Nieman | RAADGEVENDE INGENIEURS
In't Hart van de Bouw

Rapport standaard en streefwaardes bestaande woningbouw

Referentie warmtevraag bestaande bouw



Rapport standaard en streefwaardes bestaande woningbouw

Referentie warmtevraag bestaande bouw

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Slachthuisstraat 71
6041 CB Roermond
088 602 2341

Vertegenwoordigd door: De heer drs. J. Hartlief

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.
Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038 – 467 00 30
zwolle@nieman.nl

Uitgevoerd door: Mevrouw ir. M. Cornelisse
De heer ing. A.F. Kruithof
De heer ir. H.J.J. Valk

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). Lees onze privacyverklaring.

Referentie: 20190115 / 15645
Status: Definitief
Datum: februari 2021

Samenvatting

Voor de werkgroep woningen van de Sectortafel Gebouwde omgeving van het Klimaatakkoord is er behoefte aan inzicht in de netto warmtevraag (volgens NTA 8800) van bestaande woningen. Dit inzicht is nodig om een standaard en streefwaardes te kunnen bepalen zoals afgesproken is in het Klimaatakkoord. Naast de standaard op woningniveau wordt dus tevens gezocht naar streefwaardes op componentniveau. Er is, ten behoeve van de analyse, een onderverdeling gemaakt in zestien woningtypen middels een 4x4 matrix van vier woningcategorieën en vier bouwkundige typologieën.
Vervolgens heeft Nieman onderzoek gedaan naar de netto warmtevraag van woningen bij verschillende verbeterniveaus. Daarnaast is onderzocht wat het effect is op het benodigde verwarmingsvermogen als gevolg van het verlagen van het temperatuurtraject voor ruimteverwarming in combinatie met het verduurzamen van de woning.

Netto warmtevraag
De (4.506) eenheden uit het WoON 2018 onderzoek geven een representatief beeld van de Nederlandse woningvoorraad. Voor deze database met woningen is onderzocht wat het effect is op de netto warmtevraag als die woningen worden verduurzaamd. Daarbij zijn verschillende scenario's/niveaus uitgewerkt:

- Niveau 1: Oorspronkelijk niveau (aanname van de kwaliteit van de woning bij realisatie)
- Niveau 0: Huidig niveau (volgens opname van de woning in het WoON 2018 onderzoek)
- Niveau 2: Niveau met gangbare verbetermaatregelen (oudere isolatiemaatregelen en maatregelen in eigen beheer)
- Niveau 3: Niveau met gangbare verbetermaatregelen 'bovengrens' (recente isolatiemaatregelen, veelal complexmatig uitgevoerd)
- Niveau 4: Niveau met (technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen (gericht op een (technisch) spijtvrije ingreep per bouwdeel)

Uit de analyses van de rekenresultaten blijkt een relatie tussen de berekende netto-warmtevraag en de compactheid van de woning (de verhouding tussen het vloeroppervlak en het oppervlak van de buitenschil van de woning). Parameters die een belangrijke invloed hebben op de uitkomst van de netto warmtevraag zijn het ventilatiesysteem, de thermische kwaliteit van constructies (ramen, vloer, gevel, deuren, eventuele gevelpanelen en dak) en de mate van infiltratie.

Benodigd verwarmingsvermogen
Door het verlagen van de netto warmtevraag daalt ook het benodigde verwarmingsvermogen (de capaciteit van de warmteafgifte, zoals radiatoren). Daar staat tegenover dat bij een duurzame warmteopwekker veelal een verlaging van het temperatuurtraject voor de ruimteverwarming gewenst, om een ruimere keuze te hebben uit de warmte-oplossingen; dat heeft weer een verhoging van het benodigde afgifte-oppervlak als gevolg.

Onderzocht is wat het effect is als een woning wordt verbeterd tot niveau 3 en niveau 4 in combinatie met een lager temperatuurtraject voor de ruimteverwarming. Daarbij is onderscheid gemaakt in de aanvoertemperaturen voor verwarming van 80°C (HT: hoge temperatuurverwarming), 70°C (MT: midden temperatuurverwarming), 50°C (LT: lage temperatuurverwarming) en 35°C (ZLT: zeer lage temperatuurverwarming).

Bij het verbeteren van een woning naar niveau 3 en 4 zijn in de meeste gevallen geen aanpassingen aan de warmteafgiftelichamen benodigd als de stap van HT-verwarming naar MT-verwarming wordt gezet. Om zondermeer de stap naar LT-verwarming (50°C aanvoertemperatuur) te kunnen zetten moet gedacht worden aan een maatregelenpakket dat hoort bij niveau 4; bij verbeteringen tot en met niveau 3 is enig extra verwarmingsvermogen benodigd. ZLT-verwarming vraagt extra aandacht: in veel van de gevallen is aanzienlijk extra verwarmingsvermogen benodigd, ook als wordt uitgegaan van de verbeteringen die horen bij niveau 4. Bij ZLT-verwarming kan daarom het beste worden uitgegaan van het geheel vervangen van de warmteafgifte door vloerverwarming of (ventilatie-)convectoren.

Standaard als vaste waarde of afhankelijk van compactheid

In dit onderzoek zijn twee scenario's uitgewerkt om een standaard vast te stellen: één vastgestelde waarde per woningtype of een standaard die afhankelijk is van de compactheid van de woning. De eerste optie oogt eenvoudiger, maar leidt tot grote verschillen in maatregelpakketten tussen woningen en heeft als nadeel dat er voor een veel verschillende woningtypen een afzonderlijke hoogte van de standaard moet worden vastgesteld. De tweede optie heeft als voordeel dat de standaard voor meerdere woningtypen samengevoegd kunnen worden. Het nadeel van deze optie is echter dat de compactheid iets is dat een woningeigenaar niet (goed) zelf kan vaststellen.

Een standaard die gekoppeld is aan de compactheid van de woning is vanuit technisch oogpunt gewenst en ook het meest aannemelijk. Die optie is daarom verder uitgewerkt. Er zijn grenswaardes bepaald voor een standaard die een stap 'ambitieuzer' is dan een standaard op basis van 'niveau 3'. Het voordeel van een iets 'ambitieuzere' standaard is dat er bij minder woningen aanvullende aanpassingen aan de warmteafgifte nodig zullen zijn. De bepaling van deze standaard is gedaan door in eerste instantie de trendlijn te bepalen en voor een standaard op basis van het 'niveau 3' en die te vereenvoudigen. De vereenvoudiging is gedaan om een schijnnauwkeurigheid te voorkomen. Op basis van het gesprek in de begeleidingscommissie is gekozen om de formule aan te passen zodat voldoen aan de standaard betekent dat er in de praktijk slechts in beperkte mate aanvullende maatregelen aan het afgiftesysteem (zoals vervangen van radiatoren) nodig zullen zijn, rekening houdend met een in bijna alle gevallen aanwezige overcapaciteit in de bestaande situatie. Op basis van een grove inschatting betreft dit dan circa 5% van de woningen. Het gevolg hiervan is dat 20% van de woningen met de maatregelen volgens 'niveau 3' direct voldoen aan de gestelde standaard. Voor de overige woningen zijn enkele aanvullende maatregelen nodig, die echter eveneens niet ingrijpend zijn, net zoals de maatregelen behorende bij het 'niveau 3'. Voor die extra maatregelen kan gedacht worden aan het verbeteren van de thermische kwaliteit van buitendeuren, isoleren van eventuele panelen in of tussen kozijnen, het verder verbeteren

van de luchtdoorlatendheid van de woning of de toevoeging van luchtkwaliteitssensoren aan het ventilatiesysteem.

Voorstel standaard

Er is aldus, in nauw overleg met de begeleidingscommissie, een standaard uitgewerkt waarbij onderscheid wordt gemaakt in twee categorieën woningen (een- en meergezinswoningen) in twee tijdvakken (voor en na 1945). Deze standaard is afhankelijk van de compactheid van de woningen. De hoogte is zodanig vastgesteld dat er een grote mate van zekerheid ontstaat dat in de praktijk slechts in beperkte mate aanvullende maatregelen aan het afgiftesysteem (zoals vervangen van radiatoren) nodig zullen zijn. Daarbij is voor de woningen van voor 1945 uitgegaan van een alternatief voor aardgas met een aansluittemperatuur van 70 ^{O}C (MT warmte) en voor woningen vanaf 1945 van uitsluiting op een alternatief met een aansluittemperatuur van50 ^{o}C (LT-warmte).
Het voorstel voor de standaard is in Tabel 1 weergegeven.

Woningtype	voorstel standaard	
	Compactheid (A_{ls}/A_g)	Netto warmtevraag (kWh/m²)
Eengezinswoningen, voor 1945	< 1,00	≤ 60
	≥ 1,00	≤ 60 + 105 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Eengezinswoningen, na 1945	< 1,00	≤ 43
	≥ 1,00	≤ 43 + 40 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Meergezinswoningen, voor 1945	< 1,00	≤ 95
	≥ 1,00	≤ 95 + 70 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Meergezinswoningen, na 1945	< 1,00	≤ 45
	≥ 1,00	≤ 45 + 45 * (A_{ls}/A_g -1,0)

Tabel 1: Voorstel standaard

Over het algemeen zal met het maatregelenpakket om te komen tot deze standaard voor na-oorlogse woningen een label A/B woning worden gerealiseerd, uitgaande van een woning met een HR-ketel, zonder PV-panelen. Voor vooroorlogse woningen betreft dit -indicatief- een label D, met als consequentie dat voor deze woningen een warmtevoorziening op een hoger temperatuurniveau (70 ^{o}C) nodig zal zijn.

Om een standaard vast te kunnen stellen moet niet uitsluitend naar de energetische consequenties gekeken worden; andere aspecten zoals de kostentechnische consequenties en de gevolgen buiten de woningen (infra) zijn daarbij aandachtpunten, die buiten de scope van dit rapport vallen.

februari 2021
Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

ir. H.J.J. Valk

ing. A.F. Kruithof

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1	**Inleiding**	**7**
1.1	Uitwerking probleemstelling	7
1.2	Plan van aanpak	8
Hoofdstuk 2	**Begripsbepaling**	**9**
Hoofdstuk 3	**Woningtypologieën en energetische kwaliteit**	**12**
3.1	Database woningen	12
3.2	Woningtypen	12
3.3	Oorspronkelijke kenmerken bouwkundige typologieën	13
3.4	Niveaus energieprestatie	14
3.4.1	*Niveau 0: Huidig niveau*	*15*
3.4.2	*Niveau 1: Oorspronkelijk niveau*	*17*
3.4.3	*Niveau 2 en 3: Gangbare verbetermaatregelen onder- en bovengrens*	*18*
3.4.4	*Niveau 4: Niveau met (technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen*	*23*
3.4.5	*Overzicht niveau's*	*25*
Hoofdstuk 4	**Analyse netto warmtevraag**	**26**
4.1	Netto warmtevraag	26
4.2	Doorgerekende woningen	26
4.3	Rekenresultaten	27
4.3.1	*Weergave rekenresultaten*	*27*
4.3.2	*Filter rekenresultaten*	*28*
4.3.3	*Gemiddelde rekenresultaten per woningtype*	*29*
4.3.4	*Rekenresultaten per woningtype*	*32*
4.3.5	*Rekenresultaten per bouwjaarklasse*	*35*
4.3.6	*Rekenresultaten per niveau van energieprestatie*	*38*
Hoofdstuk 5	**Gevoeligheidsanalyse verbetermaatregelen**	**40**
5.1	Geselecteerde woning gevoeligheidsanalyse	40
5.2	Basis gevoeligheidsanalyse	40
5.3	Effect wijzigingen	41
5.4	Gevoeligheidsanalyse tussenwoning, niveau 3	41
5.5	Gevoeligheidsanalyse tussenwoning, niveau 4	44
5.6	Conclusies gevoeligheidsanalyse	46
Hoofdstuk 6	**Variantenstudie**	**48**

6.1 Uitgangspunten variantenstudie 48
6.2 Resultaten variantenstudie 49

Hoofdstuk 7 Analyse benodigde verwarmingsvermogen 51
7.1 Referentiewoningen 51
7.2 Uitgangspunten warmteverliesberekening 52
7.3 Benodigd vermogen warmteafgifte 54
7.4 Warmteafgiftelichamen 55
7.4.1 Mogelijke reductie temperatuurtraject 56
7.4.2 Aanpassing warmteafgiftelichamen bij aanpassing temperatuurtraject 57
7.4.3 Verdeling warmteafgiftelichamen 60
7.5 Gevoeligheidsanalyse benodigd verwarmingsvermogen 63
7.6 Conclusies benodigd verwarmingsvermogen 65

Hoofdstuk 8 Uitwerken opties standaard (woningniveau) en streefwaardes (componentniveau) 67
8.1 Opties standaard 67
8.1.1 Analyse opties standaard 67
8.1.2 Uitwerking optie: 'standaard afhankelijk van compactheid' 69
8.1.3 Verdere uitwerking vereenvoudiging optie: 'standaard afhankelijk van compactheid' 72
8.1.4 Verdere uitwerking 'ambitieuze' optie 75
8.2 Vaststellen standaard 80
8.3 Vaststellen streefwaardes 80

Hoofdstuk 9 Aandachtspunten 83

Bijlage 1 Kenmerken woningtypen 1

Bijlage 2 Rekenresultaten per woningtype 6

Bijlage 3 Rekenresultaten per bouwjaarklasse 15

Bijlage 4 Resultaten per niveau van energieprestatie 21

Bijlage 5 Resultaten gevoeligheidsanalyse 29

Bijlage 6 Uitgangspunten en rekenresultaten variantenstudie 30

Bijlage 7 Kenmerken referentiewoningen t.b.v. bepalen benodigde verwarmingsvermogen 36

Bijlage 8 Uitgangspunten en resultaten berekeningen verwarmingsvermogen 37

Bijlage 9 Verwarmingsvermogen tussenwoning 1975-1995 **38**

Bijlage 10 Analyse opties vaststellen standaard **45**

Bijlage 11 Analyse vereenvoudiging trendlijn **49**

Hoofdstuk 1 Inleiding

Voor de werkgroep woningen van de Sectortafel Gebouwde omgeving van het Klimaatakkoord is er behoefte aan inzicht in de netto warmtevraag (volgens NTA 8800) van bestaande woningen die bij verschillende ingreepniveaus kan worden bereikt. Dit inzicht is nodig om een standaard en streefwaardes te kunnen bepalen zoals afgesproken is in het Klimaatakkoord.
Dit inzicht wordt bereikt door berekeningen aan (bestanden met) referentiewoningen. Hiermee wordt in dit kader gerefereerd aan veel voorkomende kenmerkende woningtypen met gelijksoortige bouwkundige eigenschappen die meestal in een bepaalde bouwperiode zijn vervaardigd. Deze zijn in overleg met de begeleidingscommissie vastgesteld. Naast de standaard op woningniveau wordt tevens gezocht naar streefwaardes op componentniveau.

1.1 Uitwerking probleemstelling

Om woningeigenaren en gebruikers handvatten te kunnen geven bij de verduurzaming van hun woning(en) wordt onderzocht wat de relatie is tussen bouwkundige maatregelen en de resulterende energiebehoefte voor verwarming. Dit is met name van belang in de situaties dat de toekomstige warmtevoorziening nog niet bekend is. Indien er sprake is van een natuurlijk renovatiemoment is het relevant dat woningeigenaren (zowel eigenaar-bewoners als verhuurders) een richtsnoer hebben voor een ingreep, anticiperend op de energietransitie. Daarbij zijn de bouwkundige constructies van de woning een randvoorwaarde en is de mate van isolatie afhankelijk van die constructies. Voor de ingreep aan specifieke bouwdelen wordt daarnaast gezocht naar een nader te bepalen optimum. Boven dit optimum levert verder isoleren geen noemenswaardige beperking van de warmtevraag op.

Deze inzichten zijn onder andere nodig om een standaard voor de warmtevraag te kunnen bepalen en streefwaardes voor ingrepen aan specifieke bouwdelen. De vraag richt zich daarbij op de consequenties voor de woning en niet op de consequenties buiten de woning. Zo wordt er wel gekeken naar de maatregelen om de thermische kwaliteit te verbeteren en het effect op het temperatuurtraject en de warmteafgiftelichamen in de woning maar wordt er niet gekeken naar de benodigde totale warmtelevering (in geval van stadsverwarming) of de capaciteit van het elektriciteitsnet (in geval van een all-electric woning), of enige andere warmtevoorziening. Een kostenbaten-analyse maakt geen deel uit van dit rapport, maar wordt parallel uitgevoerd.

Er is bij de start van het onderzoek een onderverdeling gemaakt in zestien woningtypen middels een 4x4 matrix van vier woningcategorieën en vier bouwkundige typologieën. In dit onderzoek is tevens beoordeeld in hoeverre de onderverdeling in de zestien woningtypen vanuit bouwtechnisch oogpunt logisch en praktisch is, of dat op een of meer onderdelen een uitsplitsing of samenvoeging gehanteerd kan worden. Per woningtype (categorie en typologie) worden verschillende varianten doorgerekend voor de streefwaardes en voor een standaard van de (netto)warmtevraag op woningniveau. Uitgangspunt

hierbij is dat er voor elk van de woningtypen de constructies (technisch) optimaal moeten worden geïsoleerd voor zover dit passend is bij die constructie.

Het verduurzamen van de woning wordt veelal gecombineerd met het verlagen van het temperatuurtraject in het warmteafgiftesysteem. Hiermee kan (op termijn) de bestaande warmteopwekker met hoge temperatuurverwarming worden vervangen door een (duurzamer) alternatief, die in veel gevallen een lagere toevoertemperatuur zal hebben. Door een lagere toevoertemperatuur daalt de capaciteit van het bestaande warmteafgiftesysteem. Er moet per woningtype inzicht worden gegeven op het effect op het warmteafgiftesysteem als gevolg van de lage(re) toevoertemperatuur.

1.2 Plan van aanpak

Het plan van aanpak van het onderzoek bestaat uit de volgende stappen:

1. Vaststellen woningtypen
2. Vaststellen verbetervarianten woningtypen
3. Gevoeligheidsanalyse verbetermaatregelen
4. Uitwerken voorstel standaard (woningniveau) en streefwaardes (componentniveau)
5. Analyse benodigd verwarmingsvermogen (consequenties warmteafgiftesysteem)

Het onderhavige onderzoek en het samenstellen van deze rapportage is begeleid door een commissie onder voorzitterschap van het Ministerie van BZK en met ondersteuning van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De volgende organisaties zijn vertegenwoordigd in deze begeleidingscommissie:

- Vastgoed Belang
- Aedes
- Woonbond
- VEH
- NVDE
- Stroomversnelling
- Techniek Nederland
- Bouwend Nederland
- VNG

Hoofdstuk 2 Begripsbepaling

Een aantal van de veel gebruikte begrippen in deze rapportage worden in dit hoofdstuk nader toegelicht. Het gaat daarbij om de standaard, streefwaarde, de warmtevraag en om technische begripsvorming rondom spijtvrije maatregelen.
De herkomst van de begrippen komt uit de achtergrondnotitie ten behoeve van de Sectortafel Gebouwde omgeving 'Verduurzaming bestaande woning' d.d. 13 december 2018 van 'Werkgroep 5 Woningen'.

Standaard
In de genoemde achtergrondnotitie wordt het volgende over de 'standaard' beschreven:

- Volgens definitielijst:
  "een getal (kWh/m^2.jaar) dat een bepaalde energetische kwaliteit aangeeft voor een gebouw of een bouwdeel. De standaard wordt geacht een spijtvrij niveau te reflecteren."
- Elders in de achtergrondnotitie wordt geschreven: "*Een standaard (in kWh/m2 .jaar) voor de jaarlijkse netto warmtevraag van woningen*"

De standaard is daarmee een kenmerk op woningniveau.

Streefwaarde
In de genoemde achtergrondnotitie wordt het volgende over de 'streefwaarde' beschreven:

- Volgens definitielijst:
  "het niveau voor bouwdelen (dak, vloer, muur, glas) uitgedrukt in een U- of R_c-waarde waar door een huiseigenaar naar gestreefd kan worden om zo goed mogelijk voorbereid te zijn op een verwarmingsvoorziening, anders dan een aardgas-cv ketel."
- Elders in de achtergrondnotitie wordt geschreven: *"streefwaarden voor de isolatie op bouwdeelniveau (R_c- en U-waarden) en gebouwventilatie",* en
- *"Niet iedereen verbouwt de hele woning bij verduurzaming. Voor verbouwingen, waarbij maar één of enkele bouwdelen worden aangepakt (zoals dak, gevel, vloer) worden er streefwaarden gegeven voor isolatie (in R_c-, dan wel U-waarden) en benodigde ventilatie(voud). Deze streefwaarden bieden handelingsperspectief voor tussentijdse stappen van bewoners/eigenaren die aansluiten, bijvoorbeeld bij de natuurlijke momenten waarop zij investeringen doen in woningverbetering (zoals bij een verhuizing). De standaard voor de gehele woning is echter leidend.*"

Daarmee is een streefwaarde dus geen eis maar een verstandig niveau om na te streven. Het gaat daarbij om kenmerken op bouwdeelniveau (vloer, gevel, dak, kozijnen, luchtdichtheid van de woning en ventilatiesysteem).

Warmtevraag

De standaard wordt gekenmerkt als de jaarlijkse netto warmtevraag van woningen in kWh/m^2.jaar.
In de achtergrondnotitie wordt daarbij aangegeven dat de netto warmtevraag wordt bepaald volgens NTA 8800. Voor berekening van de standaard wordt in dit rapport gebruik gemaakt van NTA 8800(2020+A1:2020), Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de bijbehorende validatietool (v200615).

In § 5.3.2 van NTA 8800 is de beschrijving van de bepaling van de netto warmtebehoefte ($E_{H;nd}$) beschreven in formule 5.3a. De netto warmtebehoefte (omschrijving volgens NTA 8800) en de netto warmtevraag (omschrijving volgens achtergrondnotitie) zijn dezelfde parameters.

De volgende aspecten hebben een belangrijke invloed op de uitkomst van de netto warmtevraag:

- De geometrie van de woning;
- De thermische kwaliteit van de constructies;
- De luchtdichtheid van de woning;
- Het ventilatiesysteem.

Aspecten die geen invloed hebben op de netto warmtevraag zijn:

- De toegepaste warmteopwekker;
- Het warm tapwater gebruik (en het type opwekker daarvoor);
- Verlichting;
- Elektriciteitsopwekking (bijvoorbeeld via PV-panelen);
- Koeling;
- Specifiek bewonersgedrag; het standaard gebruikersgedrag is beleidsmatig vastgelegd in NTA 8800 en kan niet worden gevarieerd.

Netto warmtevraag versus BENG

Nieuwbouwwoningen moeten vanaf 1 januari 2021 voldoen aan de eisen voor bijna energieneutrale gebouwen (BENG-eisen). Deze energieprestatie wordt vastgelegd in drie indicatoren.
Een van de energieprestatie- (BENG-) indicatoren is de energiebehoefte van een woning (BENG 1). De energiebehoefte verschilt op twee belangrijke punten van de netto warmtevraag:

- Bij de energiebehoefte van de woning wordt door de som van de warmte- **en koudebehoefte** bepaald. Bij de netto warmtevraag wordt uitsluitend gerekend met de warmtebehoefte.
- Bij de bepaling van de energiebehoefte (BENG 1) wordt rekening gehouden met een vastgesteld ventilatiesysteem (systeem C1: natuurlijke toevoer – mechanische afvoer van ventilatielucht). Dit in tegenstelling tot de bepaling van de netto warmtevraag waarbij rekening wordt gehouden met het ventilatiesysteem dat werkelijk wordt toegepast.

Door deze twee verschillen is het vergelijken van de uitkomsten van de netto warmtevraag en van de energiebehoefte niet één op één mogelijk.

Ook de energieprestatie van de bestaande woningbouw en het daarop gebaseerde Energielabel wordt gekoppeld aan een van de andere Energieprestatie-indicatoren, namelijk het primaire fossiele energiegebruik (BENG 2) ook uitgedrukt in kWh/m^2.jaar.

Spijtvrij

In het klimaatakkoord is spijtvrij een ingreepniveau ' … *waarmee de gebouweigenaar ervan verzekerd is dat niet meermaals binnen de technische levensduur een ingrijpende aanpassing aan dezelfde bouwdelen noodzakelijk is, vooruitlopen op het alternatief voor aardgas dat wordt gekozen in de wijkgerichte aanpak'.*[1] *'De 'spijtvrije' standaard is daarbij een middel om het beoogde doel van een CO2-arme gebouwde omgeving te bereiken.'* [2]

Met andere woorden: een verbeteringreep die wordt gedaan voordat de nieuwe warmtevoorziening ('het alternatief voor gas') in het betreffende gebied bekend is, is zodanig dat een component die met deze ingreep verbeterd wordt, op een later moment niet nog een keer aangepast hoeft te worden omdat de verbetering die aanvankelijk was gekozen onvoldoende bleek te zijn.

Omdat de betaalbaarheidsaspecten geen deel uitmaken van dit rapport, maar aansluitend wordt beoordeeld door TNO, wordt in dit onderzoek uitsluitend gekeken naar een technisch optimum, gericht op het realiseren van een spijtvrije ingreep. Gezien de ambitie van het Klimaatakkoord kan dit technisch relatief vergaande maatregelen betreffen, met name waar het de streefwaardes voor individuele bouwdelen betreft; daarom wordt dit niveau verder in dit rapport aangeduid als '(technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen'. Bij een integrale aanpak is het denkbaar dat een spijtvrij niveau worden bereikt met minder vergaande maatregelen. Een dergelijk integraal niveau wordt beoogd met de standaard.

[1] Klimaatakkoord; Den Haag 28 juni 2019; *pag. 19 'Standaard' onder a.*

[2] Idem; *pag. 19 'Standaard' onder c.*

Hoofdstuk 3 Woningtypologieën en energetische kwaliteit

3.1 Database woningen

Voor het onderzoek wordt gebruik gemaakt van de database met 4.506 wooneenheden uit het WoON 2018[3] onderzoek. Ten tijde van dit onderzoek waren de cijfers van WoON 2018 de meest recente versie van het driejaarlijkse WoON-onderzoek waarbij de 'vervolgmodule Energie' (eens in de zes jaar) is uitgevoerd, waarmee onder andere de energetische kwaliteit van de woningen is geïnventariseerd. De opzet van de WoON-onderzoeken is zodanig dat de woningen representatief zijn voor de Nederlandse woningvoorraad.

3.2 Woningtypen

Ten tijde van het opstellen van het Klimaatakkoord is een analyse gemaakt waarbij de Nederlandse woningvoorraad is opgedeeld in zestien woningtypen. De matrix die daaruit resulteert, maakt onderscheid in vier bouwkundige typologieën en in vier woningcategorieën. De klasseindeling van de eerste bouwkundige typologie is op verzoek en in overleg met de Begeleidingscommissie iets aangepast om beter bij de praktijk aan te sluiten.

Bouwkundige typologieën:

- Bouwperiode tot 1945: voornamelijk steensmuren of spouwmuren die niet nageïsoleerd kunnen worden in combinatie met houten vloeren.
- Bouwperiode 1945 – 1975: spouwmuren vanuit de bouw niet geïsoleerd in combinatie met houten vloeren.
- Bouwperiode 1975 – 1995: spouwmuren vanuit de bouw wel geïsoleerd in combinatie met betonnen vloeren, overal matig geïsoleerd.
- Bouwperiode na 1995: relatief goed geïsoleerde woningen. Vanaf 1995 was een EPC-eis van toepassing.

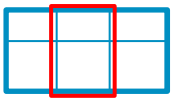
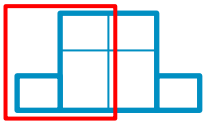
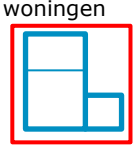
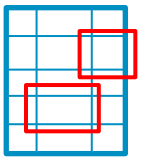
De bouwperiodes zijn in overleg met de begeleidingscommissie en naar aanleiding van een expert review aangepast ten opzichte van de periodes die aanvankelijk waren gehanteerd. Verschillen betreffen de

[3] Bij de start van het onderzoek is gebruik gemaakt van WoON 2012, omdat dit de meest recente versie van het driejaarlijkse WoON-onderzoek was, waarin de energiemodule was meegenomen. Lopende het onderzoek kwamen de resultaten van WoON 2018 beschikbaar en zijn de meeste analyses herhaald met de nieuwe dataset. Voor een aantal minder prominente delen uit het onderzoek is dit om praktische reden niet gebeurd, zoals voor de gevoeligheidsanalyse, waarop de invloed van een nieuwe dataset marginaal is.

grenswaarde van 1945 (aanvankelijk was dat 1925) en 1975 (in de eerste uitgangspunten was dat 1965). De kenmerken per bouwkundige typologie worden in de volgende paragraaf toegelicht.

Woningcategorieën:

- Tussenwoning
- Hoekwoning/ twee-onder-een kapwoning
- Vrijstaande woningen
- Galerij, portiekwoningen

	<1945	1945-1975	1975-1995	>1995
Tussenwoningen 				
Hoekwoningen / 2^1 kapwoningen 				
Vrijstaande woningen 				
Galerij- / portiekwoningen 				

Tabel 2: Voorbeelden (ter illustratie) van de 16 woningtypen per bouwjaar en woning categorie

3.3 Oorspronkelijke kenmerken bouwkundige typologieën

De kenmerken per bouwjaar zijn voornamelijk gebaseerd op informatie vanuit de brochure "Voorbeeldwoningen 2011, bestaande bouw" gepubliceerd door Agentschap NL (tegenwoordig RVO.nl) in januari 2011. Dit komt goed overeen met wat in de praktijk waargenomen wordt bij renovatie- en onderhoudsprojecten. Gedetailleerde specificaties van de oorspronkelijke energetische kwaliteit per woningcategorie en per bouwjaar zijn weergegeven in Bijlage 1. De gehanteerde karakterisering per bouwkundige typologie is een vereenvoudiging; het beeld is in de praktijk aanzienlijk gevarieerder.

Bouwjaar tot 1945

Tot ongeveer 1925 werden er bijna geen spouwmuren toegepast. Als er spouwmuren toegepast werden (ook tussen 1925-1945), dan waren dan die erg smal (< 4 cm) en ongeschikt voor na-isolatie. De overige bouwdelen waren in de oorspronkelijke situatie ook niet geïsoleerd. De (begane grond) vloeren waren van hout. De beglazing was enkel glas in stalen of houten kozijnen. Er was nog weinig aandacht voor kierdichting en een ventilatiesysteem was ook niet aanwezig. Verwarming vond meestal plaats door middel van lokale opwekkers (kolen-, gas- en oliekachels).

Bouwjaar 1945-1975

Vanaf ongeveer 1945 werden ongeïsoleerde spouwmuren toegepast in woningen. In de periode tot 1975 waren de andere bouwdelen ook niet of nauwelijks geïsoleerd. De toepassing van houten vloeren nam aan het eind van deze periode af en (niet geïsoleerde) betonvloeren deden hun intrede. Meestal werd er nog enkel glas toegepast, vooral op de verdiepingen. Aan het einde van deze periode werd op de begane grond wel dubbel glas toegepast. Een ventilatiesysteem was niet aanwezig, wel waren er te openen ramen, klepramen en open afvoerkanalen. Centrale verwarming kwam in woningen nog nauwelijks voor.

Bouwjaar 1975-1995

De eisen aan de energetische kwaliteit van nieuwbouwwoningen werden geïntroduceerd. Vanaf 1975 werd de minimale R_c-waarde in de meeste Gemeentelijke Bouwverordeningen van de gevel en het dak 1,3 m²K/W. In 1979 werd dubbele beglazing in de woonkamer verplicht. De vloeren en wanden waren veelal opgebouwd uit (prefab) beton.

Bouwjaar vanaf 1995

Vanaf 1992 schreef landelijke regelgeving (Bouwbesluit) voor dat alle dichte gebouwdelen een warmte-isolatie moesten hebben van minimaal 2,50 m²K/W en dubbele beglazing. Een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer door middel van ventilatieroosters en mechanische afvoer werd meestal toegepast. In een latere periode werd balansventilatie geïntroduceerd waarbij de buitenlucht via warmteterugwinning werd voorverwarmd door de afgezogen binnenlucht. Centrale verwarming met hoge temperatuur werd standaard toegepast.

3.4 Niveaus energieprestatie

Voor elk van de woningtypen is een aantal niveaus van de energetische prestatie vastgesteld. Daarbij zijn de kenmerken vastgesteld die invloed hebben op de netto-warmtevraag van de woning. Het gaat daarbij niet alleen om de bouwkundige kenmerken van de woning, maar ook het ventilatiesysteem speelt een rol.

De volgende niveaus zijn uitgewerkt:
Niveau 1: Oorspronkelijk niveau (zie paragraaf 3.4.2)
Niveau 0: Huidig niveau (zie paragraaf 3.4.1)

Niveau 2 en 3: Niveau met gangbare verbetermaatregelen (zie paragraaf 3.4.2), waarbij een nader onderscheid is gemaakt naar een 'ondergrens' en 'bovengrens'
Niveau 4: Niveau met (technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen (zie paragraaf 3.4.4)

De belangrijkste kenmerken zijn in de tabellen in de volgende paragrafen opgenomen. Een compleet overzicht is in Bijlage 1 opgenomen.

Bij het berekenen van de netto warmtevraag zijn rekenwaardes voor de verschillende componenten (thermische kwaliteit, ventilatie, luchtdichtheid) relevant. Daarbij wordt opgemerkt dat:

- de thermische kwaliteit (R_c- / U-waardes) voor de bouwjaarcategorieën < 1945, 1945-1975 en 1975-1995 bepaald zijn volgens ISSO 82.1 (2020). Daarbij is gebruik gemaakt van de woningkenmerken zoals die zijn ingeschat voor de woning ten tijde van de realisatie.
- de thermische kwaliteit (R_c- / U-waardes) in de bouwjaarcategorie > 1995 is de thermische kwaliteit van de dichte delen volgens de bouwregelgeving eind jaren '90 (R_c-waarde 2,5 m^2K/W). Er is uitgegaan van een U_w-waarde (ramen) van 1,8 W/m^2K en ongeïsoleerde deuren (U_d = 3,4 W/m^2K).
- de luchtdichtheid ($q_{v;10}$-waarde) is ingeschat op basis van de rekenwaardes volgens NTA 8800 op basis van woningtype en bouwjaar.

3.4.1 Niveau 0: Huidig niveau

Niveau 0, het huidige niveau van de energieprestatie van woningen is gebaseerd op de resultaten van het WoON 2018 onderzoek. Het periodieke WoON-onderzoek geeft inzicht in de dwarsdoorsnede van de Nederlandse woningvoorraad. In het WoON 2018 onderzoek is de huidige (de stand van zaken in 2018) energetische kwaliteit van de woningen bepaald, dus inclusief eventuele toegepaste verbetermaatregelen. Op basis van die gegevens is de netto warmtevraag bepaald voor alle 4.506 woningen die in de database van WoON 2018 zijn opgenomen.
Voor niveau 0 is gekozen omdat het 'huidige niveau' het enige niveau is waarbij de gehanteerde uitgangspunten/ woningkenmerken ongewijzigd zijn ten opzichte van de resultaten van het WoON 2018 onderzoek.

De gemiddelde kwaliteit van de woningen in de WoON 2018 database is voor elk van de zestien woningtypen vastgesteld en weergegeven in Tabel 3. Een specificatie van de toegepaste ventilatiesystemen en de laagste- en hoogste thermische kwaliteit op componentniveau is opgenomen in Bijlage 1.

