

Zoals u kunt zien in **afb. A.1 en A.2**, is de werktemperatuur van radiatoren door de jaren heen gedaald, in lijn met de energiebehoefte van de gebouwen. Aangezien de eisen voor gebouwen en isolatie in Europa steeds verder worden aangescherpt, wordt het steeds gemakkelijker om gebouwen te verwarmen, omdat er steeds minder warmte verloren gaat. Doordat radiatorsystemen tegenwoordig een uitstekend reactievermogen hebben, is het nu makkelijker dan ooit om zoveel mogelijk voordeel te halen uit warmte-winsten – thuis en op kantoor.

Europese lidstaten hebben zich inmiddels al verplicht om deadlines te halen betreffende het opstellen en bekrachtigen van regelgeving om zodoende te voldoen aan de energie-efficiëntiedoelstellingen (Richtlijn 20/20/20). Dit behelst in eerste instantie het idee om ten opzichte van 2007 het energieverbruik met 20% terug te brengen, de uitstoot van broeikasgassen te verminderen met 20% en de bepaling dat 20% van de totale energieproductie uit hernieuwbare energiebronnen gewonnen moet worden. Eigenaren van gebouwen zien zich steeds meer genoodzaakt om deze zoveel mogelijk energie-zuinig te maken. Des te meer reden voor hen om een verwarmingssysteem te kiezen dat bewezen verbeteringen biedt op het gebied van energiezuinigheid, oftewel: radiatoren binnen een lage temperatuur-systeem. Deze doelstellingen betreffen



Afb. A.1
Radiatorwerktemperaturen zijn omlaag gegaan in samenhang met de gedaalde warmtelast van gebouwen



Afb. A.2
Warmtebehoefte in een ruimte – specifiek warmtebehoefte voor schattingsdoelinden

Dalend
energie-
verbruik in
gebouwen.

HOOFDSTUK 1

DIT IS HET MOMENT OM ONZE MANIER VAN DENKEN TE VERANDEREN

- **Energieverordeningen** > Elk Europees land hanteert eigen nationale decreten voor het verbeteren van energieprestaties
- **Doelstellingen voor hernieuwbare energie** > Strenge doelstellingen zetten gebouweigenaars onder druk om het energieverbruik te verlagen
- **Innovatie in radiatoren** > Een kleinere waterinhoud en contact tussen de convectielamellen en de warmwaterkanalen leidde tot een hogere warmteafgifte. Bij moderne ontwerpen ligt het materiaalrendement tot 87% hoger dan bij traditionele modellen

Iedereen heeft tegenwoordig te maken met decreten betreffende energieconsumptie, met name als het om gebouwen gaat. Woningen en kantoorgebouwen in heel Europa moeten voldoen aan strikte regelgeving op het gebied van energieprestaties. Zo wordt bijvoorbeeld in de EU-richtlijnen 2002/91/EG (EPBD) en de herziene versie daarvan, Richtlijn 2010/91/EG, certificering van energieverbruik verplicht gesteld voor eigenaren en huurders. Europese lidstaten hebben daarnaast ook een vaste deadline om regelgeving op te stellen en uit te voeren om vóór 2020 te voldoen aan de energie-efficiëntiedoelstellingen (Richtlijn 20/20/20).

Elk Europees land hanteert een eigen nationale decreet, en elk decreet kent doelstellingen voor energieprestaties zoals die voor de betreffende EU-lidstaat zijn overeengekomen. Ondanks de verscheidenheid aan doelstellingen en meetsystemen voor de diverse landen, is de algehele trend in Europa wel richting een lager energieverbruik.

Energiedecreten

Elk Europees land hanteert een eigen nationaal decreet

Voorbeelden van doelstellingen voor hernieuwbare energie

Zoals u hieronder en op de volgende pagina's kunt zien, zijn sommige doelstellingen zeer streng. De onderliggende trend is dat er veel prioriteit wordt gegeven aan het gebruik van hernieuwbare energiebronnen en de reductie van de uitstoot van broeikasgassen.

Finland:	van 28,5% - tot 39%
Frankrijk:	van 10,3% - tot 23%
Duitsland:	van 9,3% - tot 18%
UK:	van 1,3% - tot 15%
Zweden:	van 39% - tot 49%

Strengere doelstellingen zetten gebouweigenaars onder druk

Deze doelstellingen zetten gebouweigenaars onder druk om manieren te vinden het energieverbruik terug te dringen - maar niet alleen om te voldoen aan overheidsvoorschriften (afb. 1.1). In heel Europa spelen andere redenen mee om efficiënter met energie om te gaan. Doordat de voorraden aardolie, aardgas en steenkool afnemen, stijgen de prijzen voor deze waardevolle hulpbronnen steeds verder.

Wereldwijd maken steeds meer mensen zich zorgen over het milieu, wat leidt tot een sterkere voorkeur bij consumenten voor duurzame producten en processen. Dit maakt duidelijk dat het hoog tijd is om de manier waarop de verwarmingssector te werk gaat, opnieuw te bekijken. De Richtlijn voor ecologisch ontwerp van energierele producten 2009/125/EG is hierin richtinggevend. Hieruit komt onze verantwoordelijkheid voor onze eindgebruikers voort: wij hebben het ons tot taak gesteld om een comfortabel binnenklimaat voor hen te scheppen op de meest rendabele en energiezuinige manier. Maar alhoewel er veel verschillende verwarmingsoplossingen beschikbaar zijn, bestaat er nog steeds veel verwarring over de geschiktheid ervan.

Om eindgebruikers, installateurs en voorschrijvers bewust keuzes te kunnen laten maken, is het van groot belang dat juiste informatie over de diverse oplossingen beschikbaar is. Aangezien lage temperatuur-systemen een steeds grotere rol spelen in centrale verwarming, heeft Radson dit handboek samengesteld om het toenemende belang van radiatoren in de moderne verwarmingstechnologie toe te lichten.

Voorbeelden van doelstellingen voor lager energieverbruik

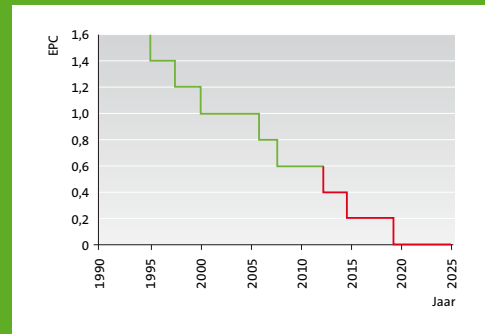
Voorbeelden van doelstellingen voor lager energieverbruik
Onze verantwoordelijkheid voor onze eindgebruikers: wij moeten voor hen een comfortabel binnenklimaat scheppen op de meest rendabele en energiezuinige manier.

Afb. 1.1

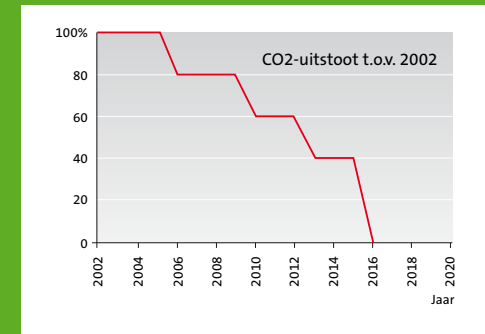
Routekaart van enkele landen naar gebouwen die praktisch geen energie verbruiken, voor betere energieprestaties van nieuwbouw.

REHVA Journal 3/2011

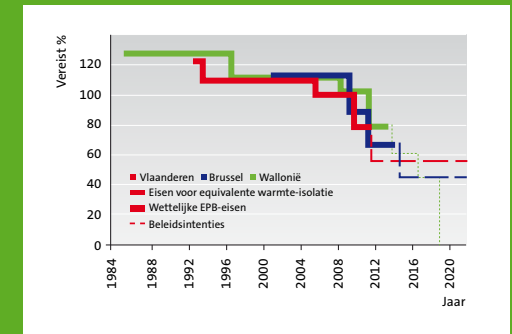
Nederland



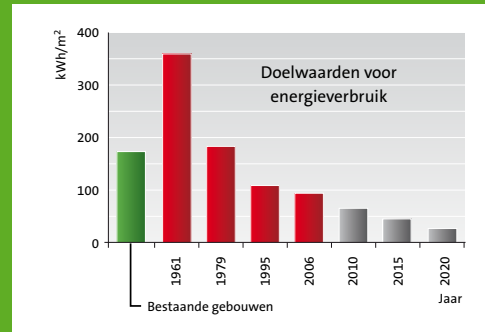
UK



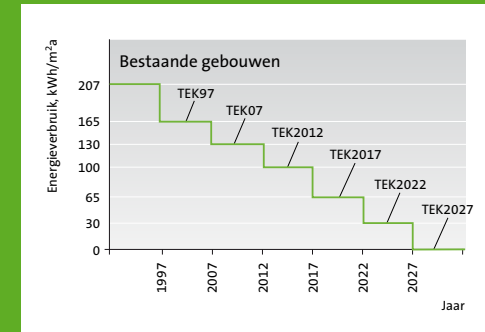
België



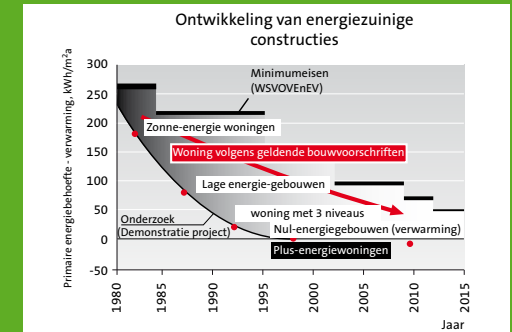
Denemarken



Noorwegen



Duitsland



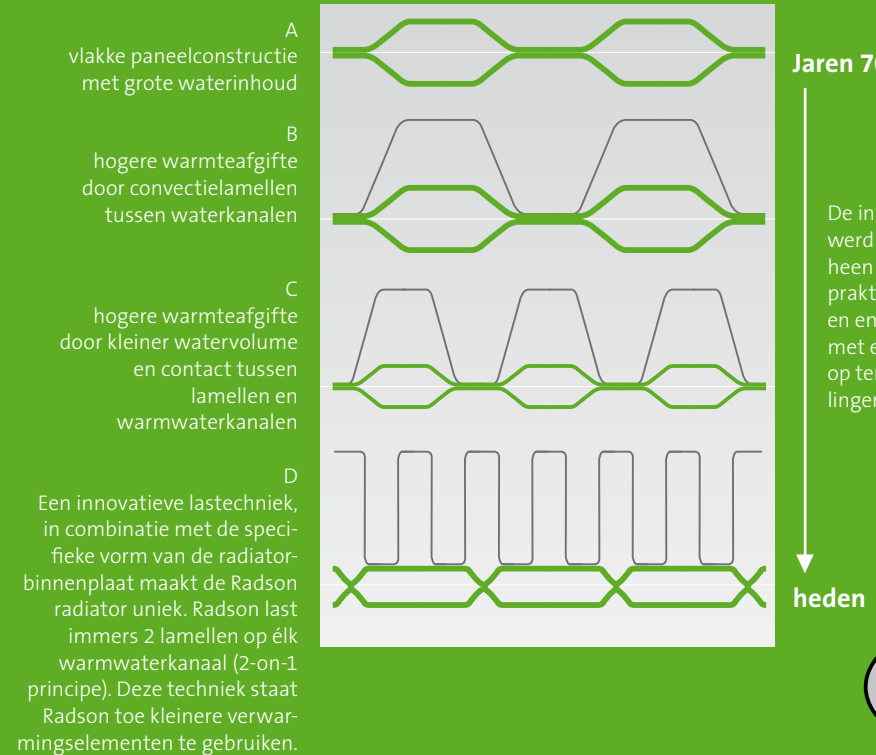
Innovatie

Radiatoren hebben zich sterk ontwikkeld sinds de logge kolomconstructies van 40 jaar geleden (afb. 1.2 - 1.3). De eerste stalen paneelradiatoren waren vlakke panelen met een grote waterinhoud (A). Daarna werden tussen de waterkanalen convectielamellen geplaatst die voor een hogere warmteafgifte zorgden (B). In de jaren daarna ontdekte men dat de warmteafgifte kon worden verhoogd door de waterinhoud te verkleinen en de vinnen contact te laten maken met de hete kanalen (C). Daarna werden de kanalen nog vlakker gemaakt en kregen ze de hier getoonde, geoptimaliseerde zeskantige vorm. Hiermee werd het contactoppervlak maximaal, met optimale warmteafgifte.

