

Nederlandse andemering voor energie en milieu bv
Novem




Energiegebruik voor ruimteverwarming met gemiddeld 40% gedaald

Prestatie-eisen voor energiegebruik en binnenmilieu goed instrument bij renovatie

Stappenplan biedt corporaties houvast bij werken met prestatie-eisen

Energieberekeningen zijn hulpmiddel bij het formuleren en evalueren van energetische prestaties

Eenvoudige metingen tijdens de uitvoering brengen onvolkomenheden aan het licht: kwaliteit en energetische prestaties verbeteren

Aandacht voor tapwaterverwarming en elektrische hulpenergie maakt grotere besparingen mogelijk: een blik in de nabije toekomst

E'novatie Thema Energie

Demonstratieprogramma Enovatie

Eind 1988 ging het demonstratieprogramma Enovatie van start. Enovatie wil aantonen dat woningverbetering en energiebesparing in de naoorlogse woningvoorraad uitstekend samengaan en dat deze combinatie leidt tot comfortabele, goed verhuurbare woningen. Het predikaat Enovatie is bestemd voor woningverbeteringsplannen die door isolatie- en installatiemaatregelen een substantiële energiebesparing bereiken en waarbij tevens vocht en ventilatieproblemen zijn opgelost.

Goede afspiegeling

Van de negentig aangemelde projecten kwamen dertig projecten door de voorselectie. Na het uitvoeren van een voorstudie bleken 21 projecten met bijna 3000 woningen te voldoen aan de criteria voor opname in het demonstratieprogramma. Het programma biedt hiermee een goede afspiegeling van de te verbeteren naoorlogse woningvoorraad. Zowel eengezinswoningen als portiekwoningen en galerijflats en een spreiding over gangbare bouwsystemen. Ook de diversiteit in de aangepakte problemen draagt ertoe bij dat het programma een zeer herkenbaar en daarmee bruikbaar beeld geeft voor diegenen die werken aan verbetering van de naoorlogse woningen.

Evaluatie en kennisoverdracht

Bij een demonstratieprogramma hoort evaluatie. Direct na de uitvoering van de projecten is de kwaliteit van relevante bouwkundige en installatieonderdelen gecontroleerd. Daarnaast zijn de energiegebruiken in de zomersituatie en gedurende het stookseizoen opgenomen en is een onderzoek onder de bewoners uitgevoerd. Hierdoor komt een grote hoeveelheid praktijkinformatie beschikbaar. De overdracht van de ontwikkelde kennis en inzichten is een belangrijk onderdeel van het Enovatie programma. Van elk project verscheen een voorstudie, een rapportage van de uitvoeringsbeoordeling, van de bouwfysische metingen en van het bewoners onderzoek. Alle meetrapportages zijn gebundeld per project beschikbaar. In het kader van de kennisoverdracht verschijnen tevens artikelen in de vakbladen. Daarnaast zijn van alle projecten twee brochures verschenen. De A-serie geeft een beeld van de afgeronde plannen. De B-serie belicht de resultaten en evaluatie van de projecten. Themabrochures tot slot geven een interessante dwarsdoorsnede over het totaal van de 21 projecten. Naast het onderwerp van deze brochure energie zijn de brochures gevels, vloeren en daken, installaties en bewoners verschenen. De bestelwijze van al deze uitgaven staat op pagina 32 van deze brochure.

Inhoud

Het werken met prestatie-eisen ten aanzien van energiegebruik en binnenmilieu heeft resultaat: het energiegebruik voor ruimteverwarming daalde met gemiddeld 40% bij E'novatie



Ventilatie-systemen zijn zeer uitvoeringsgevoelig. In de E'novatieprojecten is dit uitgebreid getoetst



Metingen geven inzicht in de gerealiseerde prestaties en kunnen de aanleiding zijn voor aanvullende maatregelen



Met de introductie van zonneboilers wordt het gebruik van zonne-energie gewoner. Het gebruik van duurzame energie levert een belangrijke bijdrage aan duurzaam bouwen



2 E'novatie: energieprestaties op een rij

Het stellen van prestatie-eisen is bij renovatie nog niet gebruikelijk. Toch zijn in het E'novatieprogramma goede resultaten geboekt met eisen ten aanzien van energiegebruik en binnenmilieu.

6 Besparingen en ervaringen

De gemiddelde besparing voor ruimteverwarming is 40% bij E'novatie. Een goed resultaat, bereikt dankzij een integrale aanpak van woningschil en installaties. Een overzicht van alle maatregelen en hun energetische effecten.

16 Prestaties formuleren

Het opstellen van prestatie-eisen ten aanzien van het energiegebruik gaat stapsgewijs. Uitgaand van de prestaties in de oude situatie en het beschikbare budget kunnen doelstellingen worden geformuleerd.

21 Energieberekeningen geven inzicht

Energieberekeningen helpen zowel bij het vaststellen als bij het evalueren van prestatie-eisen. Ze zijn er in soorten en maten. Een paar aanwijzingen om ze te beoordelen.

25 Prestaties toetsen

Met name kierdichtingsmaatregelen en het installeren van ventilatiesystemen blijken zeer gevoelig voor uitvoeringsfouten. Gezien de invloed die dit op het energiegebruik kan hebben, zijn eenvoudige metingen aan te raden. Op die manier kan de uitvoeringskwaliteit worden gecontroleerd en zonodig verbeterd.

29 Opties voor de toekomst

Het energiegebruik voor warmtapwater en elektrische hulpenergie nemen toe. Meer besparing is mogelijk door ontwikkelingen ten aanzien van zuiniger tapwatertoestellen en ventilatiesystemen met efficiëntere ventilatoren. Het gebruik van de zon als duurzame energiebron, biedt ook voor de bestaande woningvoorraad mogelijkheden voor de toekomst.

E'novatie: energieprestaties op een rij

prestatie-eisen instrument voor marktgericht woningbeheer



Het werken met prestatie-eisen voor het energiegebruik en de kwaliteit van het binnenmilieu van een woning is bij renovatie nog niet gebruikelijk. De E'novatiepraktijk laat zien dat dit heel goed mogelijk is en tot goede resultaten leidt. In het kader van het E'novatieprogramma zijn 21 complexen naoorlogse woningen gerenoveerd. Het energiegebruik voor ruimteverwarming daalde fors en het comfort nam toe. Het stellen van prestatie-eisen bood de mogelijkheid verantwoorde beheerkeuzes te maken en de kwaliteit te bewaken.

Met het E'novatieprogramma wil Novem aantonen dat energiebesparing en woningverbetering goed samengaan en dat vocht- en ventilatieproblemen daarbij niet (meer) voorkomen.

Het E'novatieprogramma omvat 21 naoorlogse woningbouwprojecten onderverdeeld in 6

eengezins-, 13 meergezins- en 2 hoogbouwprojecten. De projecten vormen een dwarsdoorsnede van de te verbeteren naoorlogse sociale woningbouw in Nederland, zowel qua woningtype en bouwsysteem als qua problematiek. Een hoog energiegebruik, een matig comfort en problemen met vocht en tocht waren eerder regel dan uitzondering. De E'novatie-aanpak gaat uit van een integrale aanpak. Door gelijktijdig bouwtechnische en installatietechnische maatregelen te treffen konden de vaak complexe problemen worden opgelost.

In de onderstaande tabel is aangegeven welke maatregelen er met het oog op energiebesparing in de verschillende projecten zijn getroffen.

Energiebesparende maatregelen E'novatieprojecten						
	bouwjaar	isolatie				
		isolatie langsgevel	isolatie kopgevel	isolatie naar hal	vloerisolatie	dakisolatie
Eengezins						
Wisch	1963	■	■	-	☒ ⁶	■
Gendt	1968	■	■	-	□	■
Aalten	1969	■ ¹	■	-	■	□
Den Bosch I	1969	☒ ¹	☒ ¹	-	■	■
Winterswijk	1972	■	■	-	■	■
Veldhoven	1973	■	■	-	□	■
Meergezins						
Schiedam	1953	■	■	□	■	■
Dordrecht	1959	■	■	□	☒	■ ²
Hengelo	1959	■	■	□	■	■
Maastricht	1959	■	■	□	□	■
Goes	1960	■	■	□	■	■
Utrecht II	1960	☒ ¹	☒ ¹	■	□	■
Hoom	1962	■	■	■	■	■
Kampen	1963	■	■	□	☒ ⁷	■
Den Bosch II	1965	■	■	□	☒	■
Amsterdam	1965	■	■	□	□	■
Hoogeveen	1965/1968	☒ ¹	■ ¹	■	■ ²	■ ²
Amsterrade	1973	□	■	□	■	■
Landgraaf I	1973	☒ ¹	■ ²	□	☒ ⁸	■
Hoogbouw						
Utrecht I	1966	☒ ⁴	□	□	□	□
Landgraaf II	1973	☒ ⁵	■	□	■ ²	■

■ = isolatie aangebracht	1) was al gedeeltelijk geïsoleerd	5) alleen borstwering + pui + spouw souterrain
☒ = isolatie toegevoegd	2) reeds geïsoleerd	6) alleen woonkamers
□ = geen isolatie	3) alleen isolatie borstwering	7) 25 mm isolatie naar berging
	4) alleen sandwichpaneel voor radiatoren	8) gedeelte vloer boven berging + kruipruimte

De maatregelen zijn onderverdeeld naar maatregelen die de transmissieverliezen beperken, maatregelen die de ventilatieverliezen beperken en maatregelen gericht op rendementsverbetering van de verwarmingsinstallatie.

Energie centraal

In het kader van het E'novatieprogramma zijn reeds vier themabrochures verschenen. De eerste gaat over gevels, de tweede over vloeren en daken, de derde over installaties en de vierde over bewoners. Deze vijfde themabrochure over energie sluit de reeks af.

Energiebesparing is het uiteindelijke doel van het E'novatieprogramma. Er is uitgebreid

gerekend en gemeten aan energiegebruiken en eigenschappen van de woning die dat energiegebruik kunnen beïnvloeden. In alle projecten is volgens een afgesproken procedure, een energetische evaluatie uitgevoerd, om de prestaties te meten en te toetsen aan de eisen. De resultaten van de evaluaties bieden een schat aan informatie over het berekenen en toetsen van de energetische prestaties bij renovatie. Deze evaluaties liggen ten grondslag aan deze laatste themabrochure.

Prestatie-eisen zijn basis

De financiële steun van de overheid aan de sociale huursector neemt af. Corporaties krijgen meer vrijheid in het vaststellen van de huren.

Energiebesparende maatregelen E'novatieprojecten							
	bouwjaar	beglazing			ventilatie		verwarming
		dubbelglas	glasoppervlak verkleind	serre/vliesgevel	kierdichting	warmterugwinning	nieuwe ketel
Eengezins							
Wisch	1963	•	•		•		HR
Gendt	1968	•					VR
Aalten	1969	•	•				VR
Den Bosch I	1969	•			•	•	VR
Winterswijk	1972	•					VR
Veldhoven	1973	•	•		•	•	VR
Meergezins							
Schiedam	1953	• ¹	•	•	•	• ¹	VR
Dordrecht	1959	•			•		VR
Hengelo	1959	•	•		• ²	•	Viking
Maastricht	1959	• ¹		•		•	VR
Goes	1960	•	•		• ²		VR
Utrecht II	1960	•				• ¹	VR
Hoorn	1962	•					VR
Kampen	1963	•	•				VR
Den Bosch II	1965	• ¹					VR
Amsterdam	1965	• ¹		•	•		VR
Hoogeveen	1965/1968		•		•		VR
Amstelveen	1973	• ¹		•		•	HR+VRcoll
Landgraaf I	1973						VR
Hoogbouw							
Utrecht I	1966	•	•		•		SV
Landgraaf II	1973	• ¹		•			HR+VRcoll

1) in gedeelte van de woningen
 2) ventilatiekanalen vernieuwd
 3) HR-glas

VR = combiketel VR
 VR coll = collectieve installatie VR
 HR = combiketel HR
 SV = stadsverwarming

Corporaties worden mede daardoor gedwongen een marktgerichter exploitatiebeleid te voeren en beter te kijken naar de opbouw van hun woningvoorraad en de wensen van bewoners. Een huurwoning is immers een produkt, waarvoor ook wetten van vraag en aanbod gelden. De verhouding tussen kosten en kwaliteit van een woning wordt steeds belangrijker.

De E'novatie-aanpak past bij de sociale doelstelling van corporaties. Het aanbieden van betaalbare woonruimte gaat samen met een maatschappelijke doelstelling gericht op energiebesparing en milieubehoud. Een energiezuinige woning levert immers ook de bewoner een aantal duidelijke voordelen. Lagere woonlasten is het meest in het oog springende voordeel, maar energetische maatregelen kunnen ook het comfort verhogen, vochtproblemen verhelpen en het binnenmilieu verbeteren.

Eisen aan de kwaliteit van een woning worden enerzijds in het Bouwbesluit vastgelegd, anderzijds formuleren corporaties steeds vaker zelf kwaliteitsdoelstellingen. Bij renovatie komt dit nog niet zo vaak voor, terwijl juist dáár vaak forse kwaliteitsverbeteringen aan de orde zijn. Het E'novatieprogramma biedt op dit punt interessante resultaten: bij 21 renovatieprojecten is gewerkt met kwaliteitsdoelstellingen ten aanzien van aspecten die niet expliciet in het Bouwbesluit worden geregeld. Dat is gebeurd in de vorm van prestatie-eisen ten aanzien van het energiegebruik en de kwaliteit van het binnenmilieu. In de planfase zijn de prestatie-eisen gebruikt om een onderbouwd maatregelenpakket te kiezen. Tijdens en na de uitvoering is de gerealiseerde kwaliteit getoetst aan de gestelde eisen. De kwaliteit van de gerealiseerde projecten werd hierdoor beter controleerbaar en beheersbaar.

De kwaliteit in de E'novatieprojecten nam in de meeste gevallen flink toe. De kosten-kwaliteit-verhouding na renovatie was vaak gunstiger dan voorheen. Dat maakt de gevolgde werkwijze bij E'novatie tot een exponent van marktgericht voorraadbeheer.

Werkwijze E'novatie bruikbaar

De gevolgde werkwijze in de E'novatieprojecten is in het schema op de volgende bladzijde weergegeven. Deze aanpak op basis van prestatie-eisen ten aanzien van energie en binnenmilieu kunnen corporaties gebruiken om beslissingen ten aanzien van groot onderhoud en renovatie beter te onderbouwen.

De aanpak start met het in kaart brengen van de energetische prestaties in de bestaande situatie. De energetische prestaties vormen samen met andere prestaties en bijvoorbeeld beleidsdoelstellingen de basis voor de besluitvorming: is een grondige renovatie van het complex vereist of niet? Een vergelijking van de energetische prestaties met kentallen (zie bladzijde 18 en 19) geeft een indicatie van de noodzaak tot maatregelen. Als er besloten wordt geen actie te ondernemen is er in ieder geval een duidelijk beeld van de prestaties van het complex.

Wanneer verbetering van de prestaties wel gewenst is, worden planvarianten ontwikkeld die op hun prestaties worden bekeken. Om de energetische prestaties van die varianten te kennen, zijn energieberekeningen nodig. Op grond van de rekenresultaten kan een variant worden gekozen. Het is dan duidelijk welke energetische kwaliteit wordt nagestreefd. Om de beoogde kwaliteit ook te bereiken is een goede kwaliteitszorg tijdens de uitvoering belangrijk. Op die manier worden woningen gerealiseerd die aan de gestelde prestatie-eisen voldoen: de energetische kwaliteit is meetbaar en beheersbaar.

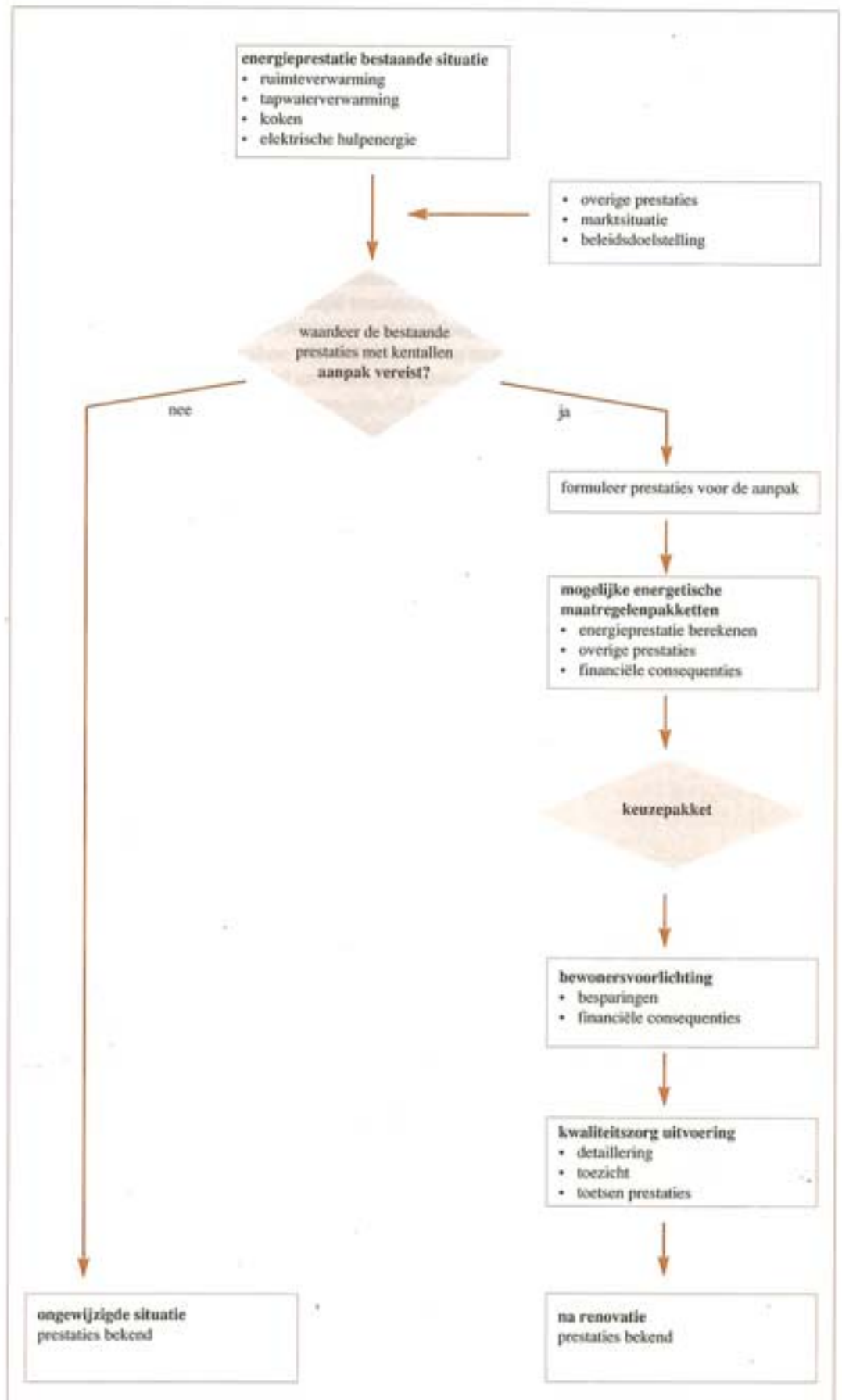
Deze brochure behandelt de verschillende stappen uit dit proces, zodat corporaties zelf in staat zijn de besluitvorming ten aanzien van renovatie te onderbouwen.