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Bouwjaar < 1945				
Begane grond vloer	R_c= 0,77 m²K/W	R_c= 0,73 m²K/W	R_c= 0,94 m²K/W	R_c= 0,56 m²K/W
Gevel	R_c= 0,70 m²K/W	R_c= 0,82 m²K/W	R_c= 0,99 m²K/W	R_c= 0,58 m²K/W

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Paneel	R_c= 0,46 m²K/W	R_c= 0,97 m²K/W	R_c= 0,98 m²K/W	R_c= 0,36 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c= 1,24 m²K/W	R_c= 1,20 m²K/W	R_c= 1,42 m²K/W	R_c= 1,00 m²K/W
Ramen	U_w = 2,96 W/m²K	U_w = 3,06 W/m²K	U_w = 2,98 W/m²K	U_w = 3,11 W/m²K
Deuren	U_d = 3,36 W/m²K	U_d = 3,36 W/m²K	U_d = 3,35 W/m²K	U_d = 3,32 W/m²K
Infiltratie [2)]	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar
Ventilatiesysteem (meest voorkomend)	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]
Bouwjaar 1945-1975				
Begane grond vloer	R_c= 0,57 m²K/W	R_c= 0,60 m²K/W	R_c= 0,66 m²K/W	R_c= 0,48 m²K/W
Gevel	R_c= 0,84 m²K/W	R_c= 1,06 m²K/W	R_c= 1,10 m²K/W	R_c= 0,67 m²K/W
Paneel	R_c= 0,61 m²K/W	R_c= 0,90 m²K/W	R_c= 0,86 m²K/W	R_c= 0,46 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c= 1,22 m²K/W	R_c= 1,23 m²K/W	R_c= 1,40 m²K/W	R_c= 0,96 m²K/W
Ramen	U_w = 2,73 W/m²K	U_w = 2,69 W/m²K	U_w = 2,66 W/m²K	U_w = 2,87 W/m²K
Deuren	U_d = 3,31 W/m²K	U_d = 3,32 W/m²K	U_d = 3,31 W/m²K	U_d = 3,30 W/m²K
Infiltratie [2)]	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar
Ventilatiesysteem (meest voorkomend)	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]
Bouwjaar 1975-1995				
Begane grond vloer	R_c= 1,16 m²K/W	R_c= 1,25 m²K/W	R_c= 1,35 m²K/W	R_c= 1,16 m²K/W
Gevel	R_c= 1,53 m²K/W	R_c= 1,61 m²K/W	R_c= 1,69 m²K/W	R_c= 1,66 m²K/W
Paneel	R_c= 1,48 m²K/W	R_c= 1,61 m²K/W	R_c= 1,75 m²K/W	R_c= 1,56 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c= 1,50 m²K/W	R_c= 1,59 m²K/W	R_c= 1,82 m²K/W	R_c= 1,66 m²K/W
Ramen	U_w = 2,82 W/m²K	U_w = 2,72 W/m²K	U_w = 2,74 W/m²K	U_w = 2,91 W/m²K
Deuren	Ud = 3,33 W/m²K	Ud = 3,33 W/m²K	Ud = 3,30 W/m²K	Ud = 3,32 W/m²K
Infiltratie [2)]	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar
Ventilatiesysteem (meest voorkomend)	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem A [1)]	Systeem C1 [1)]
Bouwjaar >1995				
Begane grond vloer	R_c= 2,68 m²K/W	R_c= 2,63 m²K/W	R_c= 2,64 m²K/W	R_c= 2,00 m²K/W
Gevel	R_c= 2,68 m²K/W	R_c= 2,59 m²K/W	R_c= 2,56 m²K/W	R_c= 2,61 m²K/W
Paneel	R_c= 2,77 m²K/W	R_c= 2,56 m²K/W	R_c= 2,60 m²K/W	R_c= 2,57 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c= 2,75 m²K/W	R_c= 2,69 m²K/W	R_c= 2,68 m²K/W	R_c= 2,67 m²K/W
Ramen	U_w = 2,10 W/m²K	U_w = 2,16 W/m²K	U_w = 2,14 W/m²K	U_w = 2,16 W/m²K
Deuren	U_d = 3,27 W/m²K	U_d = 3,25 W/m²K	U_d = 3,22 W/m²K	U_d = 3,28 W/m²K
Infiltratie [2)]	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar	o.b.v. bouw-/renovatiejaar
Ventilatiesysteem (meest voorkomend)	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement

[1)] Toelichting ventilatiesystemen:

- Ventilatiesysteem A houdt in: natuurlijke toevoer – natuurlijk afvoer
- Ventilatiesysteem C1 houdt in: Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, geen sturing van het ventilatiesysteem

[2)] De mate van infiltratie wordt bepaald aan de hand van het bouw-/renovatiejaar. Het bouw-/renovatiejaar verschilt per woning in de WoON 2018 database. Daarmee is dus niet één $q_{v;10}$-waarde te geven die gehanteerd is voor de luchtdichtheid van het huidige niveau; die verschilt per woning.

Tabel 3: Rekenwaardes – Niveau 0

3.4.2 Niveau 1: Oorspronkelijk niveau

In niveau 1, het oorspronkelijke niveau, wordt uitgegaan van de bouwkundige kenmerken en het ventilatiesysteem van de oorspronkelijke woning (ten tijde van de realisatie). Hiervoor is uitgegaan van de kenmerken zoals die in paragraaf 3.3 zijn beschreven.
De gehanteerde rekenwaardes voor niveau 1 zijn in Tabel 4 opgenomen. Een nadere omschrijving/ specificatie hiervan is in Bijlage 1 opgenomen.

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Bouwjaar < 1945				
Begane grond vloer	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W
Gevel	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 0,22 m²K/W	R_c = 0,22 m²K/W	R_c = 0,22 m²K/W	R_c = 0,22 m²K/W
Ramen	U_w = 5,1 W/m²K	U_w = 5,1 W/m²K	U_w = 5,1 W/m²K	U_w = 5,1 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 3,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 3,6 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 4,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]
Bouwjaar 1945-1975				
Begane grond vloer	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W
Gevel	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W
Ramen	U_w = 5,1 W/m²K en U_w = 2,9 W/m²K	U_w = 5,1 W/m²K en U_w = 2,9 W/m²K	U_w = 5,1 W/m²K en U_w = 2,9 W/m²K	U_w = 5,1 W/m²K en U_w = 2,9 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 3,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 3,6 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 4,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]	Systeem A [1)]
Bouwjaar 1975-1995				
Begane grond vloer	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W	R_c = 0,15 m²K/W
Gevel	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W	R_c = 0,35 m²K/W
Ramen	U_w = 2,9 W/m²K	U_w = 2,9 W/m²K	U_w = 2,9 W/m²K	U_w = 2,9 W/m²K

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 3,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 3,6 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 4,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]
Bouwjaar >1995				
Begane grond vloer	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Gevel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 1,5 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 2,1 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,9 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]	Systeem C1 [1)]

[1)] Toelichting ventilatiesystemen:

- Ventilatiesysteem 'A' houdt in: natuurlijke toevoer – natuurlijk afvoer
- Ventilatiesysteem C1 houdt in: Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer, geen sturing van het ventilatiesysteem

Tabel 4: Rekenwaardes – Niveau 1

3.4.3 Niveau 2 en 3: Gangbare verbetermaatregelen onder- en bovengrens

In veel gevallen zijn woningen aangepast na oplevering van de woning. Dat kan in de vorm van ontwerpaanpassingen (dakkapel, uitbouw e.d.) maar ook door aanpassingen in constructies (isolatie, glas vervangen, ander ventilatiesysteem).
Per woningtype zijn de veel toegepaste verbetermaatregelen vastgesteld die invloed hebben op de netto warmtevraag van de woning. Denk bijvoorbeeld aan het vullen van de spouw in geval van een spouwmuur, het isoleren van de begane grondvloer of het isoleren van een hellend dak tussen de gordingen. Het zijn maatregelen die binnen de gegeven bouwkundige randvoorwaarden genomen kunnen worden. Het gaat daarbij om maatregelen die op dit moment gangbaar zijn.

Omdat er ook tussen gangbare maatregelen grote verschillen kunnen optreden is hier nog een opsplitsing gemaakt tussen 'gangbare' maatregelen op ondergrens (niveau 2) en 'gangbare' maatregelen op bovengrens (niveau 3). Maatregelen op de ondergrens zien we bij woningen waarbij al vroeg isolatiemaatregelen zijn genomen en betreffen ook vaak in eigen beheer uitgevoerde verbeteringen in particuliere woningen. Een voorbeeld is de toepassing van conventioneel dubbel glas, waar anno 2020 HR^{++}-glas inmiddels gebruikelijk is. Dit niveau heeft voor de praktijk anno 2020 en verder een beperkte betekenis en wordt daarom in dit rapport slechts beperkt uitgewerkt.

Maatregelen op de bovengrens zien we bijvoorbeeld in recent uitgevoerde onderhouds- en verbeterplannen van corporaties en andere professionele verhuurders en bij particulieren die recent een professionele partij hebben ingeschakeld.

Voorbeelden hiervan zijn te zien in onderstaande afbeeldingen:

Niveau 2:

Gangbare maatregelen: ondergrens



Standaard isolatie met een beperkte dikte en beperkte isolatiekwaliteit



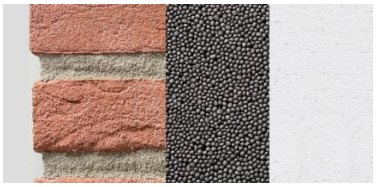
Verouderde isolatie van de spouwmuur met onbekende/ slechte kwaliteit

Niveau 3:

Gangbare maatregelen: bovengrens



Hoogwaardige isolatie, met (binnen de constructieopbouw) de maximale dikte



Hoogwaardige isolatie, volledig gevulde spouw

Bij het berekenen van de netto warmtevraag zijn rekenwaardes voor de verschillende componenten (thermische kwaliteit, ventilatie, luchtdichtheid) relevant.

Voor de bepaling van niveau 2 is:

- de thermische kwaliteit bepaald op basis van maatregelen die door woningeigenaren en gebruikers zelf worden getroffen waarbij de kwaliteit van de verbetermaatregelen niet exact meer te achterhalen is. De maatregelen waarmee rekening is gehouden zijn binnen de randvoorwaardes van de bestaande constructies te realiseren (isoleren ongeïsoleerde spouw van een spouwmuur of isoleren van het dak tussen gordingen).

  Er is bij niveau 2 rekening mee gehouden dat niet altijd het meest optimale niveau wordt bereikt (binnen de kaders van de bestaande constructies). Dit is vertaald in rekenwaardes die gebaseerd zijn op forfaitaire (conservatieve) waardes zoals beschreven in ISSO 82.1 en door niet te rekenen met een maximale isolatiedikte (bijvoorbeeld bij het isoleren van het dak).
- de luchtdichtheid van de woningen gebaseerd op het woningtype en bouwjaar van de woningen. Er is gerekend met één bouwjaarklasse beter dan het bouwjaar van de woningen; hiermee wordt rekening gehouden met een verbetering van de luchtdichtheid van de woningen. Deze verbeterstap in bouwjaarklasse is niet toegepast op de woningen gebouwd voor 1945 omdat bij de niveaus 2 en 3 de gevel niet geïsoleerd wordt en een betere luchtdichtheid niet vanzelfsprekend is.

Voor de bepaling van niveau 3 is:

- de thermische kwaliteit bepaald op basis van het optimaal benutten van de kaders van de bestaande constructies. Daarbij is rekening gehouden met een hoog niveau van de verbetermaatregelen (bijvoorbeeld een lage lambda-waarde van de isolatiematerialen waarmee de constructies worden geïsoleerd) en dat dit niveau ook onderbouwd/ bewezen kan worden.

- de luchtdichtheid van de woningen gebaseerd op het woningtype en bouwjaar van de woningen. Er is gerekend met twee bouwjaarklassen beter dan het bouwjaar van de woningen; hiermee wordt rekening gehouden met een verbetering van de luchtdichtheid van de woningen.

De gehanteerde rekenwaardes zijn in Tabel 5 (niveau 2) en Tabel 6 (niveau 3) opgenomen. Een nadere omschrijving/ specificatie hiervan is in Bijlage 1 opgenomen. De componenten die verschillen ten opzichte van de ingeschatte oorspronkelijke situatie zijn met een blauwe tekst weergegeven.

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Bouwjaar < 1945				
Begane grond vloer	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W
Gevel	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W
Ramen	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 3,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 3,6 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 4,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C2 [1)]	Systeem C2 [1)]	Systeem C2 [1)]	Systeem C2 [1)]
Bouwjaar 1945-1975				
Begane grond vloer	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W
Gevel	R_c = 1,25 m²K/W	R_c = 1,25 m²K/W	R_c = 1,25 m²K/W	R_c = 1,25 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W
Ramen	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 1,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,6 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]
Bouwjaar 1975-1995				
Begane grond vloer	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W	R_c = 1,26 m²K/W
Gevel	R_c = 1,47 m²K/W	R_c = 1,47 m²K/W	R_c = 1,47 m²K/W	R_c = 1,47 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W	R_c = 1,33 m²K/W
Ramen	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 1,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,6 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]
Bouwjaar >1995				
Begane grond vloer	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Gevel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 1,5 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 2,1 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,9 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]

[1)] Toelichting ventilatiesystemen:

- Ventilatiesysteem C2 houdt in: natuurlijke toevoer (met luchtdruk gestuurde toevoerroosters), mechanische afvoer, geen sturing van het ventilatiesysteem
- Ventilatiesysteem C4a houdt in: Natuurlijke toevoer (met luchtdruk gestuurde toevoerroosters), mechanische afvoer, sturing op de afvoer door CO_2-meting in de woonkamer

Tabel 5: Rekenwaardes - Niveau 2

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Bouwjaar < 1945				
Begane grond vloer	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Gevel	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W	R_c = 0,19 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 3,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 3,6 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 4,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,8 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C2 [1)]	Systeem C2 [1)]	Systeem C2 [1)]	Systeem C2 [1)]
Bouwjaar 1945-1975				
Begane grond vloer	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Gevel	R_c = 1,50 m²K/W	R_c = 1,50 m²K/W	R_c = 1,50 m²K/W	R_c = 1,50 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 0,7 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,84 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,98 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,42 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]
Bouwjaar 1975-1995				
Begane grond vloer	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Gevel	R_c = 1,79 m²K/W	R_c = 1,79 m²K/W	R_c = 1,79 m²K/W	R_c = 1,79 m²K/W
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W	R_c = 0,23 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K	U_w = 1,4 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 0,7 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,84 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,98 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,42 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]
Bouwjaar >1995				
Begane grond vloer	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Gevel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K	U_w = 1,8 W/m²K
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K	U_d = 3,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 1,0 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,2 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 1,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,6 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]	Systeem C4a [1)]

[1)] Toelichting ventilatiesystemen:

- Ventilatiesysteem C2 houdt in: natuurlijke toevoer (met luchtdruk gestuurde toevoerroosters), mechanische afvoer, geen sturing van het ventilatiesysteem
- Ventilatiesysteem C4a houdt in: Natuurlijke toevoer (met luchtdruk gestuurde toevoerroosters), mechanische afvoer, sturing op de afvoer door CO_2-meting in de woonkamer

Tabel 6: Rekenwaardes - Niveau 3

3.4.4 Niveau 4: Niveau met (technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen

Het is mogelijk om een stap verder te gaan dan de nu gangbare maatregelen zoals beschreven in de voorgaande paragraaf. Daarbij moet worden gedacht aan maatregelen die leiden tot een niveau dat zodanig is dat er verondersteld wordt dat er in de toekomst niet nogmaals verbetermaatregelen nodig zijn om te passen in een CO_2-arme gebouwde omgeving. Het gaat met andere woorden om technisch relatief vergaande maatregelen, waarmee bij een individuele ingreep aan dat bouwdeel, dat deel van de woning in elk geval technisch voorbereid is op de energietransitie, zonder dat in de toekomst aanvullende maatregelen aan dat bouwdeel benodigd zijn. Het hier beschreven niveau is een samenvoeging van elk van deze losse maatregelen tot een volledige aanpak van een woning.

De maatregelen hebben doorgaans vergaande consequenties voor de woning. Denk bijvoorbeeld aan een nieuw dak, buitengevelisolatie of het toepassen van een centraal gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning.
Kenmerk van het denken in dergelijke technisch vergaande maatregelen is dat het in de regel verbeteringen aan een of meer bouwdelen zijn, maar zelden een integrale aanpak van de woning betreft.

Als alle technisch relatief vergaande maatregelen worden gerealiseerd, ontstaat een woning met een zeer lage warmtevraag. Het is niet de bedoeling van de onderzoekers om de som van alle technisch vergaande maatregelen als beoogd ingreepsniveau voor alle woningen te presenteren. Het geeft echter wel een goed beeld van de warmtevraag die gehaald kan worden, waarvoor echter een meer dan gemiddelde inspanning benodigd is.

Bij het berekenen van de netto warmtevraag zijn rekenwaardes voor de verschillende componenten (thermische kwaliteit, ventilatie, luchtdichtheid) relevant.
Daarbij wordt opgemerkt dat:

- er een inschatting is gemaakt voor het niveau van de thermische kwaliteit en de luchtdichtheid van de woningen. Indicatieve maatstaf daarbij is dat verdergaand isoleren van dat bouwdeel geen significante daling van de warmtevraag op woningniveau meer oplevert. Dit niveau van ingreep betekent vaak een vernieuwing van constructies (nieuw dak, nieuwe gevel). Bij het vaststellen van de kwaliteit van de verbetermaatregelen is gebruik gemaakt van kwaliteitsverklaringen waarin de kwaliteit van de verbetermaatregel is onderbouwd.
- de inschatting van het niveau met (technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen is op basis van de huidige stand ter techniek, zonder dat er een kostentechnische afweging gemaakt is (kosten – batenanalyse); deze afweging vindt niet in dit onderzoek plaats maar wordt elders bepaald.
- met het niveau wordt verondersteld dat er richting het einde van de levensduur van de woning niet nogmaals een verbetering hoeft worden doorgevoerd.
- de luchtdichtheid is gebaseerd op een inschatting.

De gehanteerde rekenwaardes voor het niveau met (technisch) relatief vergaande verbetermaatregelen zijn in Tabel 7 opgenomen. Een nadere specificatie hiervan in is bijlage 1 opgenomen. De componenten die verschillen ten opzichte van de ingeschatte oorspronkelijke situatie zijn in het blauw weergegeven.

	Tussenwoning	2^1 kap	Vrijstaande woning	Appartement
Bouwjaar < 1945				
Begane grond vloer	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Gevel	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W
Paneel	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W
Ramen	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K
Deuren	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]
Bouwjaar 1945-1975				
Begane grond vloer	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Gevel	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W
Paneel	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W
Ramen	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K
Deuren	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]
Bouwjaar 1975-1995				
Begane grond vloer	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W	R_c = 3,50 m²K/W
Gevel	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W	R_c = 6,0 m²K/W
Paneel	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W	R_c = 2,0 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W	R_c = 8,0 m²K/W
Ramen	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K
Deuren	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]
Bouwjaar >1995				
Begane grond vloer	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Gevel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Plat/hellend dak	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W	R_c = 2,50 m²K/W
Ramen	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K	U_w = 1,0 W/m²K
Deuren	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K	U_d = 1,4 W/m²K
Infiltratie	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²	$q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s·m²
Ventilatiesysteem	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]	Systeem D3 [1)]

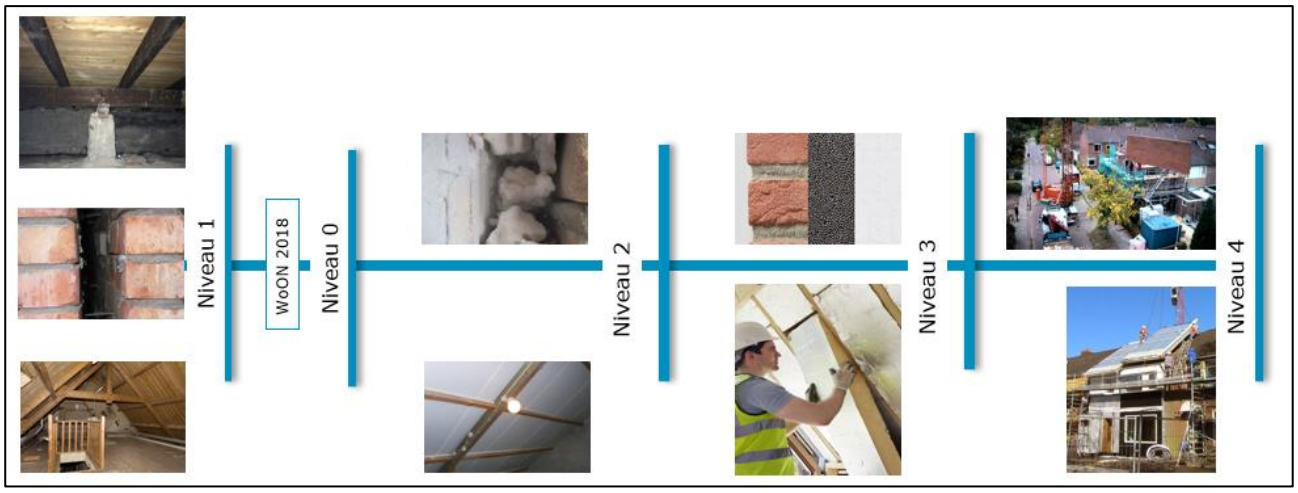
[1)] Toelichting ventilatiesystemen:

- Ventilatiesysteem D3 houdt in: Mechanische toevoer, mechanische afvoer, met warmteterugwinning (WTW), sturing met CO_2-meting in de woonkamer zonering

Tabel 7: Rekenwaardes - Niveau 4

3.4.5 Overzicht niveau's

In Figuur 1 zijn de vier niveaus van energieprestatie naast elkaar gezet, met uiterst rechts de laagste netto warmtevraag. In Hoofdstuk 4 wordt stil gestaan bij de berekende netto warmtevraag per niveau.



Figuur 1: Niveaus maatregelenpakketten

Hoofdstuk 4 Analyse netto warmtevraag

Voor de zestien woningtypen (zie paragraaf 3.2) is van elk niveau (zie paragraaf 3.3 en 3.4) bepaald wat de netto warmtevraag is. In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de netto warmtevraag (paragraaf 4.1) en de woningen waarvan de netto warmtevraag is bepaald (paragraaf 4.2). De rekenresultaten (netto warmtevraag) worden in paragraaf 4.3 beschreven.

4.1 Netto warmtevraag

De netto warmtevraag wordt bepaald volgens NTA 8800 (2020+A1:2020). Omdat er ten tijde van het onderzoek nog geen (gevalideerde) software beschikbaar van de NTA 8800 is, is de door INNAX ontwikkelde rekentool gebruikt. De rekentool van 15-06-2020 is voor dit onderzoek gebruikt [4].

De netto warmtevraag volgens NTA 8800 is een berekende theoretische netto warmtevraag. De NTA 8800 wordt tevens gebruikt voor het bepalen van de energieprestatie-indicatoren waar voor nieuwbouw eisen aan gesteld worden.
In de praktijk zal worden afgeweken van de uitgangspunten in de NTA 8800 (bijvoorbeeld het standaard klimaat, de gewenste binnentemperatuur en het gebruik van het ventilatiesysteem). Dit zijn redenen waardoor de berekende netto warmtevraag kan afwijken van de netto warmtevraag in de praktijk. De afwijking met het werkelijk energiegebruik wordt daarnaast nog beïnvloed door individuele verschillen in gedrag. Deze aspecten blijven in dit onderzoek buiten beschouwing.

Bij het doorrekenen van de verschillende niveaus van de energieprestatie is steeds uitgegaan van het totale pakket aan uitgangspunten/verbetermaatregelen zoals beschreven in paragraaf 3.3 en 3.4.

4.2 Doorgerekende woningen

De netto warmtevraag is geanalyseerd voor elk van de zestien woningtypen, daarvoor is gebruik gemaakt van de eenheden die in de WoON 2018 database zijn opgenomen. De WoON 2018 database bestaat uit in totaal 4.506 eenheden. In Tabel 8 is het aantal eenheden uit WoON 2018 per woningtype weergegeven in samenhang met het totaal aantal woningen in Nederland die onder dezelfde categorie vallen. Dit illustreert de representativiteit van de gebruikte database voor de totale woningvoorraad.

---

[4] Deze versie van de validatietool is afgestemd op NTA 8800 (2020); de versie van NTA 8800 die per 1-1-2021 aangewezen wordt door de bouwregelgeving (NTA 8800+A1:2020 verschilt hiermee op voor dit onderzoek ondergeschikte onderdelen). Hoewel niet uit te sluiten valt dat er kleine afwijkingen ontstaan bij toekomstig gebruik van gevalideerde software, met meer gedetailleerde invoermogelijkheden, is de invloed op de einduitkomsten en conclusies in dit rapport te verwaarlozen.

	<1945	1945-1975	1975-1995	>1995	Totaal
Tussen-woningen	202 eenheden 332.881 woningen	363 eenheden 643.490 woningen	398 eenheden 626.759 woningen	213 eenheden 380.789 woningen	1.176 eenheden 1.983.919 woningen
Hoek-woningen/ 2^1 kap-woningen	187 eenheden 307.992 woningen	375 eenheden 635.489 woningen	422 eenheden 668.358 woningen	186 eenheden 341.177 woningen	1.170 eenheden 1.953.015 woningen
Vrijstaande woningen	157 eenheden 281.028 woningen	176 eenheden 265.258 woningen	203 eenheden 248.300 woningen	163 eenheden 245.625 woningen	699 eenheden 1.040.211 woningen
Galerij-/ portiekwoningen	273 eenheden 491.643 woningen	439 eenheden 780.881 woningen	360 eenheden 599.558 woningen	389 eenheden 621.791 woningen	1.461 eenheden 2.493.873 woningen
TOTAAL	453 eenheden 1.413.543 woningen	1.353 eenheden 2.325.118 woningen	1.383 eenheden 2.142.975 woningen	951 eenheden 1.589.382 woningen	4.506 eenheden 7.471.018 woningen

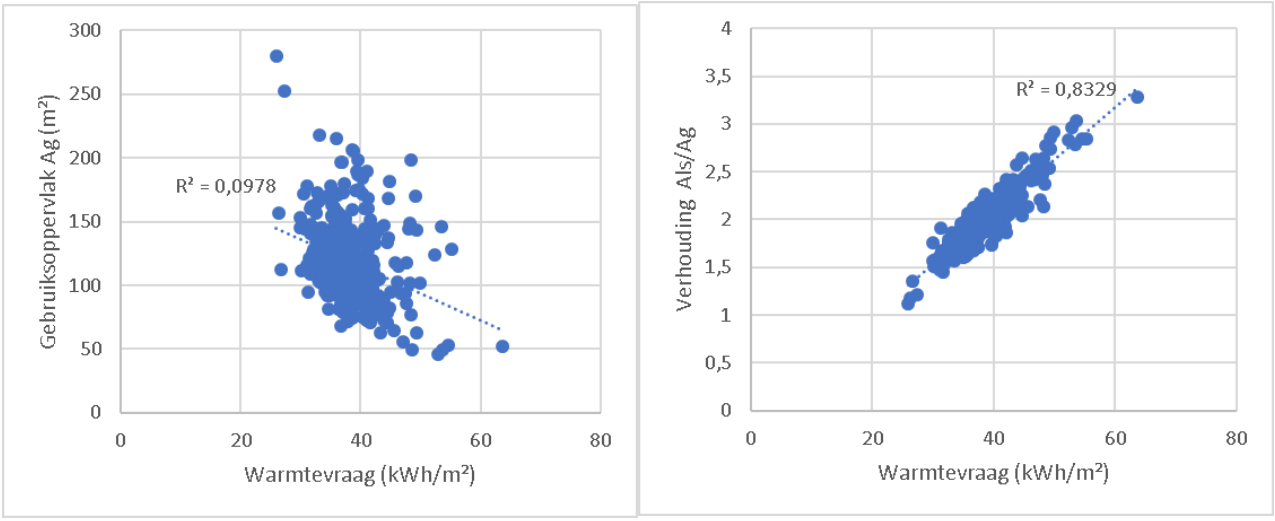
Tabel 8: aantal eenheden in WoON 2018 en aantal woningen in Nederland per woningtype

4.3 Rekenresultaten

De netto warmtevraag is voor elk van de zestien woningtypen bepaald waarbij voor elk woningtype de netto warmtevraag voor de verschillende niveaus van de energieprestatie is bepaald.

4.3.1 Weergave rekenresultaten

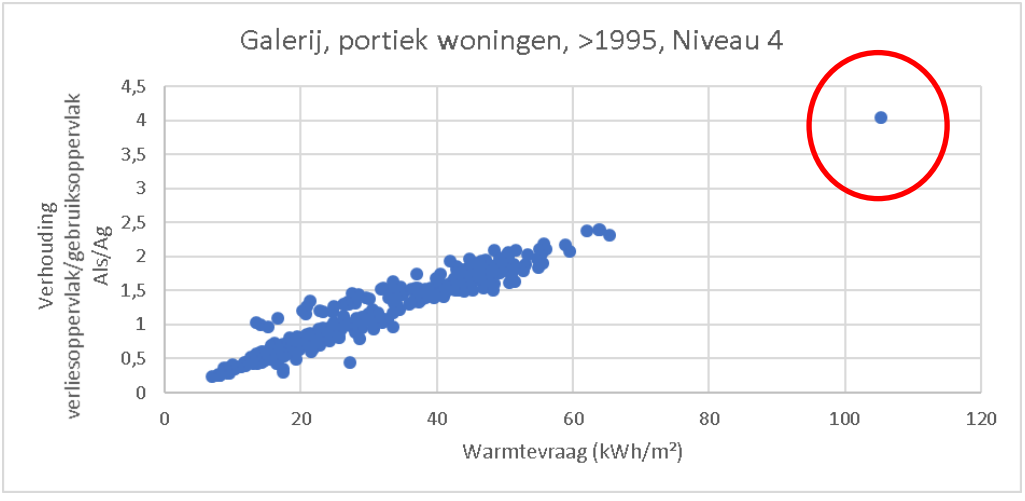
De rekenresultaten zijn weergegeven in grafieken. Er zijn grafieken gegenereerd waarbij de netto warmtevraag gerelateerd is aan de gebruiksoppervlakte (Figuur 2 – linker grafiek), tevens zijn er grafieken gegenereerd waarbij de netto warmtevraag gerelateerd is aan de compactheid (verhouding A_{ls}/A_g) van de woning (Figuur 2 – rechter grafiek). Het tweede type grafieken (gerelateerd aan de compactheid van de woning) laten een duidelijker verband zien, zeker bij de zeer slecht en de zeer goed geïsoleerde niveaus van energieprestatie. Om die reden is ervoor gekozen om in de rapportage de netto warmtevraag (horizontale as in de grafieken) te relateren aan de compactheid van de woning (verticale as in de grafieken). In Hoofdstuk 8 wordt nader stil gestaan bij de wijze waarop een standaard kan worden vastgesteld: gekoppeld aan de gebruiksoppervlakte of aan de compactheid.



Figuur 2: Relatie (incl. determinatiecoëfficiënt) netto warmtevraag - compactheid (A_{ls}/A_g) versus gebruiksoppervlakte (hoekwoning/ 2 onder 1 kapwoning, bouwperiode 1945 – 1975)

4.3.2 Filter rekenresultaten

In een aantal gevallen ontstaan er onverwachte rekenresultaten. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in Figuur 3 waarin een eenheid (woning) is doorgerekend met als uitkomst een netto warmtevraag van 105 kWh_th/m².jr, terwijl alle andere eenheden uitkomsten hebben tussen ca. 5 en 70 kWh_th/m².jr. Dit rekenresultaat valt overduidelijk buiten de lijn van de overige rekenresultaten en is te verklaren door een fout in de data van de WoON 2018 database. In dit geval gaat het om een (waarschijnlijk) fout ingevoerd oppervlak van het dak (204 m²) bij een appartement met een gebruiksoppervlakte van 66 m².
Uitschieters zoals in het voorbeeld zijn uit de rekenresultaten gefilterd en niet meegenomen in de verdere analyse.



Figuur 3: Netto warmtevraag (Galerij, portiek woningen, bouwperiode na 1995, niveau 4)

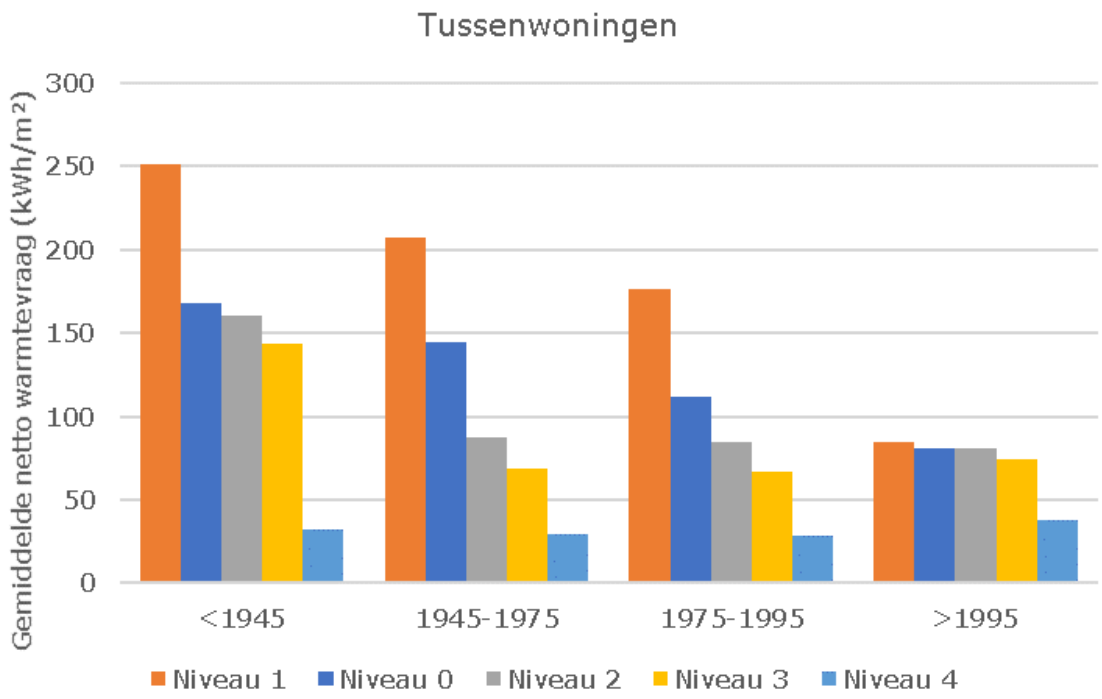
4.3.3 Gemiddelde rekenresultaten per woningtype

Per woningtype is de gemiddelde berekende netto warmtevraag bepaald. Daarbij wordt, conform de woningcategorieën zoals beschreven in Hoofdstuk 3, onderscheid gemaakt in:

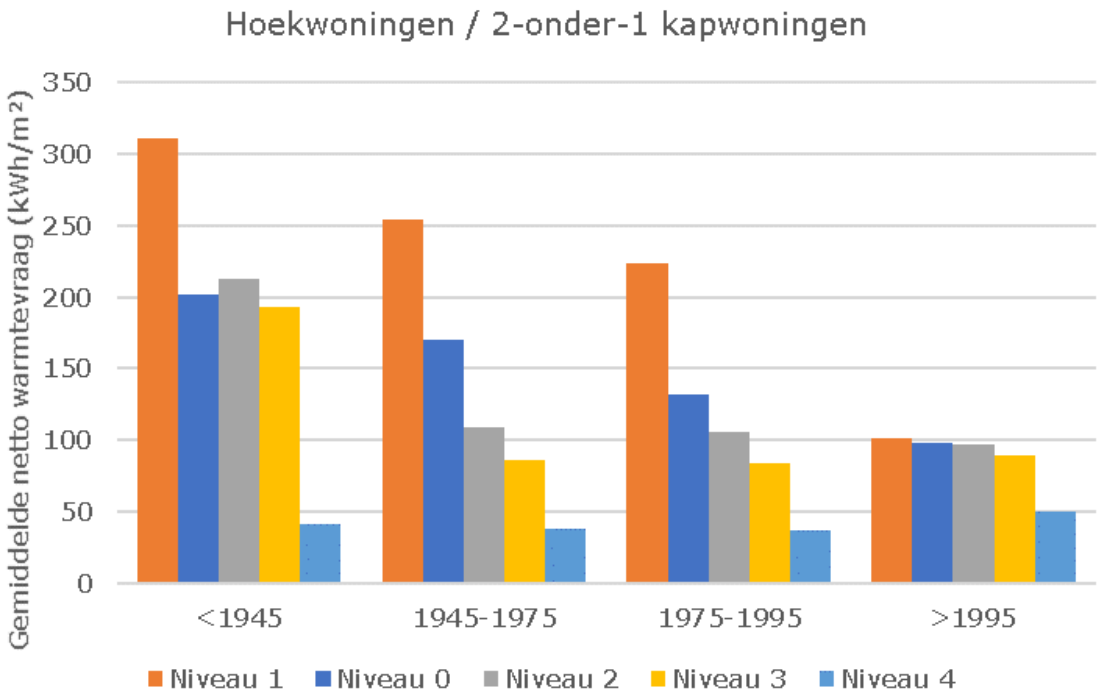
- Tussenwoningen
- Hoekwoningen / twee-onder-een kapwoningen
- Galerij, portiekwoningen
- Vrijstaande woningen

Per woningcategorie is de netto warmtevraag bepaald voor de vijf niveaus (niveau 0 - 4) van de energieprestatie zoals die in paragraaf 3.4 zijn beschreven.