Een kleinere waterinhoud en contact tussen convectielamellen en de warmwaterkanalen leidde tot een hogere warmteafgifte



Afb. 1.2
Innovatie in paneelradiatoren



Tot 87% beter

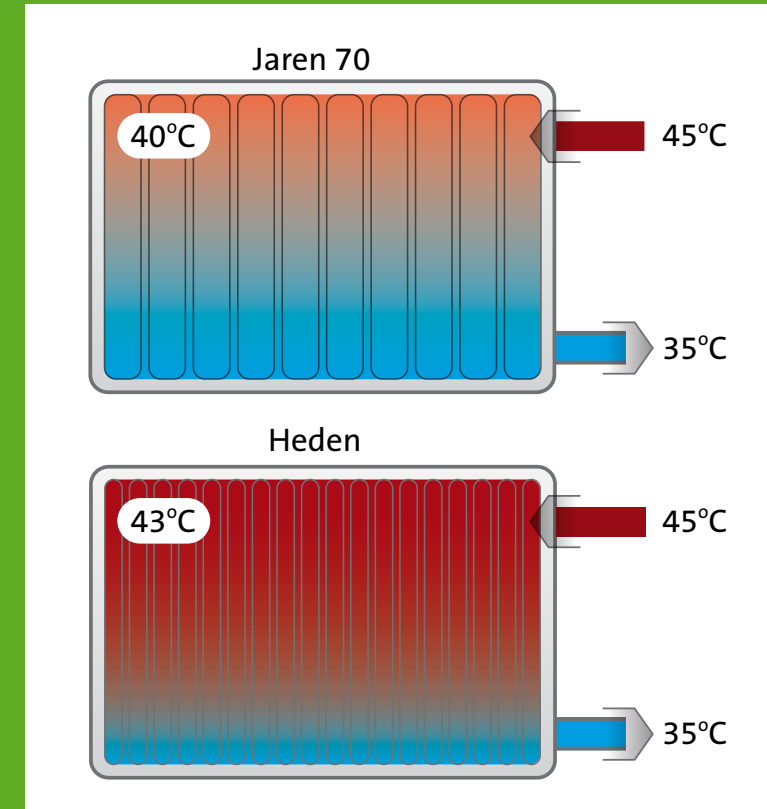
In de afgelopen jaren hebben computersimulaties ook sterk bijgedragen aan een hoger energierendement. Dit kwam doordat hiermee diverse factoren konden worden geoptimaliseerd, zoals de stroming van het water door de radiator, de warmteoverdracht naar de convectielamellen en door de optimale stralings- en convectiewarmte naar de ruimte toe te berekenen. Hoewel zo bij moderne ontwerpen het materiaalrendement tot wel 87% hoger ligt dan vroeger, hebben veel mensen toch nog een beeld van radiatoren dat al jaren geleden ouderwets was (afb. 1.3.)

Bij moderne ontwerpen ligt het materiaalrendement tot 87% hoger dan bij traditionele modellen

Afb. 1.3
Innovatie in
paneelradiatoren

Met meer kanalen, meer convectoren en minder thermische massa bieden moderne radiatoren een hogere warmteafgifte met minder water en dezelfde temperatuur als traditionele modellen.

Daarnaast is er nog een 87% hoger materiaalrendement, als we kijken naar het aantal W/kg staal.



HOOFDSTUK 2

DE INVLOED VAN **ISOLATIE** OP HET RENDEMENT VAN VERWARMINGSSYSTEMEN

- **Isolatie** > Isolatie is altijd al belangrijk geweest voor het warm en droog houden van woningen
- **De positieve invloed van veranderende wetten** > Naast energiebesparing en kostenreductie was een veel aangenamer binnenklimaat het direct voelbare resultaat van betere isolatie
- **Warmtewinsten en -verliezen in moderne gebouwen** > De effectieve energie wordt berekend door alle warmtewinsten en -verliezen mee te rekenen
- Verwarmingssystemen moeten snel kunnen reageren op incidentele warmtewinsten
- Hoe kleiner de warmtecapaciteit van het warmte-element is, hoe nauwkeuriger de temperatuur in een ruimte kan worden beheerst

Isolatie

De warmte in een ruimte kan op twee manieren verloren gaan: ten eerste raken we het kwijt door de bouwschil, vensters, muren en dak naar de omgeving toe - het zogeheten transmissieverlies. Ten tweede ontsnapt warmte via luchtstromen naar de omgeving, via ventilatie (ventilatieverlies) en luchtlekken (luchtlekverlies). Door betere isolatie wordt geprobeerd het transmissieverlies op een zo rendabel mogelijke wijze terug te dringen.

Het menselijk lichaam produceert per uur ongeveer 20 l CO₂ en 50 g waterdamp. Daarnaast brengen huishoudelijke werkzaamheden en douchen dagelijks ook nog meerdere liters water in dampvorm in de binnenlucht. Om dit op te vangen is ventilatie (luchtstroom) essentieel; als dit niet of heel beperkt wordt gedaan, kan dit de gezondheid van de gebruikers van het gebouw aantasten of het gebouw besmetten met bijvoorbeeld schimmel.

De grotere luchtdichtheid van een gebouw na verbetering van de isolatie kan leiden tot problemen zoals slechte ventilatie, een hogere luchtvochtigheid binnen, hogere CO₂-niveaus of condensatie binnen de bouwconstructie. Het is daarom zeer belangrijk dat goed geïsoleerde gebouwen ook voorzien zijn van mechanische ventilatie. Hierbij kan restwarmte worden teruggewonnen uit de ventilatie-uitlaat, wat een grote bijdrage betekent op het gebied van energiebesparing.

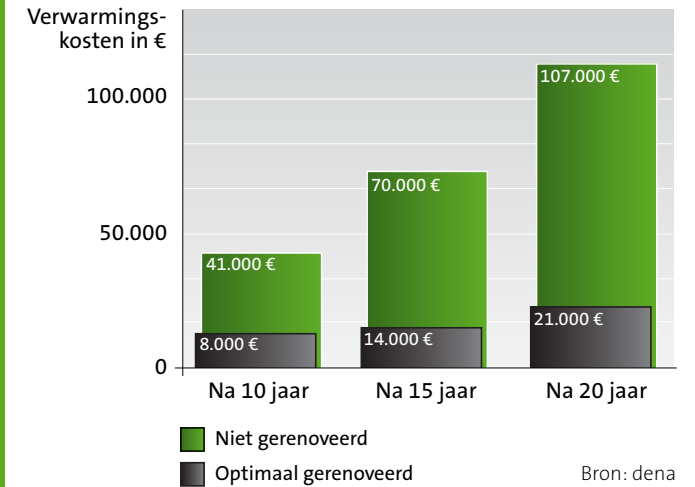
Isolatie is altijd al belangrijk geweest voor het warm en droog houden van woningen

Isolatie is altijd al belangrijk geweest voor het warm en droog houden van woningen, te beginnen met de allereerste toepassingen van stro, zaagsel en kurk. De moderne opvolgers daarvan, zoals glaswol en minerale wol of platen en schuim van polystyreen en polyurethaan, hebben bijgedragen aan nieuwe bouwpraktijken. Hierbij wordt minder geleund op de thermische eigenschappen van dikkere muren en hoge temperatuur-radiatoren.

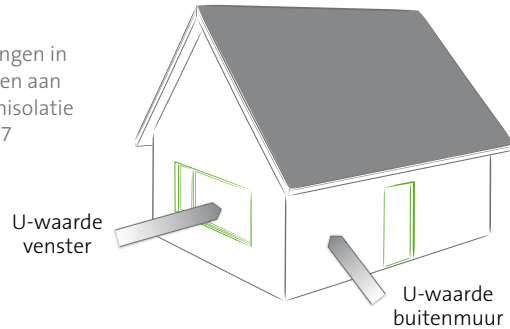
Een besparing van € 86.000 in 20 jaar

Het mag duidelijk zijn dat een huis makkelijker te verwarmen is als het goed geïsoleerd is: het verbruikt ook minder energie dan een slecht geïsoleerd huis, doordat er minder warmte ontsnapt. In **afb. 2.1** worden de geschatte verwarmingskosten van twee eengezinswoningen vergeleken: de ene woning is goed gerenoveerd, de andere is ongeïsoleerd. Over langere tijd bekeken springt het verschil tussen de twee huizen in het oog: het geïsoleerde huis levert in 20 jaar een besparing van maar liefst € 86.000 op.

Afb. 2.1
Geschatte verwarmingskosten voor een eengezinswoning: met en zonder isolatie



Afb. 2.2:
Veranderingen in
Duitse eisen aan
gebouwenisolatie
vanaf 1977



		Pre 77	1977	WSVO 1984	WSVO1995	ENEV 2002	ENEV 2009	
°C	U-waarde venster	W/m ² K	5	3,50	3,10	1,80	1,70	1,30
	U-waarde buitenmuur	W/m ² K	2	1,00	0,60	0,50	0,35	0,24
	Specifieke warmtelast	W/m ²	200	130	100	70	50	35
	T _{AANV} /T _{UITV}	°C	90/70	90/70	90/70 & 70/55	70/55	55/45	45/35

Parallel aan de hogere energie-efficiëntie door nieuwe methoden en groter rendement van isolatie, is wetgeving ingevoerd die ervoor moet zorgen dat nieuwe en gerenoveerde gebouwen voldoen aan steeds strengere normen. Als we nu Duitsland als voorbeeld nemen, zien we dat daar sinds 1977 in hun normen de toelaatbare niveaus van warmteverlies naar buiten steeds zijn verlaagd.

In 1977 bedroeg de norm nog 90/70 (aan-/retourtemperatuur), bijna het dubbele van de eisen in de EnEV 2009

Bij huizen met een CV op waterbasis is een opmerkelijke ontwikkeling zichtbaar in de aan- en retourtemperatuur van het water. In 1977 bedroeg de norm nog 90/70 (aan-/retourtemperatuur), bijna het dubbele van de eisen in de EnEV 2009 (Energieeinsparverordnung). Deze evolutie naar lage temperatuur-systemen wordt mogelijk gemaakt doordat steeds meer technieken worden toegepast die het energieverbruik verlagen.

Maar energiebesparing en kostenreductie waren niet de enige gevolgen van strengere normen, een veel aangenamer binnenklimaat was ook direct voelbaar. In de **afb. 2.3 t/m 2.5** (volgende pagina's) wordt getoond hoe een ruimte zou aanvoelen als het gebouw was geïsoleerd volgens de opeenvolgende bouwverordeningen. De enige constante in deze voorbeelden is de buitentemperatuur: -14°C. De oppervlaktetemperatuur van het venster in **afb. 2.3** is 0°C, omdat de ruit hier enkel glas is. Voor een acceptabele kamertemperatuur (20°C) moesten in huizen met isolatie volgens de WSVO-norm van 1977 radiatoren worden gevoed met water met een gemiddelde temperatuur van 80°C. Maar zelfs bij deze hoge temperatuur werden de muren hooguit 12°C - met grote temperatuurverschillen en duidelijk voelbare koude plekken tot gevolg.

Door de jaren heen leidde aanscherping van de bouwnormen tot verbeteringen in het binnenklimaat. Dit is zichtbaar in **afb. 2.4**. Toename van het gebruik van dubbel glas bevrijdde bewoners van ijsbloemen op de ruiten en beschermde hen beter tegen vrieskou.

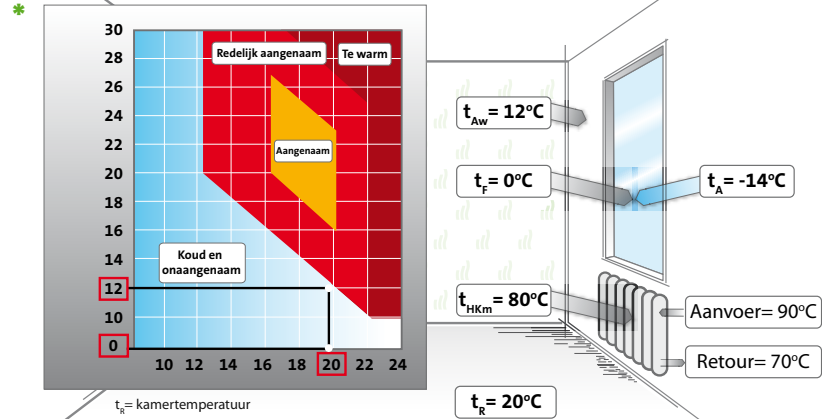
Een ideale kamertemperatuur kon nu worden bereikt met een gemiddelde watertemperatuur van 50°C. De muren hadden daarbij een temperatuur van 18°C, wat een duidelijk beter middelpunt was tussen de 14°C van het glas en de luchttemperatuur van 20°C. Voor gebouwen die zijn geïsoleerd volgens de EnEV 2009-norm of later (EnEV 2012) is de situatie zelfs nog beter.