Energie kan op verschillende manieren worden geleverd: als aardgas, elektriciteit, zon of olie. De hoeveelheid energie kan worden uitgedrukt in eenheden als Gigajoules (GJ) of in kilowattuur (kWh). Voor omrekening van GJ en kWh naar bijvoorbeeld kubieke meters aardgas is het installatierendement van belang. In de tabel is aangegeven hoe energiehoeveelheden kunnen worden omgerekend van de ene naar de andere grootheid.

omrekening ¹⁾	jaarverbruikrendement verwarmingsinstallatie ²⁾			
	60%	70%	80%	90%
1 GJ = 10 ⁹ J =	47,6 m ³ aeq	40,8 m ³ aeq	35,7 m ³ aeq	31,7 m ³ aeq
1000 kWh =	171,4 m ³ aeq	146,9 m ³ aeq	128,5 m ³ aeq	114,1 m ³ aeq
100 m ³ aardgas =	583 kWh	681 kWh	778 kWh	876 kWh
100 m ³ aardgas =	2,10 GJ	2,45 GJ	2,80 GJ	3,15 GJ

1) 1 kWh = 3,6 x 10⁶ J = 3,6 MJ = 0,0036 GJ
1 GJ = 277,8 kWh

2) De verbrandingswaarde van aardgas is gesteld op 35 x 10⁶ J/m³. Dit is de bovenwaarde, d.w.z. dat naast de bij verbranding vrijkomende warmte ook de condensatiewarmte wordt meegeteld.



Besparingen en ervaringen de maatregelen en hun effecten

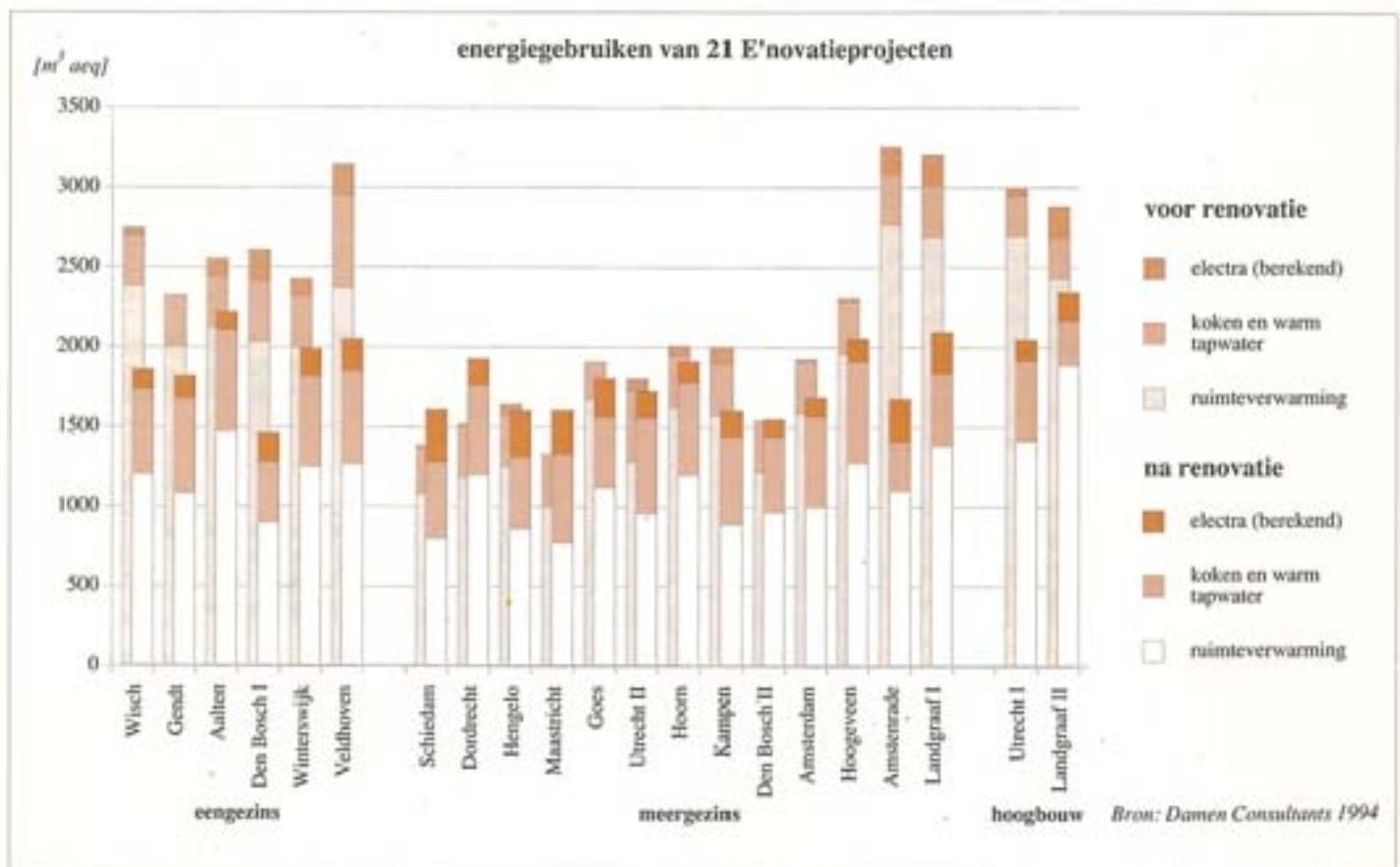
Aantonen dat woningverbetering en energiebesparing goed samengaan, zo luidde de doelstelling van het E'novatieprogramma. Een gezond binnenmilieu was daarbij een randvoorwaarde. De omvang van de renovatie varieerde uiteraard per project en hing sterk samen met de uitgangskwaliteit. In de meeste gevallen is echter een grondige renovatie met aanpak van woningschil en installaties uitgevoerd. Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de toegepaste maatregelen en de gerealiseerde besparingen in de E'novatieprojecten. Het stellen van prestatie-eisen ten aanzien van energiebesparing en binnenmilieu heeft hier een belangrijke bijdrage aan geleverd.

Het E'novatieprogramma is succesvol geweest. Voor de 21 projecten met bijna 3000 woningen is een energiebesparing op ruimteverwarming bereikt van gemiddeld 40%. Dit ondanks het feit dat een aantal projecten van lokale verwarming naar CV zijn overgegaan. De toename van het comfort en de verbetering van het binnenmilieu zorgt in dergelijke projecten vaak voor een toename van het energiegebruik voor ruimteverwarming. (zie figuur pagina 8)

De hoeveelheid benodigde energie voor warmtapwater is door de comfortabeler warmwatertoestellen fors toegenomen en wel met 53%. De elektrische hulpenergie voor de installaties is toegenomen van gemiddeld 230 tot 560 kWh. Deze verdubbeling is met name

toe te schrijven aan het toepassen van mechanische ventilatie. Gerekend in primair energiegebruik komt dit neer op een toename van 80 tot 180 m³ aardgas.

Het totale primaire energiegebruik (ruimteverwarming, warm water, koken en hulpenergie) in de E'novatieprojecten is met 20% verminderd. Dit is beoordeeld ten opzichte van de oude situatie (veelal keukengeisers, soms lokale verwarming en vaak natuurlijke ventilatie). Enerzijds maakt dit duidelijk dat elektrische hulpenergie en besparing op (warm) waterverbruik in de toekomst meer aandacht verdienen. Anderzijds is een stijging van het energiegebruik door een verhoogde voorzieningenstandaard in woningcomplexen onafwendbaar en zal een hoge inzet ten aanzien van besparingsdoelstellingen nodig zijn om het energiegebruik werkelijk te doen afnemen. Het E'novatieprogramma levert in dit opzicht een goed voorbeeld van 21 woningcomplexen waar in de komende 15 tot 25 jaar het energiegebruik daadwerkelijk lager zal zijn dan voor de ingrepen, terwijl het comfort sterk is verbeterd.



$$0,04 = 0,3304$$

Eenduidig en toetsbaar

De keuze voor groot onderhoud of een grondige renovatie is niet eenvoudig. Prestatie-eisen ten aanzien van energiegebruik en de kwaliteit van het binnenmilieu kunnen een hulpmiddel zijn bij de planvorming. Aan de hand hiervan wordt al snel duidelijk welke maatregelen nodig zijn om deze prestaties te verwezenlijken.

In de E'novatieprojecten is ervaring opgedaan met het formuleren van prestatie-eisen ten aanzien van energiegebruik en binnenmilieu-kwaliteit. Voorafgaand aan de renovatie werden

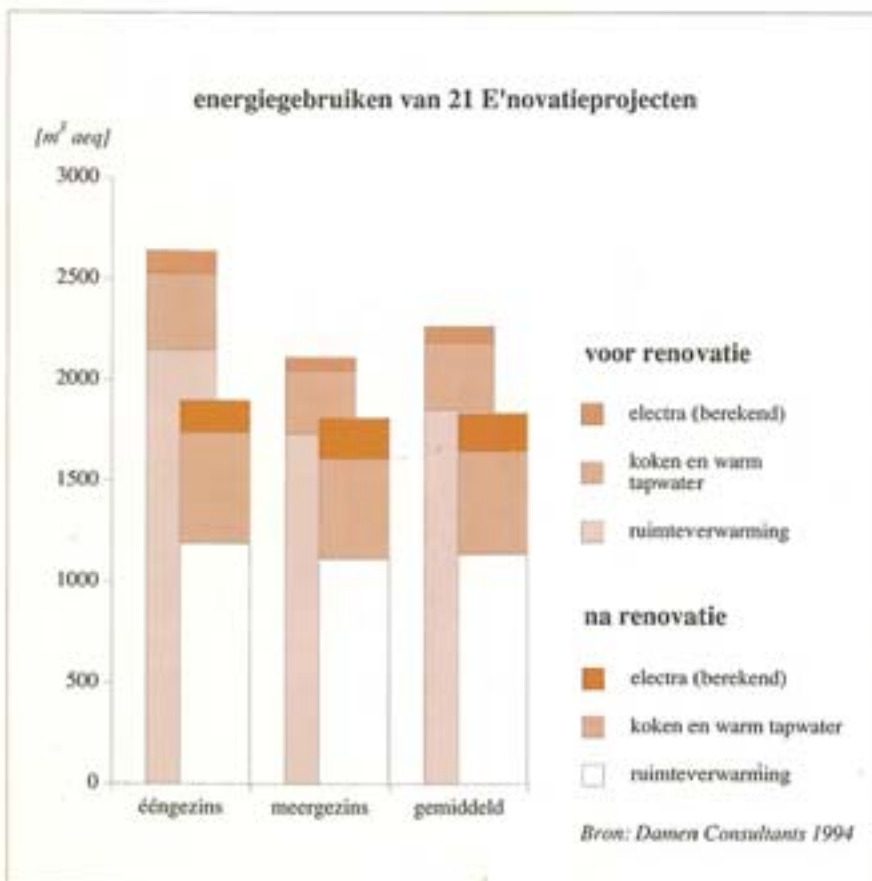
eisen geformuleerd, die in een voorstudie in een aantal planvarianten zijn omgezet. Door de energetische prestaties van de varianten te berekenen werd een weloverwogen keuze mogelijk. Voor iedere variant werden naast de prestaties de investering, de onderhoudskosten en de benodigde huurverhoging berekend, zodat ook op financieel terrein een afweging mogelijk was.

Prestatie-eisen zijn pas bruikbaar als ze eenduidig en toetsbaar zijn. In de E'novatie-praktijk is de volgende werkwijze gehanteerd:

- formuleren prestatie-eisen: in kaart brengen van de huidige en de gewenste prestaties
- eisen vertalen in maatregelen: opstellen van planvarianten met bijbehorend prestatie- en kostenniveau
- aanpak kiezen en uitvoeren
- controleren van de kwaliteit tijdens de uitvoering en na de oplevering
- evalueren: gerealiseerde prestaties meten en afzetten tegen de eisen.

Uiteraard verschilde de aanpak voor de afzonderlijke E'novatieprojecten. De uitgangskwaliteit van de projecten verschilde, maar ook

energiegebruik (primair) gemiddeld in m ³ aeq		
	vóór renovatie	na renovatie
a Alle complexen		
ruimteverwarming	1853	1138
warmtapwater & koken	333	512
elektrische hulpenergie	77	186
b Eengezinscomplexen		
ruimteverwarming	2150	1192
warmtapwater & koken	378	550
elektrische hulpenergie	110	156
c Meergezinscomplexen		
ruimteverwarming	1734	1117
warmtapwater & koken	315	496
elektrische hulpenergie	64	198



Energiegebruik E'novatie:

besparing gerelateerd aan het woningtype

Het terugdringen van het energiegebruik was één van de hoofddoelen bij E'novatie. In de figuur hiernaast is het energiegebruik per woning weergegeven als gemiddelde voor de E'novatieprojecten en onderscheiden naar het woningtype: meergezins- en eengezinsprojecten.

Vooral de categorie ruimteverwarming valt op door het verschil tussen eengezins- en meergezinswoningen. Dit komt voornamelijk door het grotere schiloppervlak dat een hoger energiegebruik veroorzaakt bij eengezinswoningen. Bij isolatie is de besparing dan ook groter voor eengezinswoningen. Na renovatie zijn de verschillen gering. De eengezinswoningen zijn aanzienlijk verbeterd niet alleen door isolatiepakketten, maar ook door kierdichtingsmaatregelen.

de hoogte van de investering speelde een belangrijke rol. De benodigde maatregelen in relatie tot de prestatie-eisen moeten voor elke situatie worden afgewogen. Wel is het mogelijk de algemene energetische effecten van een aantal maatregelen aan te geven. De belangrijkste planonderdelen, de bouwkundige maatregelen en de installaties, worden hierna besproken op hun energetische aspecten. Andere aspecten zijn in de eerder verschenen themabrochures 'Gevels', 'Vloeren en daken' en 'Installaties' uitgebreid behandeld.

Bouwkundige maatregelen

Bouwkundige maatregelen zijn er in soorten en maten. Vanuit energetisch oogpunt echter is een driedeling te maken:

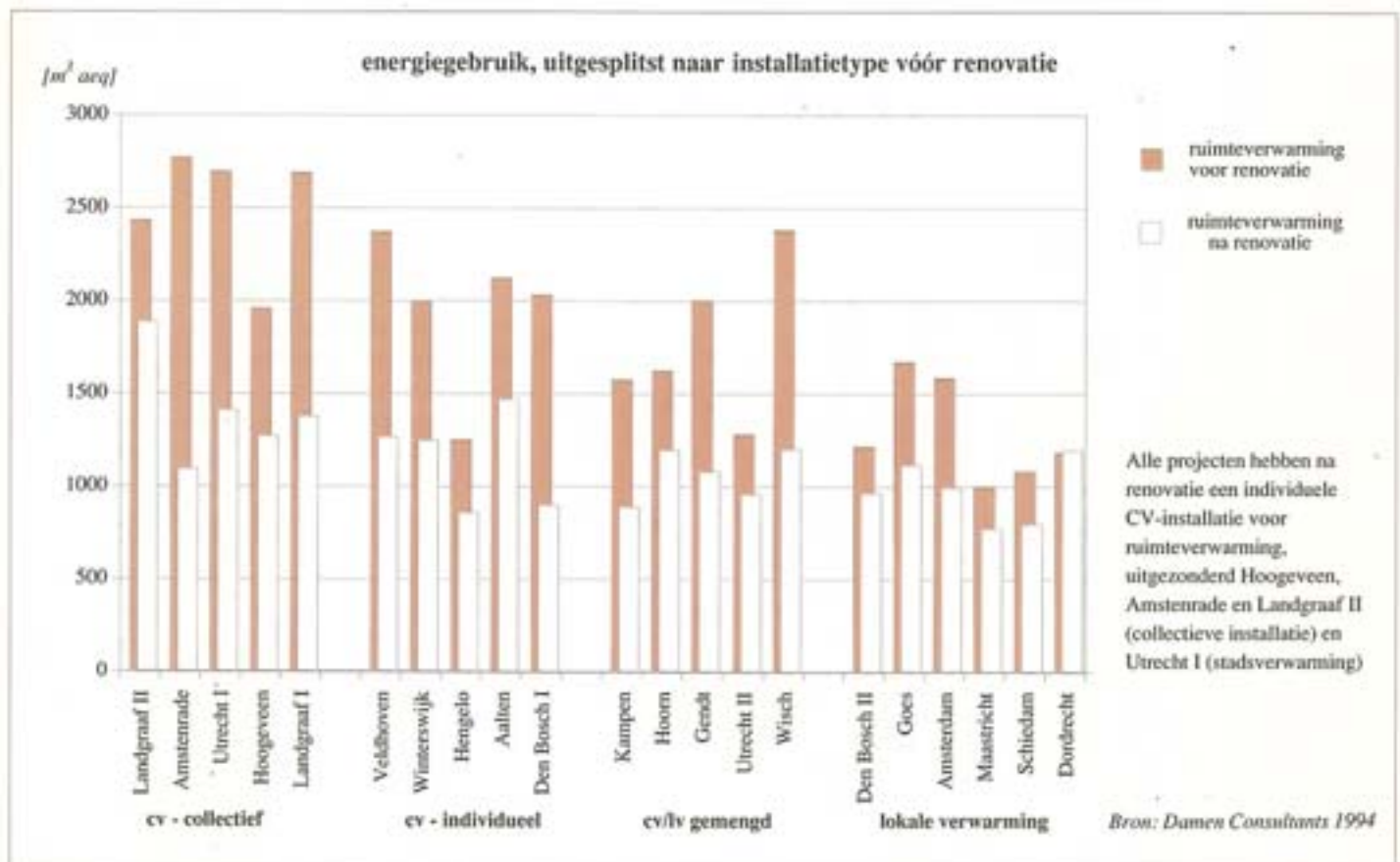
- isolatie van gevels, vloeren en daken
- verkleining en isolatie van ramen
- verbeteren van de luchtdichtheid

gevels, vloeren en daken

Vanuit energiebesparingsoogpunt zijn maatregelen aan gesloten schildelen belangrijk omdat ze de transmissieverliezen beperken. Door te isoleren verlaat minder warmte de

woning via vloer, gevel of dak, waardoor er minder bijgestookt hoeft te worden. Om transmissieverliezen te beperken maakt het in principe niet uit waar de isolatie zit: aan de binnenzijde van de schil, op de buitengevel of in de spouw. Wel zijn er twee energetische aspecten die aandacht behoeven bij de plaatskeuze. Ten eerste kunnen door de plaatskeuze beperkingen optreden met betrekking tot de isolatiedikte: de spouwbreedte is bijvoorbeeld beperkt. Ten tweede kunnen bestaande koudebruggen worden verhevigd of nieuwe koudebruggen worden geïntroduceerd. Dit laatste treedt vooral op bij binnengevelisolatie, vandaar dat deze methode in de E'novatieprojecten niet bij gevels is toegepast. Binnenisolatie bij hellende daken is wel gebruikelijk. Omdat het hier houten constructies betreft speelt het koudebruggenverhaal niet. Wel moet een dampremmende laag aan de warme zijde van het isolatiemateriaal worden aangebracht.

Naast de plaats is de dikte van de isolatielaag een belangrijk criterium. Bij renovatie is het zinvol te streven naar het niveau van warmteverstand dat voor nieuwbouw vereist is, te weten $2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.



In de praktijk komt het er meestal op neer het isolatiepakket zo dik mogelijk te kiezen tot er een kostensprong ontstaat. Een voorbeeld: in een aantal projecten was dakisolatie tot 8 cm mogelijk zonder extra maatregelen. Bij een dikker isolatiepakket moest de dakrand worden verhoogd. Dan ligt het voor de hand inderdaad die 8 cm (zo hoog mogelijk) te kiezen. Een isolatiepakket van 10 cm is in verband met de kosten voor de dakrandverhoging af te raden.

ramen

Transparante schildelen, ramen en glazen deuren, hebben twee energetische effecten. Enerzijds treden via het glas transmissieverliezen op, anderzijds is er een bijdrage van zonne-energie door de ramen. Een maat voor de transmissieverliezen is de U-waarde van de glasconstructie, terwijl de zontoetreding wordt gekarakteriseerd door de zontoetredingsfactor: de ZTA-waarde. De ZTA-waarde geeft aan welk deel van de zonne-energie ook daadwerkelijk in de woning terecht komt. Voor een aantal glasconstructies zijn de transmissieverliezen en zonbijdragen uitgezet in de tabel hiernaast. Uit de tabel blijkt dat ondanks het feit dat glasconstructies slecht isoleren, de zonbijdrage vooral bij de beter isolerende glassoorten in een positieve bijdrage resulteert. Een waarschuwing voor de zomer-situatie is echter op zijn plaats. Te grote glasvlakken op het zuiden en westen kunnen leiden tot oververhitting. Voldoende te openen delen zijn dus onmisbaar.