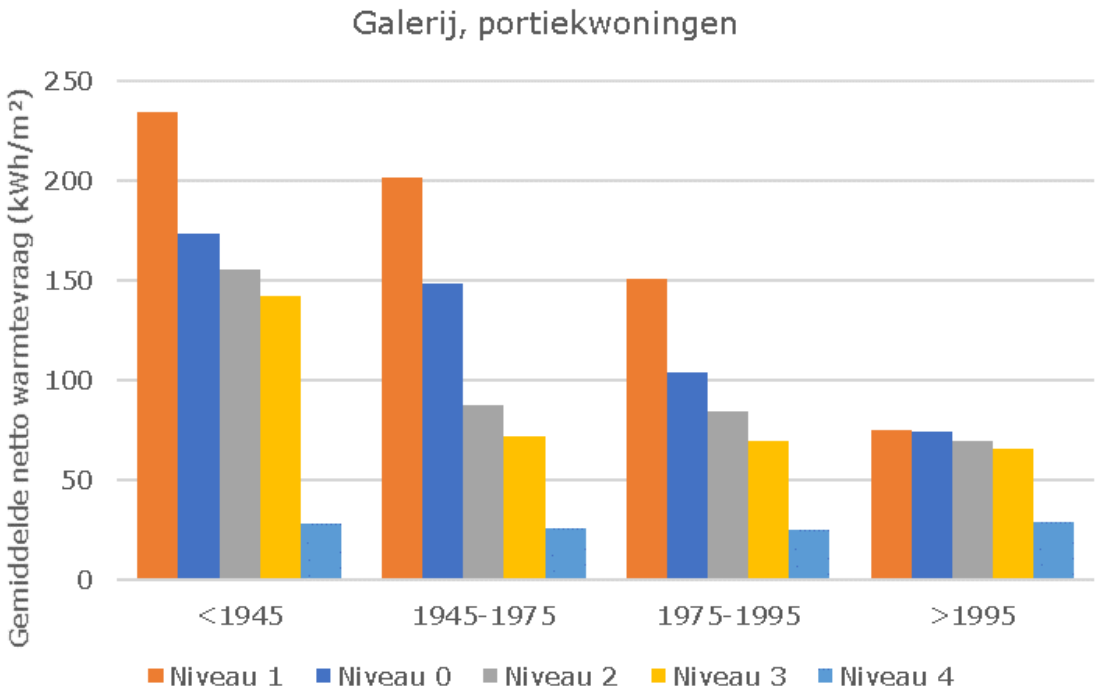
De gepresenteerde waardes zijn de rekenkundige gemiddelden over de eenheden uit WoON 2018. De rekenresultaten zijn weergegeven in Figuur 4 tot en met Figuur 7.



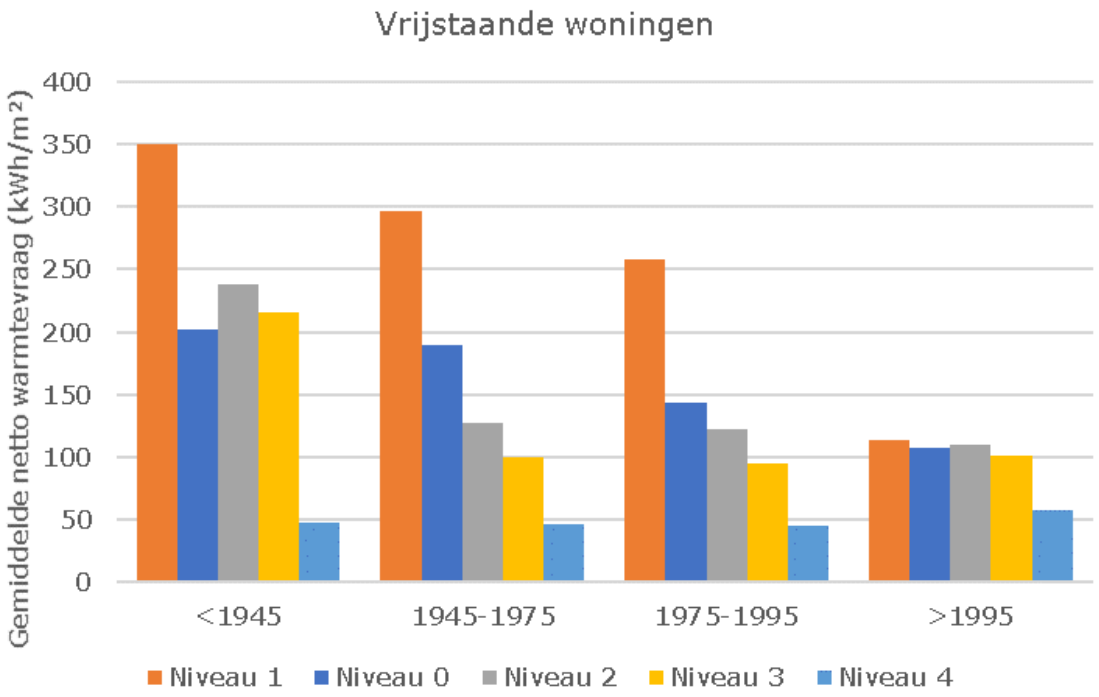
Figuur 4: gemiddelde netto warmtevraag: tussenwoningen



Figuur 5: gemiddelde netto warmtevraag: hoekwoningen/ twee-onder-een kapwoningen



Figuur 6: gemiddelde netto warmtevraag: meergezinswoningen



Figuur 7: gemiddelde netto warmtevraag: vrijstaande woningen

Conclusie rekenresultaten netto warmtevraag per type woningcategorie

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

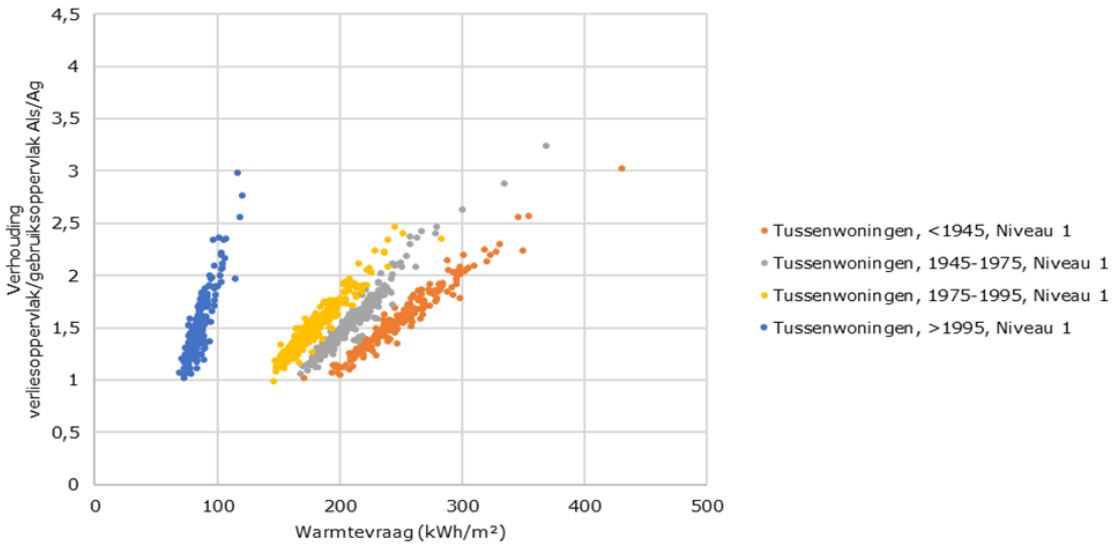
- De netto warmtevraag van niveau 0 is lager dan van niveau 1. De meeste woningen zijn dus al op enig moment verbeterd ten opzichte van niveau 1. Dit geldt voornamelijk voor de bouwjaarcategorieën voor 1995.
- Als de gemiddelde netto warmtevraag van niveau 0 en niveau 2 wordt vergeleken dan vallen de resultaten van de categorie woningen van voor 1945 op. In een aantal gevallen is de netto warmtevraag van niveau 0 namelijk lager dan niveau 2. Dit doet vermoeden dat er geen rekening is gehouden met verbetermaatregelen in niveau 2. Dat is niet het geval.
  Voorgaande kan (voornamelijk) worden verklaard doordat in niveau 2 is uitgegaan van een ongeïsoleerde gevel (steensmuur zonder spouw, R_c = 0,19 m^2K/W), in de praktijk zal er echter niet altijd sprake zijn van een ongeïsoleerde gevel (uit WoON 2018 blijkt een gemiddelde R_c-waarde van de gevel van circa 0,7 m^2K/W).
- Voor de huidige netto-warmtevraag van de woning in de categorie <1945 kan geconcludeerd worden dat over het algemeen alleen met vergaande maatregelen een significante verlaging van de warmtevraag mogelijk is.
- De grootste besparing in de netto warmtevraag met niveau 2/3, zit in de categorie 1945-1975. Dat is deels verklaarbaar uit het beperkte verschil tussen niveau 1 en niveau 0; op basis van de WoON2018-data kan geconcludeerd worden dat in deze categorie nog de minste verbeteringen in de isolatiekwaliteit hebben plaatsgevonden.

- Voor de jongste categorie woningen is de winst met niveau 2/3 gering. Dat is verklaarbaar omdat niveau 1 op onderdelen al vergelijkbaar is met niveau 2/3.
- Het verschil tussen niveau 2/3 is voor alle typen niet zo heel groot, de stap naar niveau 4 is groter. Dit is logisch omdat de verbetermaatregelen bij niveau 4 een stuk verder gaan dan bij niveau 2/3.

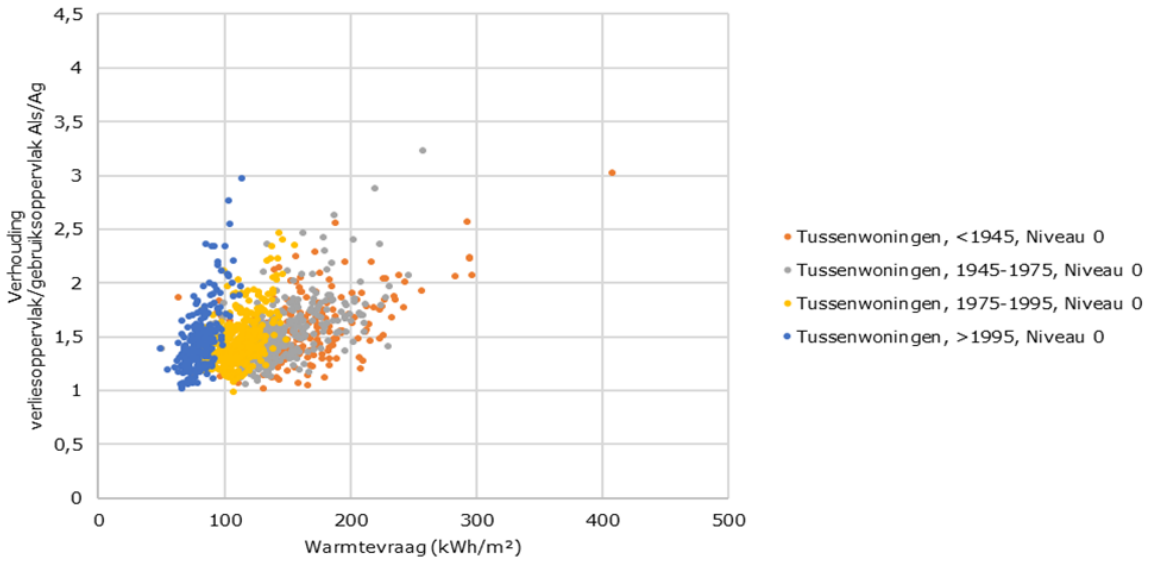
4.3.4 Rekenresultaten per woningtype

Voor elk van de eenheden in de WoON 2018 database is de netto warmtevraag bepaald. Daarbij is de netto warmtevraag bepaald voor de vijf niveaus (niveau 0 – 4) van de energieprestatie zoals die in paragraaf 3.4 zijn beschreven.

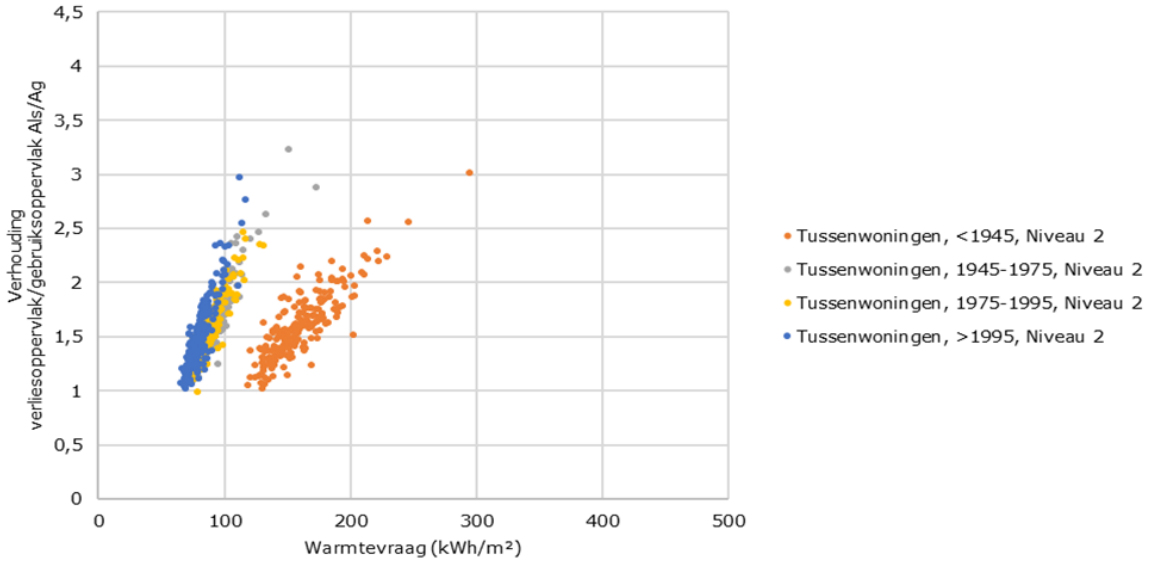
Per niveau is de berekende netto warmtevraag voor de tussenwoningen weergegeven in Figuur 8 tot en met Figuur 12.
Voor de hoekwoningen/ twee-onder-een kapwoningen, galerij en portiekwoningen en de vrijstaande woningen is de netto warmtevraag per niveau weergegeven in Bijlage 2.



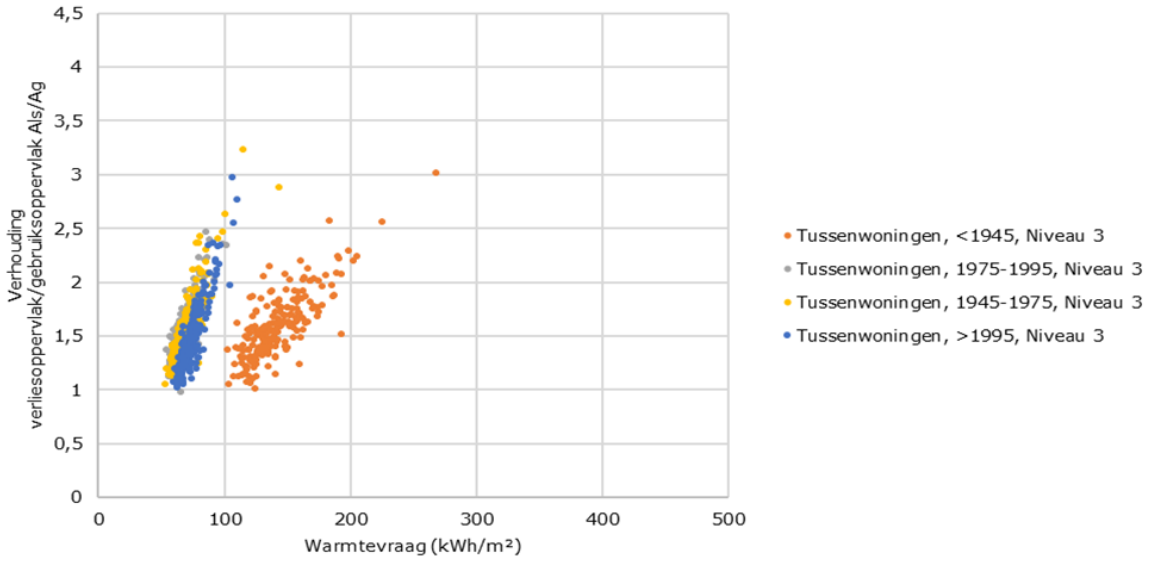
Figuur 8: netto warmtevraag: tussenwoningen, niveau 1



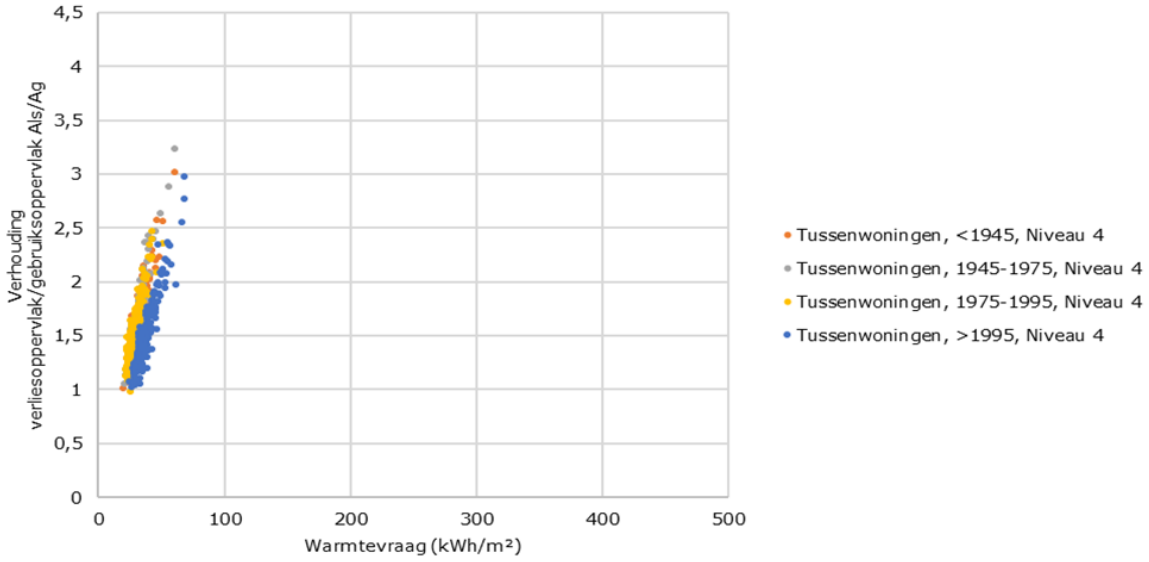
Figuur 9: netto warmtevraag: tussenwoningen, niveau 0 (huidige kwaliteit volgens WoON 2018)



Figuur 10: netto warmtevraag: tussenwoningen, niveau 2



Figuur 11: netto warmtevraag: tussenwoningen, niveau 3



Figuur 12: netto warmtevraag: tussenwoningen, niveau 4

Conclusies rekenresultaten per niveau:

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Er is een sterke relatie te leggen tussen de netto warmtevraag en de compactheid (A_{ls}/A_g) van de woning. Die relatie is het beste te leggen bij niveau 1 (bij de concepten met een lage thermische kwaliteit) en bij niveau 4 (met een hoge thermische kwaliteit).
  Bij de verbeterconcepten met niveau 2 en 3 en niveau 0 is de afwijking ten opzichte van de trend iets groter, maar blijft deze relatie relevant. De grotere spreiding wordt verklaard uit de minder extreme (slechte of goede) thermische kwaliteiten waardoor andere aspecten zoals oriëntatie en transparantie

een relevante invloed hebben op uitkomst van de netto warmtevraag (met een grotere spreiding in de berekende netto warmtevraag als gevolg).

- De netto warmtevraag van het oorspronkelijke niveau van de woningen neemt af als de bouwjaarklassen jonger worden; met andere woorden: woningen zijn in de loop van de tijd steeds beter geïsoleerd. Met name van de categorie >1995 is de oorspronkelijke warmtevraag al significant lager en minder afhankelijk van de A_{ls}/A_g-verhouding (meest verticale puntenwolk, blauwe punten in figuur 8).
- Het verschil in de berekende netto warmtevraag tussen niveau 2 en niveau 3 is beperkt.
- De woningen met bouwperiode tot 1945 houden een relatief hoge netto warmtevraag met niveau 3. De reden hiervan is dat er voor die categorie geen rekening is gehouden met de isolatie van de (steens) muren.
- De woningen met bouwperiode na 1995 hebben ten opzichte van andere bouwperiodes alleen een hogere netto warmtevraag met niveau 4. Dat is te verklaren doordat er voor deze categorie geen rekening is gehouden met het na-isoleren van de dichte constructiedelen. Bij niveau 4 is voor de overige bouwperiodes rekening gehouden met een hogere isolatiewaarde dan de warmteweerstand in de bouwperiode na 1995.

4.3.5 Rekenresultaten per bouwjaarklasse

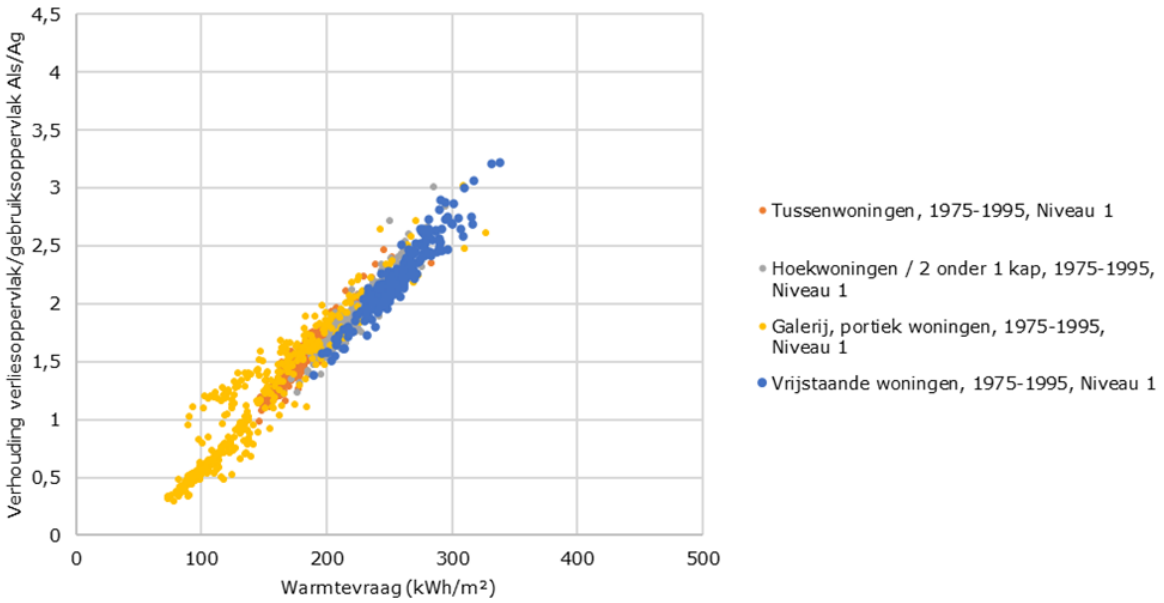
Voor elk van de eenheden in de WoON 2018 database is de netto warmtevraag bepaald. Daarbij is de netto warmtevraag bepaald voor de vijf niveaus (niveau 0 – 4) van de energieprestatie zoals die in paragraaf 3.4 zijn beschreven.

Zoals is gebleken in de voorgaande paragraaf is het verschil in netto warmtevraag tussen niveau 2 en niveau 3 beperkt. Om die reden zijn in deze paragraaf alleen de resultaten van niveau 3 uitgewerkt.

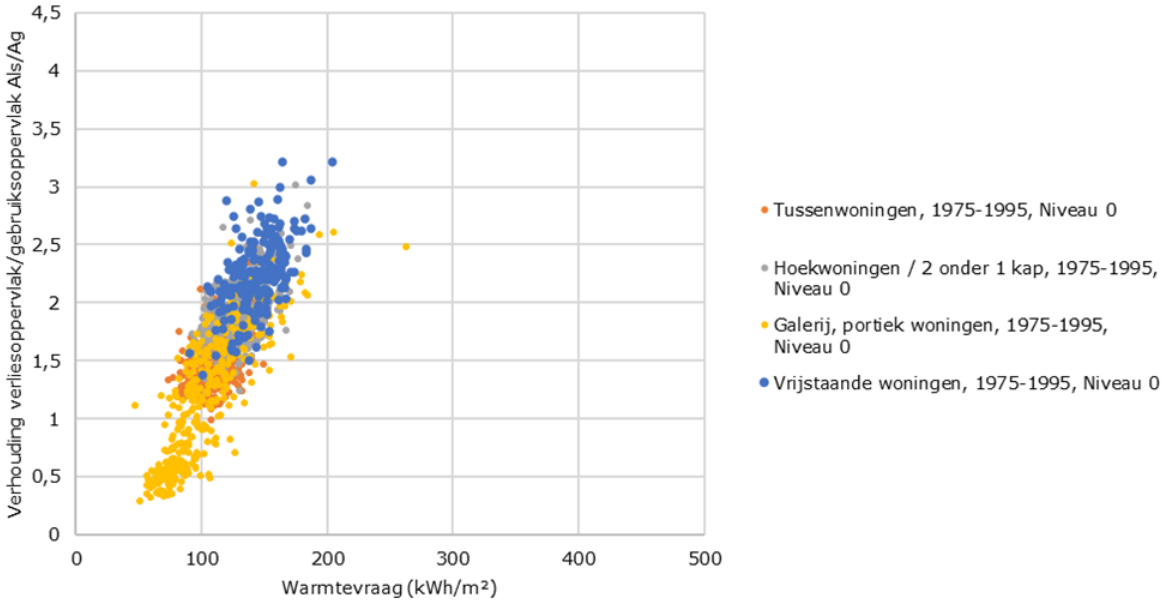
De resultaten zijn voor alle eenheden geclusterd naar de bouwjaarklassen waartussen onderscheid wordt gemaakt, namelijk:

- Bouwperiode tot 1945: de resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 3
- Bouwperiode 1945 – 1975: de resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 3
- Bouwperiode 1975 – 1995: in Figuur 13 tot en met Figuur 16
- Bouwperiode na 1995: de resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 3

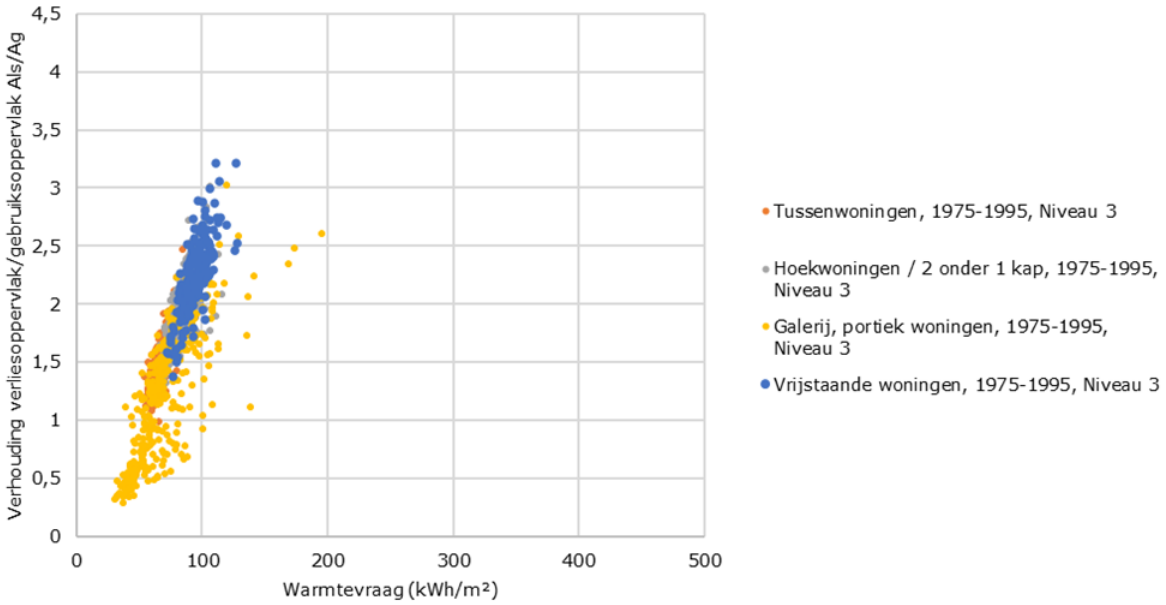
Om het aantal grafieken in de rapportage te beperken is ervoor gekozen om de grafieken van drie van de vier bouwperiodes in de bijlage op te nemen. De grafieken van bouwperiode 1975 – 1995 zijn in de hoofdrapportage opgenomen omdat het grootst aantal woningen in die periode zijn gerealiseerd.



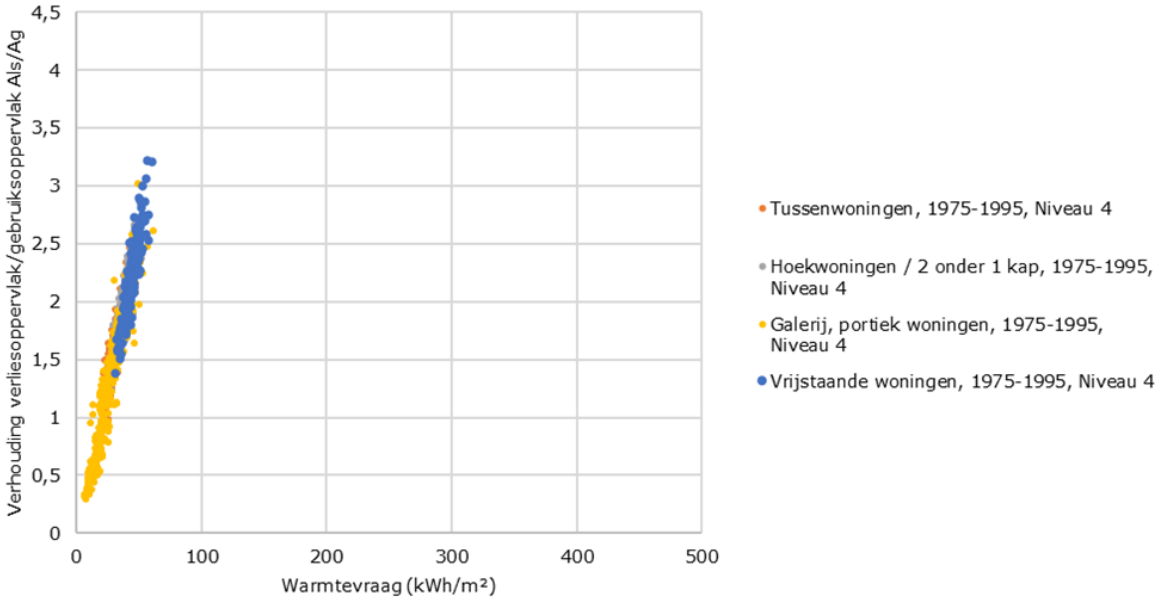
Figuur 13: netto warmtevraag: Bouwperiode 1975 – 1995, niveau 1



Figuur 14: netto warmtevraag: Bouwperiode 1975 – 1995, niveau 0



Figuur 15: netto warmtevraag: Bouwperiode 1975 – 1995, niveau 3



Figuur 16: netto warmtevraag: Bouwperiode 1975 – 1995, niveau 4

Conclusies rekenresultaten netto warmtevraag per bouwkundige typologie

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

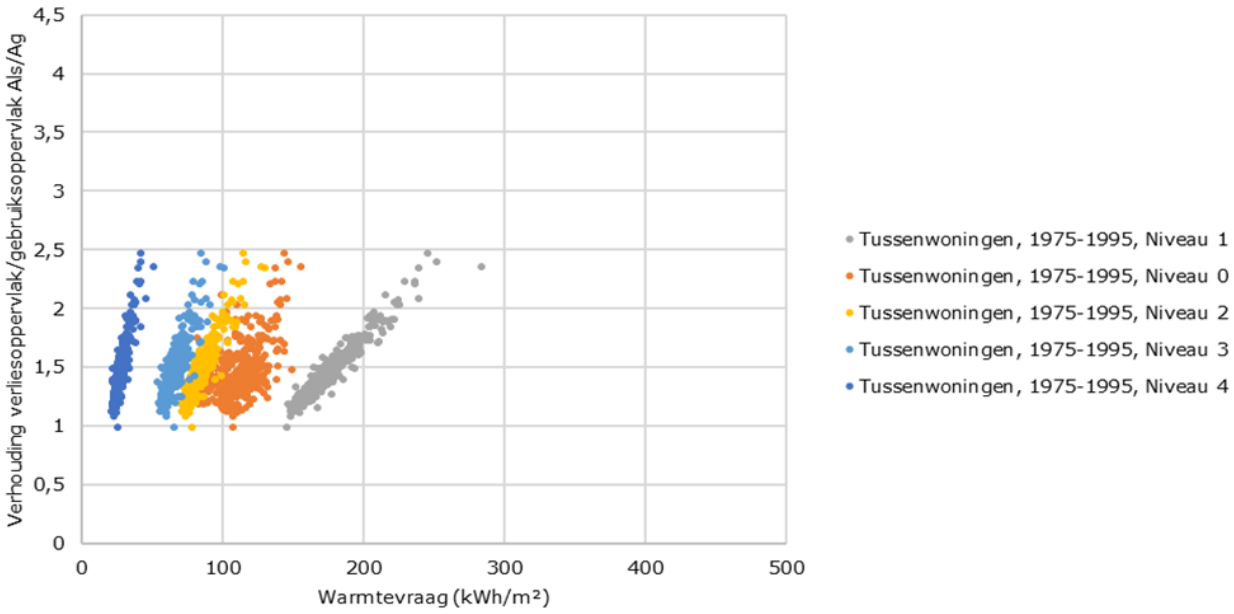
- De netto warmtevraag van alle woningcategorieën liggen in eenzelfde lijn. Dit beeld is het scherpste bij niveau 4.

- Van alle woningtypen zijn de galerij- en portiekwoningen de categorie die een (beperkte) afwijking vertonen ten opzichte van de trendlijn die getrokken kan worden door de drie typen eengezinswoningen.

4.3.6 Rekenresultaten per niveau van energieprestatie

Voor elk van de eenheden in de WoON 2018 database is de netto warmtevraag bepaald. Daarbij is de netto warmtevraag bepaald voor de vijf niveaus (niveau 0 – 4) van de energieprestatie zoals die in paragraaf 3.4 zijn beschreven.

De resultaten van alle niveaus van energieprestatie zijn per woningtype geclusterd. De resultaten van alle woningcategorieën en bouwkundige typologieën zijn weergegeven in Bijlage 4. De resultaten van de tussenwoning, bouwperiode 1975-1995 zijn weergegeven in Figuur 17.



Figuur 17: netto warmtevraag: Tussenwoningen, bouwperiode 1975 – 1995, alle niveaus van energieprestatie

Conclusies rekenresultaten netto warmtevraag per niveau van energieprestatie

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De spreiding van de netto warmtevraag in niveau 0 is groter dan de spreiding met de andere niveaus van energieprestatie. De berekende netto warmtevraag van niveau 0 ligt verspreid over niveau 1 en niveau 2/3. Dit betekent dat in niveau 0 een gedeelte van de woningen niet aangepast zijn ten opzichte van niveau 1 en in een gedeelte van de woningen wel maatregelen zijn genomen.
- In een aantal gevallen is de netto warmtevraag in niveau 0 hoger dan de netto warmtevraag in niveau 1. De reden hiervan is dat de uitgangspunten in thermische kwaliteit voor niveau 1 voor alle

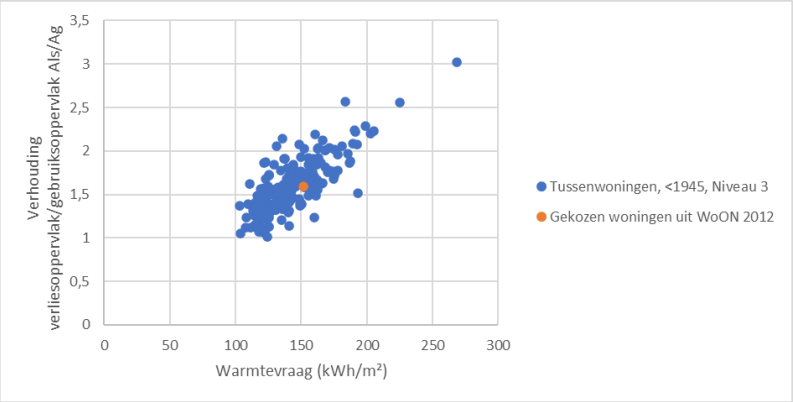
woningen binnen dezelfde woningcategorie gelijk zijn getrokken. In de WoON2018 database (niveau 0) is in een aantal gevallen een lagere thermische kwaliteit in de woningen geconstateerd wat een hogere netto warmtevraag als gevolg heeft.

Hoofdstuk 5 Gevoeligheidsanalyse verbetermaatregelen

Per woningcategorie is een woning geselecteerd. Voor de geselecteerde woningen is het effect van individuele verbetermaatregelen op de uitkomst van de netto warmtevraag onderzocht. De gevoeligheidsanalyse is bedoeld om te beoordelen of het zin heeft om de grenswaarden op componentniveau (streefwaarde) aan te passen.
Per woningcategorie is een representatieve woning geselecteerd. Voor die geselecteerde woningen is de gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

5.1 Geselecteerde woning gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse is niet uitgevoerd voor alle woningen in de WoON 2018 database. In plaats daarvan is per woningtype één woning geselecteerd (in totaal dus zestien woningen). Die selectie is gedaan door per woningtype de mediaan van de netto warmtevraag te bepalen (zie Figuur 18) uit de WoON 2012 database[5]. Er is gekozen voor de mediaan omdat daarmee een representatieve woning binnen elk woningtype is geselecteerd.