De positieve invloed van wetswijzigingen

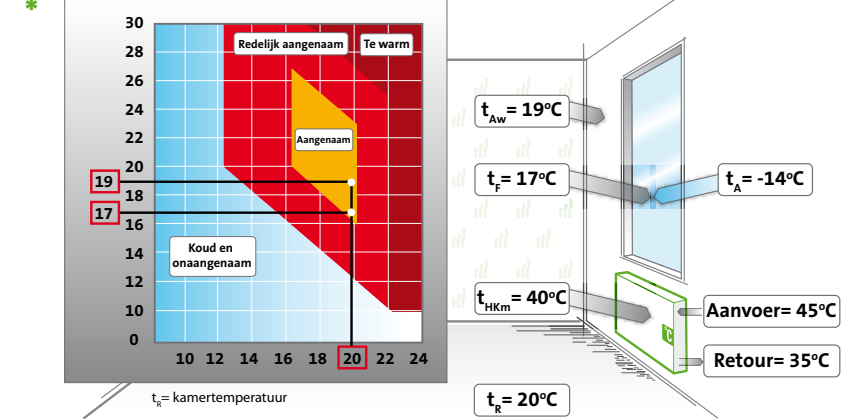
Naast energiebesparing en kostenreductie was een veel aangenamer binnenklimaat het direct voelbare resultaat van betere isolatie

Binnenklimaat

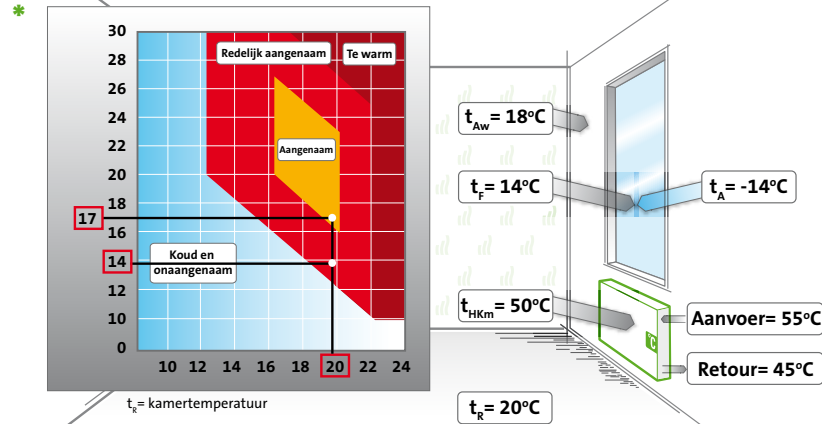
Afb. 2.3: Temperaturen in standaard woning pre-1977 (90°/70°/20°C)



Afb. 2.5 – EnEV 2009 (45°/35°/20°C)



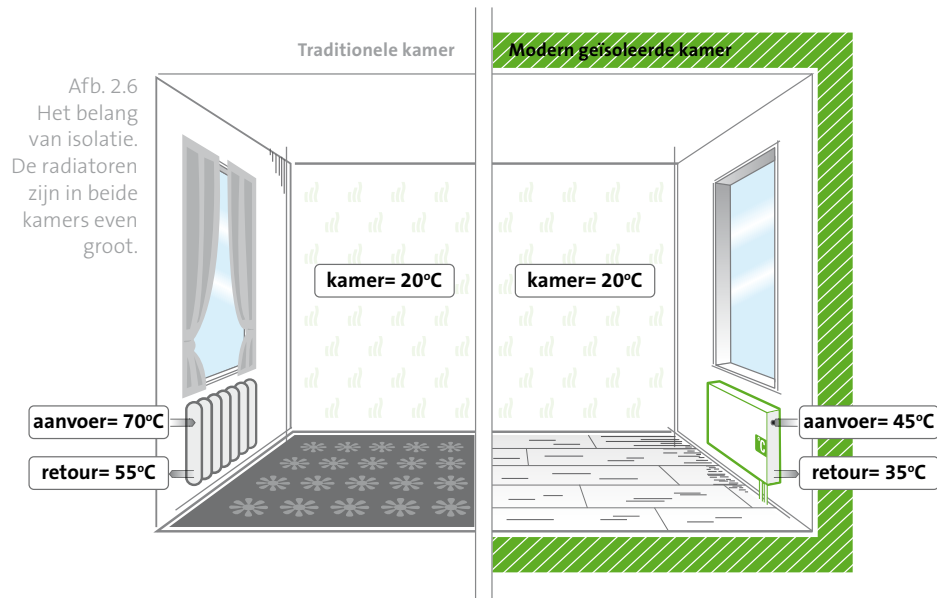
Afb. 2.4 EnEV 2002 (55°/45°/20°C)



In **afb. 2.5** zijn de muren bijna op kamertemperatuur; en ondanks de vrieskou buiten zijn ook de ruiten warm. Opvallend is dat in deze ideale situatie de radiator water met een gemiddelde temperatuur van slechts 40°C nodig heeft. Dat ligt 50% lager dan bij hetzelfde gebouw in **afb. 2.3**, dat volgens de oude normen was geïsoleerd.

* **Thermisch comfort:** hieronder volgen enkele van de standaardcriteria:

- de gemiddelde luchttemperatuur en oppervlaktetemperatuur bedraagt ongeveer 21°C ;
- de luchttemperaturen en de gemiddelde oppervlaktetemperaturen verschillen maximaal 3°C ;
- de gemiddelde oppervlaktetemperaturen in tegengestelde richting verschillen maximaal 5°C ;
- de gemiddelde temperaturen op enkelhoogte en die op hoofdhoogte verschillen maximaal 3°C ;
- de lichtsnelheid in de ruimte bedraagt maximaal $0,15\text{ m/s}$.



Specifieke warmtebehoefte: **100 W/m²**
 bewoonbare oppervlakte x warmtebehoefte:
 11 m² x 100 W/m²= **1100 W**
 Systeemtemperatuur: **70/55/20°C**
 Afmetingen radiator:
h 580mm, w 1200mm, d 110mm
 $n^* = 1,25$
 $Q = 1100 \text{ W}$

Nadelen van ouderwetse gietstalen radiatoren:

- grote waterinhoud (grote pomp, hoge stroomkosten)
- slecht beheersbaar (zwaar, grote waterinhoud)
- lange opwarm- en afkoeltijd (niet geschikt voor moderne LTR-systemen)
- ouderwetse aanblik

Specifieke warmtebehoefte: **50 W/m²**
 bewoonbare oppervlakte x warmtebehoefte:
 11 m² x 50 W/m²= **550 W**
 Systeemtemperatuur: **45/35/20°C**
 Afmetingen radiator:
h 600mm, w 1200mm, d 102mm (Type 22)
 $n^* = 1,34$
 $Q = 589 \text{ W}$

Voordelen van moderne paneelradiatoren:

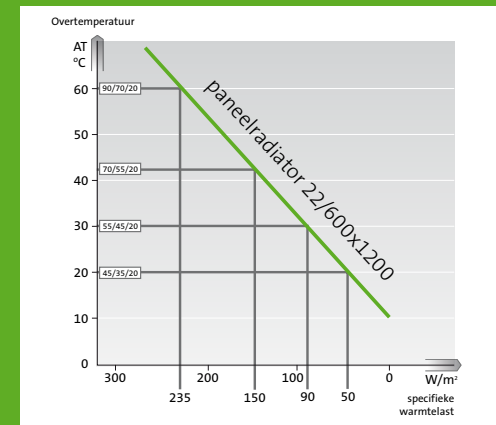
- kleine waterinhoud
- licht van gewicht
- geoptimaliseerd voor hoge warmteafgifte
- uitstekend beheersbaar
- korte opwarm- en afkoeltijd
- moderne look, verschillende designs, modellen en kleuren voor alle behoeften en voorkeuren
- 10 jaar garantie

De stijging van het energierendement van gebouwen gedurende de afgelopen tientallen jaren maakte het mogelijk om de werkteemperatuur van een radiatorverwarming te verlagen. De twee radiatoren in de afbeelding hebben ongeveer dezelfde afmetingen, en ook de gewenste kamertemperatuur is in beide gevallen gelijk. Om die kamertemperatuur te bereiken moeten in het ongeïsoleerde huis veel hogere aan- en retourtemperaturen worden gehanteerd dan in het goed geïsoleerde huis. Het voordeel in de moderne ruimte is dat de radiator dezelfde afmetingen kan hebben als die in de ouderwetse ruimte, omdat de warmtebehoefte na het isoleren kleiner is.

Afmetingen van radiatoren

Afb. 2.7
Radiator met identieke afmetingen voldoet aan strengere bouwweisen voor energieverbruik.

De getoonde parameters zijn de warmteafgifte/specifieke warmtelast en de overtemperatuur ΔT .



* n is de exponent die de verandering in warmteafgifte aangeeft wanneer de kamer- en watertemperatuur afwijken van de waarden die worden gebruikt om θ_r te berekenen. De exponent n is geeft de relatie aan tussen straling en convectorie van de radiator (afhankelijk van het ontwerp). Hoe lager de aanvoertemperatuur ligt, hoe lager de convectorie is.

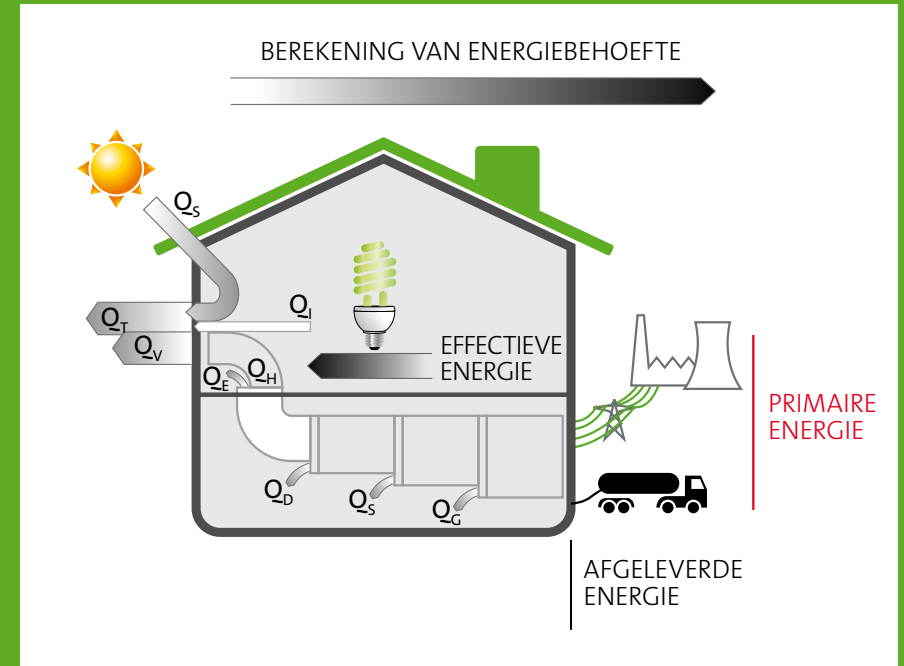
Warmtewinsten en warmteverliezen

In de energiebehoeften van de gebruikers van een gebouw is ook de vraag van het verwarmingssysteem opgenomen. **Afb, 2.8** geeft een volledig overzicht van de wijze waarop energie het huis binnenkomt vanaf het startpunt, nadat het is opgewekt als primaire energie.

De effectieve energie wordt berekend door alle warmtewinsten en verliezen mee te rekenen

Hoeveel energie een gebouw verbruikt, hangt af van de eisen van de mensen die er gebruik van maken. Om aan hun behoeften te voldoen en hen een aangenaam binnenklimaat te verschaffen, dient het verwarmingssysteem warmte op te wekken uit de energie die aan het gebouw wordt geleverd. De effectieve energie wordt berekend door ook alle warmteverliezen en -winsten mee te rekenen. De manier waarop energie wordt gebruikt is afhankelijk van het rendement van het verwarmingssysteem en, zoals eerder getoond, van de mate waarin het gebouw is geïsoleerd.

Afb. 2.8



- Q_t - transmissieverlies van warmte
- Q_v - ventilatieverlies van warmte
- Q_s - warmtewinst door warmte afgegeven door de zon
- Q_i - interne warmtewinst
- Q_e, d, s, g - verliezen bij emissie, distributie, opslag en opwekking
- Q_h - warmtelast

Moderne gebouwen en de invloed van warmtewinsten

Wanneer men over effectieve energie spreekt, worden warmtewinsten vaak over het hoofd gezien. Ingeschakelde elektrische apparatuur, het aantal extra mensen in een gebouw, zonlicht dat door een venster schijnt - al deze zaken laten de binnentemperatuur stijgen.

Het energierendement is sterk afhankelijk van twee zaken: de mate waarin het verwarmingssysteem in staat is deze warmtewinsten te benutten, en daarmee het energieverbruik voor verwarming te verlagen; en de omvang van de warmteverliezen binnen het systeem.

Verwarmingssystemen moeten snel kunnen reageren op incidentele warmtewinsten

Omdat moderne gebouwen sterker thermosensibel zijn, moeten verwarmingssystemen snel kunnen reageren op incidentele warmtewinsten. Als dat niet zo is, kan het binnenklimaat al snel onaangenaam worden voor de gebruikers, met bijvoorbeeld negatieve gevolgen voor de productiviteit in een bedrijf.

Afb. 2.9

Thermische eisen voor verwarming van een woonruimte van 30 m². Bouwnorm EnEV 2009, locatie gebouw: Hannover.

Warmtelast bij -14 °C = 35 W/m² = 1050 W

Warmtelast bij 0 °C = 21 W/m² = 617 W

Warmtelast bij +3 °C = 18 W/m² = 525 W

Gemiddelde warmtewinsten binnenshuis

Gemiddelde conform DIN 4108-10 = 5 W/m² = 150 W

Persoon (stilliggend) = 83 W/persoon

Persoon (stilzittend) = 102 W/persoon

Gloeilamp, 60 W

PC met TFT-monitor = 150 W/unit (actief), 5 W/unit (standby)

Televisie (plasma scherm) = 130 W/unit (actief), 10 W/unit (standby)

Voorbeeld: 2 personen, verlichting, tv enz = ong. 360 - 460 W

Een geavanceerd warmteafgiftesysteem moet snel kunnen reageren op de verschillende warmtewinsten binnenshuis!

ENERGIE OMZETTEN IN EFFICIËNTIE

Professor Dr. Christer Harrysson is een bekend onderzoeker die Energietechnieken doceert aan de Universiteit van Örebro in Zweden. Hij heeft veel vergelijkend onderzoek gedaan naar het energieverbruik van diverse energiesystemen, -bronnen en -elementen.

A black and white portrait of Professor Dr. Christer Harrysson. He is an older man with glasses, wearing a suit and tie, sitting at a desk with his hands clasped and a pen in his hand. The background is a blurred office setting.