Energiebalans ramen per glasconstructie en oriëntatie *


	U-waarde	ZTA**	T	zuid		oost/west		noord	
				Z	S	Z	S	Z	S
enkel glas	5,7	0,64	350	280	-70	190	-160	130	-220
dubbel glas	3,2	0,56	200	250	50	170	-30	110	-90
HR-glas	< 2,0	0,50	120	220	100	150	30	100	-20


T= transmissieverlies [kWh per m²]
 Z= zonbijdrage [kWh per m²]
 S= saldo T-Z [kWh per m²]


* In de tabel genoemde waarden zijn indicatief. Produktspecifieke waarden zijn bij de leverancier te verkrijgen en kunnen afwijken van bovenstaande waarden

** Hierbij is rekening gehouden met een ZTA-reductie van 20% als gevolg van vervuiling en vitrage

1.  Ongeïsoleerd paneel
 $R_c = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energieverlies is ca. 50 m³ gas per m² opp.

2.  Paneel + 40 mm minerale wol
 $R_c = 1,005 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energieverlies is ca. 7,5 m³ gas per m² opp.
 Besparing t.o.v. 1: 42,5 m³ gas per m² opp.

3.  Paneel + 2 x 40 mm minerale wol
 $R_c = 2,005 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $U = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energieverlies is ca. 4 m³ gas per m² opp.
 Besparing t.o.v. 2: 3,5 m³ gas per m² opp.

4.  Paneel + 3 x 40 mm minerale wol
 $R_c = 3,005 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energieverlies is ca. 2,8 m³ gas per m² opp.
 Besparing t.o.v. 3: 0,7 m³ gas per m² opp.

Isolatie-dikte:

het effect van de afnemende meeropbrengst

De dikte van de isolatielaag is een belangrijk criterium. Hoe meer, hoe beter lijkt een logische redenatie. Dit principe blijkt echter niet helemaal op te gaan. Het effect van de verminderde meeropbrengst treedt namelijk bij een toenemende isolatiedikte in werking. Hiernaast wordt dit duidelijk aan de hand van een fictief voorbeeld met 4 varianten. Variant 1 betreft een ongeïsoleerd paneel, bij de varianten 2, 3 en 4 wordt telkens een laag minerale wol van 40 mm toegevoegd. In de eerste variant treedt een energieverlies op van circa 50 m³ aardgas per m², ten gevolge van transmissie. In variant 2, met 40 mm minerale wol wordt dit verlies beperkt tot 7,5 m³ gas/m². Een forse besparing dus van 42,5 m³ gas/m². Wordt echter de isolatiedikte verdubbeld tot 80 mm, dan is de besparing ten gevolge van die extra isolatie nog maar 3,5 m³ gas/m² ten opzichte van variant 2. Bij een isolatiedikte van 120 mm is de besparing ten opzichte van variant 3 met 80 mm nog slechts 0,7 m³ gas/m². De additionele besparing wordt dus telkens kleiner. Bovendien is uit ervaringen gebleken, dat er een kostensprong optreedt bij een isolatiedikte van circa 80 mm.

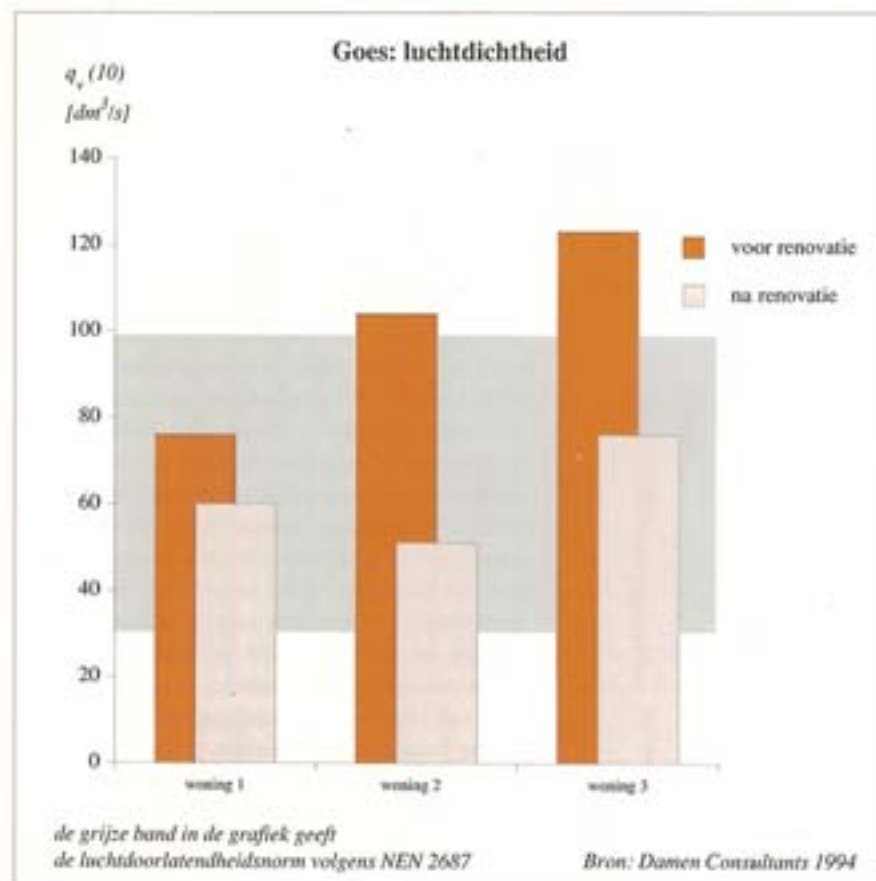
Verbeteren van de luchtdichtheid

Maatregelen gericht op het verbeteren van de luchtdichtheid beperken de ventilatieverliezen. Ongewenste ventilatie treedt op via kieren en naden. In vrijwel alle projecten zijn maatregelen genomen die kierdichting tot doel dan wel als gevolg hadden. Er zijn echter niveaoverschillen in de maatregelen. Bij een zorgvuldige kozijnvervanging en bij buitengevelisolatie vindt tegelijkertijd kierdichting plaats. Maar zoals blijkt uit de maatregelentabel op pagina twee en drie zijn in een aantal projecten doelbewust maatregelen ten aanzien van kierdichting uitgevoerd om overbodige ventilatieverliezen te voorkomen. Daarnaast zijn als gevolg van controles op de uitvoering en metingen in een aantal projecten extra maatregelen getroffen om de luchtdichtheid van de woning te verbeteren.

NEN 2687 stelt prestatie-eisen gekoppeld aan het toegepaste ventilatiesysteem en het volume van de woning. Wanneer de ventilatie-lucht mechanisch wordt toegevoerd, valt een woning in klasse 2, anders in klasse 1. Binnen de klassen is de eis nog afhankelijk van de bruto inhoud van de woning (V in m^3).

NEN 2687: maximaal toegestane luchtdoorlatendheid (q_{v10} -waarde in dm^3/s)

	$V \leq 250$	$250 < V \leq 500$	$V > 500$
klasse 1: natuurlijke toevoer	100	150	200
klasse 2: mechanische toevoer	50	80	80



de prestatie-eisen

De luchtdoorlatendheid geeft het luchtdebiet aan in liters per seconde door de omhulling van de woning, bij een drukverschil tussen binnen en buiten van 10 Pascal. Hierbij zijn de ventilatie-openingen gesloten. De luchtdoorlatendheid wordt ook wel de q_{v10} -waarde genoemd en wordt uitgedrukt in dm^3/s . In de regelgeving worden eisen gesteld aan de luchtdoorlatendheid van een woning. Het huidige Bouwbesluit eist een maximale luchtdoorlatendheid van $200 dm^3/s$ voor een gemiddelde woning, ongeacht het woningtype. Het Bouwbesluit was echter nog niet van kracht ten tijde van het E'novatieprogramma. De eisen voor de E'novatieprojecten zijn ontleend aan NEN 2687 en zijn beduidend strenger dan het Bouwbesluit, met name voor woningen met gebalanceerde ventilatie.

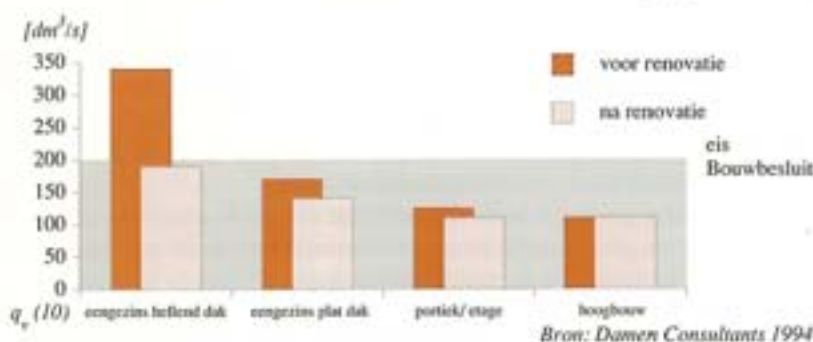
de metingen

In de E'novatieprojecten is de luchtdichtheid van de woningen vóór en ná renovatie gemeten in circa 5 woningen per project. De resultaten daarvan zijn weergegeven in de figuur op pagina 11. Door de omvang van het meetprogramma en de spreiding over woningtypen

Goes: luchtdichtheid verbeterd door aanpak woning-schil

De hoge mutatiegraad was de aanleiding voor de grondige aanpak van 64 portiek-etagewoningen aan de Rembrandtlaan in Goes. Slechte isolatie, koudebruggen in de gevel, onvoldoende ventilatie en het ontbreken van CV vormden de belangrijkste gebreken. De bewoners klaagden over het matige comfort. Renovatie moest de klachten over vocht, condens en tocht terugdringen. De luchtdoorlatendheid is één van de parameters die in E'novatieprojecten is gemeten om vast te stellen of de doelstellingen zijn gerealiseerd. Metingen laten zien dat de luchtdichtheid van de schil is verbeterd na het aanbrengen van de buitengevelisolatie en nieuwe kunststof kozijnen met dubbele tochtwering. De figuur geeft de gemeten waarden weer voor drie woningen vóór en ná de renovatie. Aan de verbeterde woningen werd de eis gesteld dat de luchtdichtheid moest liggen tussen 30 en $100 dm^3/s$ bij een drukverschil van 10 Pa over de schil. Deze prestatie-eis wordt na de verbetering ruimschoots gehaald: de luchtdoorlatendheid daalde van gemiddeld 94 tot $63 dm^3/s$.

luchtdoorlatendheid als functie van het woningtype



Uit de luchtdoorlatendheidsmetingen valt het verschil op tussen één en meergezinswoningen. Met name de woningen waarin een houten hellend dak is toegepast, verdienen extra aandacht. Behalve het woningtype is de aard van de bouwdeelen en de onderlinge aansluitingen van invloed op de luchtdoorlatendheid.

geven deze cijfers een redelijk representatief beeld van de naoorlogse sociale woningbouw (1945-1968). Gemiddeld over alle gemeten woningen is de $q_v(10)$ -waarde gedaald van 149 dm^3/s in de oude situatie naar 107 dm^3/s voor de gerenoveerde woningen. Een verbetering van 28%. Maar de spreiding in de cijfers is groot. Vóór E'novatie variëren de gemeten waarden van 16 tot 463 dm^3/s en ná E'novatie van 27 tot 341 dm^3/s . Zowel vóór als ná renovatie voldoet 42% van de gemeten woningen niet aan de eisen conform NEN 2687. Dit komt ook omdat eenderde van de

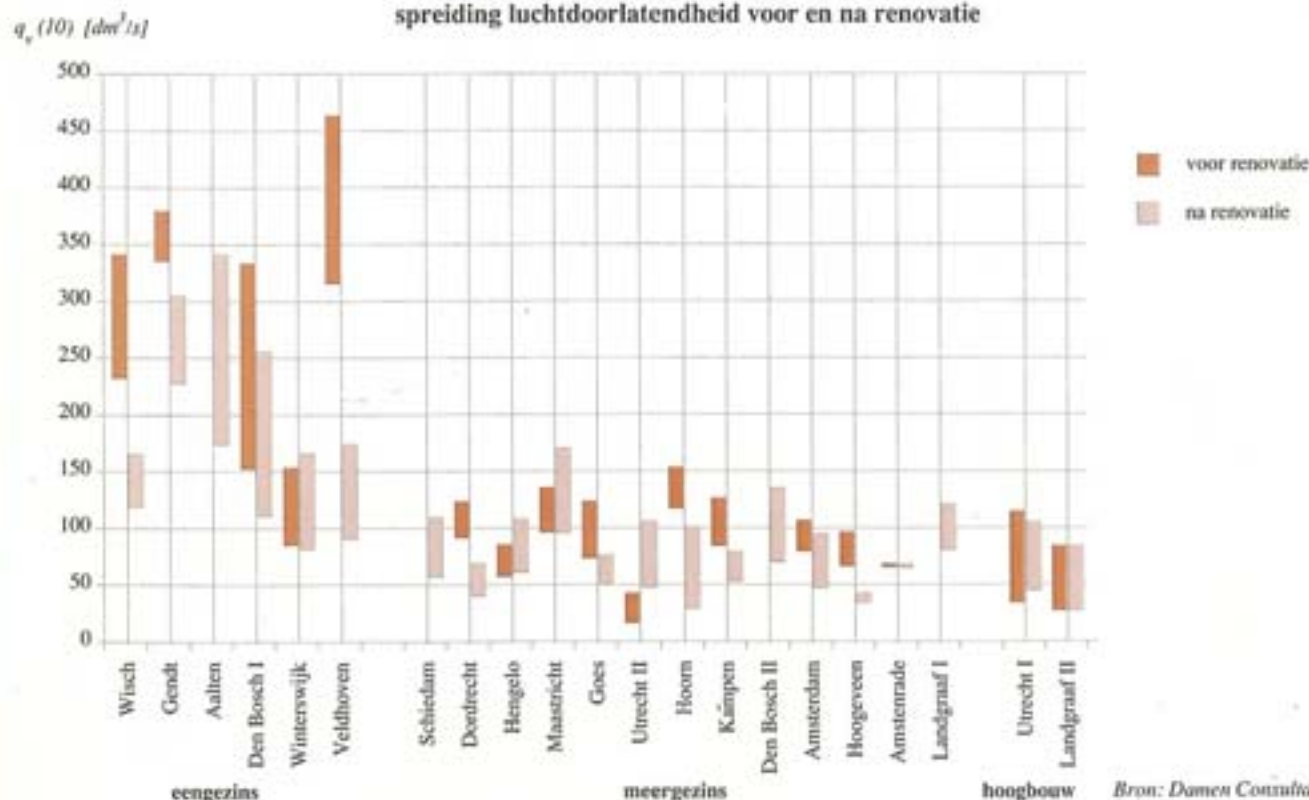
complexen na E'novatie gebalanceerd wordt geventileerd en daardoor aan strenge eisen moet voldoen. De gemiddelde overschrijding van de woningen die niet voldoen, is vóór renovatie 93% en ná renovatie 72%.

De E'novatiepraktijk laat zien dat de eis uit het Bouwbesluit voor een gemiddelde woning geen zwaar criterium is. Zowel in de ongerenoveerde als gerenoveerde situatie voldoen de meeste woningen aan deze eis. De waarden in onderstaande figuur, die boven de Bouwbesluit-eis liggen, zijn gemeten in de complexen Veldhoven, Gendt en Wisch; alle eengezinswoningen met een hellend dak. Het vierde E'novatiecomplex van dit type -Aalten- is in oude toestand niet gemeten. Alhoewel het Bouwbesluit voor de E'novatiecomplexen zoals gezegd niet gold, wordt uit de vergelijking wel duidelijk dat de Bouwbesluit-eis ten aanzien van luchtdoorlatendheid slechts extreme situaties voorkomt.

effect op het energiegebruik

Luchtdoorlatendheidsmetingen kunnen worden gebruikt als instrument om prestaties ten aanzien van energiegebruik en binnenmilieu te

spreiding luchtdoorlatendheid voor en na renovatie



meten. De NEN 2687 geeft een aantal eenvoudige rekenformules om het effect van de luchtdoorlatendheid op het energiegebruik te becijferen. Hiervoor dient de totale luchtuitwisseling van de woning te worden beschouwd, omdat er een duidelijke relatie bestaat tussen het ventilatiesysteem en de luchtuitwisseling via kieren en naden.

Er zijn drie ventilatiesystemen te onderscheiden:

- natuurlijke toe- en afvoer

Het energieverlies wordt volledig bepaald door luchtuitwisseling via kieren en naden en het gebruik door bewoners van ventilatievoorzieningen (roosters, kleppen en ramen)

- natuurlijke toe- en mechanische afvoer

Omdat de woning door het mechanisch systeem op onderdruk wordt gebracht, wordt het grootste deel van de luchtuitwisseling via kieren en naden gebruikt als toevoerlucht voor het mechanisch systeem, naast de lucht die via de toevoeropeningen (klepramen en luchtroosters) binnenkomt. De luchtuitwisseling via kieren en naden maakt daarom onderdeel uit van de noodzakelijke ventilatieverliezen. Pas wanneer de woning zo luchtlek is dat

additionele dwarsventilatie optreedt, levert dit een extra energieverlies op. Bij een luchtdoorlatendheid kleiner dan 200 dm³/s speelt dit niet noemenswaardig.

Door de onderdruk bij dit ventilatiesysteem hebben lekken in de begane-grondvloer boven een kruipruimte invloed op de kwaliteit van het binnenmilieu (vocht).

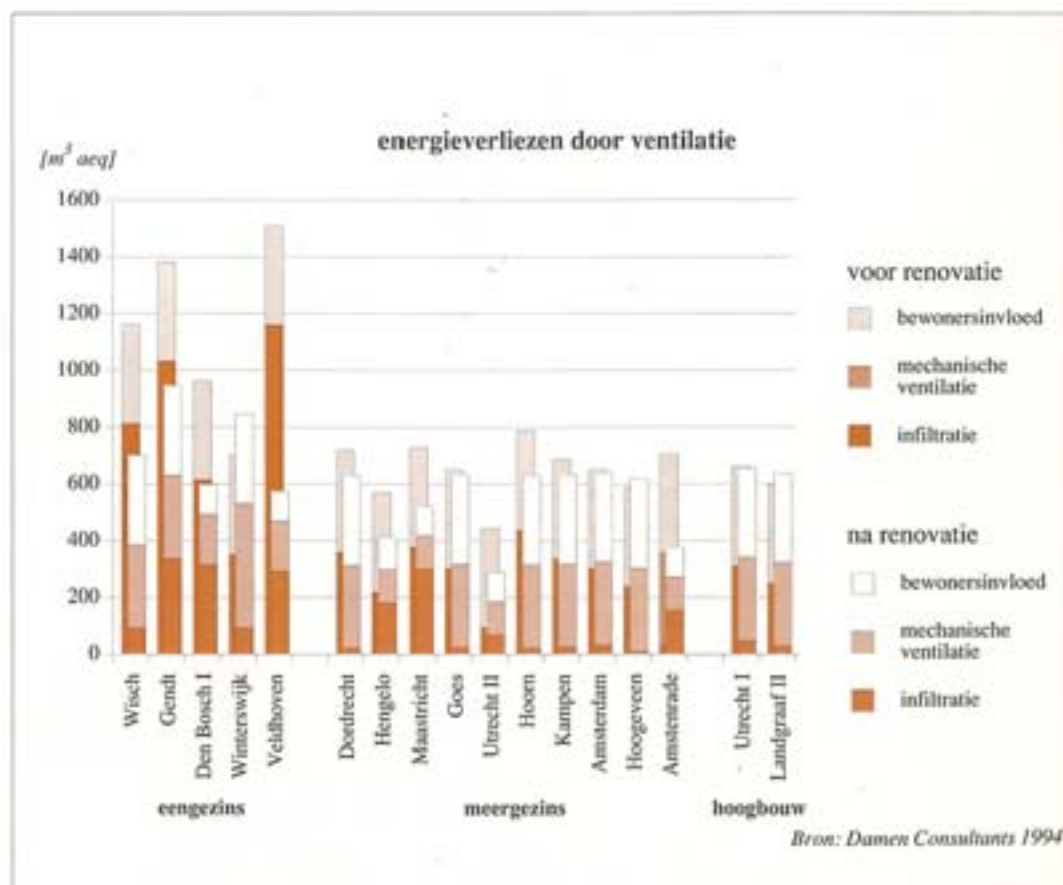
- mechanische toe- en mechanische afvoer

In zeven E'novatiecomplexen is gebalanceerde ventilatie toegepast. Omdat de hoeveelheid afgezogen lucht ook mechanisch wordt toegevoerd, leidt in dit systeem bijna alle luchtuitwisseling via de schil tot onnodig extra energieverlies. De strengere eisen zoals genoemd in de tabel op blz. 10 (NEN 2687) zijn aan te bevelen.