Figuur 18: voorbeeld mediaan netto warmtevraag

5.2 Basis gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd door het effect van wijzigingen te bepalen ten opzichte van twee verschillende referentiesituaties:

1. Niveau 3
2. Niveau 4

[5] Omdat uitsluitend de geometrie van de geselecteerde woning van belang is, en de overige kenmerken niet, is de selectie van de woning op basis van WoON 2012 niet op nieuw gedaan toen de gegevens van het WoON 2018 onderzoek beschikbaar kwamen. Zie ook de voetnoot bij 3.1.

Zoals eerder geconstateerd (zie 3.4.3.) vertegenwoordigt niveau 2 de ondergrens van gangbare maateregelen en heeft dit niveau heeft voor de praktijk anno 2020 een beperkte betekenis.

5.3 Effect wijzigingen

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor:

- Thermische kwaliteit (R_c-waarde) **vloer**
- Thermische kwaliteit (R_c-waarde) **gevel**
- Thermische kwaliteit (R_c-waarde) **dak**
- Thermische kwaliteit (U-waarde) **ramen**
- Thermische kwaliteit (U-waarde) **deuren**
- **Luchtdichtheid**
- **Ventilatiesysteem** (van 'C' naar 'D'[6] en andersom)
- **Oriëntatie woning** (90, 180 en 270 graden gedraaid ten opzichte van basis)

In de grafieken is te lezen wat gewijzigd is ten opzichte van de referentiesituatie (het niveau 3) of het niveau 4. De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor alle zestien woningcategorieën. Daarbij is de gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de woning die per categorie als mediaan van de netto-warmtevraag kan worden aangemerkt. De resultaten van de tussenwoning (bouwjaarcategorie voor 1945) zijn in de rapportage opgenomen, de overige resultaten zijn in Bijlage 5 opgenomen.

5.4 Gevoeligheidsanalyse tussenwoning, niveau 3

De bouwkundige- en installatietechnische kenmerken van de tussenwoning met niveau 3[7] zijn in Tabel 9 weergegeven. De netto warmtevraag van deze woning (de mediaan uit woningcategorie 'tussenwoning van voor 1945') met deze uitgangspunten bedraagt 151,9 kWh_th/m^2.

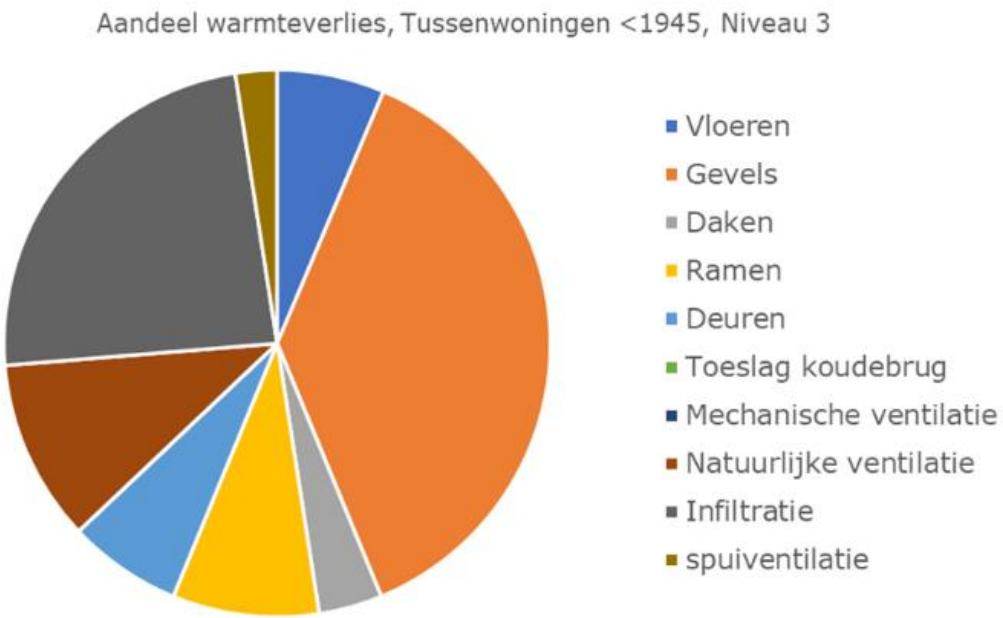
[6] De indeling in ventilatiesystemen is afkomstig uit NPR 1088. Daarbij staat systeem 'C' voor een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. Varianten van dit systeem zijn in nagenoeg alle woningen uit de categorie 1975-1995 van oorsprong aanwezig en is bij oudere woningen regelmatig bij een verbeteringreep toegepast. Systeem 'D' staat voor systemen met mechanisch toe- en afvoer, waarbij in de meeste gevallen een vorm van warmteterugwinning plaatsvindt. Om die reden worden deze ook wel aangeduid met 'wtw-systemen'. De 'D'-systemen zijn in opkomst na 1995. Beide systemen kunnen 'vraaggestuurd' worden uitgevoerd, bijvoorbeeld door de toepassing van een regeling op basis van het meten van het CO_2-gehalte in de binnenlucht.

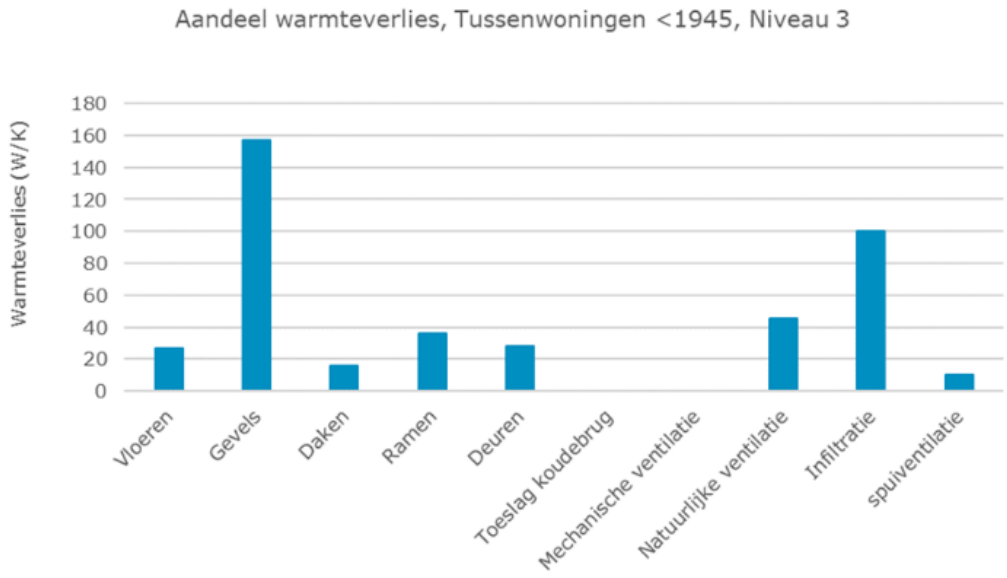
[7] Zoals eerder geconstateerd (zie 3.4.3. en 5.2) vertegenwoordigt niveau 2 de ondergrens van gangbare maateregelen en heeft dit niveau heeft voor de praktijk anno 2020 een beperkte betekenis.

Uitgangspunten		Omschrijving	Rekenwaarde
Bouwkundig	Begane grondvloer	geïsoleerde houten vloer	R_c = 3,50 m^2K/W
	Gevel	steensmuur zonder spouw	R_c = 0,19 m^2K/W
	Paneel	ongeïsoleerd paneel	R_c = 0,23 m^2K/W
	Plat/hellend dakconstructie	geïsoleerd dak	R_c = 3,50 m^2K/W
	Wanden dakkapel	ongeïsoleerde dakkapel	R_c = 0,19 m^2K/W
	Ramen	HR^{++}-glas, houten/kunststof kozijn	U_w = 1,40 W/m^2K
	Deuren	ongeïsoleerde deur	U_d = 3,40 W/m^2K
	Infiltratie	verbeterde kierdichting	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 3,00 $dm^3/s{\cdot}m^2$
Installaties	Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C2)	

Tabel 9: uitgangspunten niveau 3, tussenwoning < 1945

In Figuur 19 is weergegeven op welke manier de netto warmtevraag tot stand komt; via constructiedelen en via luchtstromen (ventilatie, infiltratie). Dat is gedaan met een taartdiagram (relatieve verdeling) en een grafiek (met de absolute bijdrage aan het warmteverlies [W/K]).

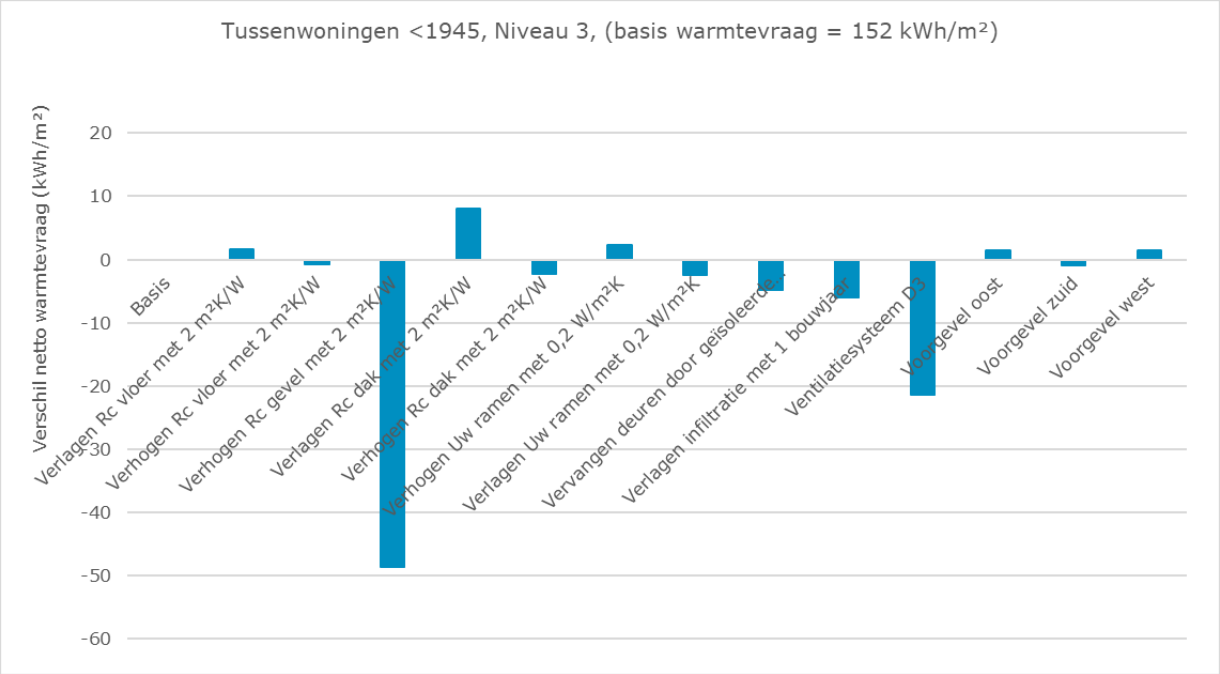




Figuur 19: taartdiagram en grafiek met totstandkoming van de totale netto warmtevraag - niveau 3, tussenwoning < 1945

In Figuur 20 zijn de resultaten van de gevoeligheidsanalyse weergegeven. Daarbij is in de grafiek de aanpassing ten opzichte van de uitgangspunten uit Tabel 9 weergeven in combinatie met het effect op de netto warmtevraag.

Bijvoorbeeld: het verhogen van de R_c van de vloerisolatie met 2 m^2K/W naar 2,19 m^2K/W zou een verlaging van de netto warmtevraag opleveren van 49 kWh/m^2 per jaar. Vervangen van ventilatiesysteem C2 door systeem D3 levert een verlaging van de netto warmtevraag op van 21 kWh/m^2 per jaar.



Figuur 20: gevoeligheidsanalyse tussenwoning, basisuitgangspunten tussenwoning (niveau 3)

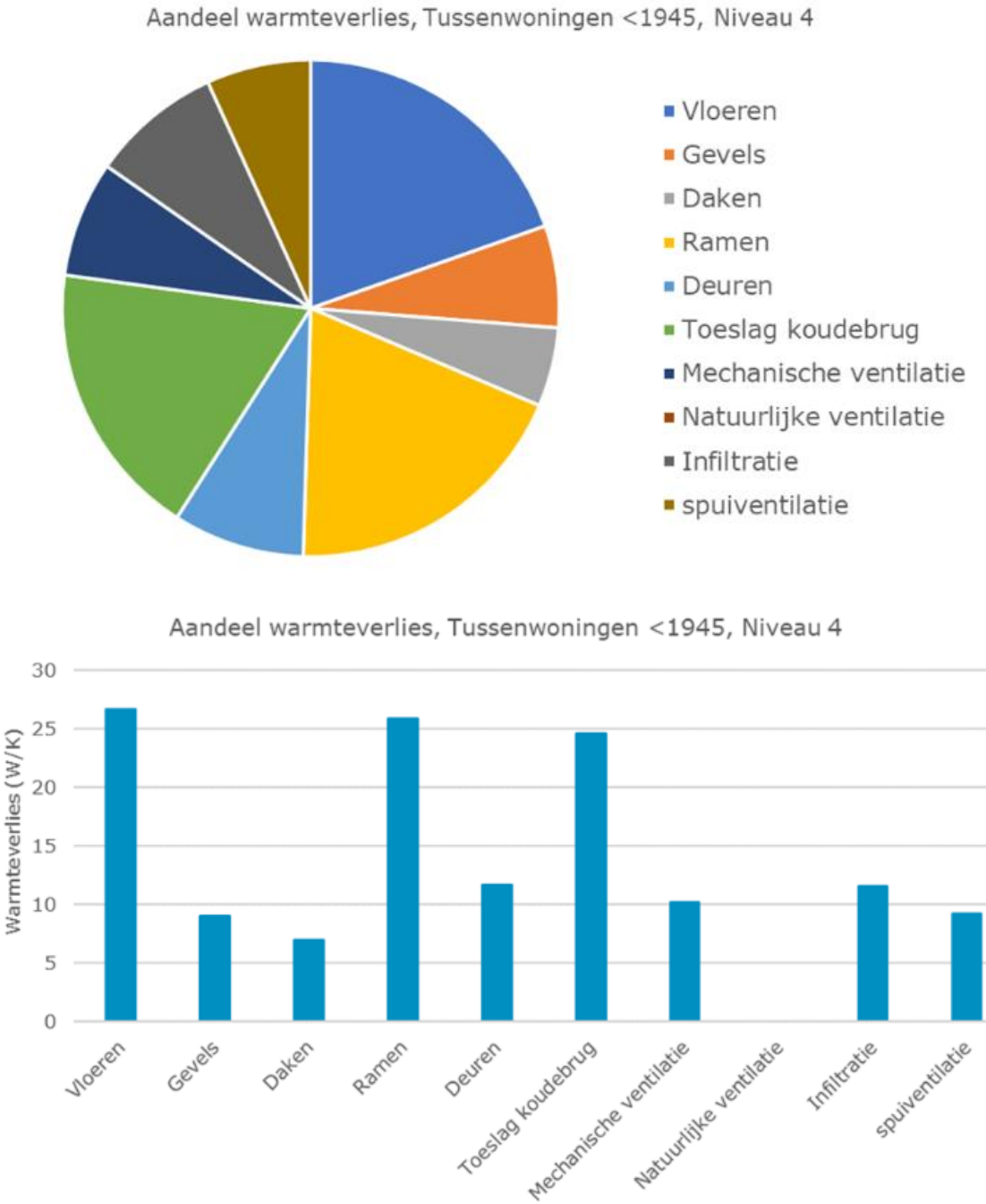
5.5 Gevoeligheidsanalyse tussenwoning, niveau 4

De bouwkundige- en installatietechnische kenmerken van de tussenwoning met niveau 4 zijn in Tabel 10 weergegeven. De netto warmtevraag van de woning (de mediaan uit de woningcategorie 'tussenwoning < 1945) met de basis uitgangspunten bedraagt 32,8 kWh_th/m^2.

Uitgangspunten		Omschrijving	Rekenwaarde
Bouwkundig	Begane grondvloer	geïsoleerde houten vloer	R_c = 3,50 m^{2}K/W
	Gevel	voorzetwand aan binnenzijde steensmuur	R_c = 6,00 m^{2}K/W
	Paneel	geïsoleerd paneel	R_c = 2,00 m^{2}K/W
	Plat/hellend dakconstructie	geïsoleerd dak	R_c = 8,00 m^{2}K/W
	Wanden dakkapel	geïsoleerde dakkapel	R_c = 4,50 m^{2}K/W
	Ramen	triple-glas in nieuw kozijn	U_w = 1,00 W/m^{2}K
	Deuren	geïsoleerde deur	U_d = 1,40 W/m^{2}K
	Infiltratie	goede kierdichting	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,400 dm^3/s·m^2
Installaties	Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	

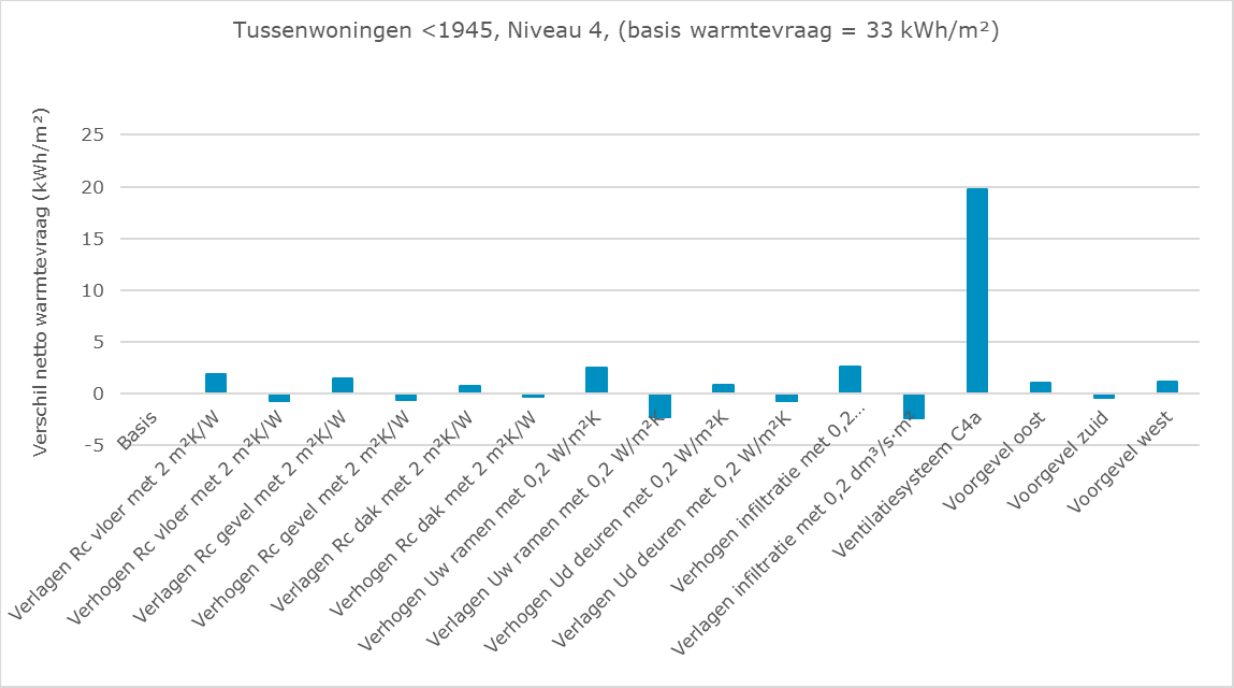
Tabel 10: uitgangspunten niveau 4, tussenwoning < 1945

In Figuur 21 is weergegeven op welke manier de netto warmtevraag tot stand komt; via constructiedelen en via luchtstromen (ventilatie, infiltratie). Dat is gedaan met een taartdiagram (relatieve verdeling) en een grafiek (met de absolute bijdrage aan het warmteverlies [W/K]).



Figuur 21: taartdiagram en grafiek met totstandkoming van de totale netto warmtevraag - niveau 4, tussenwoning < 1945 (let op: schaalverdeling verschilt ten opzichte van Figuur 19)

In Figuur 22 zijn de resultaten van de gevoeligheidsanalyse weergegeven. De grafiek geeft de verschillen weer ten opzichte van de uitgangspunten (Tabel 10); de hoogte van de staven is het effect van de maatregelen op de berekende netto warmtevraag.
Bijvoorbeeld: het verlagen van de R_c van de vloerisolatie met 2 m^2K/W naar 1,5 m^2K/W zou een verhoging van de netto warmtevraag opleveren van ca. 2 kWh/m^2 per jaar. Vervangen van ventilatiesysteem D3 door systeem C4a levert een verhoging van de netto warmtevraag op van ca. 20 kWh/m^2 per jaar door het wegvallen van de warmteterugwinning.



Figuur 22: gevoeligheidsanalyse tussenwoning, basisuitgangspunten tussenwoning (niveau 4, tussenwoning < 1945)

5.6 Conclusies gevoeligheidsanalyse

De conclusies die getrokken kunnen worden zijn sterk afhankelijk van het gekozen basisniveau. Daarom zijn de conclusies geschreven vanuit de twee referentiesituaties die beschouwd zijn:

Conclusies op basis van referentieniveau niveau 3

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het verhogen van de warmteweerstand van de gevel van ongeïsoleerd (0,19 m^2K/W) naar matig geïsoleerd (2,19 m^2K/W) heeft groot effect. Dit is logisch vanuit het oogpunt dat de helft van de warmtevraag is in referentiesituaties veroorzaakt wordt door warmteverlies via de gevel.

- De stap van natuurlijke toevoer – (CO_2-gestuurde) mechanische afvoer (C4a) naar gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning heeft een groot effect op de netto warmtevraag; die daalt met ongeveer 20 kWh/m^2.
- Aandacht voor het beperken van infiltratie en een betere thermische kwaliteit van de deur heeft een significante daling van de netto warmtevraag als gevolg. Voor de overige maatregelen is het effect op de netto warmtevraag beperkter.
- De invloed van het (fictief) draaien van de woning (beoordeeld is het draaien van de woning met 90°, 180° en 270° ten opzichte van de oorspronkelijke situatie) op de netto warmtevraag is bepaald. Die invloed is minimaal.

Conclusies op basis van referentieniveau niveau 4

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het in plaats van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning kiezen voor natuurlijke toevoer – mechanische afvoer (C4a) heeft een groot effect op de netto warmtevraag; die stijgt met ongeveer 20 kWh/m^2.
- Wanneer de woning goed geïsoleerd is, heeft het verhogen/verlagen van de warmteweerstand (de Rc-waarde +/- 2 m^2K/W verhogen of verlagen) een beperkt effect op de uitkomst van de netto warmtevraag. Het verbeteren van de thermische kwaliteit van ramen en het verlagen van infiltratiewaarden heeft dan een groter effect (> 2 kWh/m^2).
- De invloed van de oriëntatie op de netto warmtevraag is minimaal. Dit is verklaarbaar uit de hoge isolatiewaarde voor zowel dichte als transparante delen (muren en ramen) bij dit ingreepsniveau. Beoordeeld is het (theoretisch) variëren van de oriëntatie ten opzichte van de werkelijke situatie (draaien van de woning met 90°, 180° en 270°).

Hoofdstuk 6 Variantenstudie

Van zeven woningen uit de WoON2018 database is met verschillende maatregelenpakketten invulling gegeven aan een referentieniveau van de netto-warmtevraag. Daarvoor zijn per woning de volgende stappen doorlopen:

1. Bepaling van de huidige netto warmtevraag.
2. Projecteren van maatregelen volgens niveau 3 op de woning om vervolgens de netto-warmtevraag van de woningen bepalen. Dit geldt dan als referentieniveau voor de standaard van de betreffende woning.
3. Vaststellen van alternatieve maatregelenpakketten (anders dan het maatregelenpakket volgens niveau 3) om invulling te geven aan het referentieniveau van de netto-warmtevraag bepaald in stap 2. Deze maatregelenpakketten zijn samengesteld op basis van een subjectieve beoordeling van een specifieke situatie, zoals ook een maatwerkadviseur dit zou doen.

Voorgenoemde exercitie is gedaan omdat de maatregelen volgens niveau 3 niet altijd de meest logische maatregelen zijn voor een specifieke woning. In een aantal gevallen komt het voor dat de thermische kwaliteit van de woning zou verslechteren door het toepassen van de maatregelen volgens niveau 3. In andere gevallen vragen de maatregelen volgens niveau 3, gezien de bestaande situatie van een woning, onevenredig hoge investeringskosten. Daarom zijn er alternatieve maatregelenpakketten onderzocht waarmee een vergelijkbare netto warmtevraag behaald kan worden als met de maatregelen volgens niveau 3.

6.1 Uitgangspunten variantenstudie

De zeven beschouwde woningen zijn door TNO als representatieve woningen en appartementen uit de WoON2018 database geselecteerd. Bij het vaststellen van de representatieve woningen is gekeken naar de investering per bouwdeel, de WOZ-waarde, het vloeroppervlak en het gasgebruik.

In de analyse is als referentieniveau gekozen voor een situatie met de maatregelen behorende bij niveau 3 omdat dit een gangbaar maatregelenpakket is in de huidige (professionele) renovatiepraktijk.

Er is beperkte informatie over de woningen beschikbaar. In de WoON2018 database is alleen de informatie opgenomen die relevant is voor de berekening van de energieprestatie. Tekeningen van de betreffende woningen zijn niet beschikbaar. In de WoON2018 database zijn vereenvoudigingen gemaakt en constructies samengevoegd. Als voorbeeld is in de volgende tabel (Tabel 11) een interpretatie van de kenmerken volgens WoON2018 gegeven.

Tabel 11: voorbeeld interpretatie rekenparameters WoON2018

Aspect	Kenmerken volgens WoON2018	Interpretatie
Begane grondvloer	45,5 m²; R_c = 0,52 m²K/W; grenzend aan kruipruimte	R_c-waarde volgens bouwjaar 1975-1983 (ISSO 82.1)
Begane grondvloer 2	16,5 m²; R_c = 2,817 m²K/W; grenzend aan kruipruimte	Vloer uitbouw met later bouwjaar. 120 mm isolatie onder vloer (forfaitaire rekenmethode ISSO 82.1)
Gevel	49,8 m²; R_c = 2,04 m²K/W; oriëntatie west	R_c-waarde is niet te herleiden naar een logische dikte. Gevel is nageïsoleerd. Het is ook mogelijk dat de gevel van de uitbouw geïsoleerd is en de gevel van de oorspronkelijke woning een ongeïsoleerde spouw heeft en dat er een gemiddelde thermische kwaliteit bepaald is.
Gevel 2	1,76 m²; R_c = 0,73 m²K/W; oriëntatie west	Geïsoleerd paneel. R_c-waarde is niet te herleiden naar een logische dikte. Woningen met bouwjaar rond 1978 hebben vaak borstweringen in de vorm van panelen.
Dak	27,3 m²; R_c = 0,66 m²K/W; oriëntatie west, helling 45°	20 mm isolatie dak zonder spouw (forfaitaire waarde ISSO 82.1)
Dak 2	16,5 m²; R_c = 2,50 m²K/W; helling 0°	Plat dak uitbouw met later bouwjaar. Conform bouwjaar 1992-2014
Ramen	9,31 m²; U_w = 2,056 W/m²K; g_{gl} = 0,635, oriëntatie noordwest	23% van de woning dubbel glas (U_w = 2,9 W/m²K), 77% HR^{++}-glas (U_w = 1,8 W/m²K). Deze verhouding tussen dubbel glas en HR^{++}-glas resulteert in deze U-waarde en g_{gl}-waarde.
Ramen	9,31 m²; U_w = 2,056 W/m²K; g_{gl} = 0,635, oriëntatie zuidoost	

6.2 Resultaten variantenstudie

De resultaten van de variantenstudie zijn in Tabel 12 weergegeven. Hieruit blijkt dat er op verschillende manieren invulling gegeven kan worden aan een referentieniveau (in dit geval 'niveau 3'). Merk op dat de rekenresultaten van de woningen onderling niet met elkaar vergeleken kunnen worden. De reden daarvan is dat de uitgangspunten van de scenario's (huidige situatie/ niveau 3/ variant 1-3) per woning verschillend zijn.

Uit de analyse van de zeven representatieve woningen uit de WoON2018 blijkt dat het mogelijk is om op verschillende manieren invulling te geven aan een beoogd niveau van de standaard dat gebaseerd is op 'niveau 3'.

Tabel 12: netto warmtevraag variantenstudie

Beschrijving woning	Huidige situatie	Niveau 3 *)	Variant 1 *)	Variant 2 *)	Variant 3 *)
		Netto warmtevraag [kWh/m².jr]			
Tussenwoning 1978	108	60	60	59	44
Tussenwoning 1933	136	123	115	56	118
Tussenwoning 1982	111	65	66	48	62
Tussenwoning 1996	88	75	65	73	73
tussenappartement onder het dak 1969	133	56	55	55	57
tussenappartement onder het dak 1896	279	107	106	107	-
hoekappartement op een tussenverdieping 2002	69	61	47	61	-

*) Let op: de achterliggende waardes van de 'huidige situatie', 'niveau 3' en variant 1 t/m 3 verschillen per woning.

Een beschrijving van de woningen, het niveau 3 en de varianten zijn in Bijlage 6 opgenomen.

Hoofdstuk 7 Analyse benodigde verwarmingsvermogen

Naast de warmtebehoefte, die in dit onderzoek centraal staat is het verwarmingsvermogen in een woning van belang. Het verwarmingsvermogen is de capaciteit van de warmteafgifte, bedoeld om ook in extreme situaties (een strenge winter) de woning op temperatuur te kunnen houden. Het verwarmingsvermogen (in Watt (W) of kiloWatt (kW)) verschilt daarom van de warmtebehoefte (in kWh/m^2.jr). Het verwarmingsvermogen wordt bepaald door de capaciteit van de warmtevoorziening (het 'alternatief voor aardgas', zoals een warmtepomp, aansluiting op een warmtenet of ander alternatief voor de cv-ketel) en van de voorzieningen voor warmteafgifte (radiatoren, convectoren of vloerverwarming). De capaciteit van warmtevoorziening wordt in dit verband als voldoende verondersteld; dat is in de praktijk een kwestie van correct dimensioneren bij de overgang naar het alternatief voor aardgas. De capaciteit van de voorziening voor warmteafgifte vraagt wel om nadere beschouwing. Daarbij is het de vraag of de aanwezige capaciteit (ontworpen voor een hoge afgiftetemperatuur), ook voldoende is bij een lagere toevoertemperatuur.

Het verlagen van de (netto) warmtevraag van de woning leidt tot een lager benodigd verwarmingsvermogen van het warmteafgiftesysteem. Daar staat tegenover dat bij vervanging van de warmtevoorziening vaak een lager temperatuurtraject voor ruimteverwarming wordt toegepast, bijvoorbeeld omdat dit beter past bij een duurzame individuele warmteopwekker (warmtepomp) of omdat er sprake is van een lage-/ midden temperatuur warmtenet.
Per woningtype is het effect op het warmteafgiftesysteem inzichtelijk gemaakt als de woning verduurzaamd wordt in combinatie met het verlagen van het temperatuurtraject voor ruimteverwarming. Net als bij de gevoeligheidsanalyse wordt ook hierbij een kenmerkende woning per woningtype beoordeeld. Het benodigde verwarmingsvermogen is bepaald volgens ISSO 51.

7.1 Referentiewoningen

Voor elk van de zestien woningtypen is één referentiewoning uit de praktijk geselecteerd. Voor die referentiewoning is een analyse uitgevoerd voor het benodigde verwarmingsvermogen. Anders dan bij de berekening van de netto warmtevraag is dus één woning per categorie beoordeeld en niet de complete set woningen uit de WoON 2018 database. De reden hiervoor is dat voor het bepalen van het benodigde verwarmingsvermogen gegevens van de woning op ruimteniveau bekend moeten zijn; de gegevens uit de WoON 2018 database zijn onvoldoende gedetailleerd hiervoor. Een indruk van de gebruikte referentiewoningen is in Figuur 23 gegeven. In Bijlage 7 zijn de woningkenmerken (compactheid (A_{ls}/A_g) en gebruiksoppervlak (A_g) van de referentiewoning weergegeven net als de woningkenmerken van de mediaan van de verzameling wooneenheden uit WoON 2018.

	Bouwjaar < 1945	1945-1975	1975-1995	>1995
Tussenwoning				
	Bouwjaar: 1920	Bouwjaar: 1955	Bouwjaar: 1983	Bouwjaar: 2018
Hoekwoning				
	Bouwjaar: 1920	Bouwjaar: 1948	Bouwjaar: 1983	Bouwjaar: 2018
Vrijstaande woning				
	Bouwjaar: 1910	Bouwjaar: 1952	Bouwjaar: 1988	Bouwjaar: 2018
Appartement				
	Bouwjaar: 1925	Bouwjaar: 1959	Bouwjaar: 1968	Bouwjaar: 2019

Figuur 23: gebruikte referentiewoningen voor bepalen benodigde verwarmingsvermogen

7.2 Uitgangspunten warmteverliesberekening

De benodigde capaciteit van de warmteafgiftelichamen is berekend door middel van een warmteverliesberekening volgens ISSO 51 (versie 2017). Daarbij is gebruik gemaakt van de software Vabi Elements v 3.4.1.19588.

Met ISSO 51 is de capaciteit berekend die voor een statische situatie, onder extreme omstandigheden (-10°C), nodig is om de woning nog warm te krijgen. Deze rekenmethode is de standaardmethode in Nederland, hoewel deze niet wettelijk is vastgelegd.

Uitgangspunten situatie met niveau 1

Uitgangspunten in de berekening van niveau 1 zijn:

- Zekerheidsklasse C[8]
- Nachtverlaging 2°C
- Opwarmtijd 2 uur
- In Tabel 13 zijn de gehanteerde binnentemperaturen weergegeven. De binnentemperaturen in woningen met bouwjaarklasse tot 1975 zijn lager aangehouden (16°C voor alle ruimten behalve de woonkamer) dan de binnentemperaturen in woningen met bouwjaarklassen na 1975. Dit is gedaan omdat er in de praktijk in oudere woningen veelal een lager comfortniveau gerealiseerd kan worden en tevens geaccepteerd wordt.

Uitgangspunten beoogde situatie

In de beoogde situatie zijn de uitgangspunten aangepast om aan te sluiten bij het (huidige) gewenste comfortniveau van de bewoners. Daarbij is onderscheid gemaakt naar de verbeterconcepten die nader beschouwd zijn: niveau 3 en niveau 4. Zoals eerder geconstateerd (zie 3.4.3. en 5.2) vertegenwoordigt niveau 2 de ondergrens van gangbare maateregelen en heeft dit niveau heeft voor de praktijk anno 2020 een beperkte betekenis.

De gehanteerde binnentemperaturen zijn in Tabel 13 opgenomen. De hogere gewenste binnentemperaturen in de woonkamer zijn aangehouden om rekening te houden met de (doorgaans) lagere temperatuurverwarming in de beoogde situatie. Daarbij wordt verondersteld dat bij het niveau 4 er sprake zal zijn van lage temperatuurverwarming waarbij de gewenste binnentemperatuur 1 à 2 °C hoger is. Bij niveau 3 is rekening gehouden met een stijging van de gewenste binnentemperatuur van 1°C als gevolg van het veronderstelde lagere temperatuurniveau van de ruimteverwarming. Vloerverwarming leidt (ten opzichte van conventionele radiatoren) vaak juist tot een lagere gewenste operatieve binnentemperatuur (instelwaarde kamerthermostaat). Hiermee is bij het bepalen van de benodigde verwarmingsvermogens echter geen rekening gehouden omdat verondersteld wordt dat het toepassen van vloerverwarming in bestaande woning niet een gangbare verbetermaatregel/aanpassing wordt.

---

[8] De zekerheidsklasse is een grootheid uit ISSO 51 die de mate van zekerheid weergeeft dat de beoogde temperatuur wordt bereikt, ook als aangenomen randvoorwaarden wijzigen. Bijvoorbeeld: de standaardaanname in een rijtjeswoning is dat de aangrenzende woningen op een gelijk temperatuurniveau verwarmd worden. Op basis van de zekerheidsklasse wordt een toeslag op de warmtecapaciteit berekend om enige overmaat te hebben wanneer dit niet het geval is. Zekerheidsklasse A gaat er vanuit dat er altijd voldoende capaciteit is, klasse D berekent geen aanvullende capaciteit. Klasse C berekent een beperkte extra capaciteit en is de standaardaanname voor sociale woningbouw.

Uitgangspunt is dat in de gehele woning de gewenste binnentemperatuur hoger is dan 18°C en niet, zoals bij oudere woningen nog wel eens het geval is, er een lagere binnentemperatuur geaccepteerd wordt. Als gevolg van deze wijzigingen stijgt het benodigde verwarmingsvermogen.
In aanvulling op de aangepaste gehanteerde binnentemperaturen is er voor niveau 4 geen rekening gehouden met een nachtverlaging. Hiervoor is gekozen in verband met de lage netto warmtevraag bij dit concept en de verwachting dat hierbij veelal een lage temperatuursysteem wordt toegepast waarbij nachtverlaging niet gewenst is.