Christer Harrysson

Professor Dr. Christer Harrysson doceert aan de Universiteit van Örebro (Zweden) en is directeur van Bygg & Energiteknik AB

**Prof. Dr.
Christer Harrysson**

Als wij onze kennis willen vergroten en heldere en onafhankelijke kennis over de functies van verschillende warmtedistributiesystemen willen opdoen, is onderzoek een van de belangrijkste middelen die we hebben. We kunnen er tevens de prestaties van de diverse oplossingen mee beoordelen. Ik heb onder andere een eenjarig onderzoek gedaan naar milieu en energieverbruik in Zweden. In het kader hiervan observeerden we 130 huizen in Kristianstad en werd het energieverbruik van de elektriciteits-, warmwater- en verwarmingssystemen daarin nauwgezet geregistreerd. Alle huizen waren gebouwd tussen ongeveer 1985 en 1990 en bevonden zich in zes verschillende delen van de stad. Zowel de constructie als de ventilatie- en verwarmingssystemen varieerden. De resultaten waren zeer duidelijk: het energieverbruik van de diverse toegepaste technische oplossingen liep sterk uiteen, met verschillen tot wel 25%.

Een van mijn belangrijkste doelen in dit onderzoek was het verschil te bepalen tussen de energierendementen van de verschillende verwarmingssystemen en het thermisch comfort dat ze bieden. We vergeleken de meetgegevens van vloerverwarming en radiatoren en namen interviews af met de bewoners van de huizen. We ontdekten hierbij dat huizen met radiatoren aanzienlijk minder energie verbruikten. Gemiddeld bedroeg het totale gemeten energieverbruik (verwarmingssystemen, warm water en stroom) 115 kWh/m².

Een huis met vloerverwarming verbruikte daarentegen gemiddeld 134 kWh/m². Kort gezegd laten onze metingen zien dat het rendement van radiatoren 15-25% beter is dan dat van vloerverwarming. Meetgegevens wezen ook uit dat dit verschil van 15% correleert met een 200 mm dikke ESP-isolatielaag onder de betonnen vloerplaat van huizen met vloerverwarming.

Conclusie

Een andere belangrijke conclusie van het onderzoek was dat voorschrijvers, leveranciers en installateurs bewoners op passende wijze dienen te voorzien van heldere en transparante informatie. Verder wijzen wij er met dit onderzoek op dat het comfortniveau net zo belangrijk is als berekende energieprestaties en -verbruik voor nieuwe en gerenoveerde gebouwen. Dit zijn zaken waar zowel projectontwikkelaars en aannemers als eigenaren en facilitair beheerders van nieuwe gebouwen rekening mee zouden moeten houden.

Opmerking: Huizen in het onderzoek zijn direct vergelijkbaar met gebouwen die zijn geïsoleerd volgens de Duitse EnEV 2009-norm.

Een complete samenvatting van het onderzoek van professor Harrysson vindt u op www.radson.com/be/clever

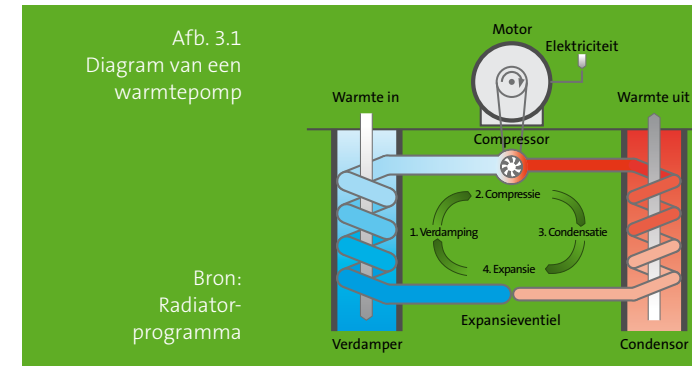
HOOFDSTUK 3

HET TOENEMEND GEBRUIK VAN **LAGE TEMPERATUUR-SYSTEMEN**

- **Warmtepomp en condensatieketel** > Beide warmtebronnen zijn in moderne en geïsoleerde gebouwen efficiënte manieren om verwarmingssystemen met water op lage temperaturen te voeden
- **Het rendement van warmteopwekking** > Beide warmtebronnen functioneren even goed met lage temperatuur-radiatoren
- **Energierenovatie van gebouwen** > Het totale energieverbruik van gebouwen met LTR-systemen ligt lager dan in gebouwen met vloerverwarming
- Verbetering van het energierendement van oudere gebouwen is een effectievere manier van energiebesparing

Dankzij hun lagere warmtebehoefte hebben moderne woningen en kantoren minder verwarmingsenergie nodig om warm te blijven. Hiermee wordt de warmtepomp een ideale begeleider van een modern verwarmingssysteem. Slechts enkele meters onder de grond is de temperatuur het hele jaar door vrij constant: rond 10°C. Geothermische warmtepompen benutten dit door middel van een buislus, de zogeheten bodemwarmtewisselaar. Deze loopt verticaal tot 100-150 m ondergronds of eventueel horizontaal dicht bij de oppervlakte. Meestal wordt een mengsel van water en ethanol door deze lus gepompt, dat daar door warmtewisseling wordt opgewarmd. Vervolgens komt de vloeistof weer terug bij de pomp, om vandaar het verwarmingssysteem te voeden. Een goed alternatief is ook een lucht-water warmtepomp; deze kan buitenlucht en/of afvoerlucht van de ventilatie als warmtebron gebruiken.

Warmtepomp



Condensatieketels

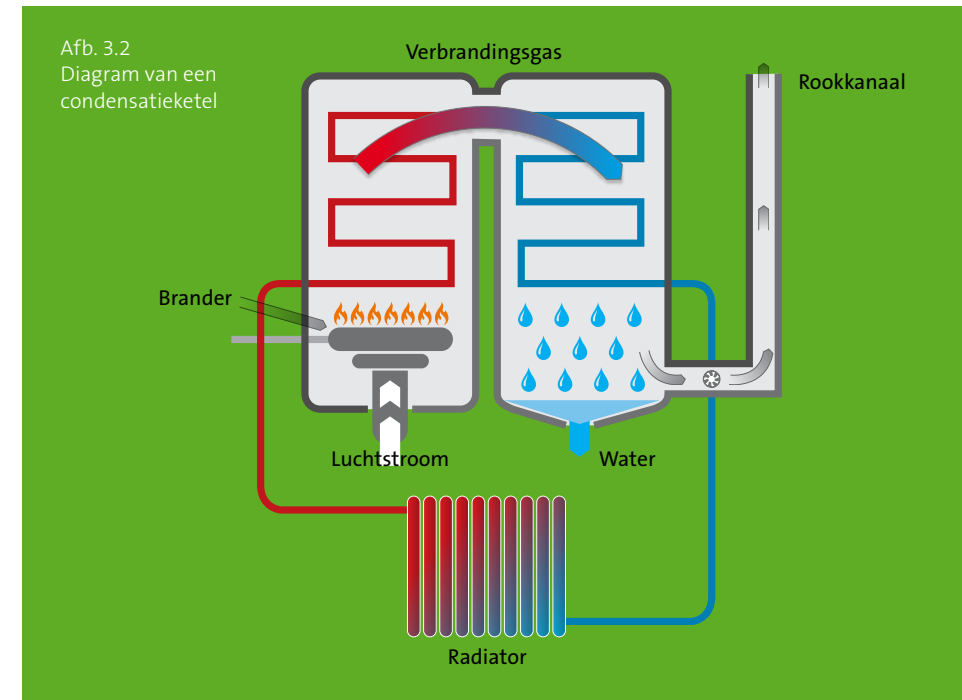
De meeste ketels hebben een enkele verbrandingskamer, die is omgeven door de waterkanalen van de warmtewisselaar waar de hete verbrandingsgassen langskomen. Deze gassen, die een temperatuur van ongeveer 200°C hebben, worden uiteindelijk uitgestoten via het rookkanaal dat bovenaan de ketel begint. Condensatieketels (ook HR-ketels genoemd) daarentegen laten de warmte eerst opstijgen door de primaire warmtewisselaar; bovenin aangekomen worden de gassen omgeleid en langs een tweede warmtewisselaar geleid.

In condensatieketels wordt brandstof (gas of olie) verbrand om water te verwarmen dat door een leidingcircuit loopt, waarvan ook de radiatoren van het gebouw deel kunnen uitmaken. Een van de bijproducten van verbranding is waterdamp - dat vervolgens wordt gecondenseerd als heet water. Aan dit retourwater wordt energie en warmte onttrokken voordat het weer terug wordt gevoerd in het circuit (afb.3.2). Van de twee mogelijke brandstoffen olie en gas heeft gas het hoogste rendement. Dit komt doordat in een gassysteem de stoom in de rookgassen condenseert bij 57°C; in een oliesysteem gebeurt dit pas bij 47°C. Een bijkomend voordeel van een gassysteem is het hogere vochtgehalte van gas.

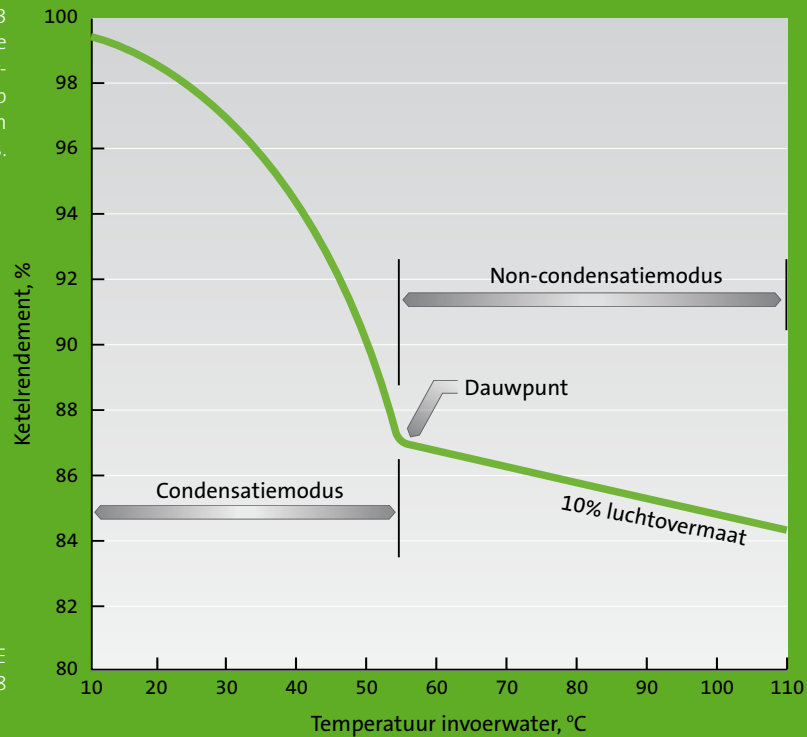
Alle condensatieketels leveren aanzienlijke energiebesparingen op doordat de brandstof efficiënter wordt gebruikt: de temperatuur van het rookgas bedraagt 50°C, terwijl bij traditionele ketels de rookgassen ongebruikt worden uitgestoten met een temperatuur van 200°C.

Beide warmtebronnen zijn in moderne en geïsoleerde gebouwen efficiënte manieren om verwarmingssystemen met water op lage temperaturen te voeden. Daarmee zijn ze uitermate geschikt voor radiatoren, die met alle warmtebronnen kunnen worden gebruikt zoals bijvoorbeeld hernieuwbare energiebronnen.

Beide warmtebronnen zijn efficiënte manieren om verwarmingssystemen met water op lage temperaturen te voeden



Afb. 3.3
Het effect van de
toevoerwater-
temperatuur op
het rendement van
condensatieketels.



Bron ASHRAE
Handboek 2008

Condensatieketels kunnen in condensatiemodus werken als de temperatuur van het toevoerwater voor het verwarmingsnetwerk onder 55°C blijft. De rendementswinst in vergelijking met standaardketels is rond 6% voor olie en rond 11% voor gas (bron: ASUE 2006). Dit alleen mag al een doorslaggevende reden zijn om het radiatorontwerp af te stemmen op lage watertemperaturen.

Anders dan vaak wordt gedacht, zijn warmtepompen niet specifiek bedoeld voor vloerverwarming; ze functioneren even goed met lage temperatuur-radiatoren. De norm EN 14511-2 geeft een vereenvoudigde methode voor het berekenen van de seizoensprestatiefactor, de zogeheten Seasonal Performance Factor (SPF), waarbij alleen de temperatuur van het toevoerwater voor het systeem wordt meegenomen. Met deze wijze van berekenen kan men redelijk accurate SPF-waarden verkrijgen voor vloerverwarming, waarbij de temperatuurverschillen tussen toevoer- en retourwater meestal klein zijn (minder dan 5K). Bij radiatorsystemen is deze vereenvoudigde methode echter minder geschikt, aangezien de temperatuurverschillen daar veel groter zijn. Voor deze systemen biedt EN 14511-2 een volledige berekeningswijze, die ook de temperatuur van het retourwater meeweegt. Naast de SPF is er ook nog de COPa (Annual Coefficient of Performance, de jaarlijkse prestatiecoëfficiënt), die het rendement van de warmtepomp weergeeft bij een seizoenslengte van één jaar.