Wanneer een woning wordt uitgerust met mechanische afzuiging werkt de luchtdoorlatendheid alleen bij qv10-waarden hoger dan 200 dm³/s nadelig op het energiegebruik. Bij de E'novatieprojecten kwamen dergelijke hoge qv10-waarden uitsluitend voor bij eengezinswoningen met een hellend dak. Voor andere ventilatiesystemen (natuurlijk of gebalanceerd) is het altijd van belang de

Energieverlies ten gevolge van ventilatie

De luchtuitwisseling in een woning heeft invloed op het energiegebruik. Het energieverlies ten gevolge van ventilatie kan worden berekend met behulp van NEN 2687 en uitgedrukt in m³ aardgasequivalenten. Dit geeft aan hoeveel gestookt zou moeten worden om het ventilatieverlies te dekken. In de figuur hiernaast is het resultaat daarvan weergegeven voor de E'novatieprojecten, uitgaande van een gemiddeld stookseizoen. De volgende categorieën zijn onderscheiden: infiltratie (luchtuitwisseling via kieren en naden), mechanische ventilatie en bewonersinvloed. Slechts in enkele complexen nemen de totale verliezen door ventilatie toe. Dit betreft woningen waarin de ventilatie in de oude situatie overantwoord laag was, dan wel in de nieuwe situatie te veel wordt afgezogen. Gemiddeld over alle complexen neemt het gasverbruik ten gevolge van ventilatieverliezen af met ongeveer 185 m³ aeq op jaarbasis. Dit is 23% van het gasverbruik in de oude situatie.



luchtdoorlatendheid te verminderen als dit tegen redelijke kosten mogelijk is. Voorwaarde blijft dat er goede ventilatievoorzieningen aanwezig moeten zijn.

Installaties

De installaties in het E'novatieprogramma zijn uitgebreid beschreven in de themabrochure 'Installaties'. Daar wordt ingegaan op de installatietechnische maatregelen, de waardering door de bewoners en de aandachtspunten bij de uitvoering. Hier worden alleen de energetische aspecten van installaties besproken.

Verwarming

Vanuit energetisch oogpunt is het uiteraard aan te bevelen om te kiezen voor warmte-opwekking met een hoog rendement. Het jaargebruiksrendement van een verwarmingsinstallatie ligt lager dan het door de fabrikanten opgegeven ketelrendement omdat er leiding- en regelverliezen optreden. Voor Verbeterd Rendementketels (VR) ligt dit jaargebruiksrendement in de E'novatieprojecten op ca. 72%. Voor Hoog Rendementketels (HR) is dit 85%.

Ventilatiesystemen

In alle E'novatieprojecten is de ventilatie vernieuwd. In Veldhoven, Hengelo, Amstenrade, Den Bosch I, Utrecht II, Maastricht en Schiedam is gebalanceerde ventilatie met WTW aangebracht. In Hengelo en Schiedam zijn geïntegreerde toestellen toegepast die tevens in ruimte- en tapwaterverwarming voorzien. In de overige projecten is mechanische afzuiging geïnstalleerd. Om een energetische vergelijking tussen mechanische afzuigsystemen en gebalanceerde ventilatie met WTW te maken, is het van belang om ook de primaire hulpenergie voor de ventilatoren daarbij te betrekken. Wanneer mechanische afzuiging met één ventilator vergeleken wordt met gebalanceerde ventilatie met twee ventilatoren dan verbruikt het laatste systeem ongeveer 200 kWh elektrische energie extra, circa 60 m³ aeq.

Een ventilatiesysteem moet een bepaalde capaciteit leveren om de kwaliteit van het binnenmilieu te waarborgen. Het systeem moet echter niet te ruim ingeregeld zijn omdat hierdoor onnodig verlies optreedt.

Rendementen verwarmingsketels in %	waterzijdig vollaastrendement	jaargebruiks- rendement
1. conventioneel bouwjaar voor 1979	69	63
2. conventioneel bouwjaar na 1979	78	68
3. lokale verwarming	73 ¹⁾	65
4. moederhaard	79	70
5. verbeterd rendement	82	72
6. G'veg HR-keur	88	85

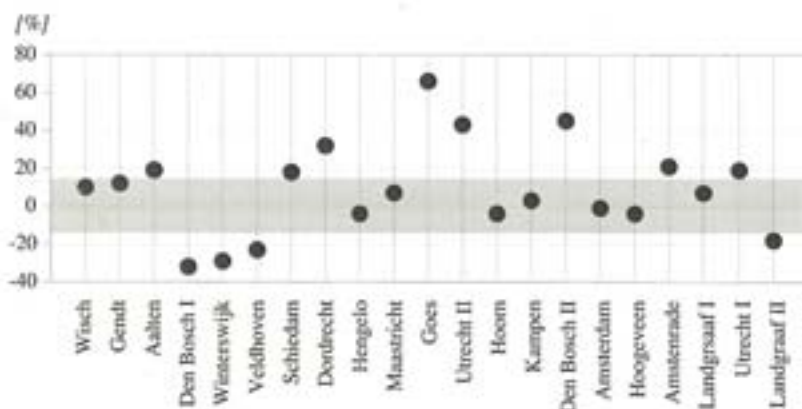
1) voor lokale verwarming is rookgaszijdig vollaastrendement gegeven



Rendement van CV-installaties

Het gebruiksrendement van een ketel is van belang om het uiteindelijk gasverbruik voor ruimteverwarming te kunnen bepalen. Het gebruiksrendement geeft de hoeveelheid warmte weer die uit de radiatoren komt ten opzichte van de hoeveelheid verbrand aardgas. Fabrikanten vermelden vaak het hogere ketelrendement. Het gebruiksrendement volgt uit een warmtebalans over de CV-installatie. Tijdens het branden van de ketel gaat warmte verloren door de schoorsteen en uit de ketel zelf door straling en convectie (= het ketelverlies). De resterende warmte wordt aan het CV-water afgegeven. Deze warmtestroom is de basis voor het waterzijdig vollaastrendement. Er treden echter ook stilstandsverliezen op door wisseling in de warmtevraag: de warmteafgifte wordt dan aangeduid met het waterzijdig deellaastrendement. Tenslotte gaat warmte verloren in leidingen en radiatoren: het regel- en leiding- of distributieverlies. De warmte die overblijft na al deze verliezen is de warmte die daadwerkelijk benut wordt voor het verwarmen van de woning. Deze warmtestroom wordt uitgedrukt in het jaargebruiksrendement.

afwijking MV in hoogstand t.o.v. NEN 1087



Bron: Damen Consultants 1994

De figuur geeft gemiddelde ventilatiehoeveelheden per complex weer, waarbij gemeten is in de hoogstand. De figuur laat de afwijking zien ten opzichte van de in NEN 1087 gestelde eis, die voor de E'novatieprojecten is gehanteerd met een bandbreedte van + of - 15%.

Het blijkt dat op basis van gemiddelde waarden per project in 8 van de 21 projecten meer dan 15% teveel wordt afgezogen. Als naar alle ruim 100 gemeten woningen afzonderlijk wordt gekeken dan blijkt dat het percentage woningen met méér dan 15% overschrijding hoog is (zie figuur), evenals het aantal woningen met te krap ingeregelde systemen. Er is zowel in hoog-, laag- en middenstand gemeten. De prestaties van ventilatiesystemen bij renovatie moeten meer aandacht krijgen. Een goede inregeling en controle hiervan kan een hoop ellende voorkomen.

Warmtapwater

In de meeste projecten gebeurt de verwarming van tapwater na renovatie door een combiketel. Daarbij zijn twee systemen te onderscheiden:

- het toestel werkt volgens het geiser-principe = combitap. Vooral bij kleine taphoeveelheden zijn de wachttijden lang en de stilstandverliezen groot.
- het toestel is gekoppeld aan een voorraadvat = combivat. Hierin wordt een kleine voorraad water warm gehouden. Extra energieverlies treedt hier op door de warmteverliezen van het vat.



Landgraaf II:

elektrische boiler hier verantwoorde keuze

In het complex Landgraaf II wonen voornamelijk senioren. 87 % bestaat uit één- en tweepersoonshuishoudens boven de 50 jaar. Tweederde van de bewoners is zelfs ouder dan 65 jaar. Er is een collectief verwarmingssysteem aanwezig. In deze situatie is de extra investering voor een op gas gebaseerde warmwatervoorziening erg hoog. Daarom is ervoor gekozen de afvoerloze geiser te vervangen door een elektrische boiler. Een elektrische boiler wordt vanuit energetisch oogpunt altijd sterk afgeraden. Maar in dit complex verbruikten de bewoners slechts 600 à 700 kWh per jaar. Vergelijk hiermee het landelijk gemiddelde van 2000 kWh per jaar. De keuze voor een elektrische boiler was daarmee, behalve vanuit oogpunt van kwaliteit van het binnenmilieu, ook energetisch verantwoord.

Uit comfort-oogpunt is het tweede principe aan te bevelen. Bij een goed ontwerp is dit ook energiezuiniger.

In twee projecten is een collectief systeem toegepast. Zowel in Utrecht I als in Hoogeveen is het warmtapwater gekoppeld aan de collectieve verwarmingsinstallatie. In Utrecht I is er sprake van stadsverwarming. De combinatie van een rondpompsysteem én stadsverwarming werkt energiebesparend. Omgerekend is het warm-waterverbruik per huishouden slechts 100 m³ aeq per jaar. In Hoogeveen gaat het om een collectieve verwarmingsinstallatie via VR-ketels. Het rendement voor warm waterverbruik is hier laag omdat de volledige installatie voor verwarming en warmtapwater in de zomer in bedrijf moet blijven. Ten opzichte van de individueel verketelde woningen in Hoogeveen bleek het warm-tapwaterverbruik ongeveer 40% hoger.

Maatregelen in samenhang

Een laag energiegebruik is niet de enige kwaliteit die een woning moet hebben. Naast het energiegebruik van een woning zijn ook het comfort en de kwaliteit van het binnenmilieu

belangrijke aspecten. Energiebesparende maatregelen mogen daarom niet op zichzelf worden bekeken. Dit houdt in dat alle te nemen maatregelen in hun onderlinge samenhang moeten worden bekeken. Om energiebesparing zorgvuldig aan te pakken is een goed beeld nodig van de gevoeligheid van de betreffende woningen met betrekking tot vochtproblemen en comfortklachten. Welke effecten hebben energiebesparende maatregelen op het comfort en het binnenmilieu in de woning? Introduceert het voorgestelde isolatiepakket bijvoorbeeld geen nieuwe koudebruggen?

De meerwaarde van de aanpak in het E'novatieprogramma is het integrale karakter van de renovatieplannen: alle maatregelen worden bekeken op hun energetisch effect, op hun invloed op de bouwfysische kwaliteit en op de kwaliteit van het binnenmilieu.

Samenhang tussen maatregelen

<i>Energetische maatregel</i>	<i>Bijkomende effecten</i>	<i>Oplossing</i>
Isolatie onder begane-grondvloer	<ul style="list-style-type: none"> • verlaging vochtgehalte indien luchtlekken vloer gedicht zijn • koudebruggen vloerrand verbeteren enigszins 	
Isolatie buitengevel	<ul style="list-style-type: none"> • koudebruggen in gevel verbeteren • opheffen van vochtlooslag • luchtdichtheid gevel verbeterd 	
Isolatie spouw	<ul style="list-style-type: none"> • afhankelijk van constructie verbeteren of verslechteren koudebruggen • luchtdichtheid gevel verbeterd 	
Isolatie aan binnenzijde gevel	<ul style="list-style-type: none"> • koudebruggen die achter isolatie liggen, verbeteren • doorbreking of beëindiging isolatie levert koudebruggen op 	
Dubbele beglazing	<ul style="list-style-type: none"> • bij kozijnvervanging wordt luchtdichtheid gevel verbeterd • comfortklachten (koudeval en straling) worden opgeheven • condensatie op ruiten vermindert aanzienlijk. Soms leidt dit bij vochtgevoelige woningen tot hogere luchtvochtigheid en schimmel. 	
Isolatie hellend dak onder dakconstructie	<ul style="list-style-type: none"> • inwendige condensatie • condensatie bij dakdoorvoeren • doorbreking en beëindiging isolatie levert koudebruggen op 	bij platte houten daken wordt deze constructie afgeraden
Isolatie dak met isolatie tussen constructie en bedekking	<ul style="list-style-type: none"> • inwendige condensatie onder de dakbedekking • condensatie in dakspouw op een ongeïsoleerde dakrandconstructie • koudebruggen verbeteren enigszins 	damprem aanbrengen onder isolatie
Isolatie dak met isolatie op dakbedekking	<ul style="list-style-type: none"> • lekkage door te lage dakopstanden m.n. bij opgaand dakrandconstructie • condensatie in de dakspouw op een ongeïsoleerde dakrandconstructie • koudebruggen verbeteren enigszins 	
Kierdichting	<ul style="list-style-type: none"> • bij woningen met matige ventilatie kan kierdichting ventilatie zo verminderen dat luchtvochtigheid stijgt en tot vochtproblemen leidt • comfortklachten (tocht) worden opgeheven. 	aanbrengen van goede ventilatievoorzieningen

Prestaties formuleren een stappenplan

Het is voor een adequate marktgerichte exploitatie van wezenlijk belang dat er inzicht bestaat in de prestaties van een woning, ook bij renovatie. Als het om energiegebruik gaat, zijn prestatie-eisen op een éénduidige wijze te formuleren. Men kan streven naar een niveau van energiegebruik dat afgestemd is op de technische mogelijkheid binnen een complex enerzijds en de financiële mogelijkheden en marktpositie anderzijds. Bij het formuleren van energetische prestaties moet het bestaande energiegebruik als uitgangspunt dienen.

Aan de hand van een stappenplan kunt u zien hoe energetische prestatie-eisen voor uw eigen complex te formuleren zijn.

Stap 1

Vaststellen verbruiken bestaande situaties

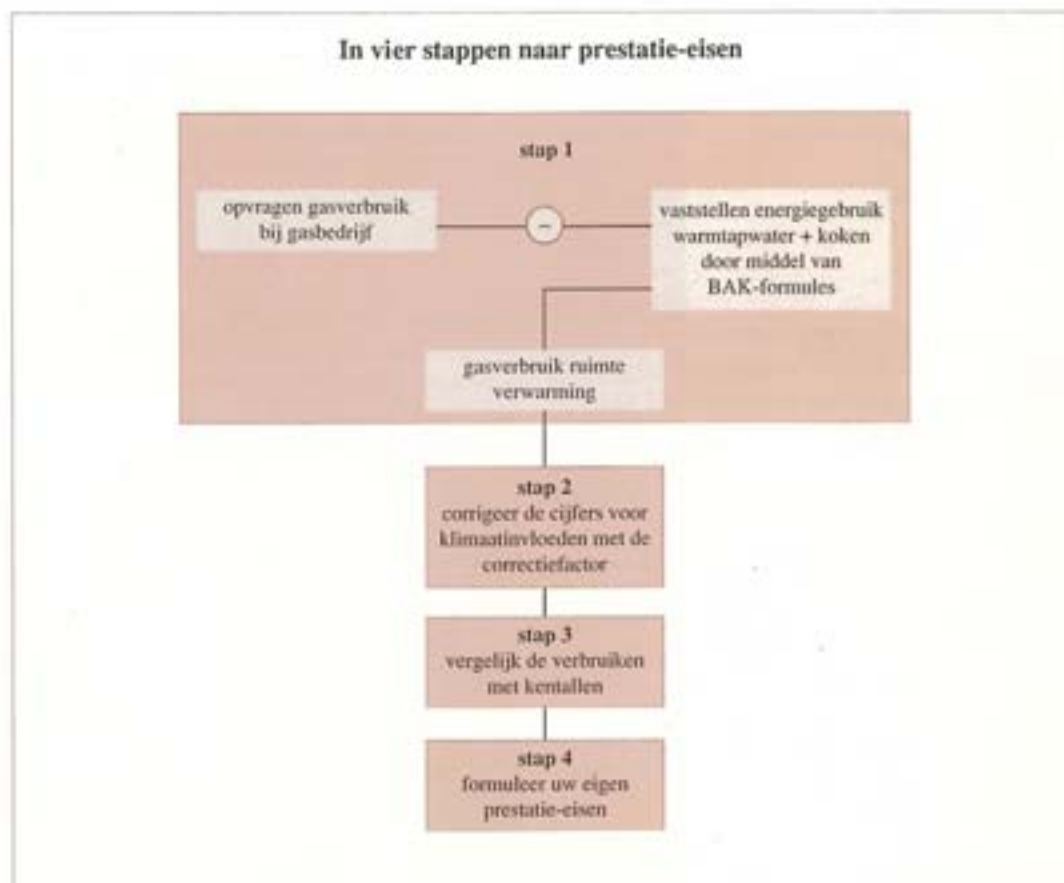
Het is tamelijk eenvoudig om de energetische prestaties van een complex vóór renovatie vast te stellen. Als basis gelden de werkelijke energiegebruiken voor gas en elektriciteit. Deze kunnen worden opgevraagd bij het energiebedrijf of zijn bij collectieve systemen reeds bekend bij de corporatie. Omdat er doorgaans een forse spreiding is in individuele verbruiken (tot een factor 4 à 5 binnen een complex) is het

zinvoller om complexgemiddelde verbruikscijfers te hanteren. Met name bij wat grotere complexen wordt op deze wijze afwijkend (individueel) bewonersgedrag voldoende uitgemiddeld. Bovendien sluit dit het beste aan bij een complexgerichte aanpak.

Splitsing naar deelverbruiken

De hoeveelheid benodigde energie voor ruimteverwarming hangt, naast de kenmerken van de woning, af van het buitenklimaat en het bewonersgedrag (mate van ventilatie en hoogte binnentemperatuur). Het gasverbruik voor een woning is opgebouwd uit de posten 'ruimteverwarming' en 'warmtapwater en koken'. Verder vormt elektrische hulpenergie voor de CV en ventilatoren bij mechanische ventilatie een steeds belangrijker factor. Het huishoudelijk elektriciteitsverbruik wordt meestal buiten beschouwing gelaten: het is een niet-woning gebonden verbruikspost, die bovendien zeer kan variëren.

In vier stappen naar prestatie-eisen



Gebruik BAK-formules

Een manier om het energiegebruik voor warmtapwater en koken vast te stellen, is de gasverbruiken gedurende een periode van minimaal 2 zomermaanden op te nemen. Eventueel stoken tijdens de zomerperiode of een permanent brandende waakvlam moeten in ogenschouw worden genomen. Deze verbruiken kunnen worden vermenigvuldigd tot een jaarverbruik, waarbij de vakantieperiode eerst moet worden afgetrokken van de opnameperiode.