	Temperatuur t.b.v. berekening niveau 1		**Temperatuur t.b.v. beoogde situatie**	
	bouwjaarklassen <1975	**bouwjaarklassen >1975**	**niveau 3**	**niveau 4**
woonkamer/keuken	20°C	20°C	21°C	22°C
Slaapkamer	16°C	20°C	21°C	22°C
Badkamer	16°C	22°C	22°C	22°C
Gang/overloop	16°C	18°C	18°C	18°C
Toilet	16°C	18°C	18°C	18°C
Zolder/berging	16°C	18°C	18°C	18°C

Tabel 13: gehanteerde binnentemperaturen warmteverliesberekening

7.3 Benodigd vermogen warmteafgifte

Per categorie (referentiewoning) is het **benodigde** warmteafgiftevermogen bepaald voor verschillende energieconcepten, namelijk niveau 1, 3 en 4.
In alle drie de gevallen is het woningontwerp gelijk, maar de bouwkundige kenmerken en het ventilatiesysteem verschilt wel in de energieconcepten.

De resultaten van de berekening van het benodigde warmteafgiftevermogen zijn in Tabel 14 (en Bijlage 8) weergegeven.

Benodigd warmteafgiftevermogen					
	Niveau 1	Niveau 3	% afname tov Niveau 1	Niveau 4	% afname tov Niveau 1
tussenwoning, <1945	18.877 W	10.471 W	-45%	2.982 W	-84%
tussenwoning, 1945-1975	12.074 W	6.357 W	-47%	3.187 W	-74%
tussenwoning, 1975-1995	14.241 W	8.498 W	-40%	4.031 W	-72%
tussenwoning, >1995	10.287 W	10.618 W	3% [1)]	6.059 W	-41%
hoekwoning, <1945	21.509 W	12.630 W	-41%	3.298 W	-85%
hoekwoning, 1945-1975	14.413 W	7.384 W	-49%	3.511 W	-76%
hoekwoning, 1975-1995	18.531 W	10.016 W	-46%	4.732 W	-74%
hoekwoning, >1995	11.069 W	10.804 W	-2%	6.754 W	-39%
vrijstaande woning, <1945	25.503 W	13.263 W	-48%	3.564 W	-86%
vrijstaande woning, 1945-1975	30.508 W	13.330 W	-56%	5.628 W	-82%
vrijstaande woning, 1975-1995	32.070 W	14.146 W	-56%	5.920 W	-82%
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	12.058 W	-5%	6.957 W	-45%
appartement, <1945	5.639 W	5.947 W	5% [1)]	1.020 W	-82%
appartement, 1945-1975	9.704 W	5.702 W	-41%	1.756 W	-82%
appartement, 1975-1995	9.006 W	6.219 W	-31%	1.721 W	-81%
appartement, >1995	7.675 W	7.926 W	3% [1)]	2.821 W	-63%

[1)] ondanks de verlaging van de netto warmtevraag stijgt het benodigde warmteafgiftevermogen. Dat kan worden verklaard door de gewijzigde uitgangspunten in de warmteverliesberekeningen (hogere binnentemperaturen die gehanteerd zijn voor de beoogde situatie).

Tabel 14: Benodigd vermogen warmteafgifte

7.4 Warmteafgiftelichamen

Voor dit onderzoek is verondersteld dat bij niveau 1 het aanwezige vermogen van de warmteafgiftelichamen gelijk is aan het benodigde vermogen. Vervolgens is het benodigde aantal radiatoren bepaald om de woning met niveau 1 warm te krijgen. Als vereenvoudiging is er daarbij van uitgegaan dat slechts één type en maat radiator is toegepast in de in de woning (type 22 (1440*600 mm)). De verdeling van het aantal radiatoren over de ruimten in de woning is hierin niet nader uitgewerkt. De resultaten daarvan zijn in Tabel 15 (en Bijlage 8) weergegeven.

Beschikbaar warmteafgiftevermogen		
Kenmerken radiator:	Type 22 (1440*600 mm)	
Temperatuurtraject:	Hoge temperatuur: 80°C-60°C	
Vermogen radiator bij temperatuurtraject: 80°C-60°C	2529 W	
	Niveau 1	Aantal radiatoren benodigd [1)]
tussenwoning, <1945	18.877 W	8 stuks
tussenwoning, 1945-1975	12.074 W	5 stuks
tussenwoning, 1975-1995	14.241 W	6 stuks
tussenwoning, >1995	10.287 W	5 stuks
hoekwoning, <1945	21.509 W	9 stuks
hoekwoning, 1945-1975	14.413 W	6 stuks
hoekwoning, 1975-1995	18.531 W	8 stuks
hoekwoning, >1995	11.069 W	5 stuks

Beschikbaar warmteafgiftevermogen		
vrijstaande woning, <1945	25.503 W	11 stuks
vrijstaande woning, 1945-1975	30.508 W	13 stuks
vrijstaande woning, 1975-1995	32.070 W	13 stuks
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	6 stuks
appartement, <1945	5.639 W	3 stuks
appartement, 1945-1975	9.704 W	4 stuks
appartement, 1975-1995	9.006 W	4 stuks
appartement, >1995	7.675 W	4 stuks
1) Bij het bepalen van het aantal benodigde radiatoren is uitgegaan van een radiator type 22 (1440*600 mm) bij een temperatuurtraject van 80°C – 60°C		

Tabel 15: Beschikbaar vermogen warmteafgifte

7.4.1 Mogelijke reductie temperatuurtraject

Als gevolg van de verduurzaming van woningen is minder warmte nodig en kan desgewenst het temperatuurtraject van de ruimteverwarming worden verlaagd ten opzichte van het aangenomen temperatuurtraject van 80°C-60°C. Voor de zestien referentiewoningen is bepaald tot hoever het temperatuurtraject verlaagd kan worden zonder dat er aanvullende warmteafgiftelichamen (ten opzichte van Tabel 15) worden geplaatst. De resultaten van die analyse zijn in Tabel 16 (en Bijlage 8) opgenomen.

	Niveau 3		Niveau 4	
	Aanvoer-temperatuur	Retour-temperatuur	Aanvoer-temperatuur	Retour-temperatuur
tussenwoning, <1945	58 °C	45 °C	35 °C	30 °C
tussenwoning, 1945-1975	57 °C	44 °C	42 °C	34 °C
tussenwoning, 1975-1995	60 °C	47 °C	43 °C	35 °C
tussenwoning, >1995	81 °C	61 °C	60 °C	47 °C
hoekwoning, <1945	60 °C	47 °C	34 °C	29 °C
hoekwoning, 1945-1975	56 °C	44 °C	40 °C	33 °C
hoekwoning, 1975-1995	57 °C	45 °C	41 °C	34 °C
hoekwoning, >1995	79 °C	59 °C	61 °C	47 °C
vrijstaande woning, <1945	56 °C	44 °C	33 °C	29 °C
vrijstaande woning, 1945-1975	52 °C	41 °C	36 °C	31 °C
vrijstaande woning, 1975-1995	52 °C	41 °C	36 °C	31 °C
vrijstaande woning, >1995	78 °C	59 °C	58 °C	45 °C
appartement, <1945	83 °C	62 °C	36 °C	31 °C
appartement, 1945-1975	60 °C	47 °C	36 °C	31 °C
appartement, 1975-1995	65 °C	50 °C	37 °C	31 °C
appartement, >1995	82 °C	61 °C	48 °C	39 °C

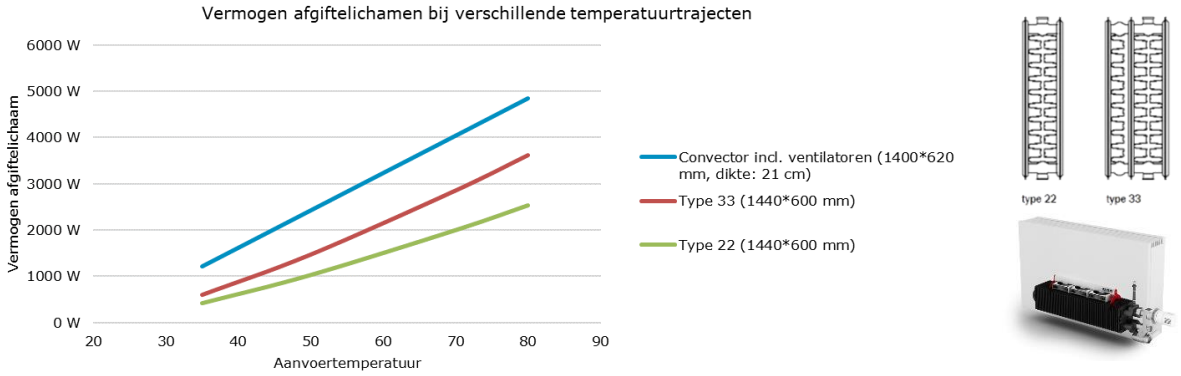
Tabel 16: Minimale temperaturen (aan- en retourtemperatuur) verwarmingssysteem

Opmerking: bij niveau 3 is in een aantal gevallen (tussenwoning > 1995, appartement < 1945 en appartement > 1995) geen sprake van een daling maar van een stijging van het temperatuurtraject. Dat

kan worden verklaard door de gewijzigde uitgangspunten in de warmteverliesberekeningen (hogere binnentemperaturen die gehanteerd zijn voor de nieuwe (beoogde) situatie).

7.4.2 Aanpassing warmteafgiftelichamen bij aanpassing temperatuurtraject

De capaciteit van de warmteafgiftelichamen daalt op het moment dat het temperatuurtraject (aanvoer- en retourtemperatuur) van het verwarmingssysteem daalt. De daling is afhankelijk van het type radiator en de afmetingen van de radiator. Zie ook Figuur 24.



Figuur 24: afhankelijkheid vermogen afgiftelichamen van aanvoertemperatuur

Naast de daling in het mogelijke temperatuurtraject is beschouwd welke aanpassingen noodzakelijk zijn in de (het aantal) warmteafgiftelichamen op het moment dat de woning wordt verwarmd middels midden temperatuurverwarming (MT), lage temperatuurverwarming (LT) of zeer lage temperatuurverwarming (ZLT). De MT- en LT-temperatuurtrajecten zijn in lijn met de temperatuurtrajecten die door PBL worden gehanteerd bij het opstellen van de Leidraad die gemeenten moet ondersteunen bij hun Transitievisie warmte waarin de warmtevoorziening op wijkniveau wordt uitgewerkt. In de markt wordt daarnaast voor lage temperatuur verwarming regelmatig gekozen voor een aanvoertemperatuur van circa 35°C. Om die reden is ook deze variant (ZLT) in dit onderzoek meegenomen. De gehanteerde temperatuurtrajecten zijn:

- Midden temperatuurverwarming (MT):
  aanvoertemperatuur: 70°C – retourtemperatuur: 53°C
- Lage temperatuurverwarming (LT):
  aanvoertemperatuur: 50°C – retourtemperatuur: 40°C
- Zeer lage temperatuurverwarming (ZLT)[9]:
  aanvoertemperatuur: 35°C – retourtemperatuur: 30°C

[9] Keuze voor een ZLT-traject betekent in de praktijk dat ook vaak de mogelijkheid van koeling ontstaat. Dit blijft in dit rapport verder buiten beschouwing, hoewel dit een duidelijke meerwaarde kan betekenen voor het (zomer-)comfort en ook een positief effect kan hebben op het rendement van de warmtevoorziening (bij bodemsystemen).

In Tabel 18 (en Bijlage 8) is voor niveau 3 en voor niveau 4 weergegeven hoeveel radiatoren moet worden bijgeplaatst ten opzichte van niveau 1 en welk percentage dat is ten opzichte van het benodigde verwarmingsvermogen. Daarnaast is het extra benodigde vermogen weergegeven als percentage van het benodigde verwarmingsvermogen.
De kenmerken van de radiatoren zijn weergegeven in Tabel 17. In een aantal gevallen is er voldoende vermogen beschikbaar zonder dat er radiatoren bijgeplaatst moeten worden of kunnen er zelfs radiatoren verwijderd worden.

Temperatuurtraject	Vermogen radiator
Hoge temperatuur: 80°C-60°C	2529 W
Midden temperatuur: 70°C-53°C	1995 W
Lage temperatuur: 50°C-40°C	1027 W
Zeer lage temperatuur: 35°C-30°C	417 W

Tabel 17: kenmerken radiatoren Type 22 (1440*600 mm)

Leidingen en afgiftesystemen

Bij de analyse is uitsluitend gekeken naar de effecten op de radiatoren. Daarnaast is het van belang om te beoordelen of de leidingen van en naar warmteafgiftelichamen voldoende groot zijn om de extra benodigde 'flow' aan kunnen of dat er grotere een leidingdiameter benodigd is.
Als gevolg van het leidingverloop en gekozen leidingdiameters is deze analyse heel woning-specifiek. Daarom is hierop in deze rapportage niet nader ingegaan. Verwacht wordt dat bij een substantiële verhoging van het benodigde verwarmingsvermogen (> 20% toename benodigd vermogen) er ook aanpassingen benodigd zijn aan het leidingwerk.
Bovendien wordt de technische staat van het afgiftesysteem niet beoordeeld. Hoewel leidingen en radiatoren een aanzienlijk langere levensduur kennen, dan de gemiddelde 15 jaar van een c.v.-ketel, is de levensduur beperkt en zal na enkele tientallen jaren tot vervanging moeten worden besloten. Deze vervangingstermijn is sterk afhankelijk van ontwerp, gekozen materialen en mate van onderhoud. Complicerende factor daarbij is een deel van de slijtage niet visueel waarneembaar is (dikteafname door schurende werking van vervuild c.v.-water bijvoorbeeld). Vervanging aan het eind van de technische levensduur is daarnaast geen verduurzamingsmaatregel. Om al deze redenen blijft de technische staat buiten beschouwing. Dat impliceert ook dat de potentie van vervanging van het afgiftesysteem (het tegen geringe moeite en kosten aanpassingen uitvoeren ten behoeve van een ander temperatuurtraject), verder niet in de beschouwingen wordt betrokken.

	Temperatuurniveau					
	MT (70-53°C)		LT (50-40°C)		ZLT (35-°C)	
	Niveau 3					
	Extra radiatoren [1]	[%] stijging t.o.v. niveau 1	Extra radiatoren [1]	[%] stijging t.o.v. niveau 1	Extra radiatoren [1]	[%] stijging t.o.v. niveau 1
tussenwoning, <1945	2 stuks over	-30%	3 stuks extra	37%	18 stuks extra	236%
tussenwoning, 1945-1975	2 stuks over	-33%	2 stuks extra	30%	11 stuks extra	219%
tussenwoning, 1975-1995	1 stuks oer	-24%	3 stuks extra	47%	15 stuks extra	262%
tussenwoning, >1995	1 stuks extra	31%	6 stuks extra	154%	21 stuks extra	526%
hoekwoning, <1945	2 stuks over	-26%	4 stuks extra	45%	22 stuks extra	256%
hoekwoning, 1945-1975	2 stuks over	-35%	2 stuks extra	26%	12 stuks extra	211%
hoekwoning, 1975-1995	2 stuks over	-31%	3 stuks extra	33%	17 stuks extra	228%
hoekwoning, >1995	1 stuks extra	24%	6 stuks extra	140%	22 stuks extra	492%
vrijstaande woning, <1945	4 stuks over	-34%	3 stuks extra	28%	22 stuks extra	215%
vrijstaande woning, 1945-1975	5 stuks over	-45%	1 stuks extra	8%	20 stuks extra	165%
vrijstaande woning, 1975-1995	6 stuks over	-44%	1 stuks extra	9%	21 stuks extra	167%
vrijstaande woning, >1995	1 stuks extra	21%	7 stuks extra	135%	24 stuks extra	477%
appartement, <1945	1 stuks over	34%	4 stuks extra	160%	12 stuks extra	539%
appartement, 1945-1975	1 stuks over	-26%	2 stuks extra	45%	10 stuks extra	256%
appartement, 1975-1995	1 stuks over	-12%	3 stuks extra	70%	11 stuks extra	319%
appartement, >1995	1 stuks extra	31%	5 stuks extra	154%	16 stuks extra	526%
	Niveau 4					
tussenwoning, <1945	6 stuks over	-80%	5 stuks over	-61%	geen tekort	-4%
tussenwoning, 1945-1975	3 stuks over	-67%	2 stuks over	-35%	3 stuks extra	60%
tussenwoning, 1975-1995	4 stuks over	-64%	2 stuks over	-30%	4 stuks extra	72%
tussenwoning, >1995	1 stuks over	-25%	2 stuks extra	45%	11 stuks extra	257%
hoekwoning, <1945	7 stuks over	-81%	5 stuks over	-62%	1 stuks over	-7%
hoekwoning, 1945-1975	4 stuks over	-69%	2 stuks over	-40%	3 stuks extra	48%
hoekwoning, 1975-1995	5 stuks over	-68%	3 stuks over	-37%	4 stuks extra	55%
hoekwoning, >1995	1 stuks over	-23%	2 stuks extra	50%	12 stuks extra	270%
vrijstaande woning, <1945	8 stuks over	-82%	7 stuks over	-66%	2 stuks over	-15%
vrijstaande woning, 1945-1975	9 stuks over	-77%	7 stuks over	-55%	2 stuks extra	12%
vrijstaande woning, 1975-1995	10stuks over	-77%	7 stuks over	-55%	2 stuks extra	12%
vrijstaande woning, >1995	2 stuks over	-30%	2 stuks extra	35%	12 stuks extra	233%
appartement, <1945	2 stuks over	-77%	1 stuks over	-55%	geen tekort	10%
appartement, 1945-1975	3 stuks over	-77%	2 stuks over	-55%	geen tekort	10%
appartement, 1975-1995	3 stuks over	-76%	2 stuks over	-53%	1 stuks extra	16%
appartement, >1995	2 stuks over	-53%	geen tekort	-9%	4 stuks extra	123%

1) In Tabel 15 is de situatie met niveau 1 met het benodigde verwarmingsvermogen en het aantal radiatoren weergegeven.

Tabel 18: aanpassing aantal warmteafgiftelichamen (radiator: type 22 (1440*600 mm))

Tabel 18 geeft een aantal extra radiatoren aan, van de voor dit onderzoek aangenomen standaard (type 22, 1440 x 600 mm). De tabel is in hoofdzaak bedoeld om onderscheid te maken in een categorie 'geen aanpassingen of radiatoren afkoppelen' (groen), 'beperkte aanpassingen' (oranje) en 'vergaande aanpassingen' (rood).

De tabel laat zien dat het benodigde aantal radiatoren in een aantal gevallen zo hoog is dat aanpassing niet realistisch is. Zeker bij het zeer lage temperatuurtraject (ZLT) zijn er in sommige gevallen meer dan 20 radiatoren extra nodig. Dit is een onrealistisch aantal. In deze gevallen zal een andere oplossing dan het plaatsen van extra radiatoren noodzakelijk zijn. Ook bij kleinere aantallen zal in de praktijk vaak voor andere oplossingen worden gekozen, zoals het gericht vervangen van één of meer radiatoren door een type met een hogere afgifte, of (indien de radiatoren hiervoor geschikt zijn) het toevoegen van hulpventilatoren.

7.4.3 Verdeling warmteafgiftelichamen

Voor een van de woningtypen is onderzocht op welke wijze het extra benodigde vermogen kan worden gerealiseerd op het moment dat de stap naar MT-/ LT- of ZLT-wordt gezet. Die analyse is gedaan voor de tussenwoning uit de bouwperiode 1975-1995 (Figuur 25).

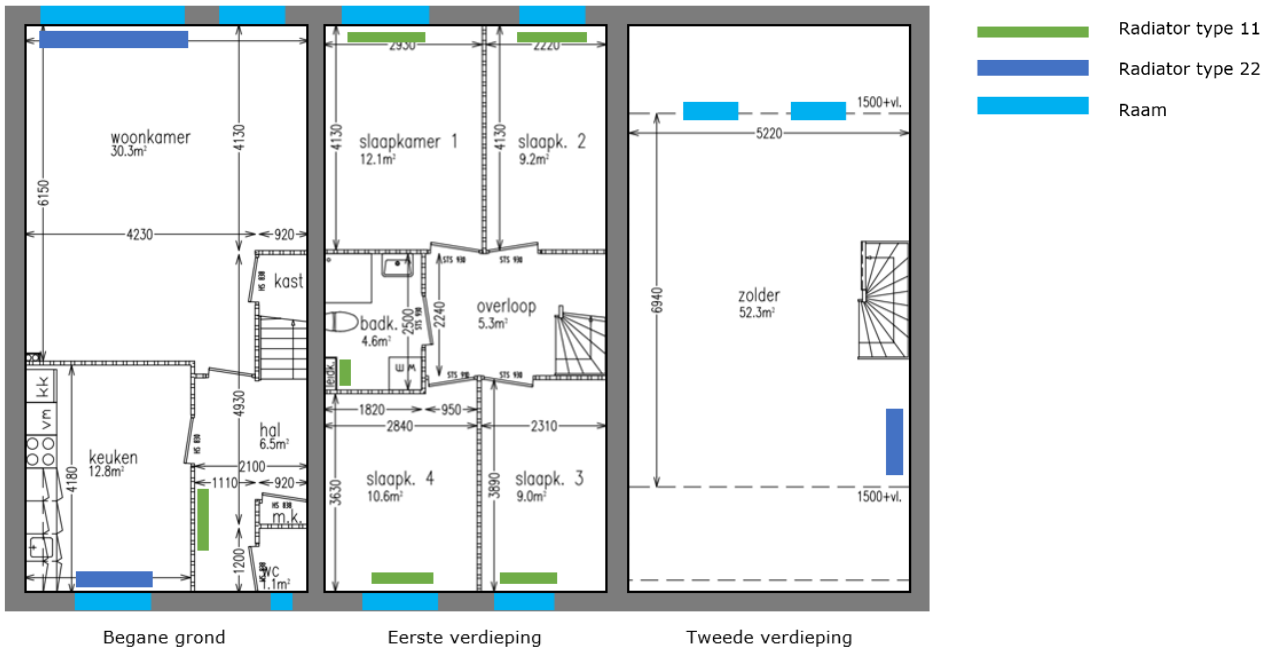


Figuur 25: tussenwoning bouwperiode 1975-1995

In de eerdere analyses is het benodigde aantal radiatoren op woningniveau bepaald. In de praktijk worden de warmteafgiftelichamen verdeeld over de ruimten. In de warmteverliesberekeningen wordt niet alleen het benodigde vermogen op woningniveau bepaald, maar ook op ruimteniveau. Aan de hand van die resultaten is bepaald hoeveel warmteafgiftelichamen er per ruimte benodigd zijn met niveau 1. Deze verdeling is weergegeven in Tabel 19 en Figuur 26

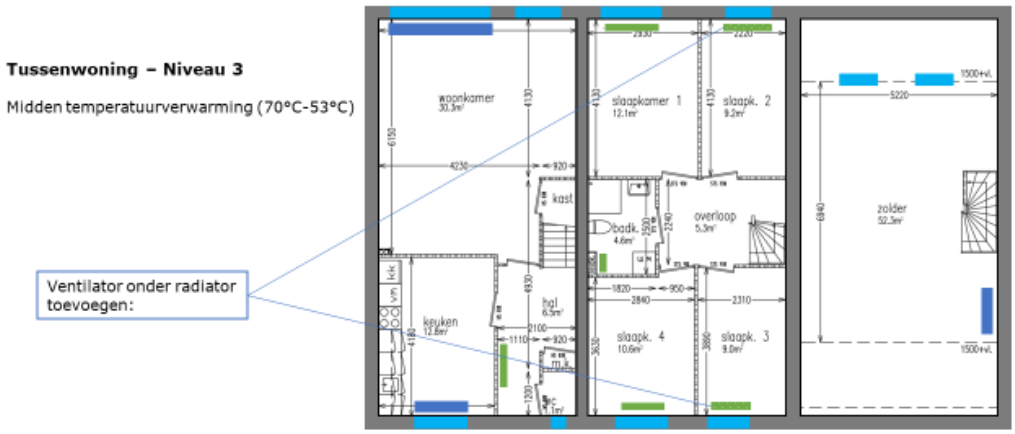
Ruimte	Benodigd afgiftevermogen	Type en afmetingen radiator	Vermogen radiator
Woonkamer	4.360 W	Type 22, 2720 mm	4.777 W
Keuken	2.372 W	Type 22, 1440 mm	2.529 W
Slaapkamer 1	1.182 W	Type 11, 1440 mm	1.317 W
Slaapkamer 2	1.019 W	Type 11, 1280 mm	1.171 W
Slaapkamer 3	940 W	Type 11, 1040 mm	951 W
Slaapkamer 4	968 W	Type 11, 1120 mm	1.024 W
Badkamer	343 W	Type 11, 480 mm	439 W
Toilet	255 W	-	-
Hal/overloop	727 W	Type 11, 1120 mm	1.024 W
Zolder	2.075 W	Type 22, 1200 mm	2.108 W
Totaal	**14.241 W**		**15.340 W**

Tabel 19: Voorbeeldberekening warmteafgiftelichamen per ruimte



Figuur 26: verdeling radiatoren in tussenwoning met niveau 1

Als de stap gezet wordt naar een lagere temperatuurverwarming is in veel gevallen extra warmteafgiftevermogen nodig om de woning warm te krijgen. Daarbij is het temperatuurtraject van de ruimteverwarming van belang en de maatregelen die getroffen zijn om de netto warmtevraag te beperken. Voor niveau 3 en niveau 4 is een aantal scenario's uitgewerkt waarmee invulling kan worden gegeven aan het extra benodigde vermogen als de stap gezet wordt naar MT-/ LT-/ ZLT-verwarming. De resultaten daarvan zijn in Bijlage 9 opgenomen. Ter illustratie is in Figuur 27 en Figuur 28 een scenario weergeven als de stap gezet wordt naar MT-verwarming in combinatie met niveau 3 (Figuur 27) en een scenario waarbij de stap gezet wordt naar ZLT-verwarming in combinatie met niveau 4 (Figuur 28).



Radiator type 11

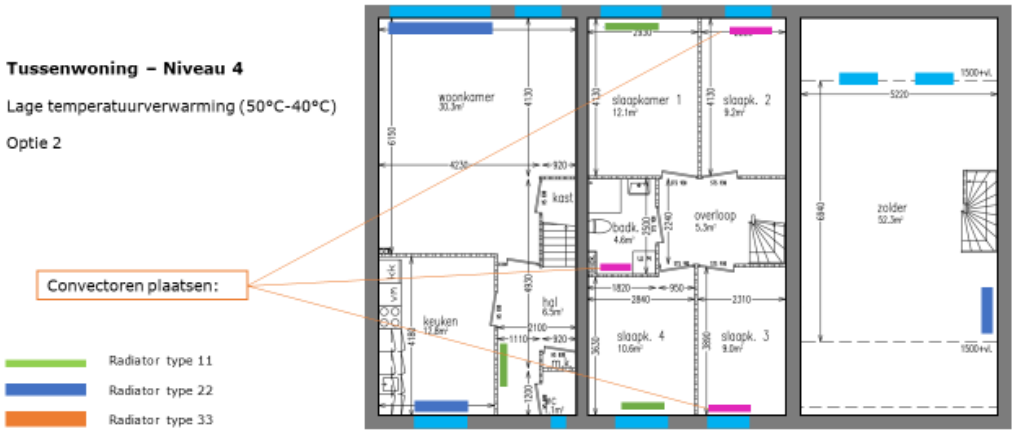
Radiator type 11 met ventilator

Radiator type 22

- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij MT	Opgesteld vermogen bij MT incl. extra warmteafgiftekamen
Woonkamer	4.777 W	2.682 W	3.769 W	3.769 W
Keuken	2.529 W	1.598 W	1.995 W	1.995 W
Hal/toilet	1.024 W	299 W	808 W	808 W
Slaapkamer 1	1.317 W	780 W	1.039 W	1.039 W
Slaapkamer 2	1.171 W	960 W	924 W	1.332 W
Slaapkamer 3	951 W	819 W	750 W	1.082 W
Slaapkamer 4	1.024 W	798 W	808 W	808 W
Badkamer	439 W	320 W	346 W	346 W
Zolder	2.108 W	244 W	1.663 W	1.663 W
	15.340 W	**8.502 W**	**12.103 W**	**12.842 W**

Figuur 27: mogelijk scenario aanpassingen in warmteafgifte (bij MT-verwarming i.c.m. niveau 3)



Radiator type 11

Radiator type 22

Radiator type 33

Convector 16

- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij LT	Opgesteld vermogen bij LT incl. extra warmteafgiftekamen
Woonkamer	4.777 W	1.325 W	1.940 W	1.940 W
Keuken	2.529 W	648 W	1.027 W	1.027 W
Hal/toilet	1.024 W	50 W	416 W	416 W
Slaapkamer 1	1.317 W	419 W	535 W	535 W
Slaapkamer 2	1.171 W	476 W	475 W	893 W
Slaapkamer 3	951 W	478 W	386 W	744 W
Slaapkamer 4	1.024 W	399 W	416 W	416 W
Badkamer	439 W	237 W	178 W	372 W
Zolder	2.108 W	0 W	856 W	856 W
	15.340 W	**4.032 W**	**6.230 W**	**7.198 W**

Figuur 28: mogelijk scenario aanpassingen in warmteafgifte (bij ZLT-verwarming i.c.m. niveau 4)

7.5 Gevoeligheidsanalyse benodigd verwarmingsvermogen

Voor het meest voorkomende woningtype in Nederland, de tussenwoning uit de bouwperiode 1975-1995, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd van het effect van individuele verbetermaatregelen/ aanpassingen op het benodigde verwarmingsvermogen.

Basis gevoeligheidsanalyse

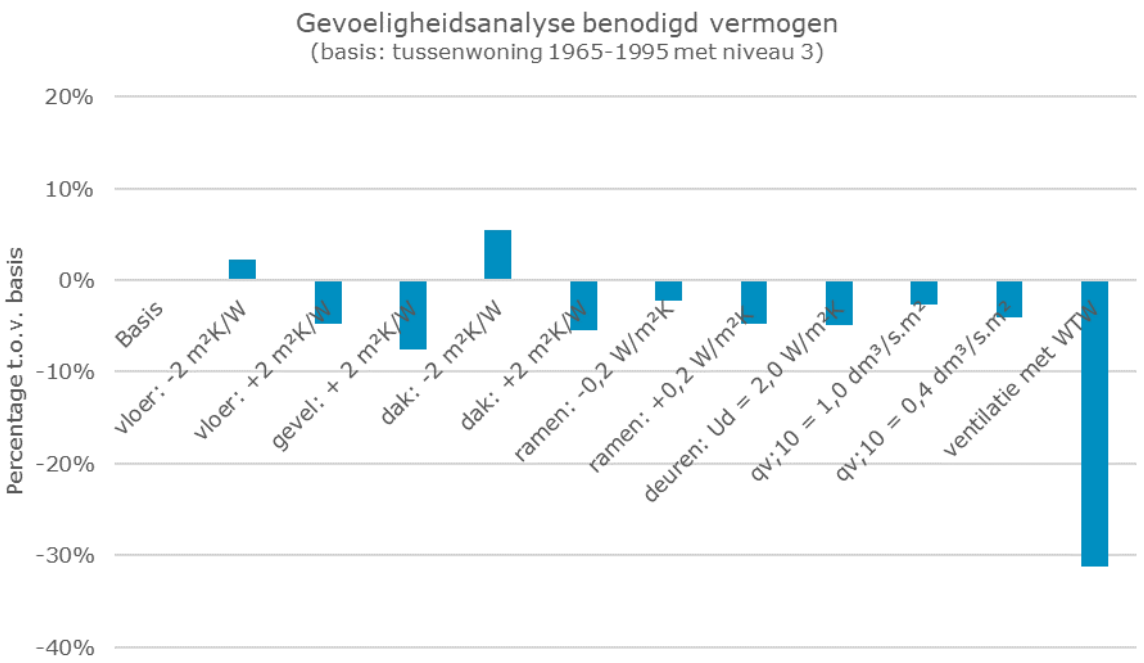
De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd door het effect van wijzigingen te bepalen ten opzichte van een referentiesituatie, namelijk het niveau 3.

Effect wijzigingen

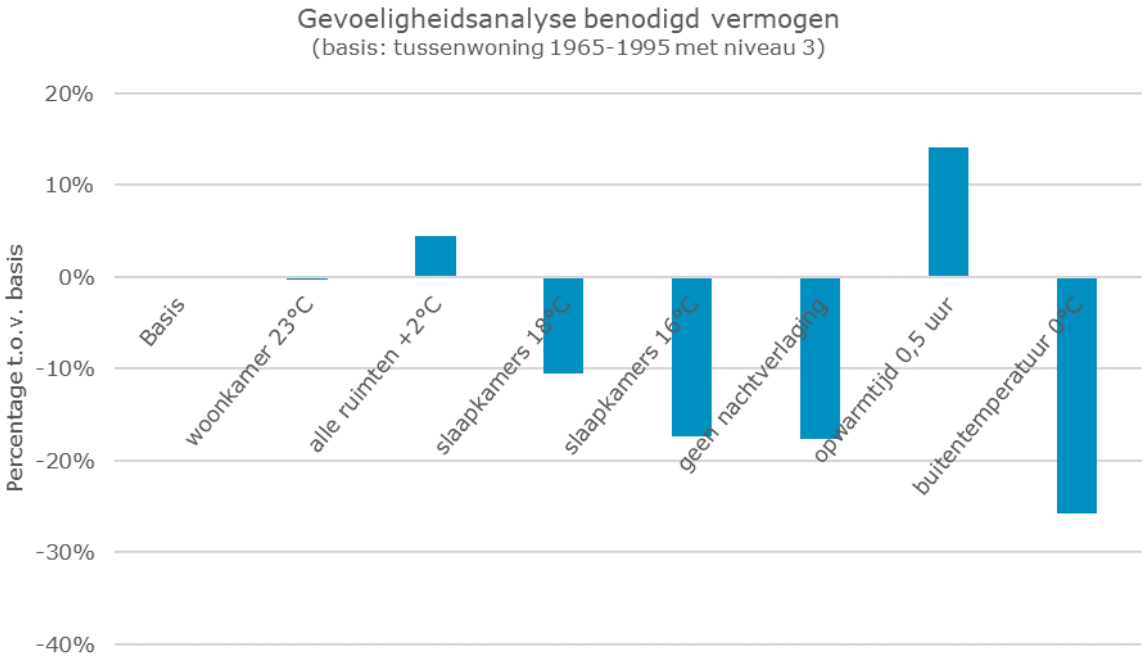
De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor:

- Thermische kwaliteit (R_c-waarde) **vloer**
- Thermische kwaliteit (R_c-waarde) **gevel**
- Thermische kwaliteit (R_c-waarde) **dak**
- Thermische kwaliteit (U-waarde) **ramen**
- Thermische kwaliteit (U-waarde) **deuren**
- **Luchtdichtheid**
- **Ventilatiesysteem** (van 'C' naar 'D' en andersom)
- Gewenste **binnentemperatuur**
- **Nachtverlaging**
- **Buitentemperatuur**

In Figuur 29 en Figuur 30 (en Bijlage 8) is te lezen wat gewijzigd is ten opzichte van niveau 3. Het effect is weergegeven als een procentuele wijziging ten opzichte van het totale benodigde verwarmingsvermogen van de woning. Het totale benodigde verwarmingsvermogen van de beschouwde referentiewoning (tussenwoning uit de bouwperiode 1975-1995) bedraagt 8.211 W.



Figuur 29: gevoeligheidsanalyse benodigd verwarmingsvermogen (bouwkundig en ventilatiesysteem)



Figuur 30: gevoeligheidsanalyse benodigd verwarmingsvermogen (gebruikskenmerken)

Conclusies gevoeligheidsanalyse

Op basis van de rekenresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Net als bij de netto warmtevraag heeft het wijzigen van het ventilatiesysteem ook op de benodigde verwarmingscapaciteit een grote invloed. Het benodigde vermogen daalt aanzienlijk (meer dan 30%) op het moment dat gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning wordt toegepast in plaats van geavanceerde natuurlijke toevoer – mechanische afvoer (C4c).
- De gebruiker (en het gewenste comfortniveau) heeft een grote invloed op het benodigde verwarmingsvermogen. Dat blijkt uit de grote effecten (> 10% op het benodigde verwarmingsvermogen) van het wijzigen van de gewenste binnentemperatuur, de nachtverlaging, en de maximale opwarmtijd.
- Het aanpassen van de bouwkundige kenmerken heeft een beperkte invloed op het benodigde verwarmingsvermogen.