Nota: De behoefte aan primaire energie van een condensatieketel met zonne-energie voor verwarming en warm water komt overeen met die van een enkele waterwarmtepomp.
Bron: ZVSHK, Wasser Wärme, Luft, Ausgabe 2009/2010

Het rendement van warmteopwekking

Warmtepompen functioneren even goed met lage temperatuur-radiatoren

Afb. 3.4 Tabel met COPa-waarden voor verschillende waterwerktemperaturen, combinatie van verwarming + warm tapwater, en alleen verwarming. Daarnaast worden ook de resulterende condensatietemperaturen gegeven. Het referentiegebouw is een moderne eengezinswoning in München, die is voorzien van een elektrische aardwarmtepomp. De COP-waarden zijn geverifieerd d.m.v. laboratoriummetingen (Bosch 2009).

Afb. 3.4

Jaarlijkse-prestatiecoëfficiënt: COPa

COPa = de hoeveelheid warmte die een warmtepomp levert, gedeeld door de hoeveelheid energie die het proces kost, over een periode van één jaar

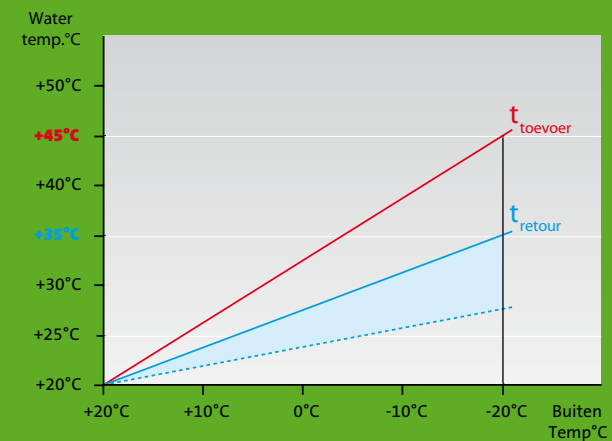
Werk temp	Condensatie temp	COPa (combinatie)	COPa (alleen verwarming)
70/55/20	62,4	2,8	3,0
55/45/20	49,2	3,2	3,6
60/40/20	49,0	3,2	3,6
50/40/20	44,0	3,3	3,8
45/35/20	38,8	3,5	4,1
50/30/20	38,7	3,5	4,1
40/30/20	33,7	3,6	4,4
35/28/20	30,2	3,8	4,6

Elektrische aardwarmtepomp. COPa-waarden van referentiegebouw (IVT Bosch Thermoteknik AB)

De resultaten wijzen uit dat het zeer gunstig is om bij een warmtepomp radiatoren op lage temperaturen toe te passen. Warmtepompen in kleinere woningen combineren vaak verwarming en productie van warm tapwater. Als we de COPa-waarden van de gecombineerde opwekking vergelijken, zien we dat het rendement van de warmtepomp bij een waterwerktemperatuur van een typisch LTR-systeem (45/35) ongeveer 10% hoger ligt dan bij het 55/45-systeem. Wanneer we het 45/35-systeem en het 40/30-systeem (veelgebruikt voor vloerverwarming) vergelijken met het 35/28-systeem, bedraagt het verschil ongeveer 3% resp. 9%.

Indien een warmtepomp als warmtebron wordt gebruikt, is het zeer gunstig om radiatoren met lage temperaturen toe te passen

Afb. 3.5
De retourtemperatuur van de radiator ligt bij gebruik van de thermostatische radiatorkraan lager door de warmtewinsten en de corresponderende thermostaatwerking



Energierenovatie van gebouwen

Het totale energieverbruik van gebouwen met LTR-systemen ligt lager dan dat van gebouwen met vloerverwarming

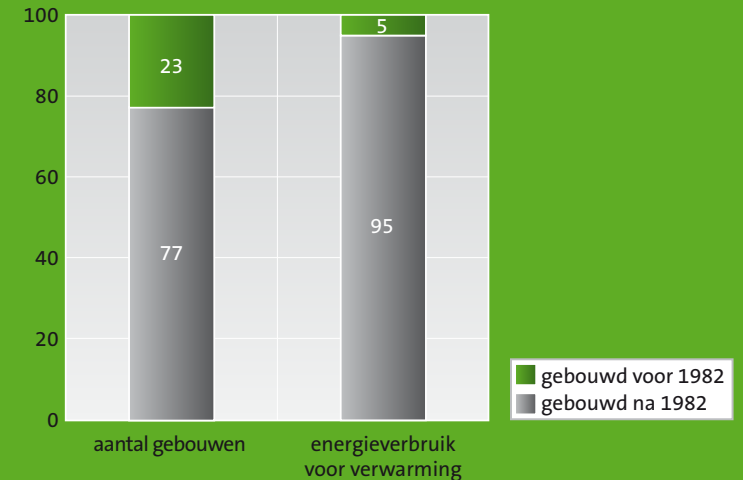
Kort gezegd ligt het totale energieverbruik van gebouwen met LTR-systemen lager dan dat van gebouwen met vloerverwarming, zelfs wanneer deze warmtepompen als warmtebron gebruiken. Verschillen in COP-waarden worden gecompenseerd door het hogere energierendement van de lage temperatuur-radiatoren.

Het energieverbruik van gebouwen vertoont tegenwoordig een stijgende lijn, met name bij woongebouwen. Gebouwen nemen het grootste deel van de totaal verbruikte energie in Europa voor hun rekening, en daarom ligt het voor de hand dat inspanningen voor energiebesparing gericht zijn op het verlagen van het energieverbruik daarvan. Het is daarbij interessant om te weten dat moderne gebouwen (nieuwbouw of goedgerenoveerde oudbouw) in dit opzicht niet het probleem zijn. Als we bijvoorbeeld kijken naar bestaande gebouwen in Duitsland, zien we dat het aantal gebouwen dat na 1982 is gebouwd 23% van het totale bestand uitmaakt; maar ze verbruiken slechts 5% van de verwarmingsenergie. Met andere woorden: verbetering van het energierendement van oudere gebouwen is een effectievere manier van energiebesparing.

Verbetering van het energierendement van oudere gebouwen is een effectievere manier van energiebesparing

Afb. 3.6
Oudere gebouwen:
aantallen en
energieverbruik,
Fraunhofer 2011

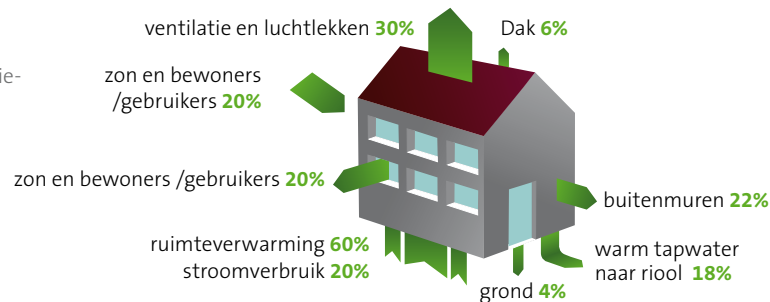
77% van de gebouwen in Duitsland van voor 1982 gebruiken 95% van de energie voor verwarming



De totale energiebalans van een gebouw bestaat uit de in- en uitgaande energiestromen

De totale energiebalans van een gebouw bestaat uit de in- en uitgaande energiestromen van het gebouw. Potentiële koelenergie is in deze cijfers niet meegenomen. De energiestromen van het voorbeeldgebouw kunnen we als volgt definiëren:

Afb. 3.7
Voorbeeld van de totale energiebalans van een gebouw met meerdere verdiepingen



Uitgaand/emissies en verliezen

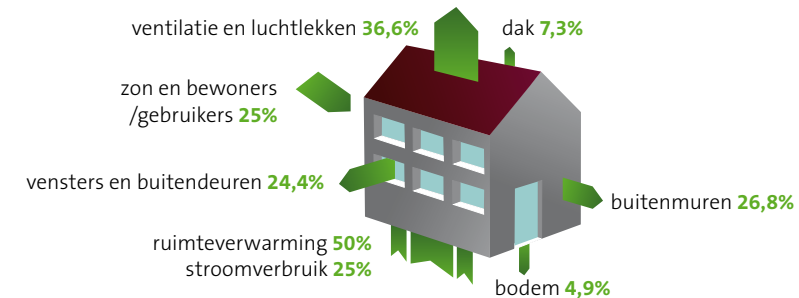
- Ventilatie en luchtlekken	30 %	- ventilatievoud = 0,5 1/h
- Warm tapwater naar riool	18 %	- 35 kWh/m ² a
- Buitenmuren	22 %	- U = 1,0 W/m ² K
- Vensters en buitendeuren	20 %	- U = 3,5 W/m ² K
- Dak	6 %	- U = 0,7 W/m ² K
- Bodem	4 %	- U = 1,0 W/m ² K
totaal 100 %		- U_{gemiddeld} = 1,3 W/m²K

Ingaand/winsten

- Ruimteverwarming en warm tapwater	60 %
- Stroomverbruik	20 %
- Zon en bewoners/gebruikers	20 %
totaal 100 %	

De energieverliezen van warm tapwater naar het riool leveren potentieel een grote energiebesparing. Als we deze echter buiten beschouwing laten, kunnen we de cijfers zien waar normaal gesproken de energierenovatie op is gericht.

Afb. 3.8
Voorbeeld van de energiebalans voor ruimteverwarming van een gebouw met meerdere verdiepingen



Uitgaand (verliezen)

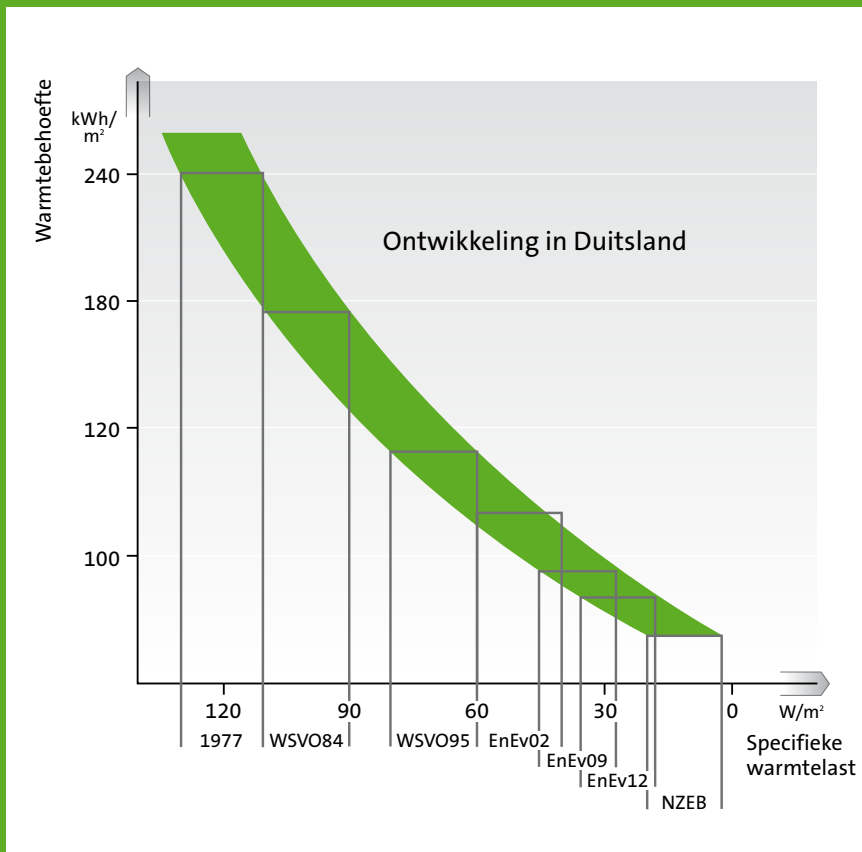
- Ventilatie en luchtlekken	36,6 %
- Buitenmuren	26,8 %
- Vensters en buitendeuren	24,4 %
- Dak	7,3 %
- Bodem	4,9 %
totaal 100 %	

Ingaand (winsten)

- Ruimteverwarming	50 %
- Stroomverbruik	25 %
- Zon en bewoners/gebruikers	25 %
totaal 100 %	

Deze cijfers zijn voorbeelden van waarden voor oudere gebouwen met meerdere verdiepingen. Deze hebben over het algemeen een energiebehoefte voor ruimteverwarming (inclusief overdrachtsverliezen en ventilatie) van ongeveer 240 kWh/m²a. Als we een schatting willen maken voor andere soorten gebouwen, dienen we daarbij de volgende kenmerken mee te wegen: oppervlaktewidthen, U-waarden en ventilatievoud. Zo heeft bijvoorbeeld een gelijkvloerse woning relatief veel hogere verliezen via het dak en de bodem dan een gebouw met meerdere verdiepingen.

Afb. 3.9
Ruimteverwarmingsbehoefte-
specifieke-
warmtelast-
diagram voor
schatting-
doeleinden



Ontwikkelingen in warmtebehoefte en specifieke warmtelasten in Duitse gebouwen.

Op basis van beschikbare statistieken voor de Duitse eisen voor energieverbruik van gebouwen uit verschillende tijdvakken, kunnen we de ruimteverwarmingsbehoefte (kWh/m²a) correleren aan de specifieke warmtelasten (W/m²).