Gebruik maken van de BAK-formules die ieder jaar worden bijgesteld op basis van landelijke gasverbruikscijfers, gaat sneller. Afhankelijk van het type tapwaterverwarming zijn er formules ontwikkeld waarmee het gasverbruik voor warmtapwater en koken wordt berekend. Uit de E'novatieprojecten blijkt dat BAK-uitkomsten, bepaald op basis van complex-informatie (wel of geen bad, gezinsgrootte en type installatie), in redelijke mate overeenstemmen met de in de projecten gemeten zomerverbruiken. Door het met BAK-formules bepaalde verbruik voor warmtapwater en koken van het totale gasverbruik af te trekken, blijft het gasverbruik voor ruimteverwarming over.

Stap 2

Corrigeer de cijfers voor klimaatinvloeden
Ten behoeve van de vergelijkbaarheid van het energiegebruik vóór en ná renovatie of tussen complexen onderling is het van belang de opgenomen verbruiken te corrigeren naar een standaardklimaat. In feite zou gecorrigeerd moeten worden voor de buitentemperatuur, de zonnestraling en de wind. Maar dat is tamelijk complex.

In de praktijk blijkt het voldoende te zijn te corrigeren naar de belangrijkste variabele, de buitentemperatuur en de tijd waarover een bepaalde buitentemperatuur heerst. Dit wordt uitgedrukt in de grootheid 'graaddagen'. Het begrip graaddagen betekent: de tijd in dagen dat een bepaald temperatuurverschil tussen buiten en binnen optreedt vermenigvuldigd met dit temperatuurverschil. Tien dagen met een temperatuurverschil van 12 graden levert 120 graaddagen.

Veelal wordt in Nederland uitgegaan van een standaard aantal graaddagen van 2804 voor een gemiddeld stookseizoen. Het gemeten energiegebruik voor ruimteverwarming is eenvoudig om te rekenen naar een standaard stookseizoen door het opgenomen verbruik te

De BAK-cijfers zijn bruikbaar bij het bepalen van het energiegebruik voor warmtapwater en koken.

Gasverbruik van koken en warmwaterbereiding in m ³ per jaar					
Gezinsgrootte	1	2	3	4	5
Koken	55	65	75	85	90
Warm tapwater					
• keukengeiser	190	250	310	370	430
• badgeiser	260	370	480	580	690
• combitap	310	420	520	630	730
• combivat	320	430	540	650	780
• gasboiler	390	510	620	740	850

Bron: Basisonderzoek Aardgas Kleinverbruikers 1993

Zoals ten aanzien van aardgas BAK-cijfers bekend zijn, is er over elektrische hulpenergie informatie beschikbaar vanuit het BEK.

Richtwaarden elektriciteitsverbruik als hulpenergie voor installaties	
	electriciteitsverbruik kWh/jaar
raamventilator, afzuigkap	50
cv-ketel 's zomers aan zonder pompschakelaar	600
cv-ketel 's zomers uit zonder pompschakelaar	350
cv-ketel met pompschakelaar	100
rookgasventilator voor cv-ketel	75
geïntegreerd toestel (bijv. Viking)	1200
mechanische afzuiging	300
gebalanceerde ventilatie	475

Bron: Basisonderzoek Electriciteitsverbruik Kleinverbruikers 1990

Graaddagentabel

Stookseizoen ¹	De Bilt		Eelde		Vlissingen		Beek(ZL)	
	GD	C	GD	C	GD	C	GD	C
1990-1991	2520	1,24	2643	1,13	2356	1,42	2579	1,18
1991-1992	2533	1,23	2660	1,11	2339	1,44	2602	1,16
1992-1993	2479	1,28	2681	1,09	2309	1,47	2533	1,23
1993-1994	2641	1,13	2820	0,99	2423	1,34	2616	1,15

¹ oktober t/m april; bij doorstook in de zomerperiode 10 à 15% hogere waarden

vermenigvuldigen met een correctiefactor C. De correctiefactor is als volgt gedefinieerd:
 $C = (2804/\text{aantal graaddagen opgenomen periode})^2$

Stel het gemiddeld gasverbruik in een complex was 2100 m³ over een winterperiode waarvoor het aantal graaddagen 3150 bedroeg (dus kouder dan gemiddeld) en het verbruik voor warmtapwater en koken is op basis van de BAK-formules vastgesteld op 650 m³ gas, dan geldt voor die periode een verbruik voor ruimteverwarming van:

$$1450 \times (2804/3150)^2 = 1149 \text{ m}^3 \text{ gas,}$$

gecorrigeerd voor de klimaatsinvloed.

In de tabel staat voor de diverse regio's in Nederland de correctiefactor aangegeven, zoals die de afgelopen jaren gold.

Stap 3

Vergelijk de verbruiken met kentallen

Om de energiegebruiken voor ruimteverwarming te waarderen zijn er in het verleden kentallen ontwikkeld. Door het energiegebruik te delen door het woningvolume worden verschillen door de grootte van de woning opgeheven. De tabel onderaan de pagina en op de volgende pagina geven een indicatie van het energiegebruik in m³ aardgas per m³ woninginhoud voor een aantal woningtypen en soorten verwarmingsinstallaties bij verschillende isolatiepakketten.

Deze richtwaarden geven een indicatie van het energiegebruik voor ruimteverwarming, waarbij is uitgegaan van een doorsneesituatie ten aanzien van tal van zaken zoals ventilatie, interne warmteproductie en bewonersgedrag.

Kentallen voor het gasverbruik bij toepassing van conventionele ketel (jaargebruiksrendement = 63%)

Gasverbruik per m³ woninginhoud per jaar uitgedrukt in m³ aeq

Meergezinswoningen	bouwdelen met isolatievoorzieningen: isolatiedikte ca. 8 cm en voor ramen dubbelglas									
	onge-isoleerd	alleen gevel	alleen ramen	gevel ramen	gevel dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak vloer		
type										
tussen/tussen	7,4	6,0	5,9	4,5	6,0	4,5	4,5			
tussen/bg	9,7	8,3	8,2	6,8	8,3	6,8	5,9			
tussen/berging	11,0	9,7	9,6	8,2	9,7	8,2	6,0			
tussen/dak	12,8	11,4	11,3	9,9	7,4	5,9	5,9			
kop/tussen	9,9	6,7	8,5	5,2	6,7	5,2	5,2			
kop/bg	12,3	9,0	10,8	7,6	9,0	7,6	6,6			
kop/berging	13,6	10,4	12,2	8,9	10,4	8,9	6,7			
kop/dak	15,4	12,1	13,9	10,6	8,1	6,6	6,6			
gemiddeld complex	10,5	8,6	9,0	7,1	7,4	6,0	5,5			
Eengezinswoningen	bouwdelen met isolatievoorzieningen									
	onge-isoleerd	gevel	ramen bg	gevel ramen bg	gevel dak	gevel ramen bg/dak	gevel ramen dak	gevel ramen bg/dak vloer	gevel ramen dak vloer	
type										
vrijstaand	14,3	8,6	13,5	7,8	7,6	6,9	6,4	6,4	5,9	
hoek	11,3	7,8	10,5	7,0	6,8	6,0	5,6	5,5	5,1	
tussen	8,3	7,0	7,5	6,2	5,9	5,1	4,7	4,6	4,2	

Kentallen voor het gasverbruik bij toepassing van VR-ketel (jaargebruiksrendement = 72%)

Gasverbruik per m³ woninginhoud per jaar uitgedrukt in m³ aeq

Meergezinswoningen	bouwdelen met isolatievoorzieningen: isolatiedikte ca. 8 cm en voor ramen dubbelglas								
	onge- isoleerd	alleen gevel	alleen ramen	gevel ramen	gevel dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak
type									
tussen/tussen	6,4	5,2	5,2	4,0	5,2	4,0	4,0		
tussen/bg	8,5	7,3	7,2	6,0	7,3	6,0	5,1		
tussen/berging	9,7	8,5	8,4	7,2	8,5	7,2	5,3		
tussen/dak	11,2	10,0	9,9	8,7	6,5	5,2	5,3		
kop/tussen	8,7	5,8	7,4	4,6	5,8	4,6	4,6		
kop/bg	10,7	7,9	9,5	6,6	7,9	6,6	5,7		
kop/berging	11,9	9,1	10,7	7,8	9,1	7,8	5,9		
kop/dak	13,4	10,6	12,2	9,3	7,1	5,8	5,8		
gemiddeld complex	9,2	7,5	7,9	6,2	6,5	5,2	4,8		
Eéngesinswoningen	bouwdelen met isolatievoorzieningen								
	onge- iso- leerd	gevel	ramen bg	gevel ramen bg	gevel dak	gevel ramen bg/dak	gevel ramen dak	gevel ramen bg/dak	gevel ramen dak
type									
vrijstaand	12,5	7,5	11,8	6,8	6,7	6,0	5,6	5,6	5,2
hoek	9,9	6,8	9,2	6,1	5,9	5,2	4,9	4,8	4,4
tussen	7,2	6,1	6,6	5,4	5,1	4,5	4,1	4,1	3,7

Kentallen voor het gasverbruik bij toepassing van HR-ketel (jaargebruiksrendement = 85%)

Gasverbruik per m³ woninginhoud per jaar uitgedrukt in m³ aeq

Meergezinswoningen	bouwdelen met isolatievoorzieningen: isolatiedikte ca. 8 cm en voor ramen dubbelglas								
	onge- iso- leerd	alleen gevel	alleen ramen	gevel ramen	gevel dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak	gevel ramen dak
type									
tussen/tussen	5,4	4,4	4,4	3,4	4,4	3,4	3,4		
tussen/bg	7,2	6,2	6,1	5,1	6,2	5,1	4,3		
tussen/berging	8,2	7,2	7,1	6,1	7,2	6,1	4,4		
tussen/dak	9,5	8,4	8,4	7,4	5,5	4,4	4,4		
kop/tussen	7,4	5,0	6,3	3,9	5,0	3,9	3,9		
kop/bg	9,1	6,7	8,0	5,6	6,7	5,6	4,9		
kop/berging	10,1	7,7	9,0	6,6	7,7	6,6	5,0		
kop/dak	11,4	9,0	10,3	7,9	6,0	4,9	4,9		
gemiddeld complex	7,8	6,4	6,7	5,3	5,5	4,4	4,1		
Eéngesinswoningen	bouwdelen met isolatievoorzieningen								
	onge- iso- leerd	gevel	ramen bg	gevel ramen bg	gevel dak	gevel ramen bg/dak	gevel ramen dak	gevel ramen bg/dak	gevel ramen dak
type									
vrijstaand	10,6	6,4	10,0	5,8	5,6	5,1	4,8	4,7	4,4
hoek	8,4	5,8	7,8	5,2	5,0	4,4	4,1	4,1	3,8
tussen	6,1	5,2	5,6	4,6	4,4	3,8	3,5	3,4	3,1

De referentieverbruiken zijn berekend voor een volledige centraal verwarmde woning.

Voor lokale verwarming moeten de verbruiken van meergezinswoningen met 10% en van ééngesinswoningen met 20% verlaagd worden.

De referentieverbruiken moeten met 10% verhoogd worden als de installatie ook buiten het stookseizoen (van 1 oktober t/m 30 april) in bedrijf is.

Bron: Energie Effectief Methodiek; CEA-Rotterdam

Stap 4

Formuleren van energetische prestatie-eisen

Vanuit de ervaringen in het E'novatie-programma kunnen de volgende doelstellingen afgeleid worden:

- Streven naar gelijkblijvende primaire energieconsumptie bij vervanging van lokale verwarming door centrale verwarming in combinatie met vervanging van de keukengeiser door een combiketel.
- Streven naar een besparing van 50% op ruimteverwarming en een besparing op het totale primaire energiegebruik van 30% als er al sprake is van centrale verwarming.

Deze prestaties kunnen worden bijgesteld als de woning al op een redelijk energetisch niveau is gebracht. In dat geval is vanuit de tabellen met kentallen een prestatie-eis af te leiden, door een streefkental met het woningvolume te vermenigvuldigen. Ook wanneer isolatiemaatregelen slechts tegen extreme kosten kunnen worden gerealiseerd, moeten de prestatie-eisen daarop aangepast worden. Ook eisen uit het bouwbesluit moeten hierbij betrokken worden.

Voor de te nemen maatregelen kunnen één aantal vuistregels gehanteerd worden:

- Isolatie: als basis kan men streven naar het niveau van warmteweerstanden zoals aangegeven in het Bouwbesluit voor de nieuwbouw
- Verwarming: toepassing van gesloten VR- of HR-ketel
- Ventilatie: mechanische afzuiging of gebalanceerd met WTW
- Luchtdoorlatendheid: eis in het Bouwbesluit aanhouden, onder de 200 l/s.



Bewonersinvloed

Eerder is al aangegeven dat er een grote spreiding kan bestaan tussen de individuele verbruiken binnen een complex. De voornaamste oorzaak hiervoor wordt gevormd door het bewonersgedrag, dat zijn invloed vooral doet gelden op de binnentemperatuur en de ventilatiehoeveelheid. Een binnentemperatuur die 1 graad hoger ligt, levert een extra energiegebruik op van 10% tot 15% voor ruimteverwarming.

Het maakt nogal wat uit, met name in meergezinswoningen, of de burens tokken of niet. Verder is de huishoudensgrootte van belang en het feit of iemand veel uithuizig is of niet.

Kortom, een scala aan redenen voor verschillend bewonersgedrag maakt dat het energiegebruik voor identieke woningen met een factor 4 tot 5 kan verschillen.

Energieberekeningen geven inzicht prestaties onderbouwd

Energieberekeningen spelen een belangrijke rol bij het formuleren van prestatie-eisen. Berekeningen bieden een handvat bij het bepalen van doelstellingen, maar zijn minstens zo belangrijk bij het evalueren van die doelstellingen. Welke besparingen zijn gerealiseerd en hoe verhouden die zich tot de verwachte besparingen? Een cruciaal punt bij energieberekeningen is de nauwkeurigheid en daarmee samenhangend de praktische bruikbaarheid van de resultaten. In dit hoofdstuk wordt hierin inzicht verschaft zonder diepgaand berekeningsmethodes te behandelen.

Omdat de energetische prestaties centraal staan bij E'novatie, is in ieder project uitgebreid gerekend en gemeten. Het unieke hiervan is dat van 21 renovatieprojecten zowel de berekende als de gemeten energiegebruiken beschikbaar zijn, voor de oude en de nieuwe situatie. Deze gegevens tonen aan dat energieberekeningen een bruikbaar instrument zijn om energetische prestaties te formuleren en vast te stellen.

Bruikbaarheid

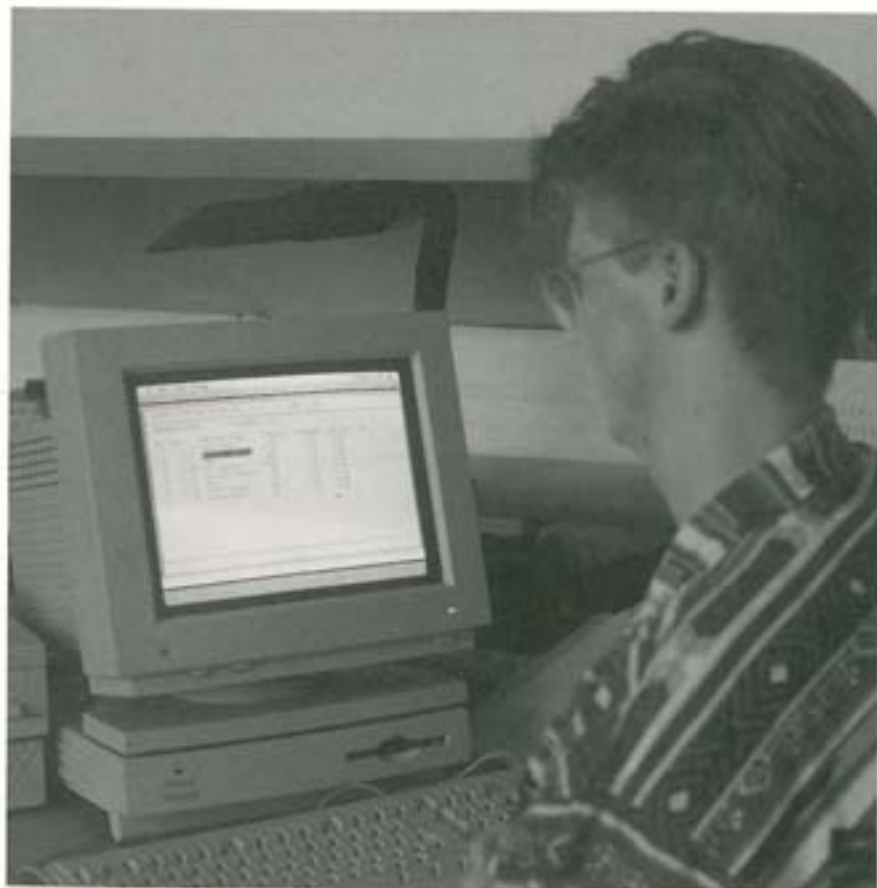
Energieberekeningen kunnen voor diverse doeleinden gebruikt worden. Ten eerste bij de ontwikkeling van een energiebesparingsplan. Meestal ligt het accent op het onderling vergelijken van de energetische effecten van de alternatieve maatregelen. Het goed weergeven van trends is daarbij van groot belang.

Ten tweede gaat het om het voorspellen van het te verwachten energiegebruik. In dat geval is het van belang dat de berekende waarde strookt met de werkelijkheid. Deze resultaten spelen vaak een rol bij bewonersvoorlichting. Aan de ene kant moeten geen overdreven verwachtingen worden gewekt, aan de andere kant moet de te behalen besparing ook niet te sterk worden gerelativeerd.

Rekenmodellen bij E'novatie

In het E'novatieprogramma zijn voor elk van de projecten de meterstanden opgenomen, zoveel mogelijk vóór en ná renovatie. In de voorbereidingsfase is gebruik gemaakt van de NVN (Nederlandse Voornorm NVN 5125) om planvarianten globaal te vergelijken. Tevens zijn de energetische prestaties berekend met behulp van het door TNO Bouw ontwikkelde model TCM-HEAT. Beide modellen zijn op hun fysische kwaliteit getoetst en bleken zeer goed te presteren.

Het E'novatie programma bood een unieke gelegenheid om berekende verbruiken te vergelijken met gemeten energiegebruiken. Weliswaar waren de metingen niet zeer gedetailleerd, maar het grote aantal beschouwde



Rekenmodellen in soorten en maten

Energieberekeningen worden gemaakt met behulp van rekenmodellen. Daarvan zijn vele soorten beschikbaar. Grofweg zijn echter drie soorten energieberekeningen te onderscheiden, te weten dynamische berekeningen, stationaire berekeningen en zogenaamde vuistregels. *Dynamische berekeningen* beschouwen een gebouw op zeer gedetailleerd niveau en worden in de standaard woningbouw zelden toegepast. *Stationaire berekeningen* worden wel vaak gebruikt in de woningbouw. Op basis van maand- of seizoen-gemiddelde klimaatgegevens wordt een woning doorgerekend, gebaseerd op een eenvoudige invoer. Voor de bepaling van het energiegebruik op jaarbasis is dit een goede methode met een behoorlijke nauwkeurigheid. In de E'novatieprojecten is gewerkt met de NVN-methode en het TCM-HEAT model. *Vuistregels* zijn beperkt tot globale uitspraken, vaak op het niveau van componenten als een bouwdeel, een ketel, etc. Een vuistregel is bijvoorbeeld: vervanging van 1 m² enkelglas door dubbelglas levert 20 m³ aardgasbesparing op. Vuistregels hebben een indicatieve waarde. Ze zijn een grove benadering van de werkelijkheid, maar goed bruikbaar tijdens de planontwikkeling.

woningen maakt een vergelijking waardevol. De vergelijking richt zich op de onnauwkeurigheden die worden geïntroduceerd door verschillen tussen de invoergrootheden en de werkelijkheid. Een grondige check op invoerfouten heeft telkens plaatsgevonden. Door drie adviesbureaus zijn de energiegebruiken voor ruimteverwarming berekend op basis van een aantal standaard aannames voor de invoergrootheden, aangevuld met de beschikbare informatie uit componentmetingen.