7.6 Conclusies benodigd verwarmingsvermogen

Door de woning te isoleren daalt niet alleen de netto warmtevraag (zie Hoofdstuk 4) maar daalt ook het benodigde verwarmingsvermogen aan warmteafgiftelichamen (radiatoren e.d.) dat aanwezig moet zijn. Naast de mate van isolatie heeft het type ventilatiesysteem en de mate van luchtdichtheid van de woning een grote invloed op zowel de netto warmtevraag als het gevraagde verwarmingsvermogen. Net als bij de berekening van de netto warmtevraag geldt bij het benodigde opgestelde vermogen dat naarmate de thermische kwaliteit verbetert, het benodigde vermogen daalt. Indien er echter sprake is van een lagere aanvoertemperatuur, daalt ook afgiftecapaciteit. Hoewel het hierbij gaat om de piekvraag bij lage buitentemperaturen, is het van belang er van uit te gaan dat het huidige comfortniveau niet verslechterd wordt bij de overgang naar een alternatief voor aardgas. Hierbij zal per woning moeten worden gezocht naar een passende oplossing op het moment dat daadwerkelijk op een nieuwe warmtevoorziening wordt aangesloten.

Uitgangspunt van de analyse is dat de aanwezige radiatorcapaciteit nauwkeurig is afgestemd op de berekende capaciteit en er dus geen, of een beperkte overmaat aanwezig is. In de praktijk kan dit verschillen, maar hiervoor is geen algemene aanname te doen.

In tegenstelling tot de berekening van de netto warmtevraag kan bij de bepaling van het benodigde vermogen gevarieerd worden met gebruikersafhankelijke kenmerken zoals de gewenste binnentemperatuur en de mate van nachtverlaging van de ruimteverwarming. Deze kenmerken hebben een grote invloed op het benodigde opgestelde verwarmingsvermogen.
In de analyses is ervan uitgegaan dat een hoger comfortniveau (hogere binnentemperaturen) gerealiseerd worden na het treffen van energiebesparende maatregelen. Dat hoger comfortniveau doet de daling van het benodigde verwarmingsvermogen als gevolg van de verbetering van de thermische kwaliteit deels teniet. Bij de concepten met minder vergaande maatregelen (tot en met niveau 3) komt dat duidelijk naar voren wanneer geconstateerd wordt dat, in een aantal gevallen, het benodigde

vermogen in die beoogde situatie stijgt (in plaats van daalt wat je zou verwachten op basis van het treffen van de energiezuinige verbetermaatregelen).

Consequenties niveau 3

Bij de gehanteerde aanvoertemperatuur voor MT-verwarming (70°C) is de stap naar MT-verwarming in de meeste gevallen mogelijk bij het niveau 3. Aandachtspunt daarbij is de categorie woningen van na 1995 waar bij dit concept betrekkelijk weinig verbetermaatregelen worden toegepast, waardoor de daling in de warmtevraag relatief gering is. Op het moment dat de stap naar LT-verwarming wordt genomen, stijgt het benodigde verwarmingsvermogen in veel van de woningtypen aanzienlijk (> 30%) wat betekent dat extra vermogen geplaatst moet worden om de woning warm te krijgen, of andere aanpassingen aan de radiatoren moet worden gedaan. Als de stap gezet wordt naar ZLT-verwarming dan is het benodigde extra vermogen zo groot dat bijplaatsen van radiatoren een onrealistische optie is. In dat geval zou een nieuw afgiftesysteem moeten worden aangelegd.

Consequenties niveau 4

Als de thermische kwaliteit van de woning verbeterd wordt tot niveau 4 dan is de stap naar MT-verwarming (70°C aanvoertemperatuur), en in veel gevallen ook naar LT-verwarming (50°C aanvoertemperatuur), zonder aanpassingen aan het warmteafgiftesysteem mogelijk.
De stap naar ZLT-verwarming is zonder aanpassingen aan het warmteafgiftesysteem in de regel niet mogelijk. Veelal zijn bij ZLT-verwarming relatief vergaande maatregelen benodigd om het benodigde verwarmingsvermogen te realiseren in de bestaande woning.

Hoofdstuk 8 Uitwerken opties standaard (woningniveau) en streefwaardes (componentniveau)

Onderzocht is op welke manier er invulling kan worden gegeven aan een standaard en de wijze waarop de streefwaardes zich verhouden ten opzichte van de standaard. Daarbij is zowel gekeken hoogte van de standaard als naar de wijze waarop de standaard kan worden ingevuld.
De verschillende methoden waarop een standaard zou kunnen worden vastgesteld, worden besproken in paragraaf 8.1. In paragraaf 0 en paragraaf 8.3 wordt ingegaan op het vaststellen van de standaard en de streefwaardes.

8.1 Opties standaard

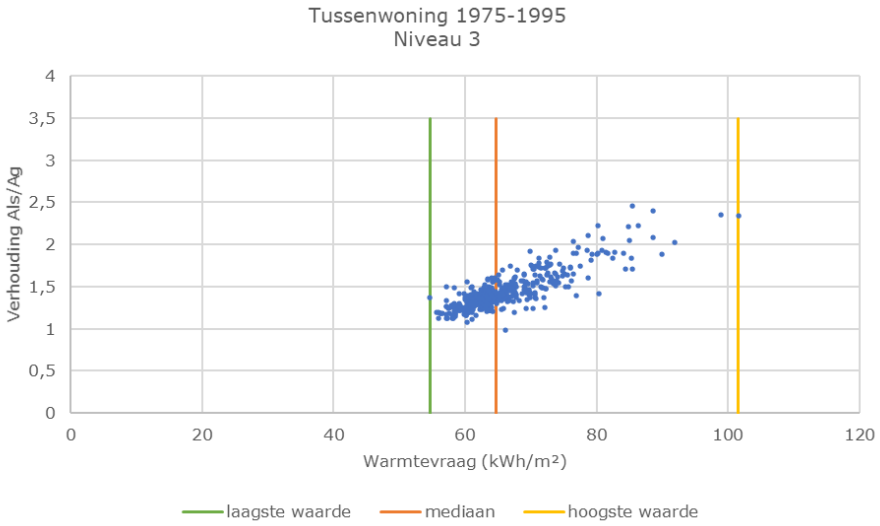
Er zijn meerdere methoden om een standaard op woningniveau vast te stellen. Er worden twee mogelijke opties geanalyseerd. In de eerste optie wordt voor de standaard één waarde gegeven voor de netto warmtevraag per woningcategorie en bouwkundige typologie; in totaal dus zestien getallen. Als tweede optie is een standaard uitgewerkt die afhankelijk is van de compactheid van de woning (de verhouding tussen de schiloppervlakte en de gebruiksoppervlakte). De formulering van een standaard wordt daarmee wat complexer, maar de mogelijkheid ontstaat om categorieën samen te voegen.

8.1.1 Analyse opties standaard

Optie 1: vaste waarde netto warmtevraag standaard
Met deze optie wordt rekening gehouden met een standaard met één vastgestelde warmtevraag per woningcategorie en bouwkundige typologie. In totaal zullen er dan zestien standaarden worden vastgesteld; er zijn vier woningcategorieën (tussenwoning, hoekwoning/twee-onder-een kapwoning etc.) en vier bouwkundige typologieën (<1945, 1945-1975 etc.).
Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 31. Hierin is de netto-warmtevraag van de tussenwoning (1975-1995) uit de WoON 2018 database weergegeven met energieconcept niveau 3. Er zijn drie varianten voor de standaard weergegeven:

1. een standaard gebaseerd op de hoogste warmtevraag
   Deze standaard is gebaseerd op de hoogste netto warmtevraag die voor het woningtype is berekend voor de woningen uit de WoON 2018 database. Met deze variant (gele lijn in grafiek) zullen alle woningen na toepassing van de bijbehorende maatregelen voldoen aan de gestelde standaard.
2. een representatieve standaard
   Deze standaard (oranje lijn in de grafiek) is bepaald op basis van de mediaan van de warmtevraag van het woningtype. In deze variant voldoet 50% van de woningen na toepassing van de maatregelen behorend bij niveau 3 aan de gestelde standaard.

3. <u>een standaard gebaseerd op de laagste warmtevraag</u>
   Deze standaard is gebaseerd op de laagste netto warmtevraag die voor het woningtype is berekend. Met deze variant (groene lijn in grafiek) zal geen van de woningen na toepassing van de maatregelen behorend bij niveau 3 voldoen aan de gestelde standaard en zijn in alle gevallen nog extra maatregelen nodig.

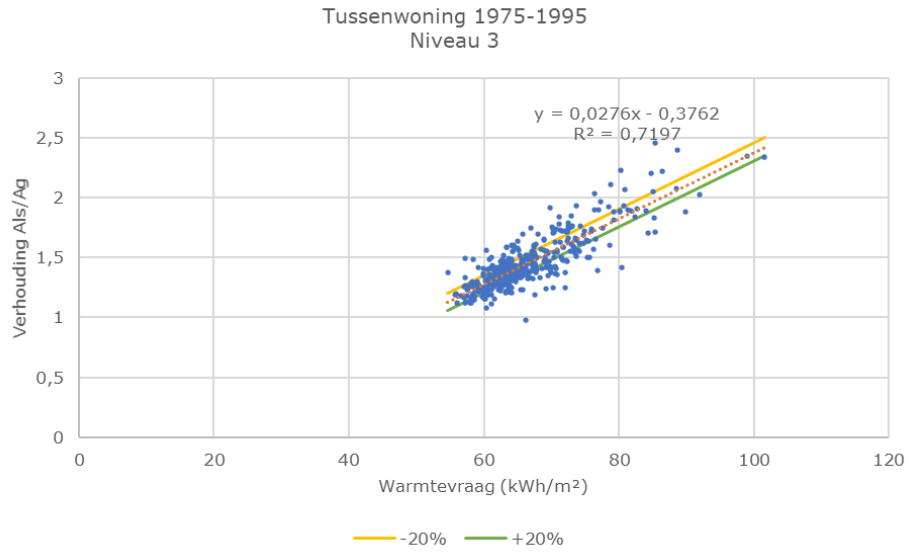


Figuur 31: Standaard als vaste waarde

Optie 2: standaard afhankelijk van compactheid

De tweede optie is om de standaard afhankelijk te laten zijn van de compactheid van de woning; de verhouding tussen de schiloppervlakte en de gebruiksoppervlakte (A_{ls}/A_g). De standaard stijgt dan bij een minder compacte woning. Dit is weergegeven in Figuur 32. De trendlijn [10] die getoond wordt is gebaseerd op de berekende netto warmtevraag van de tussenwoningen (1975-1995) uit de WoON 2018 database met niveau 3. Met deze optie zijn er ook twee extra varianten weergegeven. Een standaard die 20% hoger ligt dan de trendlijn en een standaard die 20% lager ligt dan de trendlijn. De standaard +/- 20% is toegevoegd om te illustreren dat er gekozen kan worden voor een strengere of een minder strenge standaard dan een standaard op basis van de trendlijn. Het percentage van 20% is daarbij gekozen op basis van de afwijking van de individuele woningen ten opzichte van de trendlijn. Een alternatief voor de +/-20% kan zijn om de trendlijn te verlagen tot het onderste punt (hoogste netto warmtevraag; een 'soepele' variant) die de trendlijn zou doorkruizen en het hoogste punt (laagste netto warmtevraag; een 'strenge' variant) die de trendlijn zou doorkruizen.

[10] De trendlijn is de relatie tussen de compactheid (A_{ls}/A_g: verhouding verliesoppervlakte en gebruiksoppervlakte) en de netto warmtevraag van alle woningen in de grafiek. Deze relatie is bepaald als een lineair verband.



Figuur 32: Standaard afhankelijk van compactheid

Conclusies

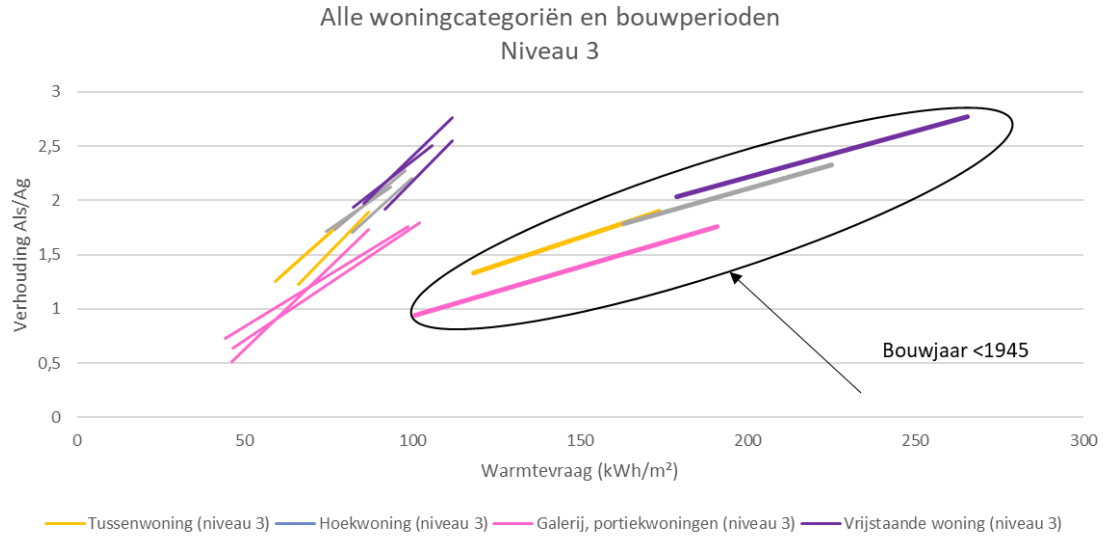
Op basis van analyses kan gesteld worden dat de gemiddelde absolute afwijking bij optie 2 (standaard afhankelijk van compactheid) kleiner is dan de gemiddelde absolute afwijking bij optie 1 (standaard als vaste waarde). Aandachtspunt daarbij is of er gekozen wordt voor een 'strenge' variant, een 'soepele' variant of een representatieve (mediaan/ trendlijn) variant van de standaard. Het percentage woningen dat niet voldoet aan de standaard is vergelijkbaar als de mediaan (optie 1) en de trendlijn (optie 2) met elkaar worden vergeleken. Een nadere toelichting op deze conclusie is in Bijlage 10 opgenomen.

Toelichting gemiddelde absolute afwijking: Een woning met een warmtevraag van 80 kWh/m² heeft een afwijking van 12 kWh/m² als de standaard 68 kWh/m² is. Een woning met een warmtevraag van 63 kWh/m² heeft een afwijking van 5 kWh/m² als de standaard 68 kWh/m² is. Van al deze afwijkingen is per woningcategorie en bouwkundige typologie de gemiddelde waarde genomen. Dit is omschreven als de gemiddelde absolute afwijking.

8.1.2 Uitwerking optie: 'standaard afhankelijk van compactheid'

De methode volgens optie 2 'standaard afhankelijk van compactheid' is nader uitgewerkt om de consequenties beter te kunnen beoordelen. Deze optie is afhankelijk van de compactheid van de woning. Deze compactheid verschilt per woningcategorie; een tussenwoning is (gemiddeld gezien) compacter dan een vrijstaande woning.

In paragraaf 4.3.1 is beschreven dat de netto warmtevraag een trend vertoond die gekoppeld kan worden aan de compactheid van de woning. Die trendlijn kan over de verschillende woningtypen heen worden gelegd. Dat is in Figuur 33 gedaan voor alle woningcategorieën en bouwkundige typologieën met niveau 3. Hierin is goed zichtbaar dat de verschillende woningtypen een (gemiddeld) andere compactheid hebben. De galerij-, en portiekwoningen hebben een compactheid met een groter bereik dan de overige woningtypen. De lijnen van de andere woningtypen liggen in elkaars verlengde met veelal een bepaalde mate van overlap.
Daarnaast laat de figuur zien dat de woningen uit de bouwperiode tot 1945 een hogere warmtevraag hebben dan de andere bouwperioden. Dit is te verklaren doordat er voor de woningen in deze bouwperiode met niveau 3 geen rekening wordt gehouden met gevelisolatie.



Figuur 33: Trendlijnen van alle woningcategorieën en alle bouwkundige typologieën met niveau 3

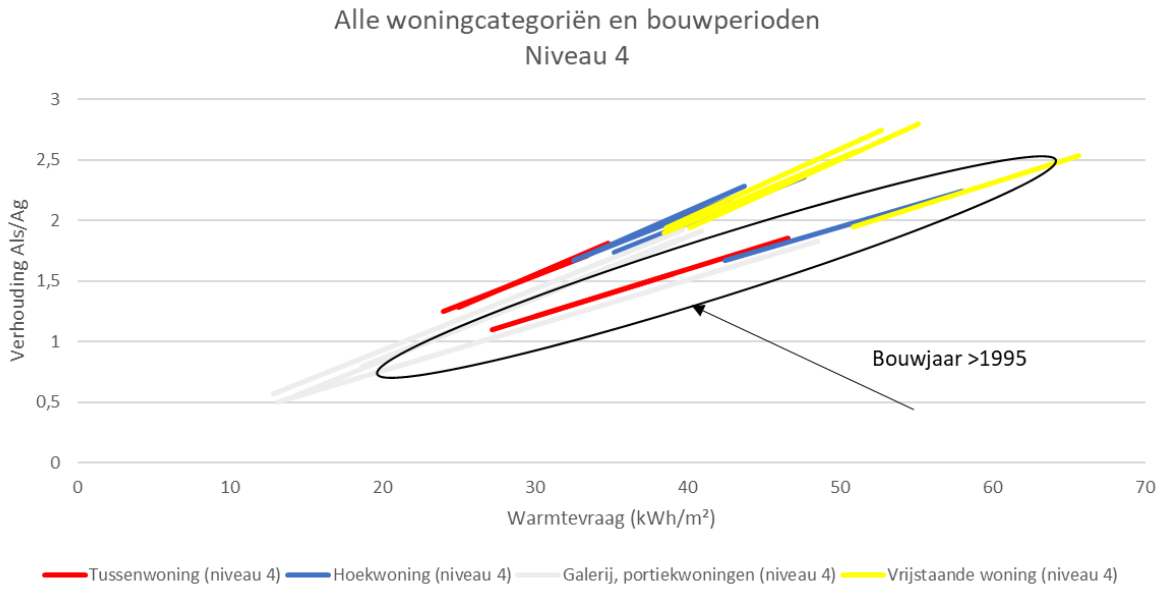
Op basis van Figuur 33 ligt het voor de hand om de zestien woningtypen te clusteren tot de volgende vier verschillende woningtypen waarbij er per woningtype een aparte standaard wordt vastgesteld:

- Eengezinswoningen (tussenwoning, hoekwoning, vrijstaande woning) met bouwjaar voor 1945;
- Eengezinswoningen (tussenwoning, hoekwoning, vrijstaande woning) met bouwjaar na 1945;
- Meergezinswoningen met bouwjaar voor 1945;
- Meergezinswoningen met bouwjaar na 1945.

In Tabel 20 zijn de trendlijnen (afhankelijkheid netto warmtevraag – compactheid) voor de vier woningtypen weergegeven. Daarbij zijn de trendlijnen vertaald naar een formule voor de bepaling van de netto warmtevraag. De compactheid van de woning is daarbij een variabele. In aanvulling daarop er voor elk woningtype een ondergrens van netto warmtevraag bepaald die gebaseerd is op de meest compacte woning per woningtype.

Woningtype	Trendlijn	Berekening grenswaarde standaard (op basis van trendlijn)	
		Compactheid (A_{ls}/A_g)	**Netto warmtevraag [kWh/m²]**
Eengezinswoningen, voor 1945	y = 0,0097 x + 0,2103	< 1,20	≤ 102
		≥ 1,20	≤ (A_{ls}/A_g - 0,2103) * 103
Eengezinswoningen, na 1945	y = 0,0263 x - 0,3148	< 1,00	≤ 50
		≥ 1,00	≤ (A_{ls}/A_g + 0,3148) * 38
Meergezinswoningen, voor 1945	y = 0,009 x - 0,0299	< 0,35	≤ 42
		≥ 0,35	≤ (A_{ls}/A_g + 0,0299) * 111
Meergezinswoningen, na 1945	y = 0,0217 x - 0,3463	< 0,30	≤ 30
		≥ 0,30	≤ (A_{ls}/A_g + 0,3463) * 46
Waarbij: y: compactheid (A_{ls}/A_g) x: netto warmtevraag			

Tabel 20: Trendlijnen en formule berekening grenswaarde netto warmtevraag



Figuur 34: Trendlijnen van alle woningcategorieën en alle bouwkundige typologieën met niveau 4 (let op: schaalverdeling horizontale as wijkt af van de schaalverdeling in Figuur 33)

In Figuur 34 zijn alle trendlijnen opgenomen van alle woningcategorieën en bouwkundige typologieën weergegeven met niveau 4. De woningen met een bouwjaar na 1995 vallen hierin op omdat ze een hogere netto warmtevraag hebben dan de woningen met de andere bouwjaren; dit is het gevolg van de minder hoger warmteweerstanden voor de woningen na 1995 ten opzichte van de overige woningen.

Omdat een standaard op basis van niveau 4 niet voor de hand ligt is in dit onderzoek de clustering van de zestien woningtypen voor niveau 4 niet verder uitgewerkt.

8.1.3 Verdere uitwerking vereenvoudiging optie: 'standaard afhankelijk van compactheid'

Het wordt afgeraden om de trendlijn (zoals in Tabel 20) één op één te vertalen naar een berekening van het minimale niveau van de standaard. Dat zou een schijnnauwkeurigheid suggereren en heeft in de communicatie nadelen. Er zijn twee aanpassingen van de trendlijn onderzocht en verder uitgewerkt:

- een vaste waarde van de standaard voorschrijven als de compactheid (A_{ls}/A_g) onder een bepaalde waarde komt en de standaard bij een hogere waarde van A_{ls}/A_g afhankelijk te stellen van de compactheid;
- schijnnauwkeurigheid voorkomen door factoren in de formule af te ronden.

De trendlijn in Tabel 20 zijn gebaseerd op het 'niveau 3'. Die trendlijnen zijn in vier stappen vereenvoudigd. Van elk van deze stappen is er bepaald hoeveel woningen voldoen aan de standaard. Dat is gedaan met behulp van een analyse op de woningen in de WoON 2018 database. Het gaat om de volgende vier stappen:

Stap a. standaard op basis van trendlijn

Stap b. Stap a aangevuld met een minimale (vaste) waarde standaard bij een heel compacte woning. Het 'knikpunt' bij de compactheid wordt door de meest compacte woning (uit WoON 2018) per woningtype bepaald.

Stap c. Stap b waarbij het 'knikpunt' voor de compactheid voor de eengezinswoningen en de meergezinswoningen gelijk is getrokken.

Stap d. Stap c aangevuld met een afronding van de factoren in de formule voor de bepaling van de standaard.

De vier stappen en de bijbehorende formules zijn in Bijlage 11 opgenomen. In die bijlage zijn ook voor elk woningtype de vereenvoudigingen van de standaard in de vier stappen weergegeven in een grafiek.

In Tabel 21 is van de vier stappen het aandeel van de woningen dat aan de standaard voldoet weergegeven op het moment dat de woningen worden uitgevoerd met het maatregelenpakket volgens 'niveau 3'. Het aandeel betreft het absolute aantal woningen dat voldoet aan de standaard, daarnaast is de gemiddelde absolute afwijking (R^2) ten opzichte van de beoogde standaard relevant; **Figuur *35*** t/m Figuur 38 geeft hier een indruk van. Uit de resultaten blijkt dat:

- Vooral de laatste stap (stap d) leidt tot een verschuiving van het aantal woningen dat met het maatregelenpakket volgens 'niveau 3' direct aan de standaard voldoet. Dat aandeel stijgt als gevolg van de vereenvoudiging in de formulering van de standaard;
- Het aandeel van de woningen dat met het maatregelenpakket volgens 'niveau 3' direct aan de standaard voldoet in stap a is ongeveer 50%. Uitzondering hierop zijn de meergezinswoningen van voor 1945 waar dat percentage hoger is (61%).

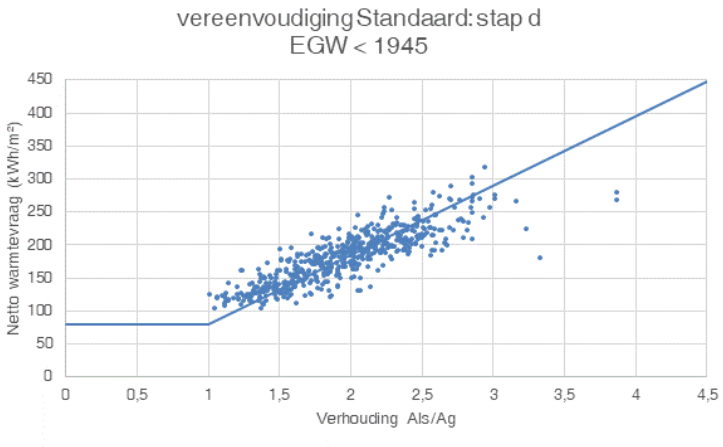
Stappen voor grenswaarde	EGW < 1945	EGW > 1945	MGW < 1945	MGW > 1945
Stap a: Trendlijn	46 %	50 %	61 %	47 %
Stap b: andere schrijfwijze trendlijn	46 %	50 %	61 %	47 %
Stap c: vereenvoudiging grens compactheid	46 %	50 %	61 %	47 %
Stap d: vereenvoudiging grens compactheid + totale formule	47 %	60 %	67 %	46 %

Tabel 21: Overzicht vier stappen voor vereenvoudiging van de grenswaarde en het percentage woningen uit de WoON2018 database dat voldoet aan de grenswaarde bij toepassing van het standaardmaatregelenpakket behorende bij niveau 3

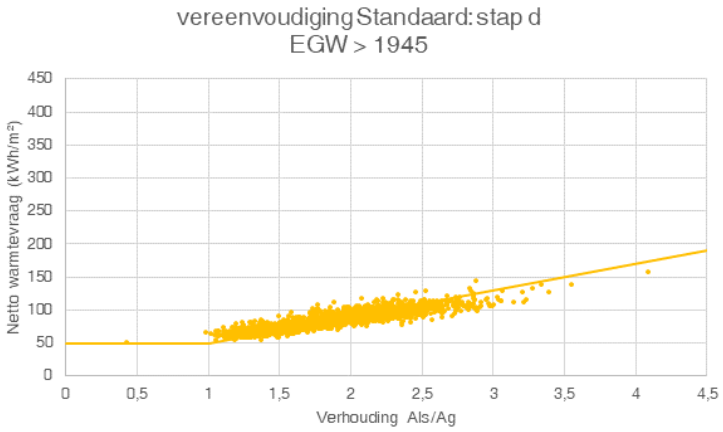
In Figuur 35 t/m Figuur 38 is voor de vier woningtypen de standaard (volgens stap d) opgenomen in de puntenwolk van rekenresultaten van de individuele woningen uit de WoON 2018 database (doorgerekend met niveau 3). De formules van de standaard (volgens stap d) zijn in Tabel 22 opgenomen.

Standaard volgens stap d: vereenvoudiging grens compactheid + totale formule		
Woningtype	Compactheid (A_{ls}/A_g)	Netto warmtevraag (kWh/m²)
Eengezinswoningen, voor 1945	< 1,00	≤ 80
	≥ 1,00	≤ 80 + 105 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Eengezinswoningen, na 1945	< 1,00	≤ 50
	≥ 1,00	≤ 50 + 40 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Meergezinswoningen, voor 1945	< 0,30	≤ 45
	≥ 0,30	≤ 45 + 110 * (A_{ls}/A_g -0,30)
Meergezinswoningen, na 1945	< 0,30	≤ 30
	≥ 0,30	≤ 30 + 45 * (A_{ls}/A_g -0,30)

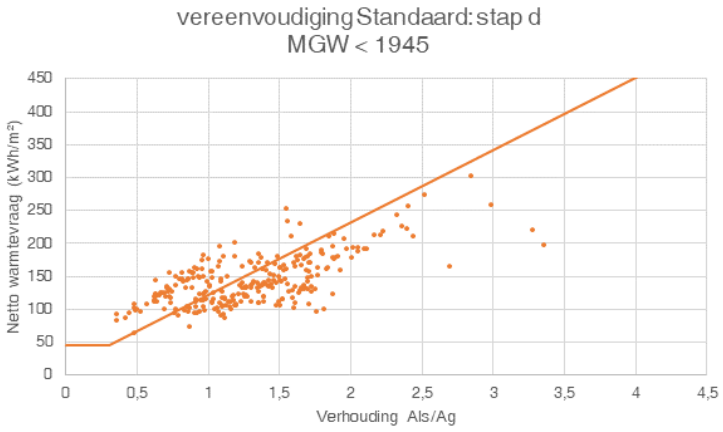
Tabel 22: Standaard volgens stap d



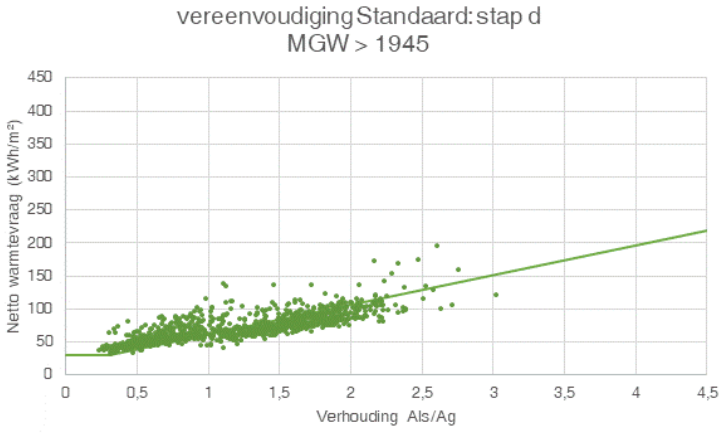
Figuur 35: Standaard eengezinswoningen voor 1945 (Stap d)



Figuur 36: Standaard eengezinswoningen na 1945 (Stap d)



Figuur 37: Standaard meergezinswoningen voor 1945 (Stap d)



Figuur 38: Standaard meergezinswoningen na 1945 (Stap d)

8.1.4 Verdere uitwerking 'ambitieuze' optie

In de begeleidingscommissie is de zorg gedeeld dat bij isoleren naar een standaard op basis van niveau 3 bij een groot aantal woningen alsnog aanpassingen aan warmteafgiftesystemen nodig zullen zijn bij aansluiting op een lagere aansluittemperatuur dan de huidige situatie. Om deze reden is er een ambitieuzere standaard uitgewerkt ten opzichte van het 'niveau 3'. De hoogte van die ambitieuzere standaard is zodanig vastgesteld dat er een grote mate van zekerheid ontstaat dat in de praktijk slechts in beperkte mate aanvullende maatregelen aan het afgiftesysteem (zoals vervangen van radiatoren) nodig zullen zijn. Daarbij is voor de woningen van voor 1945 uitgegaan van een alternatief voor aardgas met een aansluittemperatuur van 70 ^{o}C (MT warmte) en voor woningen vanaf 1945 van uitsluiting op een alternatief met een aansluittemperatuur van 50 ^{o}C (LT-warmte). (zie Hoofdstuk 7). Hiervoor is de standaard zodanig bepaald dat 20% van de woningen, uitgevoerd met het maatregelenpakket behorende bij 'niveau 3', direct aan de standaard voldoet.

De standaard wordt hiermee ambitieuzer. Stap d uit de vorige paragraaf is de basis voor deze verdere uitwerking. Voor de ambitieuzere standaard zullen in de meeste gevallen dus aanvullende maatregelen nodig zijn, maar deze zullen niet ingrijpend zijn ten opzichte van het 'niveau 3' en binnen de bestaande constructie te realiseren zijn. Voor die extra maatregelen kan gedacht worden aan het verbeteren van de thermische kwaliteit van buitendeuren, isoleren van eventuele panelen in of tussen kozijnen, het verder verbeteren van de luchtdoorlatendheid van de woning of de toevoeging van luchtkwaliteitssensoren aan het ventilatiesysteem. Dit betekent dat er vervolgens in de praktijk slechts in beperkte mate aanvullende maatregelen aan het afgiftesysteem (zoals vervangen van radiatoren) nodig zullen zijn, rekening houdend met een in bijna alle gevallen aanwezige overcapaciteit in de bestaande situatie. Op basis van een grove inschatting betreft dit dan circa 5% van de woningen.

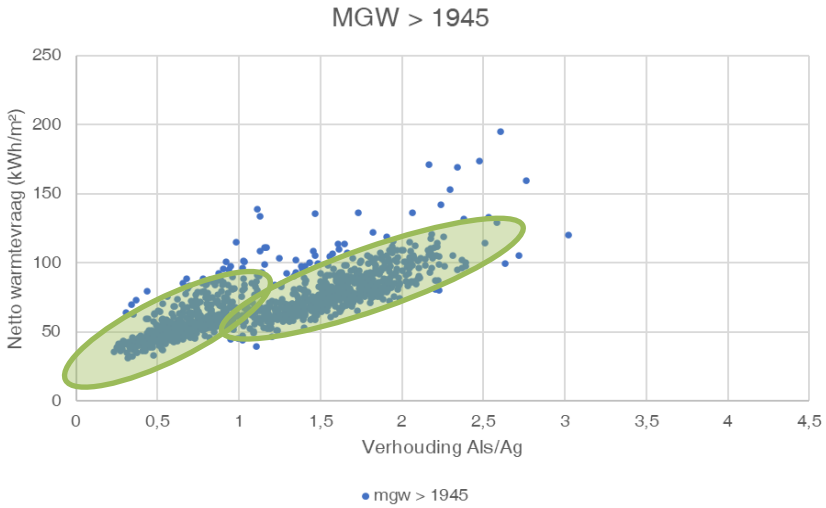
Over het algemeen zal met het maatregelenpakket om te komen tot de 'ambitieuze' standaard voor na-oorlogse woningen een label A/B woning worden gerealiseerd, uitgaande van een woning met een HR-ketel, zonder PV-panelen. Voor vooroorlogse woningen betreft dit -indicatief- een label D, met als consequentie dat voor deze woningen een alternatief voor aardgas op een hoger temperatuurniveau nodig zal zijn.

Tevens is de standaard voor de meergezinswoningen opnieuw geformuleerd. De resultaten zoals weergegeven in Figuur 39 (Netto warmtevraag (niveau 3) meergezinswoningen na 1945) hebben er toe geleid dat in de begeleidingscommissie besproken is om een knip te maken in de resultaten bij een compactheid (A_{ls}/A_g) van circa 1,0. Dit is als volgt uitgewerkt:

- Het 'knikpunt' is verplaatst van 'A_{ls}/A_g = 0,3' naar 'A_{ls}/A_g = 1,0', en daarmee dus ook gelijk aan het knikpunt van de eengezinswoningen;
- De startwaarde van de formule van de standaard (het horizontale gedeelte van de formule van de standaard bij een A_{ls}/A_g < 1,0) is zodanig vastgesteld dat circa 20% van de woningen

uit de WoON 2018 (meergezinswoningen met A_{ls}/A_g < 1,0), met maatregelen volgens niveau 3, rechtstreeks aan de standaard voldoen;

- De helling van de formule van de standaard bij een A_{ls}/A_g > 1,0 is bepaald op basis van de trendlijn van de rekenresultaten van de woningen uit WoON 2018 (meergezinswoningen met A_{ls}/A_g > 1,0). Vervolgens is deze lijn verschoven zodat circa 20% van de woningen uit de WoON 2018 (meergezinswoningen met A_{ls}/A_g > 1,0) rechtstreeks aan de standaard voldoen.



Figuur 39: Netto warmtevraag (niveau 3) meergezinswoningen > 1945

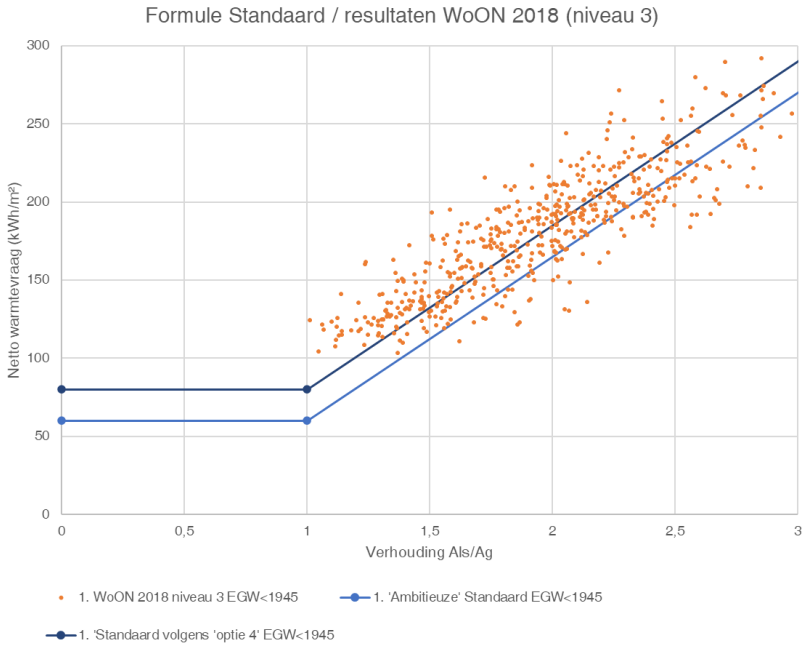
In Tabel 22 zijn de aangepaste formules opgenomen van de standaard. Voor de volledigheid zijn in die tabel zijn ook de formules van de standaard volgens het eerdere voorstel ('stap d') opgenomen. In Figuur 40 tot en met Figuur 43 zijn per woningcategorie de volgende gegevens opgenomen:

- De formule van de standaard volgens stap d;
- De formule van de 'ambitieuze' standaard;
- De resultaten van de doorrekening van de WoON 2018 database met het maatregelenpakket 'niveau 3'.