Energiebehoefte voor ruimteverwarming en specifieke warmtelast

We beschouwen het referentiegebouw met meerdere verdiepingen opnieuw na renovatie, en voeren de berekening opnieuw uit. De specifieke warmtelast in de beginfase kan worden afgelezen uit de grafiek in **afb. 3.9**; dit levert een ruimteverwarmingsbehoefte van 240 kWh/m²a op. De waarde van de warmtelast is ongeveer 120 W/m². De bouwschil en de isolatie worden verbeterd, waarna de nieuwe U-waarden van de gebouwelementen als volgt uitvallen:

- Buitenmuren $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Vensters en buitendeuren $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Dak $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Bodem $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_{\text{gemmiddeld}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Aannemend dat zowel het oppervlak van de gebouw-elementen als de ventilatievoud niet veranderen, kunnen we het effect van de isolatieverbetering berekenen. De overdrachtsverliezen worden teruggebracht tot 31%, als de voor het oppervlak gewogen U-waarden, U_w gemm., dalen van 1,3 W/m²K tot 0,40 W/m²K. De ventilatie blijft dan ongewijzigd en de totale reductie in het warmteverlies bedraagt slechts 44,3%.

***Nota:** de motivatie voor dergelijke vaak voorkomende isolatieverbeteringen is meestal de noodzaak voor betere vensters en een aantrekkelijker gevel, of voor een beter thermisch comfort en een gezonder binnenklimaat.*

De verliezen zijn hierna als volgt in te delen:

- Ventilatie en luchtlekken	65,1%
- Buitenmuren	11,4%
- Vensters en buitendeuren	16,1%
- Dak	3,6%
- Bodem	4,4%
	totaal 100 %

De warmtelast ligt 44,3% lager dan in de beginsituatie. De nieuwe specifieke warmtelast is ongeveer 67 W/m². In **afb. 3.9** kunnen we zien dat de bijbehorende waarde voor de verwarmingsbehoefte ongeveer 100 kWh/m²a bedraagt.



IK MAAK VAN WETENSCHAP DE PRAKTIJK

Professor Dr. Jarek Kurnitski, een toonaangevend onderzoeker op het gebied van HVAC, is momenteel werkzaam als topexpert op gebied van energie bij het Finse innovatiefonds Sitra. Hij is door de REHVA onderscheiden als 'Young Scientist' van het jaar 2005 en heeft bijna 300 papers gepubliceerd.



Groter is echter zeker niet beter

Binnen de verwarmingssector bestaat nog steeds de mythe dat voor lage temperatuur-verwarmingssystemen grotere radiatoren nodig zijn. Groter is echter zeker niet beter. Tijdens mijn vergelijkend onderzoek naar warmte-elementen ontdekte ik dat, zelfs gedurende de koudste winterperiode, een snel veranderende warmteafgifte vereist is om de kamertemperatuur op het optimale comfortniveau te houden. De temperatuur van beide systemen werd op 21°C gezet, de laagste comfortgrens en de ideale binnentemperatuur. Het radiator-systeem, reageerde met zijn kleine warmtecapaciteit snel wanneer er interne warmtewinsten van niet meer dan 0,5°C werden gemeten, en hield deze de kamertemperatuur dicht bij de temperatuur die op de thermostaat was ingesteld.

Vloerverwarming daarentegen, met zijn grote warmtecapaciteit, had een veel langzamere reactietijd wanneer warmtewinsten werden gemeten. Dit resulteerde in het feit dat het systeem warmte bleef produceren, waardoor de temperatuur tot ver boven het optimale niveau steeg. Dit alles met sterke, oncomfortabele temperatuurschommelingen. Uit mijn onderzoek blijkt zelfs dat, om de kamertemperatuur dicht bij het optimale niveau van 21°C te houden, de thermostaat op 21,5°C zetten de enige oplossing is bij vloerverwarmingssystemen.

Voor veel mensen zal 0,5°C weinig lijken. Maar als dat bekeken wordt per uur, per dag en zelfs over de gehele winterperiode, dan schieten die waarden ineens flink omhoog en is alle hoop op energiezuinigheid al snel verdwenen. Een verschil in kamertemperatuur van 1°C komt overeen met ongeveer 6% in energieverbruik. Een snelle respons op warmtewinsten en lage systeemverliezen zijn sleutelementen in energiezuinige verwarmingssystemen. Het gebruik van een centrale thermostaat resulteert in een te hoge temperatuur in bepaalde ruimtes met energieverlies als gevolg. Daarom pleiten de resultaten van mijn onderzoek voor het gebruik van lage temperatuur-systemen om systeemverliezen te reduceren, en voor gebruik van warmte-elementen die afzonderlijk geregeld kunnen worden - radiatoren zijn dus de logische keuze.

HOOFDSTUK 4

DUIDELIJK BEWIJS

- **Professor dr. Jarek Kurnitski** > De globale conclusie van mijn onderzoek is dat radiatoren ongeveer 15% meer rendement bieden in woningen met één verdieping en tot 10% meer rendement bieden in gebouwen met meerdere verdiepingen.
- **Professor dr. Christer Harrysson** > Onder de gegeven omstandigheden ligt het energieverbruik in gebieden waar vloerverwarming wordt toegepast gemiddeld 15-25% hoger (exclusief stroomverbruik voor het gebouw zelf) dan de gemiddelde waarde in gebieden met radiatoren.

In 2008 startte de afdeling R&D van Rettig ICC een nieuw project. Het doel: onderzoeken wat wel en niet klopt van de diverse (non-)argumenten die tot op heden in de verwarmingssector worden gebruikt. Dit project, dat we het 'Pro-Radiator-programma' doopten, duurde twee jaar. De argumenten die we in die periode verzamelden, konden we in drie categorieën indelen: 'voor radiatoren', 'tegen radiatoren' en 'voor concurrerende/overige verwarmingssystemen'.

In totaal brachten we 140 argumenten en stellingen bij elkaar. Nadat we deze hadden verzameld, hadden we 41 praktische onderzoeksvragen die we konden analyseren en testen - en die conclusies zouden opleveren. Om tot onafhankelijke en onpartijdige onderzoeksresultaten te komen, vroegen we externe experts om deze omvangrijke reeks onderzoeksvragen met ons aan te pakken. Dit leidde uiteindelijk tot nauwe samenwerking met diverse toonaangevende internationale experts, universiteiten en onderzoeksinstituten. Het resultaat: een overweldigende hoeveelheid onderzoeksgegevens, aanbevelingen en conclusies.

Hierbij werd ook duidelijk dat er in onze sector veel mythes en illusies bestaan. Ondanks het feit dat ze uiteen lopen van irrelevant tot onwaar, blijken ze toch vaak de overhand te

Mikko Iivonen,
directeur R&D,
Research and
technical standards
bij Rettig ICC

voeren in de marketinguitingen. Het beste nieuws voor ons was echter dat alle resultaten uitwezen dat radiatoren efficiënt en effectief functioneren in moderne, goedgeïsoleerde gebouwen. We filterden daarop de relevante resultaten uit en zetten een apart onderzoeksprogramma op, waarin we in samenwerking met het HVAC-laboratorium van de Technische Universiteit van Helsinki verschillende verwarmingssystemen nader onderzochten. De accurate simulaties en functievergelijkingen van de diverse systemen bevestigden de juistheid van onze eerdere resultaten en conclusies voor wat betreft radiatoren.

Concrete data

Eerder in dit handboek hebben we al verwezen naar enkele van deze resultaten. U als lezer dient echter te weten dat onze conclusies niet alleen stoelen op wetenschappelijke theorieën, maar ook op concrete meetgegevens uit recentelijk gebouwde lage energie-gebouwen in Scandinavië. Dit is van belang omdat landen als Zweden, Finland, Noorwegen en Denemarken al vele jaren toonaangevend zijn op het gebied van technieken voor lage energie-bouw en hoge isolatie. Dit feit, gekoppeld aan onze samenwerking met onderzoekers als prof. dr. Leen Peeters (Vrije Universiteit Brussel - België) en prof. dr. Dietrich Schmidt (Fraunhofer Instituut – Duitsland), laat ons vol vertrouwen stellen dat al onze resultaten en conclusies ook van toepassing zijn op de meeste Europese landen. Naast de theoretische besparingen die ik in de vorige

hoofdstukken noemde, werden in diverse onderzoeken uit dezelfde periode de rendementen gemeten van moderne verwarmingssystemen, en het energieverbruik van verschillende warmte-elementen vergeleken. Zowel prof. Jarek Kurnitski als prof. Christer Harrysson delen in dit hoofdstuk de belangrijkste bevindingen uit hun case studies met u.

Alle onderzoeken waarnaar we in dit handboek verwijzen, tonen aan dat het energierendement met minstens 15% kan worden verhoogd door gebruik van systemen met lage temperatuur-radiatoren. En dit mag zelfs een conservatieve schatting worden genoemd; uit sommige onderzoeken blijkt dat nog betere resultaten mogelijk zijn, wanneer factoren als gebruikersgedrag, hogere kamertemperaturen en langere verwarmingsperiodes mee worden gewogen.

Concrete gegevens academische samenwerking



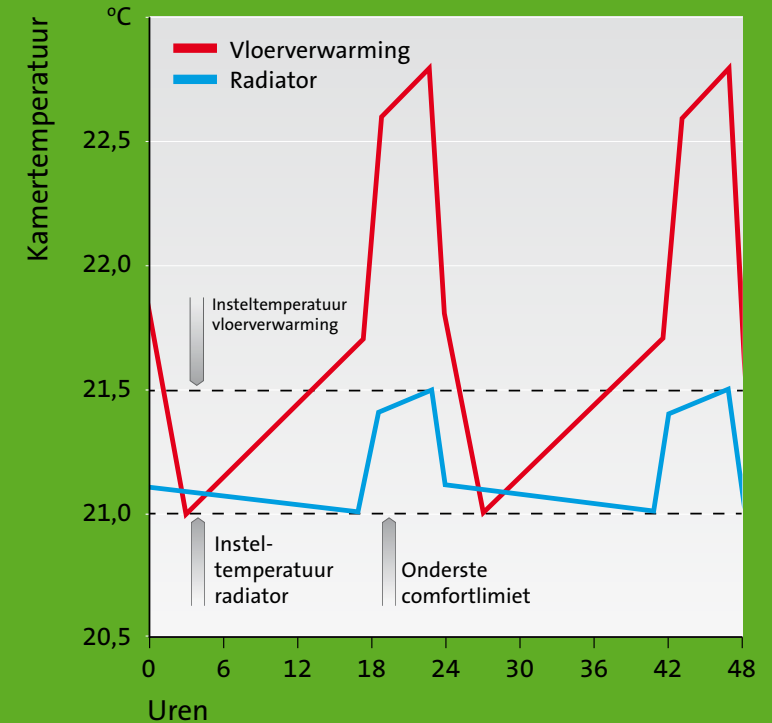
**Professor
Jarek Kurnitski:
warmtecapaciteit
en energiezuinig
verwarmen**

Het door prof. Jarek Kurnitski uitgevoerde onderzoek toont aan dat de warmtecapaciteit van warmte-elementen de prestaties van verwarmingssystemen sterk beïnvloedt. Ook in de koudste winterperiode zijn snelle veranderingen in warmteafgifte nodig om de kamertemperatuur in de optimale comfortzone te houden.

Bij snelreagerende radiatorsystemen met een geringe warmtecapaciteit laten de warmtewinsten de kamertemperatuur met maximaal 0,5°C stijgen

Het principe van de respons in kamertemperatuur op warmtewinst of -verlies wordt voor twee systemen vergeleken in **afb. 4.1**. In het geval van snelreagerende radiatorsystemen met een geringe warmtecapaciteit laten de warmtewinsten de kamertemperatuur met maximaal 0,5°C stijgen - waarmee de kamertemperatuur dicht bij de instelwaarde van 21°C blijft. Een traditioneel vloerverwarmingssysteem met een hoge warmtecapaciteit kan de kamertemperatuur niet zo constant houden. Uit onderzoek blijkt dat de insteltemperatuur moet worden verhoogd naar 21,5°C om de kamertemperatuur boven de onderste comfortlimiet van 21°C te houden. De grote omvang van het warmte-element betekent dat de afgifte altijd achterblijft bij de warmtebehoefte, wat leidt tot sterke fluctuaties in kamertemperatuur en energieverpilling.

Afb. 4.1
Respons van kamertemperatuur op warmtecapaciteit van warmte-element tijdens winter (warmtewinst typisch niet hoger dan 1/3 van verwarmingsbehoefte).



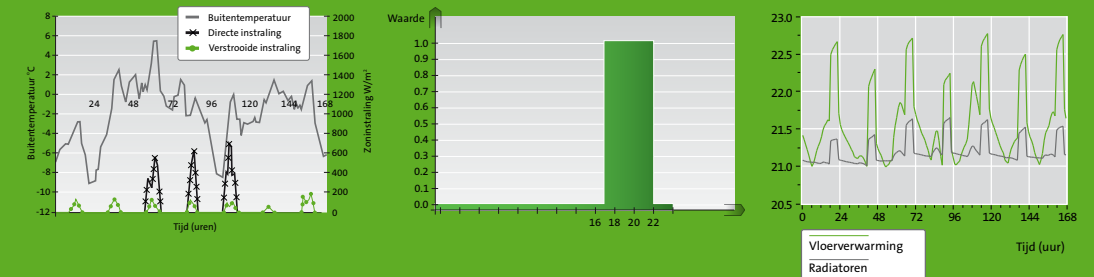
Warmtewinst in moderne gebouwen maximaliseren

De situatie die **afb. 4.1** weergeeft, is gebaseerd op gedetailleerde en dynamische simulaties van een modern huis in Duitsland. **Afb. 4.2** toont de temperatuurgegevens voor de eerste week van januari. Doordat interne warmtewinsten en zonninstraling onvoorspelbaar zijn, kunnen de prestaties van vloerverwarming niet worden verbeterd door toepassing van voorspellende regelstrategieën. Warmtewinsten kunnen de vloerverwarming weliswaar uitschakelen, maar deze blijft nog geruime tijd warmte uitstralen naar koudere externe oppervlakken zoals vensters en buitenmuren - wat weer leidt tot oververhitting van de ruimte.