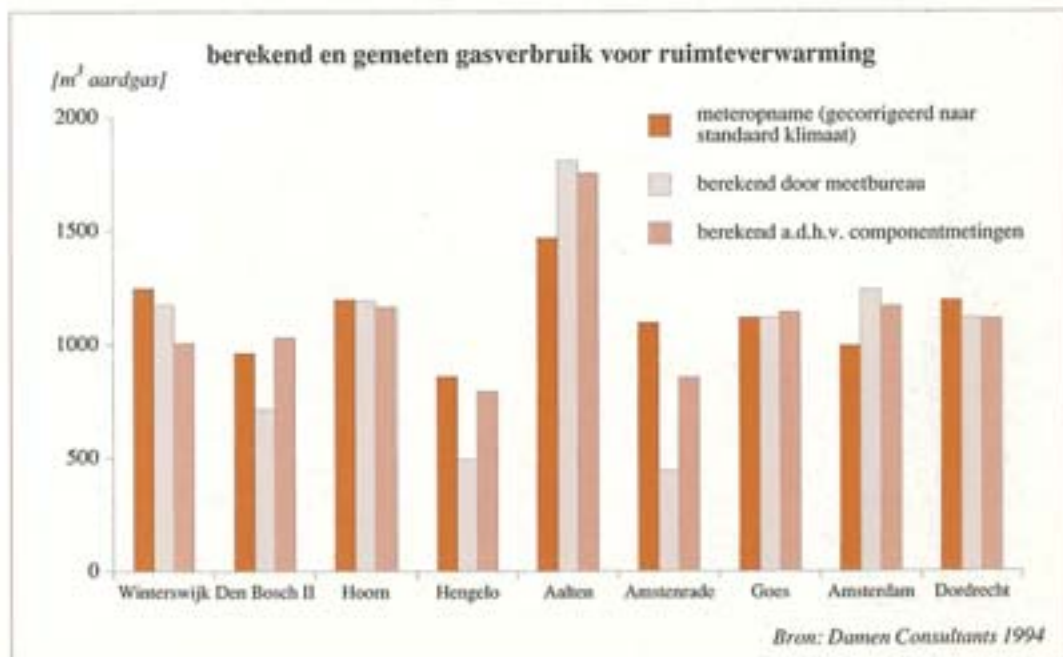
De ervaringen uit het E'novatieprogramma leren dat de grootste risico's op onnauwkeurigheid zich voordoen bij de invoer van gegevens in het rekenprogramma. Dit betekent dat er gekozen moet worden voor een rekenmodel met een heldere invoerstructuur, waarbij de invoergegevens gecontroleerd kunnen worden. Een programma met een eenvoudige invoer levert minder kans op fouten. Als een corporatie in eigen beheer berekeningen wil uitvoeren, is het van belang een getrainde medewerker in te zetten. Bij uitbesteding van het rekenwerk is het aan te raden om naast de uitvoergegevens ook de invoer op te vragen en steekproefsgewijs te controleren. De bij E'novatie gebruikte modellen lenen zich goed voor energieberekeningen.

Berekend contra werkelijk

Negen projecten lenen zich bij uitstek voor verdere analyse, vanwege de kwaliteit van de gegevens en de aard van de complexen. Op basis daarvan kunnen de rekenresultaten worden vergeleken met de opgenomen verbruiken. In de figuur zijn de opgenomen gasverbruiken voor ruimteverwarming vergeleken met de rekenresultaten van de bureaus. De berekeningen zijn uitgevoerd met TCM-Heat, waarbij voor een belangrijk deel is uitgegaan van standaardinvoer. Gemiddeld liggen de berekende verbruiken 10% onder de werkelijke verbruiken (de standaardafwijking is 26%). De grootste afwijking bedraagt bijna 60%.

Als de meer complexspecifieke gegevens uit de componentmetingen en de enquêtes worden gebruikt als invoer, komen de resultaten veel dichterbij de opgenomen verbruiken. De figuur onderaan de bladzijde geeft hier een beeld van. Gemiddeld liggen de berekende verbruiken nu slechts één procent hoger met een standaardafwijking van 14%. De grootste afwijking bedraagt circa 22%.

Op basis van deze ervaringen is te concluderen dat energieberekeningen een waardevol en redelijk betrouwbaar instrument zijn om inzicht te verkrijgen in de energetische prestaties van woningen. Voorwaarden zijn wel dat er voldoende bekend is over de aan te houden invoergegevens voor de berekening en dat de berekening met grote zorgvuldigheid wordt uitgevoerd.



Individuele afwijkingen

Bij goed op de werkelijkheid afgestemde invoer is een afwijking van de werkelijkheid in de orde van 20% veel, tenminste als het gaat om een complexgemiddelde. In individuele situaties (per woning en huishouden) kan de afwijking veel groter zijn. Verschillen in energiegebruik met een factor 4 of 5 binnen een complex identieke woningen zijn gebruikelijk als gevolg van het bewonersgedrag. Naar individuele bewoners is het dan ook beter om de besparing in percentages aan te geven zoals op pagina 24 onderaan is aangegeven. Het is wel belangrijk voor woningen die vanuit energie-oogpunt wezenlijk verschillend zijn, aparte berekeningen te maken. Dit geldt bijvoorbeeld voor tussen- en hoekwoningen en voor woningtypen die binnen een complex verschillen qua installatie of energiebesparende maatregelen.

Nauwkeurigheid

Er zijn drie redenen waarom berekende verbruiken kunnen afwijken van de werkelijkheid:

- de mate waarin de invoergegevens overeenstemmen met de werkelijkheid
- invoerfouten, zoals typefouten bij het

invoeren van gegevens en misinterpretaties

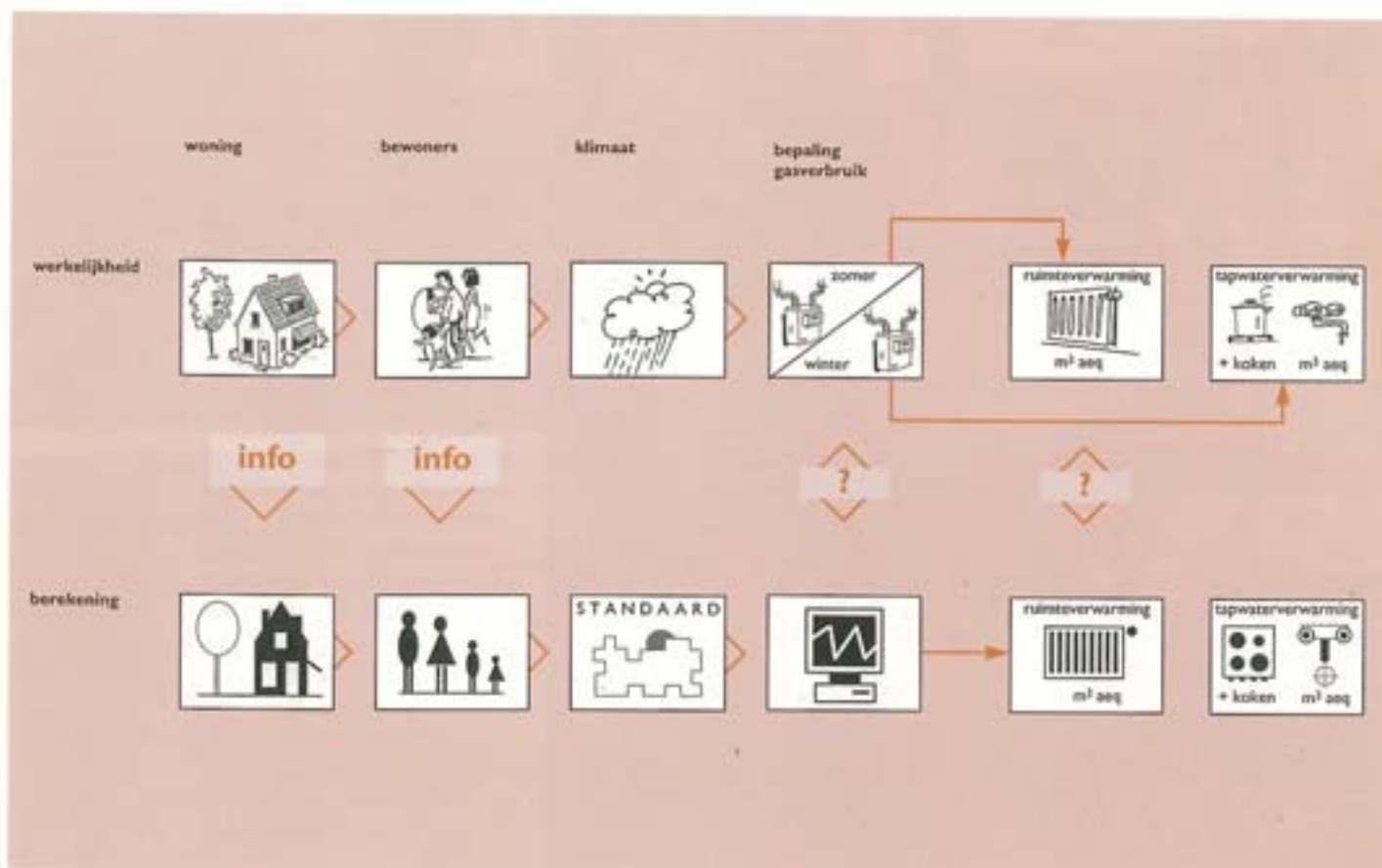
- de nauwkeurigheid waarmee de werkelijkheid door het model wordt weergegeven

Overeenstemming invoergegevens

Klopt de warmteweerstand van een bouwdeel zoals aangegeven in de literatuur ook met de praktijk of komt de aangehouden binnentemperatuur overeen met de werkelijkheid? Ook een afwijkend klimaat kan leiden tot verschillen in de berekende waarde en de werkelijke waarde. Als er op basis van plannen wordt gerekend, is er alleen geschatte informatie beschikbaar. In bestaande situaties is het mogelijk om door middel van metingen de werkelijkheid beter vast te leggen. Dit kunnen metingen aan componenten zijn of het meten van het bewonersgedrag door een enquête. De gemeten waarden kunnen dan als invoer voor de berekeningen worden gebruikt, die daarmee veel nauwkeuriger worden.

Voor de hand liggende componentmetingen hebben betrekking op de luchtdichtheid van de woning (meting volgens de norm NEN 2686), het installatierendement en de luchthoeveelheid bij mechanische ventilatie. Een bewoners-

Schematische weergave van hoe berekeningen zich verhouden tot de werkelijkheid.



enquête kan informatie opleveren over het gebruik van het ventilatiesysteem, de hoogte van de binnentemperatuur en het aantal bewoners dat per dagdeel aanwezig is.

Invoerbouten

Typfouten bij het invoeren van gegevens en misinterpretaties van de handleiding komen nogal eens voor. Dergelijke fouten zijn te voorkomen door een zorgvuldige invoer en controle op de consistentie van de invoer en de uitkomsten. Dit kan door nog een tweede persoon te laten controleren.

Weergave van de werkelijkheid

Hoe nauwkeurig wordt de werkelijkheid door het model weergegeven? In dit geval gaat het om de fysische kwaliteit van berekeningsprogramma's. Een aantal onderzoeken heeft uitgewezen dat de kwaliteit van modellen die door gerenommeerde instituten op de markt gebracht worden, voor de gebruikelijke situaties een afwijking vertonen van minder dan 10% voor wat betreft de fysische kwaliteit (dus als de invoer volledig overeenkomt met de werkelijkheid). Als het gaat om relatieve verschillen is de afwijking gering. Als een

rekenmodel aan de hoge kant zit met de uitkomsten, zal een besparing uitgedrukt in procenten toch redelijk nauwkeurig zijn. Om de berekeningsresultaten voor het complex gemiddelde zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te krijgen, zijn er twee mogelijkheden die afzonderlijk of gecombineerd kunnen worden gebruikt. De eerste mogelijkheid is om door middel van metingen de invoer af te stemmen op de werkelijkheid. De tweede mogelijkheid is dat voor de bestaande situatie het energiegebruik voor ruimteverwarming zorgvuldig wordt berekend en het gasverbruik wordt opgevraagd. Vervolgens wordt de energieberekening aangepast, zodanig dat de uitkomst ongeveer overeenkomt met de opgenomen verbruiken. Deze aanpassing vindt plaats door de gemiddelde binnentemperatuur en de hoeveelheid ventilatie te herzien. Deze variabelen worden in hoge mate door bewonersgedrag beïnvloed en zijn bepalend voor de hoogte van het energiegebruik. Uiteraard moet dit leiden tot realistische getallen. Zou dit het geval zijn dan is er een fout in de berekening geslopen.



Berekening in de voorlichting

Een renovatie met energiebesparende maatregelen heeft voor bewoners veel veranderingen tot gevolg. Nieuwe installaties, zuinig stoken, bewust ventileren: het wordt er niet eenvoudiger op. Voorlichting is dan ook noodzakelijk. De bewoners moeten leren omgaan met een ingrijpend gewijzigde woning. Voorlichting over energiebesparing dient ingebed te zijn in een voorlichtingsplan waarbij de bewoners betrokken zijn. Met betrekking tot het energiegebruik dat bewoners in hun nieuwe woning kunnen verwachten, is een veiligheidsmarge aan te raden. Voor energieberekeningen voor een gemiddeld complex-niveau, die qua invoer zijn afgestemd op de werkelijke situatie, is het aan te raden de berekende besparingen met een veiligheidscoëfficiënt van 0,85 te vermenigvuldigen, dus geen 200 m³ maar 170 m³ aardgasbesparing (200 x 0,85). Op individueel niveau moeten de met 0,85 gereduceerde besparingen in procenten uitgedrukt worden van het oorspronkelijk verbruik. De coëfficiënt is gebaseerd op de resultaten uit de E'novatiepraktijk en afgeleid uit de verhouding tussen berekende en werkelijke verbruiken.

Prestaties toetsen eisen aan de uitvoering

Bij renovatie worden doelstellingen geformuleerd. De gerenoveerde woning moet een bepaalde prestatie leveren op het gebied van bijvoorbeeld comfort, voorzieningenniveau en woonlasten. In de E'novatieprojecten staan de prestaties op energetisch, bouwfysisch en bouwtechnisch vlak centraal. Metingen verschaffen inzicht in de realisatie van die prestaties. Daaruit blijkt dat de uitvoering vaak een zwakke schakel is in de keten. Berekeningen in de ontwerpfasen leiden naar bepaalde beslissingen, maar de geplande besparing wordt niet gehaald omdat bijvoorbeeld het ventilatiesysteem te ruim is ingeregeld. Dergelijke bevindingen maken duidelijk hoe belangrijk het is om eisen te stellen aan de uitvoering en deze ook te controleren.

De vorige hoofdstukken lieten zien welke maatregelen de energetische prestaties van een woning beïnvloeden en hoe de prestaties bepaald kunnen worden. Aan de hand van de te nemen maatregelen en berekeningen is het mogelijk het energiegebruik van een woning na

renovatie te voorspellen. Of de besparingsdoelstelling ook gerealiseerd wordt, hangt echter mede van de uitvoering af. Als de maatregelen onzorgvuldig worden uitgevoerd, zal de verwachte besparing tegenvallen. Meestal is sprake van een onnodig hoge luchtdoorlatendheid, doordat bijvoorbeeld kieren, naden en leidingdoorvoeren niet zijn afgedicht, of het ventilatiesysteem te ruim is ingeregeld. In beide gevallen nemen de ventilatieverliezen onnodig toe.

In de E'novatieprojecten kwamen dergelijke zaken door metingen aan het licht; bij een aantal projecten leidde dit tot aanpassingen. Om energetische prestaties ook daadwerkelijk te realiseren, moeten corporaties eisen stellen aan de uitvoering. Metingen en inspecties kunnen worden ingezet ter toetsing.

te toetsen onderdeel	getoetst aan
• werking van CV- ketel	produktomschrijving
• rendement WTW bij gebalanceerde ventilatie	produktomschrijving
• luchthoeveelheden mechanische ventilatie	ontwerp (NEN 1087)
• luchtdoorlatendheid van de woning	ontwerp (NEN 2687)

Toetsen na uitvoering

Om te komen tot prestaties zoals beoogd, is het aan te raden na de uitvoering van de maatregelen tot toetsing van de energetische prestaties over te gaan. Minstens zo belangrijk is het vooraf formuleren van componentgebonden prestaties, die tijdens de uitvoering getoetst kunnen worden en in contractstukken



E'novatie:

kwaliteit binnenmilieu waarborgen

De doelstelling van het E'novatieprogramma geeft het duidelijk aan: energiezuinige woningverbetering, waarbij vocht- en ventilatieproblemen niet (meer) voorkomen. Het terugdringen van het energiegebruik mag uitdrukkelijk niet ten koste gaan van de kwaliteit van het binnenmilieu. In de E'novatiepraktijk zijn de volgende minimumeisen gesteld:

- bij vervanging van verbrandingstoestellen moeten gesloten toestellen worden toegepast
- keukengeisers zonder rookgasafvoer dienen te worden vervangen, vanwege de uitstoot van schadelijke gassen
- de ventilatievoorzieningen moeten voldoen aan de huidige eisen. Dit heeft ertoe geleid dat alle E'novatieprojecten zijn uitgevoerd met tenminste mechanische ventilatie
- vochtproblemen dienen op een degelijke manier te worden aangepakt: isoleren van koudebruggen en aandacht voor de luchtdichtheid van begane-grondvloeren boven vochtige kruipruimtes zijn belangrijke maatregelen.

De foto's tonen de vervanging van de houten begane-grondvloer in Wisch.

naar aannemers en installateurs kunnen worden opgenomen. In het kader van het E'novatieprogramma zijn de luchtdoorlatendheid en de ventilatiedebieten tijdens de uitvoering getoetst.

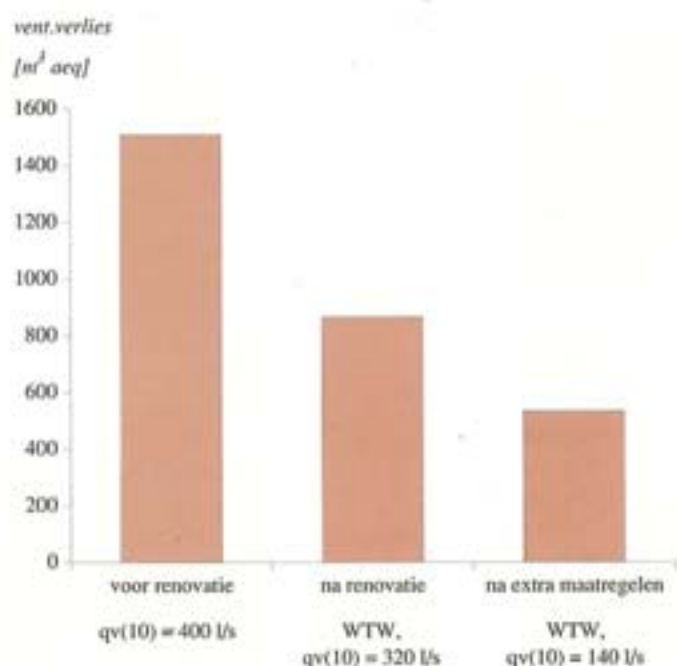
Prestaties luchtdoorlatendheid

Voor het stellen van prestatie-eisen en de keuze uit ontwerpvarianten is inzicht in het effect van maatregelen op de luchtdoorlatendheid van belang. Ook ter controle van de uitvoeringskwaliteit zijn kwantitatieve gegevens op constructie- of bouwdeelniveau wenselijk. Het meten van de luchtdoorlatendheid op bouwdeelniveau is echter duur en tijdrovend. In het E'novatieprogramma is daarom uit praktische overweging gekozen voor een aanpak van grof naar fijn. Door het meten van een hele woning wordt inzicht gekregen in de prestatieverbetering door het totale pakket maatregelen. Indien deze meting daartoe aanleiding gaf, zijn delen van de woning apart gemeten om grote luchtlekken op te sporen. Met name de invloed van zolders, vloeren en aanbouwen is in een aantal projecten nader onderzocht. Aan de hand van kwalitatieve proeven (rookpatronen) konden de meeste lekken eenvoudig worden getraceerd.