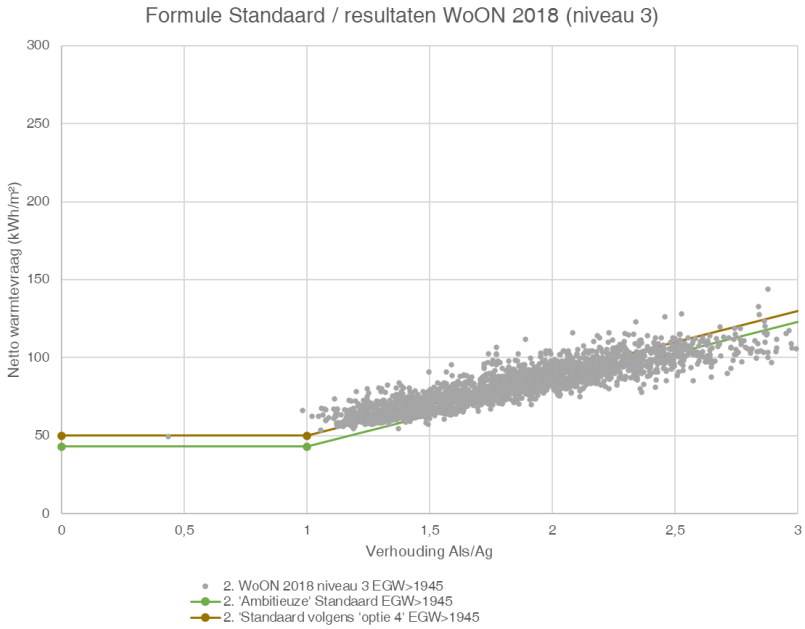
Formule standaard				
Woningtype	**Standaard 'stap d'**		**voorstel 'ambitieuze' standaard**	
	Compactheid (A_{ls}/A_g)	Netto warmtevraag (kWh/m²)	Compactheid (A_{ls}/A_g)	Netto warmtevraag (kWh/m²)
Eengezinswoningen, voor 1945	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 80 ≤ 80 + 105 * (A_{ls}/A_g -1,0)	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 60 ≤ 60 + 105 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Eengezinswoningen, na 1945	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 50 ≤ 50 + 40 * (A_{ls}/A_g -1,0)	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 43 ≤ 43 + 40 * (A_{ls}/A_g -1,0)
Meergezinswoningen, voor 1945	< 0,30 ≥ 0,30	≤ 45 ≤ 45 + 110 * (A_{ls}/A_g -0,30)	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 95 ≤ 95 + 70 * (A_{ls}/A_g -1,0)

Formule standaard				
Meergezinswoningen, na 1945	< 0,30	≤ 30	< 1,00	≤ 45
	≥ 0,30	≤ 30 + 45 * (A_{ls}/A_g -0,30)	≥ 1,00	≤ 45 + 45 * (A_{ls}/A_g -1,0)

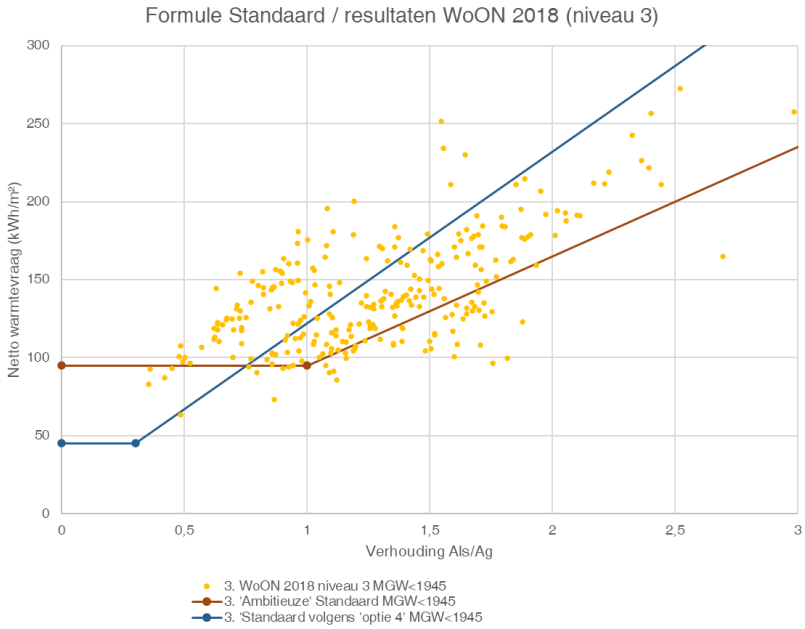
Tabel 23: Standaard volgens stap d en 'ambitieuze' standaard



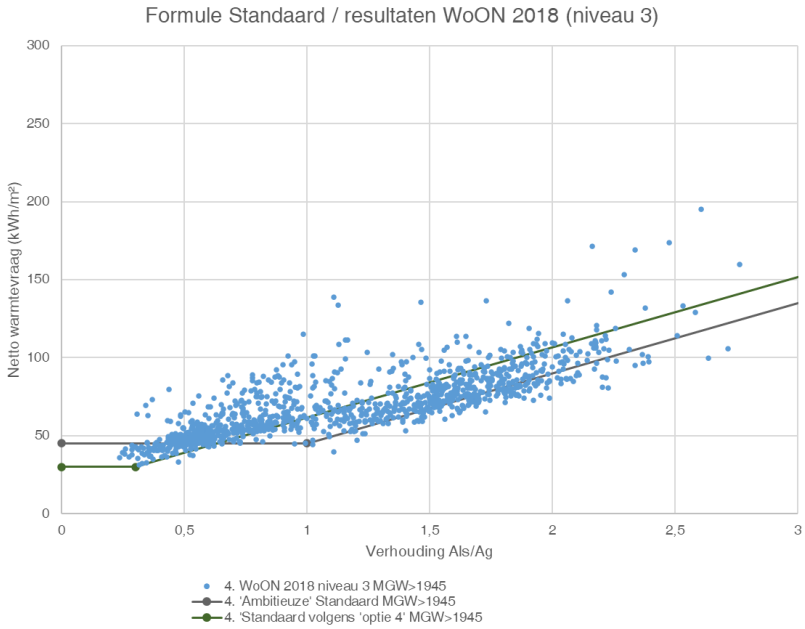
Figuur 40: Standaard: categorie eengezinswoningen voor 1945



Figuur 41: Standaard: categorie eengezinswoningen na 1945



Figuur 42: Standaard: categorie meergezinswoningen voor 1945



Figuur 43: Standaard: categorie meergezinswoningen na 1945

8.2 Vaststellen standaard

Op basis van alleen dit onderzoek is het nog niet mogelijk om een standaard vast te stellen. Aanvullend is onderzoek uitgevoerd naar kosten en baten van het realiseren van de standaard. Wel wordt een aantal overwegingen, adviezen en opmerkingen meegegeven:

- Vanuit technisch oogpunt ligt het voor de hand om de standaard vast te stellen in de bandbreedte tussen niveau 3 en niveau 4, zoals in dit rapport is uitgewerkt. Een standaard op niveau 2 heeft geen toegevoegde waarde ten opzichte van de bestaande praktijk en zou er zelfs toe kunnen leiden dat bestaande ambities bij woningeigenaren worden afgezwakt.
- In dit onderzoek is het niveau van de standaard onderzocht vanuit technisch (energetisch) oogpunt. Vanuit maatschappelijk en financieel oogpunt moet worden onderzocht welk niveau van de standaard wenselijk is. Vanuit financieel oogpunt zijn niet alleen investeringen (voor woningeigenaren, netbeheerders, gemeenten en overheden) van belang. Ook de opbrengsten en de gevolgen voor onder andere eindgebruikers spelen daarbij een rol.
- De netto warmtevraag van de verschillende niveaus van energieprestatie is bepaald. Daarbij is er steeds van uitgegaan dat alle beoogde maatregelen in de concepten ook daadwerkelijk getroffen worden. In de praktijk is dat niet altijd mogelijk en/of wenselijk, bijvoorbeeld vanwege al eerder uitgevoerde verbetermaatregelen. Er zal daarom veelal gewerkt worden aan de hand van een maatwerkplan voor een specifieke woning of wooncomplex.

8.3 Vaststellen streefwaardes

Met een streefwaarde wordt een optimale kwaliteit bedoeld die op componentniveau beoogd is. Bij het vaststellen van de streefwaardes wordt een aantal overwegingen meegegeven:

Som streefwaardes is niet de standaard
Uitgangspunt in het Klimaatakkoord is dat bij een aanpak op bouwdeelniveau de streefwaarde zodanig is vastgesteld, dat de maatregel technisch spijtvrij is en daarmee concreet handelingsperspectief biedt. Het is daarom voor de hand liggend om de waarden die horen bij niveau 4 als streefwaardes vast te stellen. Een hoger niveau nastreven leidt niet tot een (substantiële) verlaging van de netto warmtevraag. Vanwege dit uitgangspunt in het Klimaatakkoord leidt het realiseren van alle streefwaarde tot aanzienlijk lagere netto warmtevraag dan de standaard. Met andere woorden: als alle streefwaardes worden gerealiseerd, wordt ruimschoots aan de standaard voldaan.

De keuze wanneer er sprake is van een spijtvrije standaard is beleidsmatig. In overleg met de begeleidingscommissie is deze in dit rapport gedefinieerd als een standaard waarbij voor een vooroorlogse woning wordt uitgegaan van een warmtevoorziening van 70 °C in de woning en bij een naoorlogse woning van 50 °C.

Bandbreedte streefwaarde

Uit de gevoeligheidsanalyse in Hoofdstuk 5 blijkt dat de invloed van het aanpassen van streefwaardes bij een aantal gebouwkenmerken slechts beperkt is. In die gevallen kan worden overwogen om niet één streefwaarde voor te schrijven maar een bandbreedte.

In de praktijk kan het voorkomen dat een component in de buurt komt van de streefwaarde. Er zijn gevallen denkbaar waarbij het verbeteren van het component dan onevenredig veel kost (financieel, technisch, organisatorisch etc.) en de meerwaarde van de verbetering slechts beperkt is. Daarom wordt er van uitgegaan dat er in concrete situaties veelal wordt gewerkt vanuit een maatwerkplan.

Bijvoorbeeld:

Stel dat de streefwaarde voor de thermische kwaliteit van een gevel wordt vastgesteld op 6 m^2K/W en een woning is voorzien van een gevel met een warmteweerstand (R_c-waarde) van 5 m^2K/W. Als de impact van de verbetermaatregel voor de gevel (R_c-waarde van 5 $\rightarrow$ 6 m^2K/W) wordt afgezet ten opzichte van het effect van de verbetermaatregel dan is het treffen van de verbetermaatregel onlogisch. In zo'n geval ligt het voor de hand om de gevel niet verder aan te pakken.

Componenten met een streefwaarde

In de omschrijving van de streefwaarde wordt gesproken over een niveau dat beschreven wordt voor dak, vloer, muur, glas en ventilatiesysteem. Voor al deze componenten is een waarde geformuleerd bij het uitwerken van de verschillende niveaus, zie ook Bijlage 1.

De luchtdichtheid (naad- en kierdichting) van de woning is geen component die expliciet wordt beschreven in maatregelen, maar het is wel een component die een grote invloed kan hebben op de netto warmtevraag en op de comfortbeleving in de woning. Om die reden wordt geadviseerd om in alle gevallen aandacht te besteden aan de luchtdichtheid van de woning.

Een beoordeling van de luchtdichtheid ($q_{v;10}$-waarde) op woningniveau is daarbij het meest nauwkeurig. Om dat te kunnen controleren is een luchtdichtheidsmeting noodzakelijk die in verhouding arbeidsintensief en daardoor relatief duur is. Om die reden kan gedacht worden aan het omschrijven van maatregelen waarmee de grootste luchtlekken worden opgespoord en worden weggenomen. Nadeel daarvan is dat dan het risico bestaat dat aanwezige luchtlekken in een concrete situatie over het hoofd worden gezien.

Voorbeeld standaard en overzicht streefwaarden

Om het onderscheid tussen de standaard en de streefwaardes nog eens te illustreren is een tabel samengesteld met een voorbeeld van maatregelen die opgeteld leiden tot de standaard en met de streefwaarden die voor de betreffende bouwdelen worden geadviseerd. De waarden in de kolom van de standaard zijn minimale waarden die er toe leiden dat de woning aan de standaard voldoet als ze

allemaal gerealiseerd worden. Indien alle streefwaarden worden gerealiseerd leidt dit tot een woning met een aanzienlijk lagere warmtevraag. Het realiseren van alle streefwaarden is niet vereist om aan de standaard te voldoen, maar kan wel relevant zijn indien een hoger ambitieniveau wordt nagestreefd, zoals een energieneutrale woning. Om energieneutraliteit te realiseren zijn aanvullend ook installatietechnische maatregelen nodig en lokale elektrische opwek, bijvoorbeeld met PV-panelen.

	Minimale waardes die opgeteld tot de standaard leiden	**Streefwaarden**
Dak	R_c = 3,5 m²K/W (afhankelijk van het isolatiemateriaal 8 -15 cm isolatie)	R_c = 8 m²K/W (ongeveer 35cm isolatie)
Vloer	R_c = 3,5 m²K/W (afhankelijk van het isolatiemateriaal en voertype 7 – 14 cm isolatie onder de vloer)	R_c = 3,5 m²K/W (ongeveer 14cm isolatie)
Gevel	R_c = 1,7 m²K/W (parels, vlokken of schuim in de spouwmuur) NB *Uitsluitend voor naoorlogse woningen*	R_c = 6 m²K/W (ongeveer 26 cm isolatie)
Paneel	Indien aanwezig: isolatiewaarde R_c = 1 m²K/W (40 mm sandwichpaneel)	1,4 W/m²K (geïsoleerd)
Ramen en Kozijnen	U-waarde raam = 1,4 W/m²K (HR^{++} glas)	U_w = 1,0 W/m²K (Triple glas in nieuwe kozijnen)
Voordeur	1,4 W/m²K (geïsoleerd)	1,4 W/m²K (geïsoleerd)
Ventilatie	natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging in toilet, keuken en badkamer of gebalanceerde ventilatie met sensorsturing in woonkamer en hoofdslaapkamer	gebalanceerde ventilatie met warmte terugwinning, sturing op toe- of afvoer door CO_2-meting
Kierdichting	$q_{v;10}$ = 0,7 dm³/sm² (verbeterde kierdichting van ramen en deuren en aansluiting gevel en dak)	$q_{v;10}$=0,4 dm³/sm² (verder verbeterde kierdichting van ramen en deuren en aansluiting gevel en dak door een professional)
Toelichting	Al deze maatregelen opgeteld leiden tot de standaard. Deze waardes zijn binnen de bestaande constructie te realiseren	Al deze maatregelen opgeteld leiden tot een verdere reductie van de warmtevraag dan de standaard. Bij deze waardes wordt meestal de buitenzijde de woning van een isolatieschil voorzien.

Tabel 24: Vergelijking standaard en streefwaardes

Hoofdstuk 9 Aandachtspunten

In aanvulling op de aandachtspunten die elders in het rapport al benoemd zijn wordt er in dit hoofdstuk stil gestaan bij een aantal punten dat nog niet benoemd is.

Warmteopwekker versus temperatuurtraject

In de praktijk is er een belangrijke relatie tussen de warmteopwekker en het temperatuurtraject voor de ruimteverwarming. In dit onderzoek is het benodigde verwarmingsvermogen bepaald bij verschillende temperatuur trajecten voor ruimteverwarming (HT/ MT/ LT/ ZLT). De warmteopwekker is voor die analyse niet relevant. Het beoogde temperatuurtraject dat gehanteerd is kan in de praktijk veelal op verschillende manieren worden gerealiseerd (bijvoorbeeld via warmtepomp of via warmtelevering), mede afhankelijk van de locatie van de woning.
De wijze waarop de warmtevoorziening wordt gerealiseerd bepaalt mede het gewenste temperatuurtraject. Daarbij is een lage temperatuurverwarming vaak gewenst voor optimale opwekkingsrendementen bij duurzame warmte-opwekkers (warmtepompen). Een lager temperatuurtraject zorgt daarmee voor de meeste flexibiliteit, als de warmteopwekker nog niet bekend is.

Warm tapwater

Het onderzoek richt zich op de netto-warmtevraag voor ruimteverwarming. Naast de warmtevraag voor ruimteverwarming speelt de warmtevraag voor warm tapwater tevens een rol. Daarnaast is er vaak een samenhang in de wijze waarop de warmte wordt opgewekt voor de ruimteverwarming en de warm tapwaterbehoefte.

Investeringskosten

In dit onderzoek is niet gekeken naar de investeringskosten en de consequenties voor de exploitatie van een standaard. Dit perspectief wordt los van dit onderzoek inzichtelijk gemaakt en meegewogen bij het vaststellen van de standaard.

WoON 2018

De analyses van de netto warmtevraag zijn gebaseerd op woningen uit de database van het WoON 2018 onderzoek. Bij het analyseren van de rekenresultaten is een aantal woningen in de database gesignaleerd met invoerparameters die erg onwaarschijnlijk leken, die woningen zijn niet in dit onderzoek meegenomen. Wanneer de woningen geen afwijkende netto warmtevraag hadden, zijn deze meegenomen in de resultaten van het onderzoek.

Toepasbaarheid verbeterconcepten

Alle energetische maatregelenpakketten zijn algemene aannames voor de verbetermaatregelen in woningen. Er is, buiten de woningen die in de variantenstudie in Hoofdstuk 6 zijn beschouwd, geen

rekening gehouden met technische beperkingen in individuele woningen. Ook is er geen rekening gehouden met beperkingen in specifieke gebouwtypen zoals bijvoorbeeld monumenten, waar bijvoorbeeld het plaatsen van HR^{++}-glas niet toegestaan kan zijn.

Inschatting huidige situatie

De oorspronkelijke kenmerken van de woningen zijn ingeschat op basis van bouwjaren. Deze harde grens van bouwjaarklassen is niet altijd even goed in lijn met de diversiteit in de praktijk. Zo is bijvoorbeeld ingeschat dat er in de bouwjaarklasse met woningen voor 1945 er sprake is van een steensmuur of van een spouwmuur die niet kan worden nageïsoleerd en er na 1945 sprake is van een spouwmuur. In de praktijk komen echter ook woningen van voor 1945 voor met een spouwmuur die kan worden nageïsoleerd of een andere gevelopbouw.
Dit is een punt van aandacht bij de uitwerking van de standaard. Indien de standaard gebaseerd wordt op basis van bouwjaar(klasse), en niet op basis van oorspronkelijke kenmerken van de woning, dan kunnen er woningen in een bouwjaarklasse vallen die afwijken van de in de onderzoek aangehouden uitgangspunten.

Consequenties bewoners

In het onderzoek zijn verschillende niveaus van energieprestatie onderzocht en uitgewerkt. Alle niveaus zijn technisch realiseerbaar. Niettemin verschilt de impact voor de bewoners en voor de woning zelf afhankelijk van het niveau van de standaard en de streefwaardes dat wordt nagestreefd. Zo zal bijvoorbeeld bij niveau 4 de noodzaak om bij de maatregelen aan een woning met buren af te stemmen groter zijn dan bij niveau 3. Daarnaast zal de impact op de woning bij verbetermaatregelen naar niveau 4 groter zijn dan bijvoorbeeld het niveau 2/3. De werkelijkheid is daarbij altijd veel meer divers dan in de vereenvoudiging, die inherent is aan een onderzoek, tot uitdrukking kan komen. Overigens betekent het niet per definitie dat het verduurzamen naar het meest vergaande niveau ook leidt tot de grootste overlast voor bewoners.

Uitgangspunten/ randvoorwaarden

De netto warmtevraag is berekend op basis van NTA 8800(2020+A1:2020). Dat betekent dat er gerekend wordt met standaard uitgangspunten (onder andere gedrag en klimaat). De werkelijkheid wijkt in de regel af van deze uitgangspunten waardoor de berekende warmtevraag zal afwijken van de warmtevraag in de praktijk.

In de analyses wordt gerekend met ventilatiedebieten waarmee voldoende geventileerd wordt voor een goede/gezonde binnenlucht kwaliteit. In de praktijk worden regelmatig lagere debieten geconstateerd (bewoners zetten roosters dicht, of de ventilator op een lage stand). Dat is vooral het geval bij (ongestuurde) natuurlijke ventilatiesystemen die in de huidige (bestaande) situatie vaak zijn toegepast. Bij aanpassing naar een (vraaggestuurd) ventilatiesysteem met mechanische ventilatiecomponenten is het aannemelijker dat er voldoende wordt geventileerd. Tegelijk betekent dat in de praktijk veelal een hoger ventilatiedebiet met een hogere warmtebehoefte als gevolg. Deze effecten blijken niet uit de

rekenresultaten van de netto warmtevraag aangezien er in de analyses steeds is uitgegaan, zowel voor de huidige als voor de beoogde situatie, dat er een gezonde situatie gerealiseerd wordt.
In de beoogde situatie wordt, bij de analyse van het benodigde verwarmingsvermogen, een hoger comfortniveau gebruikt dan in de huidige situatie (bij oudere woningen) doorgaans het geval is. Dat blijkt bijvoorbeeld uit de hogere binnentemperaturen die gehanteerd zijn voor het bepalen van het benodigde verwarmingsvermogen voor de beoogde situatie.

Renovatie woningen
Bij het verbeteren van de kwaliteit van woningen is het verlagen van de netto-warmtevraag niet het enige aspect dat aandacht vraag. Gezondheid, comfort en behaaglijkheid spelen tevens een belangrijke rol bij het vaststellen van de beoogde verbetermaatregelen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan het voorkomen van het risico op oververhitting in de woning, het voorkomen van inwendige condensatie en koudebruggen en het realiseren van de juiste relatieve vochtigheid in de woning.

Standaard voor een appartement of voor een woongebouw
De analyses van de meergezinswoningen zijn in dit onderzoek op appartement niveau en niet op het niveau van een compleet woongebouw; in de WoON 2018 database zijn de relevante gegevens van individuele appartementen opgenomen en niet van het complete woongebouw.
Als er wordt gekeken naar de rekenresultaten van de netto warmtevraag van de woningcategorie ‘galerij, portiekwoningen’ dan is daarin (ten opzichte van de eengezinswoningen) een grote spreiding van de rekenresultaten te zien. Dat maakt het lastiger om voor deze categorie een standaard vast te stellen.

Consequenties buiten de woning
Dit onderzoek richt zich op het bepalen van een standaard en streefwaardes vanuit het perspectief van de woning. Dat neemt niet weg dat er ook belangrijke consequenties zijn buiten de woning als gevolg een standaard en streefwaardes. Denk bijvoorbeeld aan de benodigde energievoorziening buiten de woning (bijvoorbeeld de infra van de warmtenetten en de (capaciteit van de) elektriciteitsnetten). Die aspecten vallen buiten de scope van dit onderzoek.

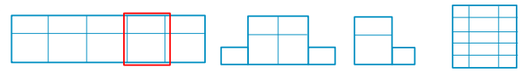
Bijlage 1

Kenmerken woningtypen

Tussenwoningen

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, techniek en vergunning

Energetische kwaliteit
Tussenwoningen
13-7-2020



Bouwperiode tot 1945

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	steensmuur zonder spouw	-	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	geisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	geen spouw of onbekend	R_c = 0,22 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	enkel glas, houten/kunststof kozijn	-	U_w = 5,10 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 3,000 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	A1			

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
50 mm isolatie onder houten vloer	**R_c = 1,26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 1,33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 3,00 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)
C2a

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 3,00 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)
C2a

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerd paneel	**R_c = 2,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)
D3

Bouwperiode 1945 - 1975

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	combinatie enkel/dubbel glas	-	U_w = 5,10 W/m²K / 2,90 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 3,000 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	A1			

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1,26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
40 mm isolatie in spouw	**R_c = 1,25 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 1,33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)
C4a

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
40 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)	**R_c = 1,50 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
met kwaliteitsverklaring	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)
C4a

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerd paneel	**R_c = 2,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)
D3

Bouwperiode 1975 - 1995

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	ongeisoleerde steenachtige vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	dubbel glas	-	U_w = 2,90 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 3,000 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	C1			

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1,26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
50 mm isolatie in spouw	**R_c = 1,47 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 1,33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)
C4a

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
met kwaliteitsverklaring	**U_w = 1,40 W/m²K**	**ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)
C4a

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerd paneel	**R_c = 2,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)
D3

Bouwperiode na 1995

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	matig geisoleerde vloer	geisoleerde vloer met kruipruimte	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Gevel	matig geisoleerde spouwmuur	gevel met geisoleerde spouw	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Paneel	geisoleerd paneel	geisoleerd paneel	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Plat/hellend dakconstructie	matig geisoleerd dak	geisoleerd dak	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Ramen	HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	-	U_w = 1,80 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	matige kierdichting	-	$q_{v\text{-}10;kar}$ = 1,500 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar 1990-2000
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	C1			

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen
geen verbetermaatregelen

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)
C4a

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
verbeterde kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen		

natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)
C4a

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geisoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v\text{-}10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

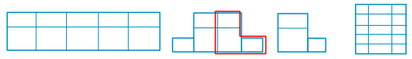
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)
D3

1) Het betreft de oppervlakte-gewogen thermische kwaliteit

Hoekwoningen/twee-onder-een kapwoningen

RAADGEVEND INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, Installaties en Projectleiding

Energetische kwaliteit
Hoekwoning / 2^1 kapwoning
13-5-2020



	bouwperiode tot 1945 Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)				Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)			Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)			Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
													
Bouwkundig													
	Omschrijving	**Specificatie**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 1,26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**140 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	**140 mm isolatie volgens ISSO 82.1**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
Gevel	steensmuur zonder spouw	gevel zonder spouw	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1	**260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	**geïsoleerd paneel**	**R_c = 2,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	geen spouw of onbekend	R_c = 0,22 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 1,33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Ramen	enkel glas, houten/kunststof kozijn	-	U_w = 5.10 W/m²K	ISSO 82.1	**HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1.80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**	**HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1.40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	**U_w = 1.00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3.40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3.40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3.40 W/m²K	ISSO 82.1	**geïsoleerde deur**	**U_d = 1.40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;kar}$ = 3.600 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970	**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 3.60 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar	**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 3.60 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar	**goede kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch													
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer			inschatting	**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)**			**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)**			**gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)**		
specificatie ventilatiesysteem	A1				C2a			C2a			**D3**		

	bouwperiode 1945 - 1975 Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)				Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)			Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)			Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
													
Bouwkundig													
	Omschrijving	**Specificatie**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**140 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 3.50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	**140 mm isolatie volgens ISSO 82.1**	**R_c = 3.50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1	**40 mm isolatie in ssouw**	**R_c = 1.25 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**	**40 mm isolatie in ssouw (λ = 0.035)**	**R_c = 1.50 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**	**260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 6.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	**geïsoleerd paneel**	**R_c = 2.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie tussen spanten/oordinaen**	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/oordinaen**	**R_c = 3.50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 8.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Ramen	combinatie enkel/dubbel glas	-	U_w = 5,10 W/m²K / 2,90 W/m²	ISSO 82.1	**HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1.80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**	**met kwaliteitsverklaring**	**U_w = 1.40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	**U_w = 1.00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	**geïsoleerde deur**	**U_d = 1.40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;kar}$ = 3,600 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 1,20 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,84 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**goede kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch													
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer			inschatting	**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)**			**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)**			**gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)**		
specificatie ventilatiesysteem	A1				**C4a**			**C4a**			**D3**		

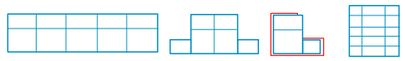
	bouwperiode 1975 - 1995 Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)				Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)			Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)			Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
													
Bouwkundig													
	Omschrijving	**Specificatie**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
Begane grondvloer	ongeisoleerde steenachtige vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 1,26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**140 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	**140 mm isolatie volgens ISSO 82.1**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie in spouw**	**R_c = 1,47 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**	**50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)**	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**	**260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	**geïsoleerd paneel**	**R_c = 2,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1	**50 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 1,33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Ramen	dubbel glas	-	U_w = 2,90 W/m²K	ISSO 82.1	**HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**	**met kwaliteitsverklaring**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**ISSO 82.1**	**triple-glas in nieuw kozijn**	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	**geïsoleerde deur**	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;kar}$ = 3.600 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 1,20 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,84 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**goede kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch													
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer			inschatting	**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)**			**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)**			**gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)**		
specificatie ventilatiesysteem	C1				**C4a**			**C4a**			**D3**		

	bouwperiode na 1995 Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)				Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)			Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)			Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
													
Bouwkundig													
	Omschrijving	**Specificatie**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**			**Mogelijke invulling rekenwaarde**			**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
Begane grondvloer	matig geïsoleerde vloer	geïsoleerde vloer met kruipruimte	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Gevel	matig geïsoleerde spouwmuur	gevel met geïsoleerde spouw	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Paneel	geïsoleerd paneel	geïsoleerd paneel	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Plat/hellend dakconstructie	matig geïsoleerd dak	geïsoleerd dak	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Ramen	HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	-	U_w = 1,80 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			**triple-glas in nieuw kozijn**	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			**geïsoleerde deur**	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Infiltratie	matige kierdichting	-	$q_{v;10;kar}$ = 1,800 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar 1990-2000	geen verbetermaatregelen			**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 1,20 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**	**goede kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800	geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen			geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch													
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer			inschatting	**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)**			**natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)**			**gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)**		
specificatie ventilatiesysteem	C1				**C4a**			**C4a**			**D3**		

1) Het betreft de oppervlakte-gewogen thermische kwaliteit

Vrijstaande woningen

RAADGEVende INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, Techniek en Projectgroep
Energetische kwaliteit
Vrijstaande woningen
13-5-2020



bouwperiode tot 1945

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Bouwkundig				
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	steensmuur zonder spouw	gevel zonder spouw	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	geen spouw of onbekend	R_c = 0,22 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	enkel glas	-	U_w = 5,10 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;tot}$ = 4,20 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	A1			

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.19 m²K/W	ISSO 82.1
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	$q_{v;10;tot}$ = 4.20 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.19 m²K/W	ISSO 82.1
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	$q_{v;10;tot}$ = 4.20 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerd paneel	**R_c = 2.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)		
C2a		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)		
C2a		
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

bouwperiode 1945 - 1975

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Bouwkundig				
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	combinatie enkel/dubbel glas	-	U_w = 5,10 W/m²K / 2,90 W/m²	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;tot}$ = 4,20 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	A1			

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
40 mm isolatie in spouw	**R_c = 1.25 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 1,40 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
40 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)	**R_c = 1,50 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 3.50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
met kwaliteitsverklaring	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 0,98 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerd paneel	**R_c = 2.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

bouwperiode 1975 - 1995

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Bouwkundig				
Begane grondvloer	ongeisoleerde steenachtige vlo	vloer met kruipruimte	R_c = 0,32 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,43 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0.86 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	dubbel glas	-	U_w = 2.90 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;tot}$ = 4,20 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar < 1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	C1			

Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
50 mm isolatie in spouw	**R_c = 1.47 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	**U_w = 1.80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 1,40 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-20**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 3.50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
met kwaliteitsverklaring	**U_w = 1.40 W/m²K**	**ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 0,98 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerd paneel	**R_c = 2,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1.00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

bouwperiode na 1995

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Bouwkundig				
Begane grondvloer	matig geïsoleerde vloer	geïsoleerde vloer met kruipruir	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Gevel	matig geïsoleerde spouwmuur	gevel met geïsoleerde spouw	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Paneel	geïsoleerd paneel	geïsoleerd paneel	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Plat/hellend dakconstructie	matig geïsoleerd dak	geïsoleerd dak	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
Ramen	HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kc	-	U_w = 1.80 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeïsoleerde deur	-	U_d = 3.40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	matige kierdichting	-	$q_{v;10;tot}$ = 2,10 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar 1990-2000
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch				
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer			inschatting
specificatie ventilatiesysteem	C1			

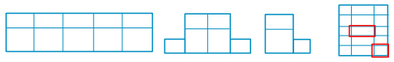
Mogelijke invulling rekenwaarde	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 1,40 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen		
Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1.00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1.40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;tot}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
Installatietechnisch		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

1) Het betreft de oppervlakte-gewogen thermische kwaliteit

Galerij, portiekwoningen

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, Technische en Projectleiding

Energetische kwaliteit
Galerij- / portiekwoningen
13-5-2020



bouwperiode tot 1945

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte/boven ke	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	steensmuur zonder spouw	gevel zonder spouw	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	geen spouw of onbekend	R_c = 0,22 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	enkel glas	-	U_w = 5,10 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;ter}$ = 1,80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar <1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	
specificatie ventilatiesysteem	A1	

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.19 m²K/W	ISSO 82.1
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	**U_w = 1.80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	$q_{v;10;ter}$ = 1.80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)		
C2a		

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.19 m²K/W	ISSO 82.1
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/gordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	$q_{v;10;ter}$ = 1.80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde toevoer)		
C2a		

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerd paneel	**R_c = 2.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

bouwperiode 1945 - 1975

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	ongeisoleerde houten vloer	vloer met kruipruimte/boven ke	R_c = 0,15 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	ongeisoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	ongeisoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	ongeisoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0,35 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	combiraam/enkel/dubbel glas	-	U_w = 5,10 W/m²K / 2,90 W/m²	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;ter}$ = 1,80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar <1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	
specificatie ventilatiesysteem	A1	

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
40 mm isolatie in spouw	**R_c = 1.25 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas, houten/kunststof kozijn	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0,60 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
40 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)	**R_c = 1,50 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
met kwaliteitsverklaring	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0,42 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerd paneel	**R_c = 2.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

bouwperiode 1975 - 1995

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	ongeisoleerde steenachtige vlo	vloer met kruipruimte/boven ke	R_c = 0,32 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	matig geïsoleerde spouwmuur	gevel met spouw	R_c = 0,43 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	geïsoleerd paneel	paneel met spouw	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	matig geïsoleerd dak	dak met spouw	R_c = 0.54 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	dubbel glas	-	U_w = 2.90 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	geen kierdichting	-	$q_{v;10;ter}$ = 1,80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar <1970
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	
specificatie ventilatiesysteem	C1	

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
50 mm isolatie onder vloer	**R_c = 1.26 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
50 mm isolatie in spouw	**R_c = 1.47 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, ISSO 82.1**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
50 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 1.33 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
HR⁺⁺-glas. houten/kunststof kozijn	**U_w = 1.80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0,60 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
140 mm isolatie onder vloer	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
geen verbetermaatregelen	R_c = 0.23 m²K/W	ISSO 82.1
150 mm isolatie tussen spanten/oordingen	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**
met kwaliteitsverklaring	**U_w = 1,40 W/m²K**	**ISSO 82.1**
ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0,42 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
140 mm isolatie volgens ISSO 82.1	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**
260 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 6.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerd paneel	**R_c = 2.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring	**R_c = 8.00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1.00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0.400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

bouwperiode na 1995

Niveau 1 (Oorspronkelijk niveau)



Bouwkundig	Omschrijving	Specificatie	Rekenwaarde	Herkomst rekenwaarde
Begane grondvloer	matig geïsoleerde vloer	geïsoleerde vloer	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1
Gevel	matig geïsoleerde spouwmuur	gevel met geïsoleerde spouw	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1
Paneel	geïsoleerd paneel	geïsoleerd paneel	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1
Plat/hellend dakconstructie	matig geïsoleerd dak	geïsoleerd dak	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1
Ramen	HR⁺⁺-glas. houten/kunststof ke	geïsoleerde wanden en dak	U_w = 1.80 W/m²K	ISSO 82.1
Deuren	ongeisoleerde deur	-	U_d = 3.40 W/m²K	ISSO 82.1
Infiltratie	matige kierdichting	-	$q_{v;10;ter}$ = 0,900 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde bouwjaar 1990-2000
Koudebruggen	-	-	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800

Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	
specificatie ventilatiesysteem	C1	

Niveau 2 (gangbare verbetermaatregelen - ondergrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		

Niveau 3 (gangbare verbetermaatregelen - bovengrens)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
geen verbetermaatregelen		
verbeterde kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0,60 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters, CO_2-sturing in woonkamer)		
C4a		

Niveau 4 (spijtvrije verbetermaatregelen per bouwdeel)		
Mogelijke invulling rekenwaarde	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	ISSO 82.1 (bouwjaarklasse 1992-2014)
triple-glas in nieuw kozijn	**U_w = 1.00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
geïsoleerde deur	**U_d = 1.40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
goede kierdichting	**$q_{v;10;ter}$ = 0,400 dm³/s·m²**	**inschatting**
geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	NTA 8800
gebalanceerde ventilatie met WTW (CO_2-sturing)		
D3		

1) Het betreft de oppervlakte-gewogen thermische kwaliteit

Huidige situatie

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica,-techniek en -regelgeving