De vloerverwarming wordt weliswaar weer ingeschakeld wanneer 's nachts de kamertemperatuur daalt tot beneden de insteltemperatuur van 21,5°C; maar toch duurt het uren voordat de kamertemperatuur weer stijgt. Mijn onderzoek wees zelfs uit dat de kamertemperatuur bleef dalen, wat het noodzakelijk maakte om de insteltemperatuur te verhogen.

Deze gegevens zijn verzameld met behulp van geavanceerde software voor gebouwensimulatie, genaamd IDA-ICE. Deze software is zorgvuldig gevalideerd en levert bewezen accurate gegevens in dergelijke berekeningen voor systeemvergelijkingen.

Afb. 4.2
Gesimuleerde kamertemperaturen, eerste januariweek. Buitentemperatuur en warmtewinsten (zonninstraling, intern, extern) worden links weergegeven.



Externe warmtewinsten in eerste januariweek - weergegeven.

Interne warmtewinsten per dag.

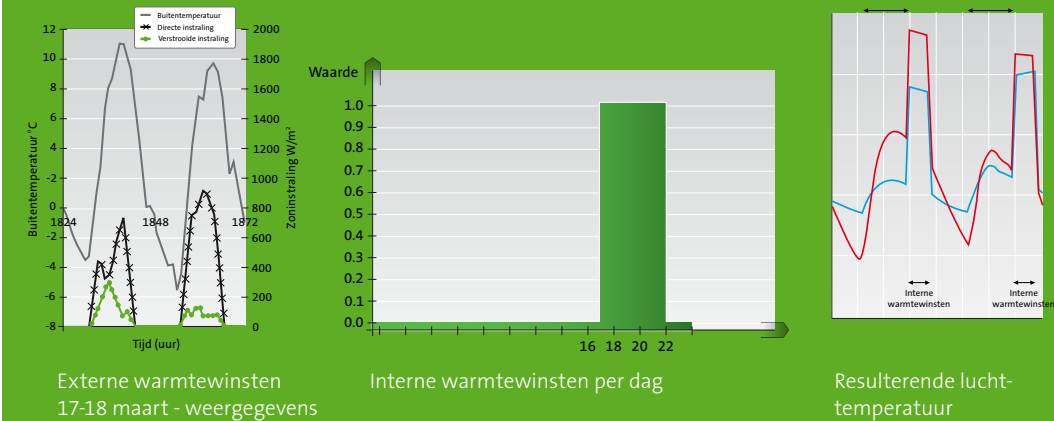
Resulterende luchttemperatuur.

Halverwege het seizoen zijn de warmtewinsten bijna gelijk aan de verwarmingsbehoefte, wat beheersing van de kamertemperatuur lastiger maakt. **Afb. 4.3** geeft de prestaties weer gedurende twee dagen in maart. De zoninstraling is aanzienlijk sterker en de buitentemperatuur schommelt sterk. Ook hier resulteert verwarming door middel van radiatoren in een stabielere kamertemperatuur en een betere benutting van warmtewinsten.

Conclusie Een snelle respons op warmtewinsten en lage systeemverliezen zijn sleutelementen in energiezuinige verwarmingssystemen. Temperatuurregeling in individuele ruimtes is ook van groot belang, aangezien de verwarmingsbehoefte van kamer tot kamer sterk kan verschillen. Gebruik van een centrale thermostaat leidt tot te sterke verwarming van sommige ruimtes, resulterend in overbodig energieverbruik. Uit mijn onderzoek komt daarom de aanbeveling voort om lage temperatuur-systemen te gebruiken ter vermindering van systeemverliezen, in combinatie met snelreagerende warmte-elementen met regeling voor individuele ruimtes.

Vanuit dit perspectief kunnen we ook zeggen dat metingen uitwijzen dat vloerverwarming minder effectief en energiezuinig is dan verwarming met radiatoren. In feite is de globale conclusie van mijn onderzoek dat **radiatoren ongeveer 15% meer rendement bieden in woningen met één verdieping** en tot 10% meer rendement bieden in gebouwen met meerdere verdiepingen.

Afb. 4.3
Schommelingen in kamertemperatuur nemen toe op zonnige dagen in maart



**Professor dr.
Christer Harrysson,
Bygg & Energiteknik
AB (Falkenberg) en
Universiteit van Örebro**

Mijn onderzoek had als primair doel om meer kennis te verzamelen over verschillende verwarmingssystemen, met name door vergelijking van vloerverwarming en radiatorsystemen. Dit project werd geïnitieerd door AB Kristianstadsbyggen en Peab en gefinancierd door de DESS (Delegatie voor Energievoorziening in Zuid-Zweden) en het SBUF (Ontwikkelingsfonds van de Zweedse bouwindustrie).

Technisch identieke eengezinswoningen kunnen door verschillende woonstijlen toch sterk verschillen in totaal energieverbruik (stroom, warm water en verwarming), tot wel 10.000 kWh/jaar. Er bestaan veel verschillende technische oplossingen, d.w.z. combinaties van isolatie, afdichtmaterialen en verwarmings- en ventilatiesystemen. Maar ook deze verschillende oplossingen kunnen leiden tot grote verschillen in energieverbruik en binnenklimaat. In een onderzoek van de Zweedse Nationale Raad voor huisvesting, bouw en planning werden 10 gebieden met bewoonde rijtjeshuizen met elektrische verwarming onderzocht. De technische oplossingen in de 330 betreffende eengezinswoningen werden bestudeerd, evenals de individuele registratie en facturering van stroom- en waterverbruik. Het onderzoek wees uit dat de verschillen in totaal energieverbruik tussen de verschillende oplossingen opliepen tot ongeveer 30%. Gegevens van o.a. het Zweedse bureau voor statistiek (waarin ook het eerder genoemde onderzoek van

de nationale raad) laten zien dat het jaarlijkse totale energieverbruik (huishoudelijke apparatuur, warm water en verwarming) in nieuwe, serieel gebouwde eengezins-woningen kan oplopen tot 130 kWh/m².

Het onderzoek van de Nationale Raad voor huisvesting, bouw en planning wijst ook uit dat er technische oplossingen bestaan voor dergelijke woningen die een even goed binnenklimaat bieden, maar een jaarlijks totaal energie-verbruik van slechts 90–100 kWh/m² vereisen. Dit is het laagste niveau van energieverbruik dat momenteel als technisch en economisch haalbaar wordt gezien.

De indeling en plaatsing van warmtedistributiesystemen heeft ook een duidelijke invloed op het energieverbruik. Verwarming d.m.v. water in radiatoren is een beproefd systeem voor warmtedistributie, dat ook gebruik van andere soorten energie dan elektriciteit toelaat. Als vloerverwarming wordt toegepast, zou het ook mogelijk kunnen zijn om energiebronnen van lagere kwaliteit (systemen met lage energie) effectiever in te zetten, door gebruik van lagere temperaturen.

In de afgelopen jaren is er een verhit debat gevoerd over de vraag of radiatoren dan wel vloerverwarming het grootste comfort bieden, en welke van de twee het meeste rendabel en efficiënt is.

Het onderzoek

Het onderzoek betrof woningen in zes gebieden met ééngesinswoningen in AB Kristianstadsbyggen - in totaal 130 appartementen met diverse technische oplossingen. Elk gebied bevatte tussen 12 en 62 appartementen. De woningen zijn voornamelijk structuren met één verdieping op een funderingsplaat met onderliggende isolatie. Vier van de zes gebieden hebben vloerverwarming, de overige twee hebben radiatorsystemen. Alle woningen hebben afzuigventilatie of balansventilatie.

De ruimtes werden met elkaar vergeleken aan de hand van de verzamelde gegevens, geregistreeerde informatie en berekende waarden. Geregistreeerde energiewaarden en waterverbruik werden aangepast volgens waarden op jaarbasis, woonoppervlakte, isolatienormen, ventilatiewaarden, warmterecuperatie (indien aanwezig), binnentemperatuur, waterverbruik, verdelings- en regelingsverliezen, plaatsing van de elektrische boiler / thermostaat, leidingverliezen, verwarming door aangrenzende gebouwen (indien aanwezig) en stroomverbruik in het gebouw zelf.

Samengevat betekent dit dat onder de gegeven omstandigheden het energieverbruik voor ruimtes met vloerverwarming gemiddeld 15-25% hoger ligt (exclusief stroomverbruik voor het gebouw zelf) dan de gemiddelde waarde voor de ruimtes met radiatoren.



HOOFDSTUK 5

HOE KIEST U EEN WARMTE-ELEMENT?

- **Warmte-elementen** > De energiebron, de warmtebron en de warmte-elementen spelen allemaal een belangrijke rol. Maar de eindgebruiker en de functie van de leef- of werkruimte moeten ook altijd mee worden genomen in het oordeel
- Alleen radiatoren bieden de volledige flexibiliteit om afzonderlijke ruimtes in een woning of kantoorgebouw individueel te regelen.

Als we kijken naar verwarmingssystemen is een holistische visie toch de beste. Natuurlijk spelen de energiebron, de warmtebron en de warmte-elementen hierin allemaal een belangrijke rol. Maar de eindgebruiker en de functie van de leef- of werkruimte moeten ook altijd mee worden genomen in het oordeel.

Het kan verleidelijk zijn om een gebouw te beschouwen als één enkele eenheid die verwarmd moet worden. Maar deze enkele eenheid is altijd onderverdeeld in meerdere kleinere eenheden, zoals diverse kantoren in een gebouw of meerdere kamers in een woning. Kantoren worden meestal maar zo'n 8 uur per dag gebruikt; woonkamers alleen op bepaalde tijden, slaapkamers alleen 's nachts. Dit leidt weer tot verschillen in verwarmingsbehoeften en -eisen.

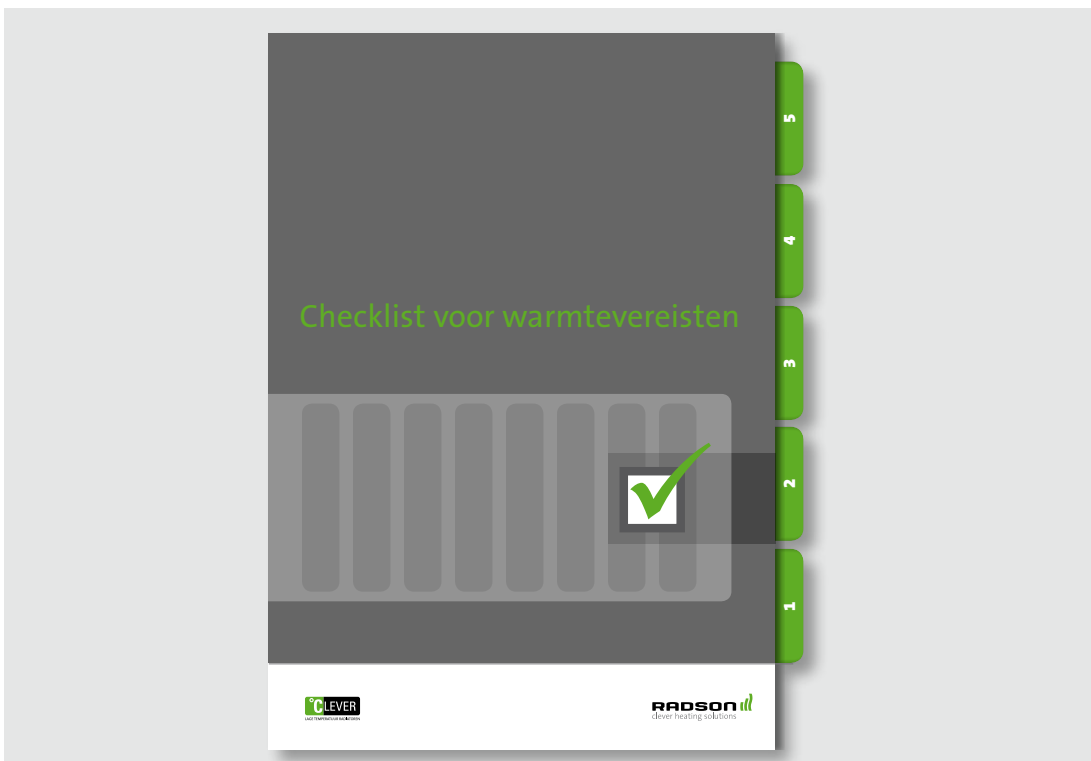
Als we de functies van deze ruimtes nader beschouwen, merken we ook dat deze met de tijd kunnen veranderen. Neem bijvoorbeeld een gezin met kinderen: als deze opgroeien, gaan ze naar school en hoeft het huis minder verwarmd te worden. Later gaan ze waarschijnlijk studeren of werken en verlaten ze het ouderlijk huis om een eigen huishouden op te zetten.