De kosten verbonden aan het meten van de luchtdichtheid en het ventilatiesysteem liggen bij doorsneewoningen zonder complicaties veelal tussen de f 1000,— en de f 10.000,— voor één tot vijf woningen.

De metingen in het E'novatieprogramma hebben aangetoond dat in de praktijk tegengestelde effecten kunnen optreden. Enerzijds worden maatregelen getroffen om de luchtdoorlatendheid te verminderen. Het effect hiervan wordt echter soms gereduceerd door onzorgvuldige uitvoering of ingrepen die nieuwe luchtlekken veroorzaken. Hierdoor zijn er geen eenduidige uitspraken te doen voor de relatie tussen kierdichtingsmaatregelen en de afname van de luchtdoorlatendheid. Wel is uit (deel)metingen en inspecties naar voren gekomen waar de kritische punten in veel complexen liggen. Deze staan in de aandachtspunten tabel op pagina 18 toegelicht.

Veldhoven: invloed WTW en luchtdoorlatendheid op ventilatieverlies



Bron: Damen Consultants 1994

Veldhoven:

hellend dak beïnvloedt de luchtdoorlatendheid

De eengezinswoningen in Cobbeek-Noord in Veldhoven waren eigenlijk relatief jong. Maar het hoge gasverbruik en de vele vocht- en comfortproblemen maakten een renovatie noodzakelijk. Een uitgekende combinatie van spouwmuurvulling en buitengevelisolatie zorgde voor een goede isolatiewaarde van de woningschil. Om de kwaliteit van het binnenmilieu te waarborgen werd gebalanceerde ventilatie geïnstalleerd, hetgeen betekende dat de woningen aan strengere luchtdoorlatendheidseisen moesten voldoen.

De luchtdoorlatendheid is uiteindelijk drie keer gemeten, waarbij tussentijds alle zichtbare lekken met extra aandacht zijn gedicht. De oplevering van een proefblok maakte duidelijk dat de aangebouwde portalen een luchtlek veroorzaakten van circa 100 dm³/s. Op basis van dit meetresultaat werden de luchtlekken, waaronder de portalen, bij de volgende blokken alsnog gedicht. De norm voor gebalanceerde ventilatie conform NEN 2687 bleek niet haalbaar. Na renovatie wordt wel de Bouwbesluitnorm gehaald.

Aandachtspunten bij luchtdoorlatendheid woning

Bouwdeel

ramen en puien	De aansluiting van kozijnen op gevel (of spouw) moet luchtdicht worden uitgevoerd. In de helft van de E'novatieprojecten zijn hier lekken geconstateerd.
plafonds en voorzetwanden	In de aansluitingen langs de randen en bij leidingen (stopcontacten, lichtpunten, ventilatieroosters e.d.) mogen geen grote lekken meer voorkomen. Het is zinvol alle zichtbare gaten in de achterliggende constructie te dichten.
ventilatiekanalen en -schachten	De doorvoer voor de aansluiting van de ventielen verdient extra aandacht. Luchtlekken kunnen ontstaan naar de schachtruimte. Bij het handhaven van bestaande kanalen en schachten blijken deze vaak grote lekken te vertonen. Dit kan leiden tot luchtuitwisseling tussen woningen of tot open verbindingen met de buitenlucht via dakopstanden, bergingen en kruipruimtes.
CLV-kanalen	In 4 complexen zijn zogenaamde CLV-kanalen aangebracht. Hiervoor wordt in elke woning een aansluiting op dit kanaal gemaakt. In praktijk betekent dit vaak de introductie van nieuwe luchtlekken.
vloeren	Bij woningen met een kruipruimte is de luchtdoorlatendheid van de vloeren van belang in verband met vochttoetreding.
aanbouwen	Bij eengezinswoningen blijken aanbouwtjes (entrees, bijkeukens) vaak grote luchtlekken te bevatten.
daken/zolders	De invloed van hellende houten daken op de luchtdoorlatendheid is groot.

Prestaties ventilatiesystemen

De uitvoeringskwaliteit van mechanische ventilatiesystemen in de woningbouw laat veel te wensen over. In het vorige hoofdstuk is al aangegeven dat slechts in 40% van de woningen in de E'novatieprojecten de afgezogen debieten de NEN 1087-waarden benaderden. Door het stellen van strikte prestatie-eisen en controles en metingen tijdens de uitvoering is een breed scala aan ongeregeldeheden aan het licht gekomen, zoals de slechte inregeling van de ventielen en het zodanig wegwerken van ventielen en units dat ze onbereikbaar zijn voor inspectie en onderhoud. In vijf complexen is verregaande vervuiling van filters, kanalen en ventielen gemeld. Vervuilde filters en ventielen zorgen vaak voor een aanzienlijke reductie van de capaciteit. In Hengelo daarentegen zijn helemaal geen filters in het systeem opgenomen waardoor hier veel klachten over stof rond de toevoerroosters waren. Dit beïnvloedde de tevredenheid van de bewoners: slechts 40% van de bewoners in Hengelo was tevreden over het nieuwe ventilatiesysteem. Slechts in één complex is door het meetbureau geen enkel gebrek gemeld. In de themabrochure



E'novatie:

inregeling ventielen vaak bottleneck

In alle E'novatieprojecten is na de renovatie mechanische ventilatie aanwezig, in zeven projecten is gebalanceerde ventilatie geïnstalleerd. Ventileren heeft altijd energetische consequenties. Die hoeven echter slechts gering te zijn mits het ventilatiesysteem goed is ingeregeld. Dit bleek echter in de E'novatieprojecten de grootste bottleneck te vormen. Met name bij collectieve systemen op bestaande kanalen was geen goede verdeling van debieten over de ventielen en tussen de woningen onderling gerealiseerd. In de helft van alle complexen leidde de instelling of keuze van ventielen tot verkeerde debieten. Soms bleek het onmogelijk de vereiste debieten in de onderste woning van een strang te halen, terwijl deze bij de bovenste woning al ruim overschreden werden. Ook het aansluiten van een standenschakelaar leverde soms problemen op. Zo werd in Winterswijk een vierstandenschakelaar gemonteerd op een driestandenventilator, terwijl in Hoogeveen de dag- en nachtstand verwisseld bleken. In Kampen kon het systeem pas goed functioneren nadat de unit door het meetbureau een kwartslag was gedraaid. Hierdoor werden scherpe knikken in de flexibele aansluitingen voorkomen.

E'novatie-eisen m.b.t. mechanische ventilatie voor totale woning

Woningdebieten¹⁾ in m³/h

	douche en toilet in één ruimte	douche en toilet apart
gesloten keuken ≤ 10 m ²	125	150
gesloten keuken > 10 m ²	150	175
kitchenette ²⁾	100-150	125-175
open keuken	200	225

1) bij een inpendige berging kunnen 25 m³/h hogere waarden gelden

2) afhankelijk van de vloeroppervlakte

'installaties' wordt uitgebreid ingegaan op de fouten die in de uitvoering zijn geconstateerd.

In drie complexen is de geluidoverlast van het systeem gemeten en vergeleken met de NEN 1070-waarden. Geen van de installaties voldeed aan de norm. Geluidoverlast is vaak een reden van ontevredenheid bij bewoners en een belangrijke oorzaak voor verstoring van de werking van het systeem.

Bestaande ventilatiekanalen vaak lek

Lekke kanalen zijn vaak een belangrijke oorzaak voor een slecht functionerend ventilatiesysteem. Het ligt voor de hand dat een goed ventilatiesysteem niet kan worden ontworpen op basis van lekke kanalen. Door meting van debieten rond de ventilator en tevens op alle aangesloten afzuigventielen blijken lekken in de orde van 25 tot 50% op te treden, voor de gemeten shuntkanalen zelfs tot 100% van het totale woningdebiet. Dit betekent dat een groot deel van de ventilatielucht bij deze systemen ongecontroleerd wordt afgevoerd. De lekken bevinden zich in de aansluitingen, maar ook in de stenen en voegen. Het energetisch effect van lekke kanalen is dat vaak extra moet worden afgezogen om bij de ventielen nog een acceptabel debiet te halen. Dit leidt tot onnodig energieverlies: de ventilator verbruikt meer elektriciteit en er wordt teveel warme lucht uit de woning afgevoerd. Een goede oplossing van dit probleem is om de bestaande kanalen van een voering te voorzien. De ervaringen hiermee in het E'novatieprogramma zijn positief. In Amsterdam en Dordrecht functioneren de ventilatiesystemen hierdoor goed.

Effect op energiebesparing

De metingen in het E'novatieprogramma aan ventilatiesystemen geven een verontrustend beeld. De diversiteit in toegepaste systemen en componenten is groot en de keuzes zijn soms slecht onderbouwd. Bovendien wijkt de uitvoering vaak af van het ontwerp en worden bewoners onvoldoende voorgelicht over de werking van de installaties.

In het E'novatieprogramma zijn bij de prestatie-eisen ten aanzien van ventilatie zowel een ondergrens als een bovengrens geformuleerd voor de af te zuigen debieten. Een afwijking van 15 % ten opzichte van de norm zowel naar beneden (= ondergrens) als naar boven (bovengrens) is geaccepteerd. De ondergrens is van belang voor de kwaliteit van het binnenmilieu; er moet voldoende afvoer zijn van vervuilde lucht. De metingen bij de E'novatieprojecten tonen echter aan dat in zeker 20% van de woningen de afgevoerde luchthoeveelheden te laag zijn.

Voor het effect op energiebesparing is de bovengrens belangrijker. De beschikbare normen geven eigenlijk geen criteria omdat ze uitgaan van de kwaliteit van het binnenmilieu. Installateurs en adviseurs op dit gebied hebben dan ook de neiging de systemen - soms fors - over te dimensioneren.

Met name bij collectieve systemen waar een standenregeling ontbreekt of deze grotendeels in hoogstand staat, gaat via ventilatie onnodig veel energie verloren.

Zorg installateurs

Het E'novatieprogramma toont eveneens aan dat, ook voor collectieve systemen, goede oplossingen mogelijk, betaalbaar en uitvoerbaar zijn. Bij de installateurs en fabrikanten van ventilatiesystemen ligt een duidelijke verantwoordelijkheid op het vlak van de uitvoeringskwaliteit van deze systemen. Beter kwaliteitszorg en aandacht voor gebruiksvriendelijkheid, ook ten aanzien van geluidsoverlast, zal mechanische ventilatiesystemen een verdiend beteré naam in de markt bezorgen.

Zorg beheerders

Woningbeheerders dienen zich bewust te zijn van de matige kwaliteit van de uitvoering van veel ventilatiesystemen. Een degelijke toets van de prestaties van het geleverde produkt, onder andere door het (laten) uitvoeren van controlemetingen, is van cruciaal belang. Hiervoor dienen vooraf duidelijke prestatie-eisen te worden geformuleerd in het contract met de installateur, waarin tevens een garantieclausule is opgenomen op basis van een inregelrapport. Voor het goed functioneren tijdens de gebruiksperiode is bovendien een heldere bewonersinstructie, periodiek onderhoud en controle van belang.

Percentage woningen waarin de capaciteiten ruim afwijken van NEN 1087

Afwijkingen > 15% van NEN 1087	keuken	douche	toilet	totaal woning
te laag	24%	21%	14%	20%
te hoog	36%	24%	42%	40%

Opties voor de toekomst energiegebruik nogmaals halveren

Het E'novatieprogramma is geslaagd in haar doelstelling. Woningverbetering, energiebesparing en een goed binnenmilieu gaan prima samen: dat laten de 21 demonstratieprojecten duidelijk zien. Dit wil niet zeggen dat een eindpunt is bereikt, sterker nog, E'novatie is slechts een tussenstation. In de nabije toekomst zullen nog veel meer milieu-aspecten moeten worden geïntegreerd in de verbeterplannen. En het energiegebruik moet voor de eeuwwisseling verder omlaag ten opzichte van het niveau van de 21 E'novatieprojecten. Vandaag kan daar al een begin mee worden gemaakt.

De gerealiseerde besparing in het E'novatieprogramma is niet gering: ondanks de toename van het comfort is het energiegebruik voor ruimteverwarming gemiddeld met 40% gedaald. Wanneer echter ook het energiegebruik voor warmtapwater en koken wordt meegeteld en de elektrische hulpenergie voor de installaties is de totale besparing gemiddeld 20%. Op het gebied van tapwaterverwarming en hulpenergie valt dus nog een flinke winst te boeken. Maar ook voor verwarming is 1200 m³ - het gemiddelde van de E'novatieprojecten - veel meer dan nodig. Een blik op de mogelijkheden in de nabije toekomst.

Nieuwbouw als referentie

Het Nationaal Milieubeleidsplan en de nota Energiebesparing van Economische Zaken dichtten de sector gebouwde omgeving een groot besparingspotentieel toe. Omdat het grootste deel van de woningen in het jaar 2000 - het jaar waarin de besparingsdoelstelling moet zijn gerealiseerd - nu al is gebouwd, zal de bestaande woningvoorraad een fors aandeel moeten leveren. Voor beheerders van woningcomplexen geldt nog een andere reden. Hun oude woningbestand moet kunnen concurreren met nieuwbouwwoningen. Een woning die nu ingrijpend wordt verbeterd, moet die concurrentie minimaal kunnen volhouden tot het jaar 2020. Op energiegebied mogen de verschillen niet te groot zijn, zeker niet bij de grote onzekerheid over de ontwikkeling van de energieprijzen. Voor nieuwbouw zal in de loop van 1995 het Bouwbesluit worden aangepast en zullen hogere eisen worden gesteld aan de energie-efficiëntie. Het energiegebruik voor ruimteverwarming zal daarmee globaal op 850 m³ per jaar komen. Uit een proef met 30 nieuwbouwplannen in elf gemeenten is gebleken dat een eis van 750 m³ in de meeste plannen goed haalbaar was met een gunstig



PV:

duurzame energie heeft de toekomst

Passieve zonne-energie is inmiddels aardig ingeburgerd in de Nederlandse woningbouw. Met de zonneboiler neemt ook het aandeel actieve zonne-energie langzaam maar zeker toe. Een geheel nieuwe toepassing in de woningbouw betreft PV, een afkorting voor fotovoltaïsche energie. Via zonnecellen wordt zonlicht omgezet in elektriciteit, die vervolgens direct kan worden gebruikt of kan worden teruggeleverd aan het net. PV wordt nu nog vooral kleinschalig toegepast, maar overheid, bedrijfsleven en onderzoekers zoeken naar de mogelijkheden voor grootschaliger toepassing. De integratie van PV-panelen in daken van woningen is dan een goede optie. Bij tien nieuwbouwwoningen in Heerhugowaard is dit gebeurd: de opgewekte elektriciteit wordt aan het net teruggeleverd. Inmiddels zijn vervolgprijzen in voorbereiding.

effect op de uiteindelijke woonlasten. Verwacht mag worden dat deze norm nog voor de eeuwwisseling zal worden aangescherpt tot 600 m³ of minder. Rond die tijd zal Novem demonstratieprojecten uitvoeren met zogenaamde nul-energiewoningen. Deze woningen leveren op jaarbasis evenveel energie terug aan het net als dat zij aan energie van het net afnemen.

Techniek van vandaag

Bij de beoordeling van de resultaten van het E'novatieprogramma mag niet worden vergeten dat veel plannen zo'n vier tot zes jaar geleden zijn ontwikkeld. Met de inzichten van vandaag zijn al zonder noemenswaardige kosten wezenlijk betere resultaten bereikbaar. Vooral de zorgvuldige uitvoering en inregeling van de mechanische ventilatie kan een aardige besparing op gas en electra opleveren. Nieuwe ontwikkelingen zullen de toepassing van warmteterugwinning bevorderen. In de maatregelensfeer vragen HR-ketels en HR-glas de aandacht. Met een HR-ketel stijgt het jaargebruiksrendement van 72% naar 85%. Op een gemiddeld jaarverbruik van 1200 m³ gas bij E'novatie levert dit bijna 200 m³ op. Bij

toepassing van lage temperatuurverwarming loopt de besparing nog verder op. HR-glas bestaat al lang onder namen als LE-glas, spectraal selectiefglas en plusglas. Nieuw is de meerprijs die ten opzichte van gewoon dubbelglas slechts enkele tientjes per vierkante meter bedraagt. De energiebesparing van de betere soorten loopt op tot 10m³ gas per m² glas per jaar. Zeker in woningen met een fors glasoppervlak is HR-glas haast onmisbaar als energiebesparende maatregel. Een bijkomend voordeel is de hoge oppervlaktetemperatuur van het glas, waardoor koudestraling en koudeval sterk verminderen. Om oververhitting in de zomer te voorkomen, moeten er voldoende ventilatiemogelijkheden blijven bestaan.

Warmtapwater

De resultaten uit het E'novatieprogramma tonen aan dat het hogere douchecomfort duur moet worden betaald. Het gasverbruik hiervoor neemt gemiddeld met bijna 200 m³ toe. Dit terwijl de tevredenheid van de bewoners over de warmtapwatervoorziening vrij matig is, zoals te lezen is in de themabrochure Bewoners. Door waterbesparende voorzieningen als doorstroombegrenzers en waterbesparende



Energie paragraaf

De rijksoverheid zal in de loop van 1995 voor alle nieuwbouw een hogere mate van energie-efficiëntie eisen. De energieparagraaf van het Bouwbesluit zal daartoe worden gewijzigd. De vernieuwde energieparagraaf geeft de vereiste mate van energie-efficiëntie aan. Voor de woningbouw: de EP van een woning mag niet hoger zijn dan een bepaalde grenswaarde. Een lagere EP is goed, een hogere wordt niet geaccepteerd. EP staat daarbij voor het begrip: energieprestatiecoëfficiënt, en kan worden bepaald volgens de bepalingmethode (norm) NEN 5128. Voor de utiliteitsbouw geldt eenzelfde formulering, waarbij de maximaal toegestane EP afhankelijk is van de gebouwfunctie. Voor de utiliteitsbouw verwijst het Bouwbesluit naar de NEN 2916.

De vereiste mate van energie-efficiëntie vraagt nieuwbouw met meer energiebesparende maatregelen. De formulering als prestatie-eis geeft echter de ontwerper en opdrachtgever vrijheid in de keuze van maatregelen. Zoals het toepassen van HR-ketels en HR-glas, passieve zonne-energie en zonneboilers, of dikkere isolatiepakketten. De rekenmethodiek is ontworpen voor nieuwbouw, maar is ook goed bruikbaar bij ingrijpende renovatie.

douchekoppen is het warmtapwaterverbruik te beperken. Dit geldt ook voor een directe verbinding tussen het keukentappunt en het warmwatertoestel. Bij de keuze van het toestel vraagt het gebruiksrendement de aandacht. Dit blijft in veel gevallen beneden de 50% steken. Een forse investering die echter in één klap het verbruik bijna halveert, is de aanschaf van een zonneboiler. Door technische ontwikkelingen waarover meer in de themabrochure Installaties, neemt de meerprijs ten opzichte van een conventionele installatie steeds verder af.