Warmte-elementen

De energiebron, de warmtebron en de warmte-elementen spelen allemaal een belangrijke rol. Maar de eindgebruiker en de functie van de leef- of werkruimte moeten ook altijd mee worden genomen in het oordeel

Checklist voor warmtevereisten

Bekijk eens de checklist op www.radson.com/be/clever (België) of www.radson.com/nl/clever (Nederland) en neem deze door met uw eigen woning in gedachten. Wellicht ontdekt u dat u met meer rekening moet houden dan u aanvankelijk dacht.



Enkele veelvoorkomende verwarmings- en ventilatiesystemen

CV-systemen waarin het verwarmingswater een temperatuur van maximaal 55°C heeft bij de nominale weersomstandigheden. Warmte-emissie naar de ruimte vindt plaats in de vorm van warmtestraling en natuurlijke convectie vanaf de radiatoren en convectoren. Deze systemen bieden zeer energiezuinige en comfortabele warmte-emissie in lage energie-gebouwen.

Systemen met lage temperatuur-radiatoren 45/35

CV-systemen waarin de temperatuur van het verwarmingswater typisch meestal onder 45°C ligt bij de nominale weersomstandigheden. Het meest voorkomende geïntegreerde systeem is de vloerverwarming, die het vloeroppervlak gebruikt voor warmte-emissie. Warmte-emissie naar de ruimte vindt plaats in de vorm van warmtestraling en natuurlijke convectie. Deze oplossingen zijn geschikt voor gebouwen met een hogere warmtebehoefte en een grotere warmtecapaciteit. Ze zijn met name comfortabel in badkamers (zie afb. 5.3) en nuttig in gangen bij buitendeuren, waar ze helpen het water te verdampen dat bij regenachtig weer mee naar binnen komt. Lager rendement voor energie-emissie dan verwarmingssystemen met Lage Temperatuur Radiatoren.

Geïntegreerde verwarmingssystemen 35/28

Luchtverwarming met ventilatie

Luchtverwarmingssysteem gecombineerd met mechanische toevoer- en afzuigventilatie, vaak voorzien van **warmteterugwinning**. Over het algemeen wordt de temperatuur van de toevoerlucht geregeld door de gemiddelde temperatuur van de woning. Dit leidt tot temperatuurschommelingen en maakt het lastig een comfortabele temperatuur in individuele ruimtes te handhaven. Verder is luchtstratificatie een veelvoorkomend probleem bij dergelijke warmte-elementen. Deze vereisen ook een luchtdichte en juist geïsoleerde bouwschil om het gestelde energierendement te kunnen behalen.

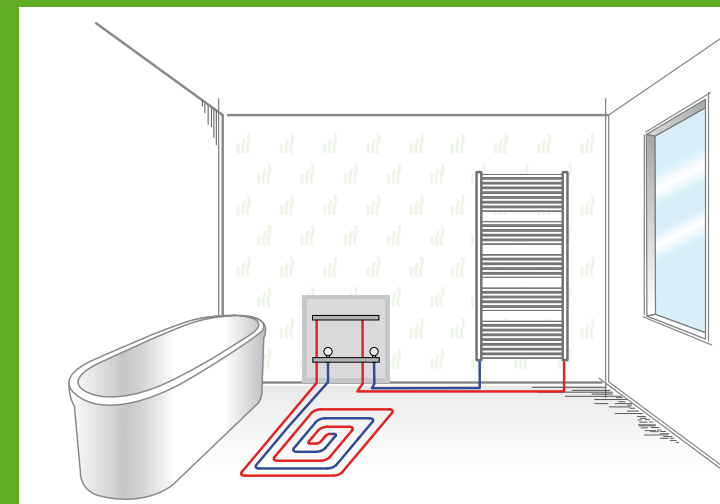
In situaties waarin hogere warmteafgifte nodig is, kunnen emissie-units met ventilatoren worden aangebracht. Typische warmte-elementen zijn radiatoren met blazers, en convectoren met ventilator en luchttoevoer, meestal bedoeld voor verwarming of koeling.

Een ventilatieradiator is meestal een lage temperatuur-radiator met een invoerinstallatie voor buitenlucht. Dit is een goede oplossing voor tochtvrije luchttoevoer bij gebruik van mechanische afzuigventilatiesystemen.

Alleen een flexibel systeem van warmte-elementen kan zonder problemen worden aangepast aan de evoluerende functies van moderne leef- en werkruimtes. Dit is dus een systeem van onafhankelijk regelbare elementen, dat kan worden aangepast aan de doelen en verwarmingsbehoeften van individuele ruimtes. Kort samengevat bieden alleen radiatoren de volledige flexibiliteit om afzonderlijke ruimtes in een woning of kantoorgebouw individueel te regelen.

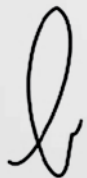
Alleen radiatoren bieden de volledige flexibiliteit om afzonderlijke ruimtes in een woning of kantoorgebouw individueel te regelen.

Afb. 5.3
Vloerverwarming kan een badkamer comfortabeler maken, zeker in combinatie met een badkamer-radiator.



DE SLEUTELROL VAN **RADIATOREN**

Alles welbeschouwd kunnen we concluderen dat lage temperatuur-radiatoren een sleutelrol spelen. Nu, maar ook in de toekomst. Een toekomst die al is begonnen met de introductie van HR-verwarmingsbronnen zoals ketels met rookgascondensoren en warmtepompen. Bronnen die lage temperatuur-radiatoren nog effectiever maken, doordat ze zeer snel en efficiënt reageren op veranderende warmtebehoefte en nuttige warmtewinsten. Ik geloof dat de radiator de enige optie is voor het creëren van bewezen energie-efficiënte verwarmingsoplossingen die alle voordelen bieden waar bouwers, voorschrijvers en installateurs op wachten en om vragen.



Elo Dhaene
Brand Commercial Director bij Purmo Radson

De HR-projecten die vandaag de dag in moderne nieuwbouw en goedgerenoveerde oudere gebouwen worden geplaatst, maken gebruik van geavanceerde materialen, hanteren strengere normen en leggen de lat nog hoger op het gebied van totale rendementen. Maar het draait niet alleen om rendement; comfort is ook belangrijk voor het creëren van een aangenaam binnenklimaat in deze gebouwen.

Bij Radson ontwikkelen we slimme verwarmingsoplossingen die ook voldoen aan toekomstige normen, ons minder afhankelijk maken van eindige energiebronnen, emissies verkleinen en natuurlijk ook de totale kosten drukken. In tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht, presteren deze HR lage temperatuur-systemen het beste in combinatie met radiatoren.

Ik ben ervan overtuigd dat dit handboek voldoende bewijzen aanvoert om onze stelling te ondersteunen dat lage temperatuur-radiatoren niet kunnen worden genegeerd. Onze investeringen in research & development hebben ons zeer slimme producten en oplossingen opgeleverd. Alle onderzoekers benadrukken dat onze radiatoren in bijna alle gevallen de meest efficiënte warmte-elementen voor moderne verwarmingssystemen zijn. Lage temperatuur-radiatoren hebben zich bewezen als de meest energiezuinige warmte-elementen in lage energie-gebouwen. Waar zich zo'n gebouw ook bevindt en wat de omstandigheden buiten ook mogen zijn: radiatoren bieden niet alleen de beste rendementen, maar ook de hoogste mate van comfort.

De wetenschap heeft het bewezen: het is een vaststaand feit dat het gebruik van lage temperatuur-radiatoren energiezuiniger is ten opzichte van vloerverwarming.

- Ongeveer 15% meer rendement in woningen met een verdieping.
- Tot 10% meer rendement in gebouwen met meerdere verdiepingen.

Een belangrijke oorzaak voor het lagere energierendement van vloerverwarming is het onverwachte warmteverlies naar de ondergrond (door zogeheten 'neerwaartse warmtegeleiding'), maar ook naar externe oppervlakken (door warmtestraling). Verder lijkt de warmtecapaciteit van vloerverwarmingssystemen de belangrijkste reden te zijn voor het geringere vermogen om warmtewinsten te benutten. Dit leidt op zijn beurt weer tot onaangename schommelingen in de kamertemperatuur, waardoor gebruikers van de ruimte de insteltemperatuur weer verhogen.

Daarmee laten onze diepgaande research en tests zien dat gebouwen met vloerverwarming ook gevoeliger zijn voor gedrag van eindgebruikers. De praktijk wijst uit dat dit leidt tot langere verwarmingsperioden en hogere kamertemperaturen. Daarnaast dragen ook constructiefouten, door bijvoorbeeld koudebruggen tussen de vloer en de buitenmuren, aanzienlijk bij aan de duidelijke verschillen in energieverbruik.

Wij stellen dat u met onze radiatoren tot 15% energie kan besparen, maar de meeste onderzoeken wijzen uit dat meer mogelijk moet zijn. **Hoeveel bewijs heeft u nodig? Ik denk dat we het over één ding eens kunnen zijn: radiatoren zetten energie om in efficiëntie. Dat is een feit.**



HOOFDSTUK 6

VOORDELEN VOOR DE EINDGEBRUIKER

- Hoger rendement met lagere watertemperaturen
- Geschikt voor alle klimaten
- Lagere energiekosten
- Groter comfort
- Compatibel met vloerverwarming
- Betere beheersing binnenklimaat
- Klaar voor hernieuwbare energie
- 100% recycleerbaar
- Gezonde levensomstandigheden

Renovatie en nieuwbouw

Van alle warmte-elementen voor nieuwbouw- of renovatieprojecten hebben radiatoren de laagste levenscycluskosten. En niet alleen zijn ze een aantrekkelijke, rendabele en energiezuinige aanvulling voor nieuwbouw, maar daarnaast ook bijzonder geschikt voor renovaties doordat ze snel en eenvoudig zijn te integreren in bestaande systemen. Met slechts geringe inspanning en kosten, en zonder verstorende bouwwerkzaamheden kunnen radiatoren in een renovatieproject binnen enkele uren aan de leidingen worden aangesloten en uitgebalanceerd.

Na installatie zijn radiatoren praktisch onderhoudsvrij, aangezien ze geen bewegende onderdelen bevatten en niet onderhevig zijn aan slijtage. Dit geldt in het bijzonder voor Radson-radiatoren, die een levensduur van ruim 25 jaar hebben – met hoge prestaties en een lang uithoudingsvermogen. En daarnaast zijn ze ook nog extra milieuvriendelijk doordat ze 100% recycleerbaar zijn.

°C
45
~
35**Hoger rendement met lagere watertemperaturen**

Lage temperatuur-radiatoren brengen net zo effectief warmte in een ruimte als traditionele radiatoren. Ze hebben echter duidelijke voordelen tegenover andere systemen: een groter comfort binnenshuis, een hoger totaal energierendement en warmteopwekkingsrendement en minder systeemverliezen.

**Geschikt voor alle klimaten**

Overall ter wereld kunt u radiatoren gebruiken in verwarmingssystemen met lage temperatuur. Wat het weer ook doet, hoe koud het ook wordt: met radiatoren kan een goed geïsoleerd huis altijd worden verwarmd tot een aangename temperatuur.

**Lagere energiekosten**

Radiatoren in verwarmingssystemen met lage temperatuur hebben minder energie nodig om efficiënt te functioneren. Een moderne gezinswoning of kantoorgebouw kan worden verwarmd tot een comfortabele 20°C door middel van radiatoren met werktemperaturen van 45/35°C. Traditionele verwarmingssystemen hebben water met een temperatuur van 75°C nodig om dezelfde kamertemperatuur te bereiken – en gebruiken dus meer energie voor hetzelfde resultaat.

**Groter comfort**

Met hun unieke combinatie van convectie- en stralingswarmte verzekeren lage temperatuur-radiatoren u van een constant aangename temperatuur. Geen storende tocht, geen onaangenaam 'droog' of 'stoffig' gevoel.

**Compatibel met vloerverwarming**

In combinatie met lage temperatuur-radiatoren kan vloerverwarming optimale rendements- en comfortniveaus behalen.

**Betere beheersing binnenklimaat**

Radiatoren reageren snel op het signaal voor de vereiste temperatuur van de thermostaat en verspreiden de warmte snel, stil en gelijkmatig. Binnen enkele minuten is de kamer op een consistente temperatuur gebracht, van vloer tot plafond.

**Klaar voor hernieuwbare energie**

Lage temperatuur-radiatoren zijn ontworpen voor topprestaties, onafhankelijk van de energiebron die het systeem verwarmt. Het rendement van de radiator wordt niet beïnvloed door de kosten of beschikbaarheid van een specifieke soort energie, zoals bijvoorbeeld fossiele brandstoffen. Als u andere energiebronnen wilt gebruiken, waaronder ook hernieuwbare, hoeft u alleen maar de boiler aan te passen of te vervangen.

**100% recyclebaar**

Radiatoren zijn zodanig ontworpen dat aan het einde van hun levenscyclus alle onderdelen van elkaar kunnen worden gescheiden. Alle metalen onderdelen (voornamelijk van staal) zijn geschikt voor recycling en hergebruik, en ook werkelijk waardevol genoeg om dat te doen.

**Gezonde levensomstandigheden**

Lage temperatuur-radiatoren zijn veilig. Geen verbrandend stof, geen afwijkingen in de ionisatiebalans van de lucht, geen onaangename geur. En bij aanraking absoluut geen risico op brandwonden.

CLEVER HEATING SOLUTIONS



LAGE TEMPERATUUR RADIATOREN