Duurzame energie

Met het afnemen van de energievraag neemt de potentiële waarde van duurzame energie toe. Voor woningen biedt vooral zonne-energie mogelijkheden. De zon-instraling via ramen dekt in een goed geïsoleerde woning al gauw een kwart van de warmtebehoefte. Door het glasoppervlak op het zuiden groot te houden en aan de noordzijde te minimaliseren kan de zon een groter deel van de warmtebehoefte dekken. Verdere benutting is mogelijk door balkons om te bouwen tot een serre. Vooral wanneer een groot deel van de ventilatielucht via de serre wordt betrokken, loopt de besparing op tot

enkele honderden kubieke meters gas. In internationaal onderzoek, zie onderaan de pagina over 'Solar renovation', wordt gezocht naar optimalisatie van de zonnibijdrage. Reeds eerder in dit hoofdstuk staan de mogelijkheden van zonneboilers gememoreerd. Zonne-collectoren kunnen ook een deel van de behoefte aan ruimteverwarming dekken. In combinatie met een zonneboilerinstallatie is dit relatief eenvoudig mogelijk door het collectoroppervlak met enkele vierkante meters te vergroten. Ook het boilervat zal vaak iets groter worden gedimensioneerd. Met een dergelijke bescheiden uitbreiding kan ongeveer 100 m³ gas op verwarming worden bespaard. Een verdere mogelijkheid is de toepassing van zonnecellen. Deze zetten zonne-energie om in elektriciteit die in de woning kan worden gebruikt of teruggeleverd aan het net. Recent is in Leiden het eerste complex bestaande woningen opgeleverd met zonnecellen op het dak.



IEA taak 'Solar renovation'

In een internationaal werkverband van een zevental landen, aangesloten bij het International Energy Agency (IEA), wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheden van zonne-energie bij renovatie. Het accent ligt daarbij op gestapelde woningen. In opdracht van Novem participeert WoonEnergie namens Nederland. Hoofdditens zijn daarbij betere glassoorten, collectieve zonneboilers en het verglazen van balkons. Voor de balkons wordt de invloed onderzocht van de woningoriëntatie, wijze van ventileren, enkelglas of dubbelglas en gebruiksmogelijkheden. Na afronding van het onderzoek eind 1995 zullen mogelijk demonstratieprojecten worden opgestart.

In Amsterdam West is in het kader van het programma 'Schoner Wonen' van de SEV (Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting) een complex van 70 woningen gerenoveerd. Naast aandacht voor milieubewust materiaalgebruik is ook gekeken naar de energetische kwaliteit. De balkons zijn daarom omgebouwd tot serres, waardoor een dure renovatie van de balkonpui achterwege kon blijven.

E'novatie Projectbrochures

Van alle 21 E'novatieprojecten zijn twee brochures verschenen. Enkele jaren geleden verscheen de A-reeks over de gekozen plannen en de verwachte resultaten. Inmiddels is de gehele B-reeks beschikbaar. De B-projectbrochures presenteren op compacte wijze alle ervaringen en de bereikte resultaten. Een compleet overzicht, met een fotoreportage in kleur, uitvoeringsdetails en alle cijfers op een rij.

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 Elvira in Amstelveen | 11 Van Heelstraat eo in Den Bosch |
| 2 Ibisdreef in Utrecht | 12 De Grutto eo in Hoogeveen |
| 3 Klein Driene in Hengelo | 13 Hoofdstraat in Landgraaf: Portiekflats |
| 4 Andromeda en Orion in Aalten | 14 Hoofdstraat in Landgraaf: Galerijflats |
| 5 De Pelkwijk in Winterswijk | 15 De Slagen in Den Bosch |
| 6 Beekmanstraat eo in Kampen | 16 Rooseveltlaan eo in Utrecht |
| 7 Westfriese Hof in Hoorn | 17 Zonzeelstraat eo in Amsterdam |
| 8 Cobbeek-Noord in Veldhoven | 18 Nieuwland in Schiedam |
| 9 Staatsliedenbuurt in Gendt | 19 Wisch en omliggende dorpen |
| 10 Rembrandtlaan in Goes | 20 Wielwijk in Dordrecht |
| | 21 Clavecymbelstraat eo in Maastricht |

Een complete set B-brochures in opbergordner kost f 45,- ex. BTW. Losse exemplaren zijn gratis te bestellen.

E'novatie Themabrochures

De Themabrochures geven per thema een doorsnede van het E'novatieprogramma.

- E'novatie Thema Gevels biedt diverse oplossingen voor open en gesloten geveldelen: van dubbelglas tot complete puivervanging en van spouwmuurvulling tot vliesgevels.
- E'novatie Thema Vloeren en Daken gaat in op de aanpak van vloeren en daken. Met als doelen: energie besparen en tocht- en vochtoverlast voorkomen.
- E'novatie Thema Installaties behandelt de mogelijkheden voor verwarming, ventilatie en warmtapwater, de knelpunten in de praktijk en opties voor de toekomst.
- E'novatie Thema Bewoners gaat over de ervaringen en bevindingen van bewoners met de aanpak, de resultaten en de voorlichting.
- E'novatie Thema Energie behandelt de energiebesparingsresultaten, energieberekeningen en hoe zelf prestatie-eisen te formuleren.

Een complete set themabrochures in opbergordner kost f 20,- ex. BTW. Losse exemplaren zijn gratis te bestellen.

Bestellen

Alle bovengenoemde publicaties zijn te bestellen bij Novem, tel. 045 - 231371. Na 1-1-'95: 055 - 277877.

Voorstudies

Van elk E'novatieproject is door de indiener of adviseur een voorstudie gemaakt. Daarin staan de verschillende planvarianten uitgebreid beschreven. De voorstudies kunt u tegen kostprijs bestellen bij de opsteller. Voor adressen en telefoonnummers zie het uitklapvel.

Onderzoekrapportages

De onderzoekrapportages die ten grondslag liggen aan de B-brochures zijn in gebundelde vorm per project beschikbaar. U kunt de bundels voor f 75,- ex. BTW per project bestellen bij Novem Apeldoorn, tel. 055 - 277877. De rapportages omvatten een uitvoeringsbeoordeling, een energetische evaluatie, het bewonersonderzoek en de evaluevaluatie.

E'novatie Thema Energie



Den Bosch II

32 portiekwoningen aan de Van Heelstraat eo
Bouwjaar 1965 Investering f 49.200,- Opdrachtgever wbv Mgr. Prinsen **Kontaktpersoon** SSW, dhr vd Westelaken, 073 - 417355 **Voorstudie f 55,-** naar ABN-AMRO Den Bosch nr 524374406 tnv Buro vd Vrede ovv 'Rapportage Voorstudie'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	1216 m ³	961 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	472 m ³
elektrische hulpenergie	0 kWh	340 kWh



Amsterdam

108 Airey-portiekwoningen in Zonzeel straat eo, Osdorp **Bouwjaar 1965 Investering f 54.000,- Opdrachtgever** Woning bedrijf Westelijke Tuinsteden **Kontaktpersoon** dhr. Krouwel, 020 - 6678400 **Voorstudie** bel Oranjewoud, 01620 - 87000. Rapport kost f 39,90.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	1585 m ³	992 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	569 m ³
elektrische hulpenergie	44 kWh	359 kWh



Hoogeveen

234 portiekwoningen aan De Grutto eo **Bouwjaar 1965 - 1968 Investering f 82.500,- Opdrachtgever** Chr wbv Hoogeveen eo **Kontaktpersoon** dhr Waterreus, 05280 - 63847 **Voorstudie f 37,50** naar ING Utrecht gironr 26182 tnv NCIV Ede, rekeningnr 687345219.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	1958 m ³	1270 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	637 m ³
elektrische hulpenergie	68 kWh	424 kWh



Amstenrade

33 serviceflats 'Elvira' **Bouwjaar 1973 Investering f 48.300,- Opdrachtgever** St Bejaardenzorg Amstenrade **Kontaktpersoon** dhr Mestrom, 04490 - 1919 **Voorstudie f 35,-** naar ING-bank Eindhoven nr 663037557 tnv Bouwhulp Groep ovv 'Voorstudie Ibisdreef'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2770 m ³	1093 m ³
warmtapwater en koken	312 m ³	312 m ³
elektrische hulpenergie	522 kWh	806 kWh



Landgraaf I

78 portiekwoningen aan de Hoofdstraat **Bouwjaar 1973 Investering f 15.750,- Opdrachtgever** wbv Schaesberg **Kontaktpersoon** dhr Sijen, 045 - 313262 **Voorstudie f 10,-** naar Postbank nr 1056147 tnv wbv Schaesberg ovv 'Voorstudie 78 woningen'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2688 m ³	1376 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	455 m ³
elektrische hulpenergie	583 kWh	779 kWh



Utrecht I

120 woningen aan de Ibisdreef **Bouwjaar 1966 Investering f 15.000,- Opdrachtgever** SWU **Voorstudie f 35,-** naar ING-bank Eindhoven nr 663037557 tnv Bouwhulp Groep ovv 'Voorstudie Ibisdreef'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2695 m ³	1408 m ³
warmtapwater en koken	259 m ³	502 m ³
elektrische hulpenergie	124 kWh	396 kWh



Landgraaf II

42 galerijwoningen aan de Hoofdstraat **Bouwjaar 1973 Investering f 19.000,- Opdrachtgever** wbv Schaesberg **Kontaktpersoon** dhr Sijen, 045 - 313262 **Voorstudie f 10,-** naar Postbank nr 1056147 tnv wbv Schaesberg ovv 'Voorstudie 42 woningen'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2432 m ³	1884 m ³
warmtapwater en koken	256 m ³	278 m ³
elektrische hulpenergie	583 kWh	537 kWh

E'novatie Thema Energie



Wisich

95 eengezinswoningen in Terborg, Varsseveld, Silvolde, Sinderen **Bouwjaar 1963** **Investering f 75.000,-** **Opdrachtgever** wbv Wisich **Kontaktpersoon** dhr De Bree, 08350 - 28241 **Voorstudie** bel NCIV-Ede, 08380 - 22422.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2381 m ³	1198 m ³
warmtapwater en koken	316 m ³	533 m ³
elektrische hulpenergie	154 kWh	376 kWh



Gendt

77 Pé Gé -woningen in Staatsliedenbuurt **Bouwjaar 1969** **Investering f 65.000,-** **Opdrachtgever** wbv Gendt **Kontaktpersoon** dhr Veldpaus, 08812 - 4383 **Voorstudie f 65,75** naar Postbank nr 994798 tnv Heijckmann ovv 'Voorstudie E'novatieproject Gendt'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2002 m ³	1079 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	594 m ³
elektrische hulpenergie	0 kWh	428 kWh



Aalten

67 Vaneg-woningen aan Andromeda en Orion **Bouwjaar 1969** **Investering f 45.000,-** **Opdrachtgever** Ver tot Verbetering vd Volkshuisvesting Aalten **Kontaktpersoon** dhr Theissen, 05437 - 71975 **Voorstudie f 41,50** naar ING nr 691862044 tnv Sacon ovv 'E'novatie Aalten'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2122 m ³	1467 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	635 m ³
elektrische hulpenergie	325 kWh	347 kWh



Den Bosch I

96 eengezinswoningen De Slagen **Bouwjaar 1973** **Investering f 23.000,-** **Opdrachtgever** Woningstichting Ons Belang **Kontaktpersoon** dhr De Haan, 033 - 613746 **Voorstudie f 30,-** naar Postbank nr 4257792 tnv Adviesburo Nieman ovv 'Voorstudie De Slagen'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2031 m ³	896 m ³
warmtapwater en koken	379 m ³	379 m ³
elektrische hulpenergie	600 kWh	550 kWh



Winterswijk

284 Neduco-Coignet eengezinswoningen in Pelkwijk **Bouwjaar 1972** **Investering f 65.000,-** **Opdrachtgever** wbv Volkshuis vesting **Voorstudie** bel NWR Regio Oost 05700 - 33633.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	1995 m ³	1246 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	566 m ³
elektrische hulpenergie	325 kWh	522 kWh



Veldhoven

260 eengezinswoningen in Cobbeek-Noord **Bouwjaar 1973** **Investering f 43.500,-** **Opdrachtgever** Woningstichting Aert Swaens **Kontaktpersoon** dhr Van Mierlo, 040 - 534070 **Voorstudie f 30,-** naar Postbank nr 4257792 tnv Advies buro Nieman ovv 'Voorstudie Veldhoven'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	2372 m ³	1264 m ³
warmtapwater en koken	579 m ³	579 m ³
elektrische hulpenergie	584 kWh	613 kWh



Schiedam

448 portiekwoningen in Nieuwland **Bouwjaar 1953** **Investering f 69.000,-** **Opdrachtgever** Gemeentelijk Woningbeheer **Kontaktpersoon** dhr De Preter, 010 - 4339166 **Voorstudie** bel Kuiper Compagnons, 010 - 4330099.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>na renovatie</i>
ruimteverwarming	1081 m ³	795 m ³
warmtapwater en koken	288 m ³	482 m ³
elektrische hulpenergie	40 kWh	992 kWh

E'novatie Thema Energie



Dordrecht

104 korrelbetonflats in Wielwijk **Bouwjaar** 1959 **Investering** f 59.000,- **Opdrachtgever** Gem. Woningbedrijf **Kontaktpersoon** dhr De Rooij, 078 - 336888 **Voorstudie** bel Bonnema Duiniveld Architecten, 078 - 132355.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	1182 m ³	1192 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	564 m ³
elektrische hulpenergie	43 kWh	500 kWh



Hengelo

142 portiekwoningen in Klein Driene **Bouwjaar** 1959 **Investering** f 67.000,- **Opdrachtgever** wbv St. Joseph **Kontaktpersoon** dhr Van Houten, 074 - 431555 **Voorstudie** f 45,- naar Postbank nr 1631888 tnv IAA ovv 'Voorstudie Klein Driene'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	1250 m ³	857 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	450 m ³
elektrische hulpenergie	204 kWh	885 kWh



Maastricht

119 maisonnetwoningen aan de Clavecymbelstraat eo **Bouwjaar** 1959 **Investering** f 28.000,- **Opdrachtgever** wbv St. Mathias **Kontaktpersoon** dhr Vliegen, 043 - 252000 **Voorstudie** bel wbv St Mathias, 043 - 252000.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	996 m ³	769 m ³
warmtapwater en koken	333 m ³	555 m ³
elektrische hulpenergie	0 kWh	835 kWh



Goes

64 portiekwoningen aan de Rembrandtlaan **Bouwjaar** 1960 **Investering** f 69.500,- **Opdrachtgever** Regionale wbv Samen werking **Kontaktpersoon** dhr vd Schelde, 01100 - 31674 **Voorstudie** f 85,- naar ABN-AMRO nr 415040663 tnv Cauberg-Huijgen ovv 'rapport 900168-1 E'novatie Goes'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	1672 m ³	1115 m ³
warmtapwater en koken	237 m ³	444 m ³
elektrische hulpenergie	0 kWh	726 kWh



Utrecht II

112 Bredero-portiekwoningen aan de Rooseveltlaan eo **Bouwjaar** 1960 **Investering** f 34.000,- resp f 48.000,- **Opdrachtgever** SWU **Voorstudie** bel SWU, 030 - 826826. **Rapport** kost f 25,-.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	1281 m ³	955 m ³
warmtapwater en koken	445 m ³	600 m ³
elektrische hulpenergie	232 kWh	500 kWh



Hoorn

112 galerijwoningen aan de Westfriese Hof **Bouwjaar** 1962 **Investering** f 67.000,- **Opdrachtgever** wbv Hoorn **Kontaktpersoon** dhr Smit, 02290 - 58500 **Voorstudie** f 35,55 naar ABN-AMRO Schagen nr 587710551 tnv BBHD ovv 'Novem rapport Hoorn'.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	1623 m ³	1195 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	579 m ³
elektrische hulpenergie	181 kWh	403 kWh



Kampen

156 portiekwoningen aan de Beekmanstraat eo **Bouwjaar** 1964 **Investering** f 43.000,- **Opdrachtgever** wbv Kampen **Kontaktpersoon** dhr Michielse, 05202 - 21633 **Voorstudie** bel wbv Kampen, 05202 - 21633. **Rapport** kost f 35,55.

energetische prestaties

	<i>vóór renovatie</i>	<i>ná renovatie</i>
ruimteverwarming	1575 m ³	887 m ³
warmtapwater en koken	325 m ³	546 m ³
elektrische hulpenergie	305 kWh	500 kWh

E'novatie Thema Energie

Bij E'novatie staan de energetische kwaliteit en de kwaliteit van het binnenmilieu centraal. Het E'novatieprogramma omvat 21 demonstratieprojecten uit de naoorlogse woningvoorraad die energiezuinig gerenoveerd zijn. Een integrale aanpak van woningschil en installaties is kenmerkend.

In de brochure wordt uitgebreid stilgestaan bij de toegepaste maatregelen in de E'novatieprojecten en hun energetische effecten. De gerealiseerde besparing op ruimteverwarming is gemiddeld 40%. De totale besparing op primaire energie (voor ruimteverwarming, warmtapwater, koken en hulpenergie) bedraagt 20%, door de toename van het energiegebruik voor tapwaterverwarming en hulpenergie voor installaties. Tevens wordt aandacht besteed aan de effecten van de uitvoering. Met name de prestaties ten aanzien van luchtdichtheid en de uitvoering en inregeling van ventilatiesystemen blijken zeer uitvoeringsgevoelig. Onzorgvuldigheden op deze punten leiden al gauw tot tegenvallende energetische prestaties.

Om realistische doelstellingen ten aanzien van energiegebruik en binnenmilieu te formuleren is in de E'novatieprojecten gewerkt met prestatie-eisen. De brochure laat de gevolgde werkwijze zien aan de hand van een stappenplan, zodat corporaties zelf met prestatie-eisen kunnen werken. In de planfase kunnen prestatie-eisen worden gebruikt om een onderbouwd maatregelenpakket te kiezen. Tijdens en na de uitvoering kunnen de gerealiseerde prestaties worden getoetst aan de gestelde eisen. In de E'novatiepraktijk leidde dit verschillende keren tot aanvullende maatregelen, bijvoorbeeld ten aanzien van de luchtdichtheid en de inregeling van mechanische ventilatiesystemen. Bij het formuleren en evalueren van prestatie-eisen zijn energieberekeningen een belangrijk hulpmiddel. De brochure behandelt de ervaringen die in de E'novatieprojecten zijn opgedaan met het maken en interpreteren van energieberekeningen.

Met behulp van prestatie-eisen kunnen verantwoorde beslissingen ten aanzien van renovatie en groot onderhoud worden genomen. De bij E'novatie gevolgde werkwijze biedt handvatten om de kwaliteit van een woningcomplex in beeld te brengen en gericht te verbeteren. Daarmee zijn prestatie-eisen een exponent van marktgericht woningbeheer.

Novem

Novem (Nederlandse onderneming voor energie en milieu bv) is een dienstverlenende organisatie, gespecialiseerd in het management van energie- en milieuprogramma's voor de overheid. Novem stimuleert activiteiten voor onderzoek, ontwikkeling, demonstratie en marktintroductie van techniek en systemen voor energiebesparing en brandstofdiversificatie.

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken voert Novem het E'novatieprogramma uit. De energieprogramma's zijn steeds mede gericht op de bescherming van het milieu. In het verleden hiervan voert Novem ook taken uit die rechtstreeks voortkomen uit het milieubeleid en die niet gelieerd zijn aan het energiebeleid. Novem heeft vestigingen in Sittard (hoofdvestiging), Apeldoorn en Utrecht, alsmede een vijftal regiokantoren. In de divisie 'Gebouwde Omgeving' bevordert Novem een efficiënter gebruik van energie in woning- en utiliteitsbouw.

Novem Sittard
Postbus 17
6130 AA Sittard
telefoon: 046 - 595295



Ministerie van Economische Zaken

Colofon

Uitgave

Novem, Sittard, november 1994

Tekst en samenstelling

WoonEnergie, Gouda
drs Marijke van Zoelen, ir Marjolein Smit, ir Hans Korbee
Damen Consultants, Arnhem
ir Bart Poel, ir. Herman Eijdeems

DTP

WoonEnergie, Iddo de Goederen

Grafieken

WoonEnergie, Laus van der Blik

Vormgeving omslag

Ad Oskam, Rotterdam

Foto's

Cees Bakker, Boskoop; Novem, Utrecht; Job Otten, Hatte
Hans Pattist, Rotterdam; Rob Sol, Eindhoven;
WoonEnergie, Gouda

Druk

Tripiti, Rotterdam

ISBN nr. 90-72130-66-9

Novem nr. DV1.2.123 94.11

© Novem