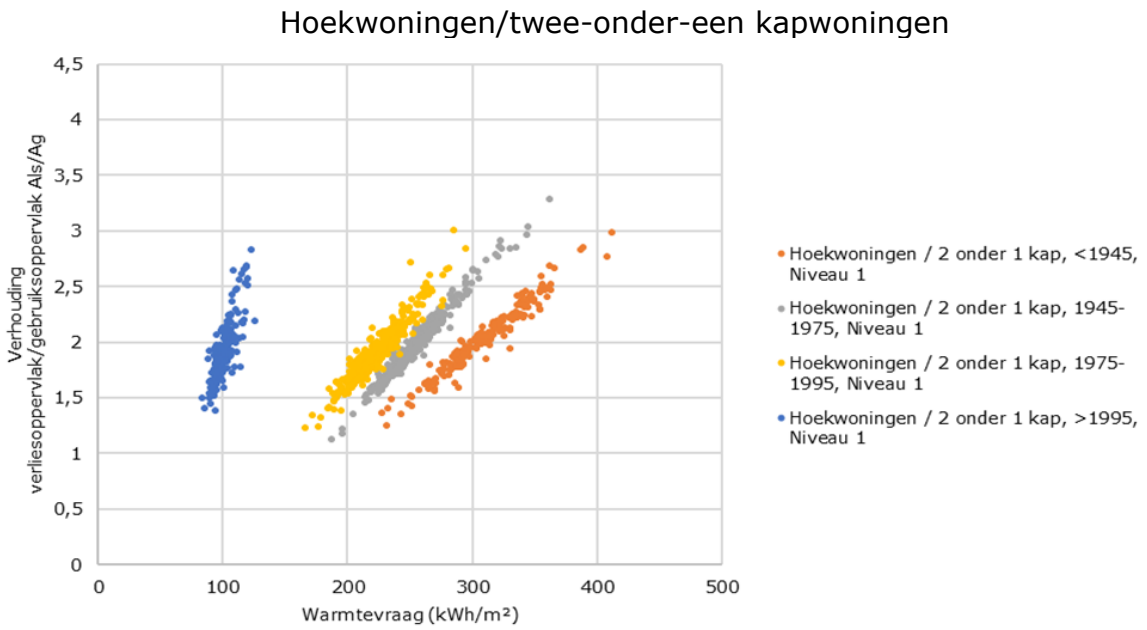
Huidige energetische kwaliteit
22-7-2020

	Tussenwoningen			Hoek/twee-onder-een kapwoning			Vrijstaande woningen			Galerij, portiekwoningen		
	bouwperiode tot 1945, tussenwoningen			**bouwperiode tot 1945, hoek/twee-onder-een kapwoningen**			**bouwperiode tot 1945, vrijstaande woningen**			**bouwperiode tot 1945, galerij- en portiekwoningen**		
												
Bouwkundig												
	gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**
Begane grondvloer	Rc= 0,77 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 5,04 m²K/W	Rc= 0,73 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 0,94 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 0,56 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Gevel	Rc= 0,70 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 2,53 m²K/W	Rc= 0,82 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,03 m²K/W	Rc= 0,99 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W	Rc= 0,58 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Paneel	Rc= 0,46 m²K/W	Rc= 0,07 m²K/W	Rc= 0,97 m²K/W	Rc= 0,97 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W	Rc= 0,98 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 2,58 m²K/W	Rc= 0,36 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Plat/hellend dakconstructie	Rc= 1,24 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 2,53 m²K/W	Rc= 1,20 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 4,66 m²K/W	Rc= 1,42 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W	Rc= 1,00 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 3,78 m²K/W
Ramen	Uw = 2,96 W/m²K	Uw = 5,10 W/m²K	Uw = 1,40 W/m²K	Uw = 3,06 W/m²K	Uw = 1,73 W/m²K	Uw = 5,10 W/m²K	Uw = 2,98 W/m²K	Uw = 1,80 W/m²K	Uw = 5,10 W/m²K	Uw = 3,11 W/m²K	Uw = 1,63 W/m²K	Uw = 6,20 W/m²K
Deuren	Ud = 3,36 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,36 W/m²K	Ud = 2,60 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,35 W/m²K	Ud = 2,68 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,32 W/m²K	Ud = 2,29 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K
Infiltratie	bouwjaar/renovatiejaar 1920	bouwjaar/renovatiejaar 1450	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1924	bouwjaar/renovatiejaar 1650	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1935	bouwjaar/renovatiejaar 1800	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1916	bouwjaar/renovatiejaar 1005	bouwjaar/renovatiejaar 2010
Koudebruggen												
Installatietechnisch												
Afgiftesysteem												
Ventilatiesysteem	systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	175 eenheden 26 eenheden 1 eenheden 0 eenheden totaal 202 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	165 eenheden 21 eenheden 1 eenheden 0 eenheden totaal 187 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	135 eenheden 19 eenheden 3 eenheden 0 eenheden totaal 157 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	207 eenheden 62 eenheden 4 eenheden 0 eenheden totaal 273 eenheden	
	bouwperiode 1945-1965, tussenwoningen			**bouwperiode 1945-1965, hoek/twee-onder-een kapwoningen**			**bouwperiode 1945-1965, vrijstaande woningen**			**bouwperiode 1945-1965, galerij- en portiekwoningen**		
												
Bouwkundig												
	gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**
Begane grondvloer	Rc= 0,57 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 0,60 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 0,66 m²K/W	Rc= 0,17 m²K/W	Rc= 5,26 m²K/W	Rc= 0,48 m²K/W	Rc= 0,15 m²K/W	Rc= 4,15 m²K/W
Gevel	Rc= 0,84 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W	Rc= 1,06 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 2,80 m²K/W	Rc= 1,10 m²K/W	Rc= 0,33 m²K/W	Rc= 4,58 m²K/W	Rc= 0,67 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 4,18 m²K/W
Paneel	Rc= 0,61 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 2,14 m²K/W	Rc= 0,90 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 2,50 m²K/W	Rc= 0,86 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,03 m²K/W	Rc= 0,46 m²K/W	Rc= 0,19 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Plat/hellend dakconstructie	Rc= 1,22 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 3,78 m²K/W	Rc= 1,23 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 4,66 m²K/W	Rc= 1,40 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 4,00 m²K/W	Rc= 0,96 m²K/W	Rc= 0,22 m²K/W	Rc= 2,00 m²K/W
Ramen	Uw = 2,73 W/m²K	Uw = 1,56 W/m²K	Uw = 5,59 W/m²K	Uw = 2,69 W/m²K	Uw = 1,80 W/m²K	Uw = 5,68 W/m²K	Uw = 2,66 W/m²K	Uw = 1,80 W/m²K	Uw = 4,79 W/m²K	Uw = 2,87 W/m²K	Uw = 1,40 W/m²K	Uw = 5,96 W/m²K
Deuren	Ud = 3,31 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,32 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,31 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,30 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K
Infiltratie	bouwjaar/renovatiejaar 1968	bouwjaar/renovatiejaar 1945	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1968	bouwjaar/renovatiejaar 1945	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1969	bouwjaar/renovatiejaar 1949	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1966	bouwjaar/renovatiejaar 1948	bouwjaar/renovatiejaar 2010
Koudebruggen												
Installatietechnisch												
Afgiftesysteem												
Ventilatiesysteem	systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	287 eenheden 75 eenheden 0 eenheden 1 totaal 363 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	312 eenheden 59 eenheden 3 eenheden 1 eenheden totaal 375 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	153 eenheden 20 eenheden 3 eenheden 0 eenheden totaal 176 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	232 eenheden 202 eenheden 3 eenheden 2 eenheden totaal 439 eenheden	
	bouwperiode 1975-1995, tussenwoningen			**bouwperiode 1975-1995, hoek/twee-onder-een kapwoningen**			**bouwperiode 1975-1995, vrijstaande woningen**			**bouwperiode 1975-1995, galerij- en portiekwoningen**		
												
Bouwkundig												
	gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**
Begane grondvloer	Rc= 1,16 m²K/W	Rc= 0,52 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 1,25 m²K/W	Rc= 0,52 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 1,35 m²K/W	Rc= 0,52 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 1,16 m²K/W	Rc= 0,52 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Gevel	Rc= 1,53 m²K/W	Rc= 0,80 m²K/W	Rc= 2,71 m²K/W	Rc= 1,61 m²K/W	Rc= 0,82 m²K/W	Rc= 3,47 m²K/W	Rc= 1,69 m²K/W	Rc= 1,03 m²K/W	Rc= 2,58 m²K/W	Rc= 1,66 m²K/W	Rc= 0,80 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Paneel	Rc= 1,48 m²K/W	Rc= 0,80 m²K/W	Rc= 2,58 m²K/W	Rc= 1,61 m²K/W	Rc= 0,80 m²K/W	Rc= 2,58 m²K/W	Rc= 1,75 m²K/W	Rc= 1,03 m²K/W	Rc= 2,50 m²K/W	Rc= 1,56 m²K/W	Rc= 0,80 m²K/W	Rc= 2,50 m²K/W
Plat/hellend dakconstructie	Rc= 1,50 m²K/W	Rc= 0,44 m²K/W	Rc= 3,78 m²K/W	Rc= 1,59 m²K/W	Rc= 0,66 m²K/W	Rc= 3,55 m²K/W	Rc= 1,82 m²K/W	Rc= 0,89 m²K/W	Rc= 4,22 m²K/W	Rc= 1,66 m²K/W	Rc= 1,30 m²K/W	Rc= 3,78 m²K/W
Ramen	Uw = 2,82 W/m²K	Uw = 1,80 W/m²K	Uw = 5,62 W/m²K	Uw = 2,72 W/m²K	Uw = 1,58 W/m²K	Uw = 5,10 W/m²K	Uw = 2,74 W/m²K	Uw = 1,45 W/m²K	Uw = 4,32 W/m²K	Uw = 2,91 W/m²K	Uw = 1,73 W/m²K	Uw = 5,40 W/m²K
Deuren	Ud = 3,33 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,33 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,30 W/m²K	Ud = 1,95 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,32 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K
Infiltratie	bouwjaar/renovatiejaar 1983	bouwjaar/renovatiejaar 1975	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1984	bouwjaar/renovatiejaar 1975	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1985	bouwjaar/renovatiejaar 1975	bouwjaar/renovatiejaar 2010	bouwjaar/renovatiejaar 1985	bouwjaar/renovatiejaar 1975	bouwjaar/renovatiejaar 2010
Koudebruggen												
Installatietechnisch												
Afgiftesysteem												
Ventilatiesysteem	systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	145 eenheden 247 eenheden 5 eenheden 1 eenheden totaal 398 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	200 eenheden 216 eenheden 6 eenheden 0 eenheden totaal 422 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	145 eenheden 54 eenheden 4 eenheden 0 eenheden totaal 203 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	74 eenheden 281 eenheden 3 eenheden 2 eenheden totaal 360 eenheden	
	bouwperiode na 1995, tussenwoningen			**bouwperiode na 1995, hoek/twee-onder-een kapwoningen**			**bouwperiode na 1995, vrijstaande woningen**			**bouwperiode na 1995, galerij- en portiekwoningen**		
												
Bouwkundig												
	gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**gemiddelde thermische kwaliteit (in WoON 2018 database) [1)]**	**laagste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**	**hoogste thermische kwaliteit (in WoON 2018 database)**
Begane grondvloer	Rc= 2,68 m²K/W	Rc= 1,71 m²K/W	Rc= 6,00 m²K/W	Rc= 2,63 m²K/W	Rc= 1,93 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 2,64 m²K/W	Rc= 1,93 m²K/W	Rc= 5,48 m²K/W	Rc= 2,00 m²K/W	Rc= 0,82 m²K/W	Rc= 4,59 m²K/W
Gevel	Rc= 2,68 m²K/W	Rc= 1,51 m²K/W	Rc= 7,00 m²K/W	Rc= 2,59 m²K/W	Rc= 1,47 m²K/W	Rc= 5,32 m²K/W	Rc= 2,56 m²K/W	Rc= 1,03 m²K/W	Rc= 3,69 m²K/W	Rc= 2,61 m²K/W	Rc= 1,69 m²K/W	Rc= 5,69 m²K/W
Paneel	Rc= 2,77 m²K/W	Rc= 2,14 m²K/W	Rc= 7,00 m²K/W	Rc= 2,56 m²K/W	Rc= 1,92 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W	Rc= 2,60 m²K/W	Rc= 1,92 m²K/W	Rc= 3,69 m²K/W	Rc= 2,57 m²K/W	Rc= 1,92 m²K/W	Rc= 3,69 m²K/W
Plat/hellend dakconstructie	Rc= 2,75 m²K/W	Rc= 2,00 m²K/W	Rc= 9,00 m²K/W	Rc= 2,69 m²K/W	Rc= 2,44 m²K/W	Rc= 4,66 m²K/W	Rc= 2,68 m²K/W	Rc= 2,00 m²K/W	Rc= 5,55 m²K/W	Rc= 2,67 m²K/W	Rc= 2,50 m²K/W	Rc= 3,50 m²K/W
Ramen	Uw = 2,10 W/m²K	Uw = 1,00 W/m²K	Uw = 3,31 W/m²K	Uw = 2,16 W/m²K	Uw = 1,40 W/m²K	Uw = 3,25 W/m²K	Uw = 2,14 W/m²K	Uw = 1,41 W/m²K	Uw = 3,03 W/m²K	Uw = 2,16 W/m²K	Uw = 1,40 W/m²K	Uw = 4,10 W/m²K
Deuren	Ud = 3,27 W/m²K	Ud = 1,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,25 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,22 W/m²K	Ud = 1,97 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K	Ud = 3,28 W/m²K	Ud = 2,00 W/m²K	Ud = 3,40 W/m²K
Infiltratie	bouwjaar/renovatiejaar 2005	bouwjaar/renovatiejaar 1995	bouwjaar/renovatiejaar 2017	bouwjaar/renovatiejaar 2003	bouwjaar/renovatiejaar 1995	bouwjaar/renovatiejaar 2017	bouwjaar/renovatiejaar 2003	bouwjaar/renovatiejaar 1995	bouwjaar/renovatiejaar 2018	bouwjaar/renovatiejaar 2004	bouwjaar/renovatiejaar 1995	bouwjaar/renovatiejaar 2017
Koudebruggen	-	-	-									
Installatietechnisch												
Afgiftesysteem												
Ventilatiesysteem	systeem A systeem C1, geen sturing systeem C3c Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	1 eenheden 177 eenheden 1 eenheden 33 eenheden 2 totaal 214 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing systeem C3a, tijdsturing zonder zonering Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	12 eenheden 154 eenheden 0 eenheden 19 eenheden 1 eenheden totaal 186 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing systeem C3a, tijdsturing zonder zonering Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	22 eenheden 102 eenheden 0 eenheden 37 eenheden 2 eenheden totaal 163 eenheden		systeem A systeem C1, geen sturing systeem C3a, tijdsturing zonder zonering Systeem D1, geen WTW, geen sturing Systeem D5b, Decentrale WTW en CO2 sturing	7 eenheden 283 eenheden 94 eenheden 94 eenheden 5 eenheden totaal 483 eenheden	

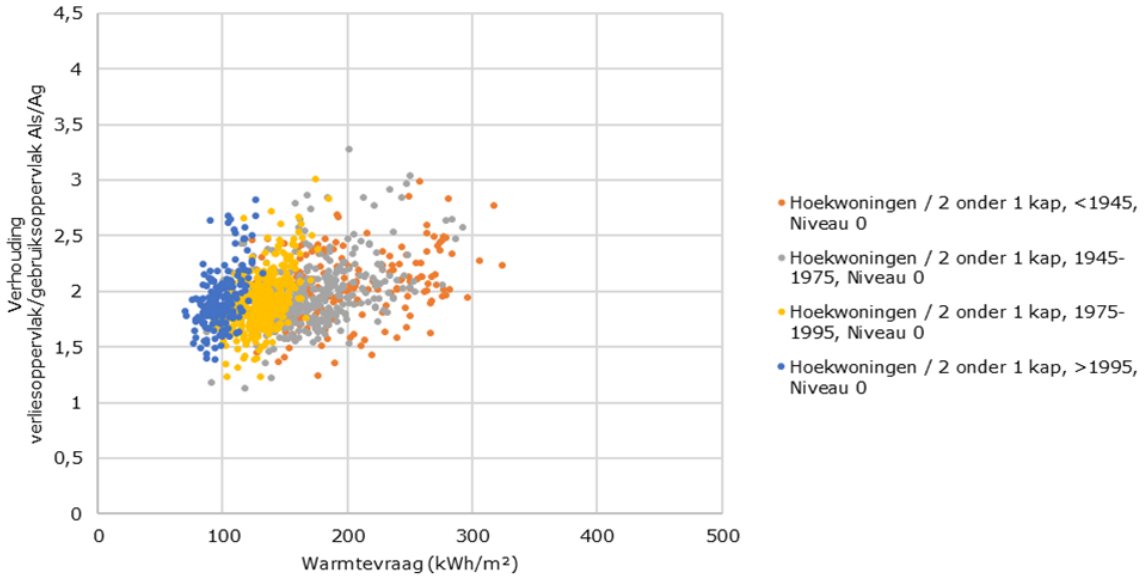
1) Het betreft de oppervlakte-gewogen thermische kwaliteit

Bijlage 2

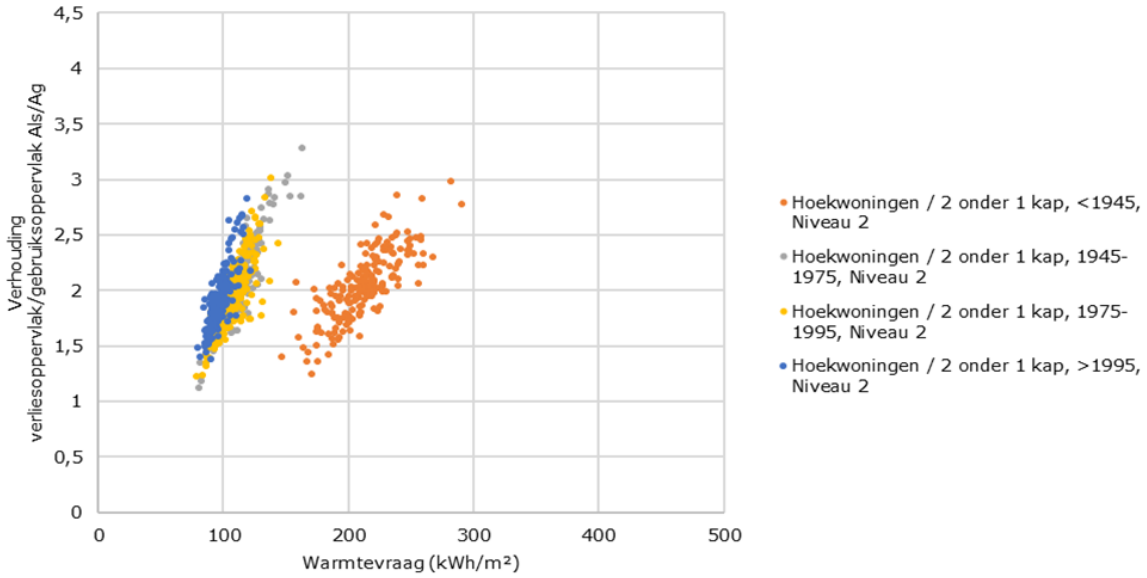
Rekenresultaten per woningtype



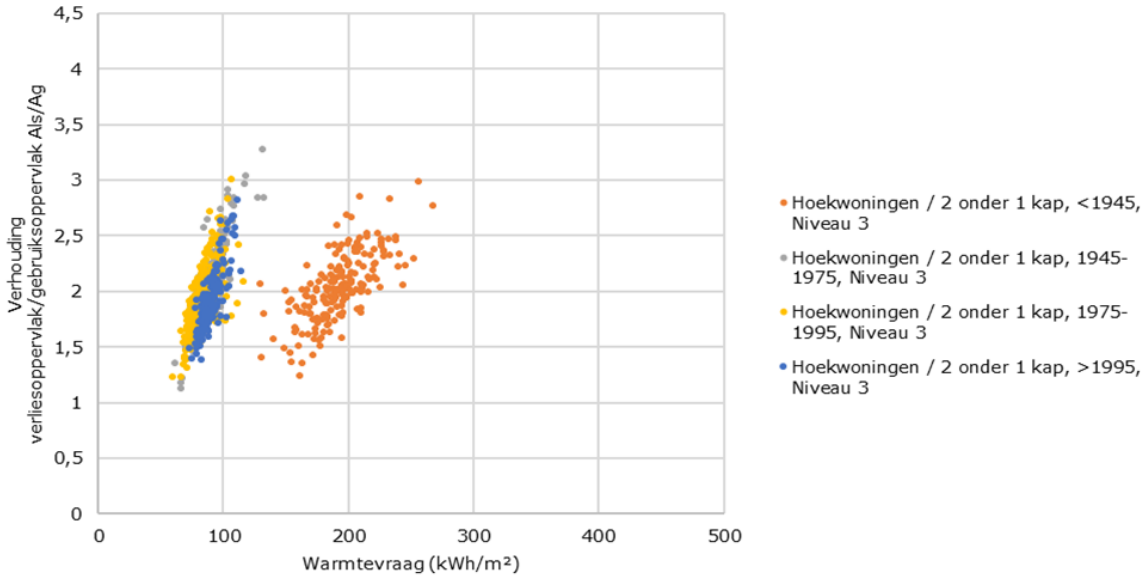
Figuur 44: netto warmtevraag: hoekwoning/ twee-onder-een kapwoning, niveau 1



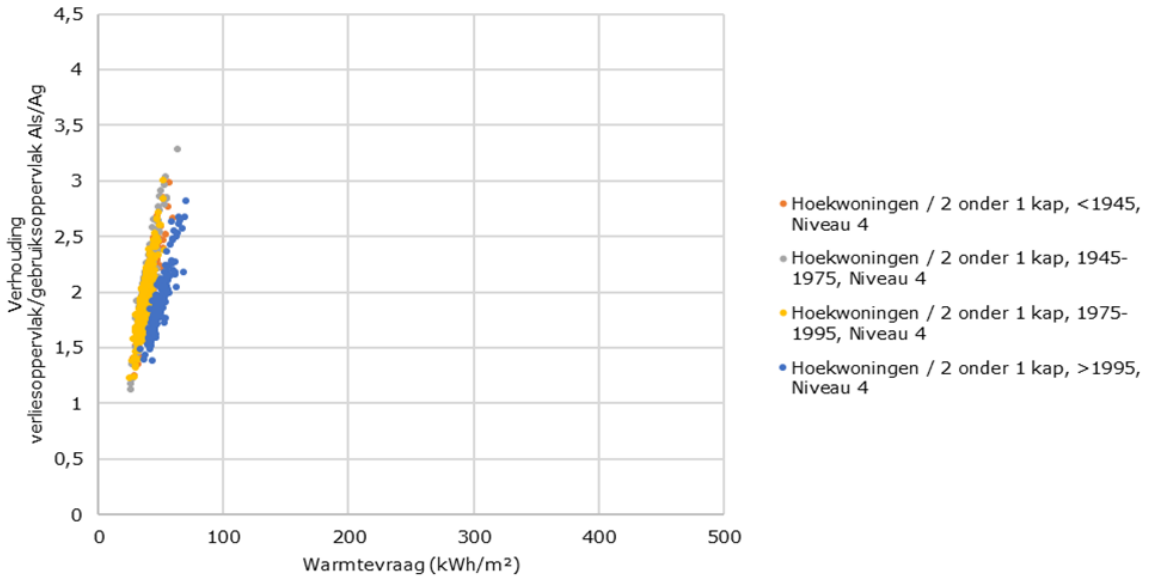
Figuur 45: netto warmtevraag: hoekwoning/ twee-onder-een kapwoning, niveau 0



Figuur 46: netto warmtevraag: hoekwoning/ twee-onder-een kapwoning, niveau 2

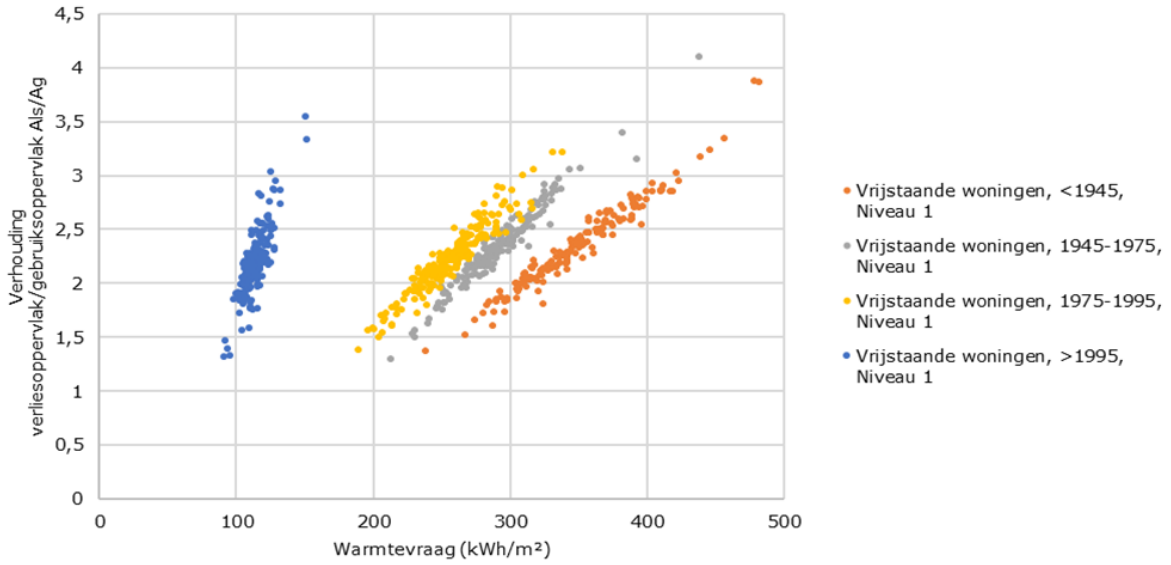


Figuur 47: netto warmtevraag: hoekwoning/ twee-onder-een kapwoning, niveau 3

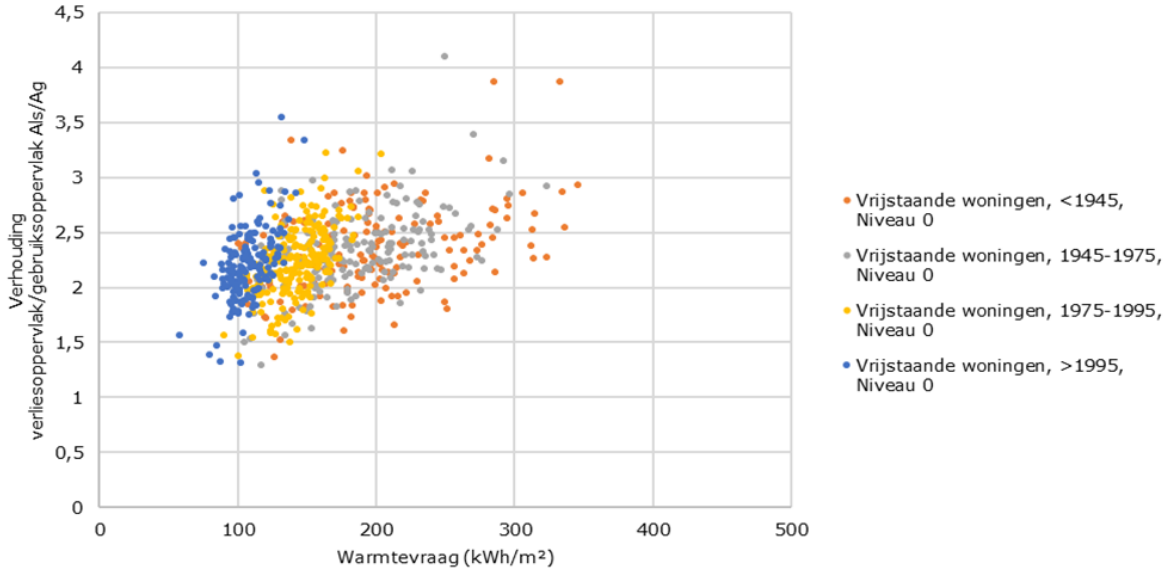


Figuur 48: netto warmtevraag: hoekwoning/ twee-onder-een kapwoning, niveau 4

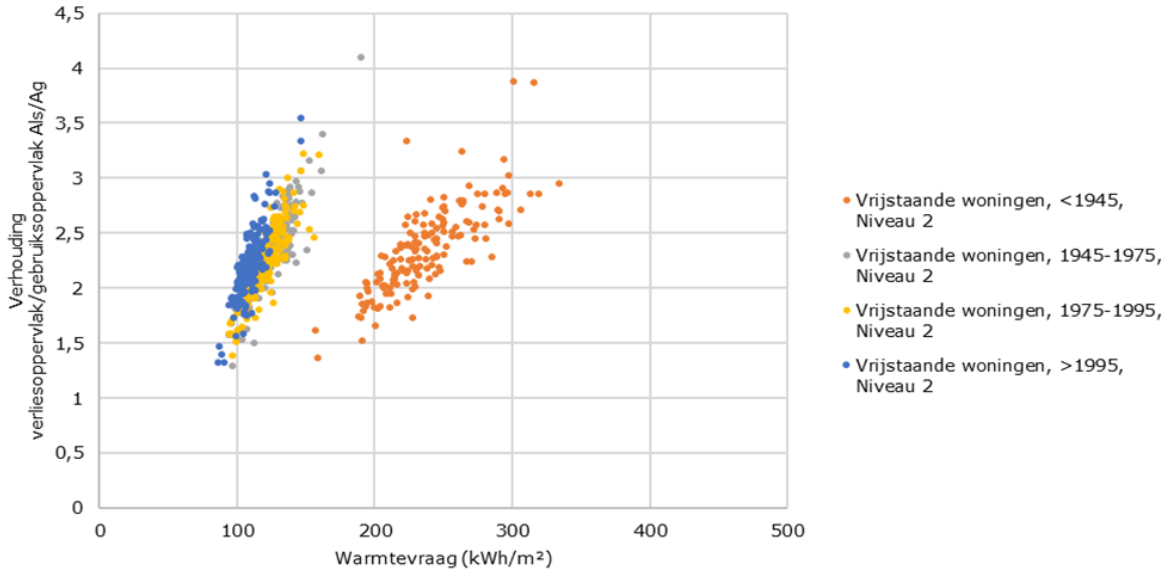
Vrijstaande woningen



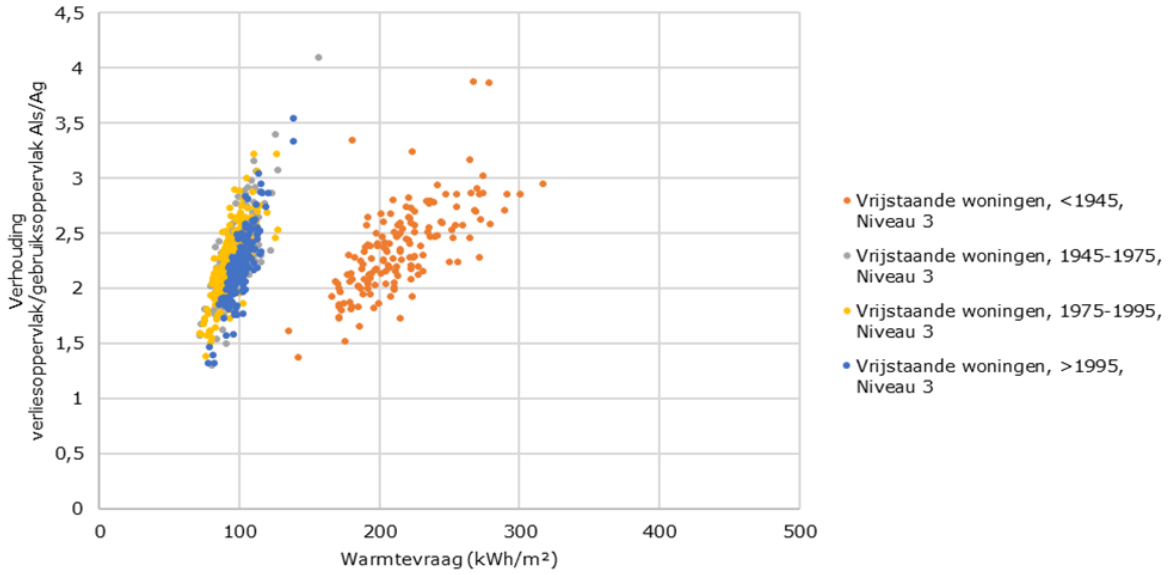
Figuur 49: netto warmtevraag: vrijstaande woningen, niveau 1



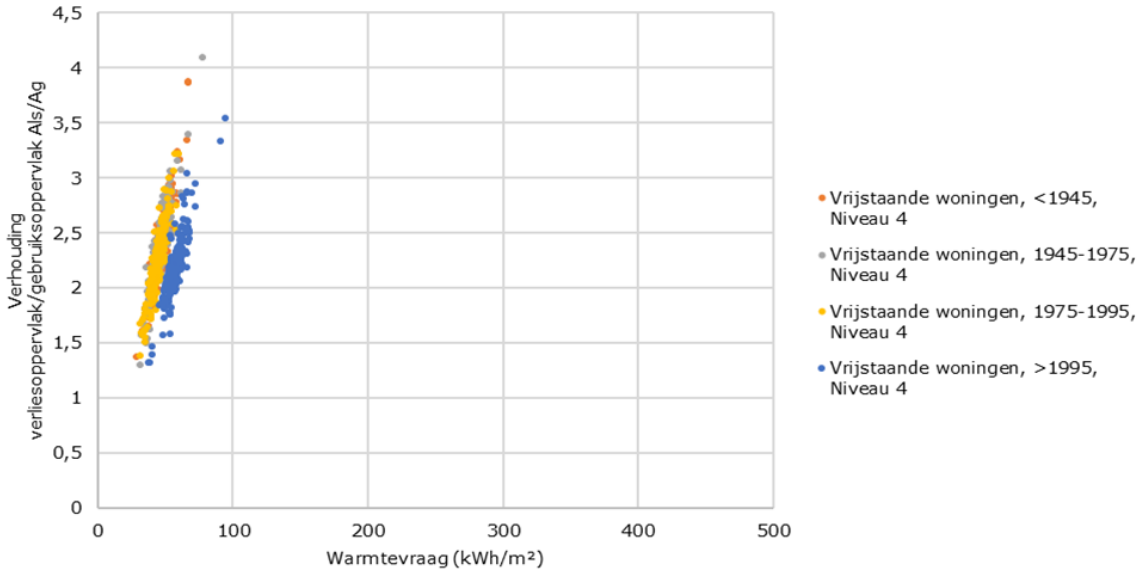
Figuur 50: netto warmtevraag: vrijstaande woningen, niveau 0



Figuur 51: netto warmtevraag: vrijstaande woningen, niveau 2

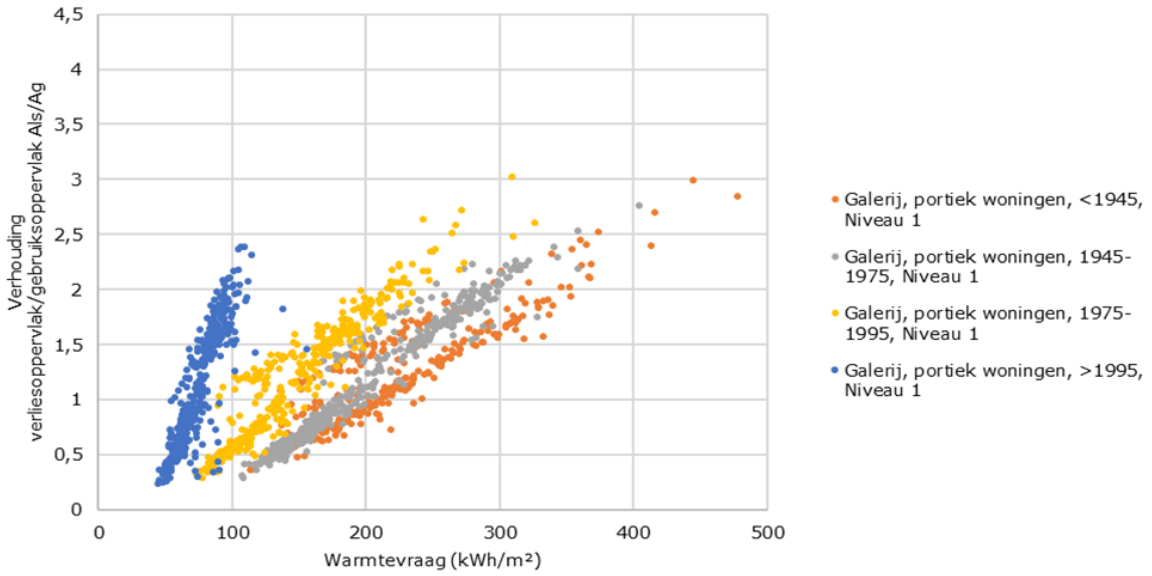


Figuur 52: netto warmtevraag: vrijstaande woningen, niveau 3

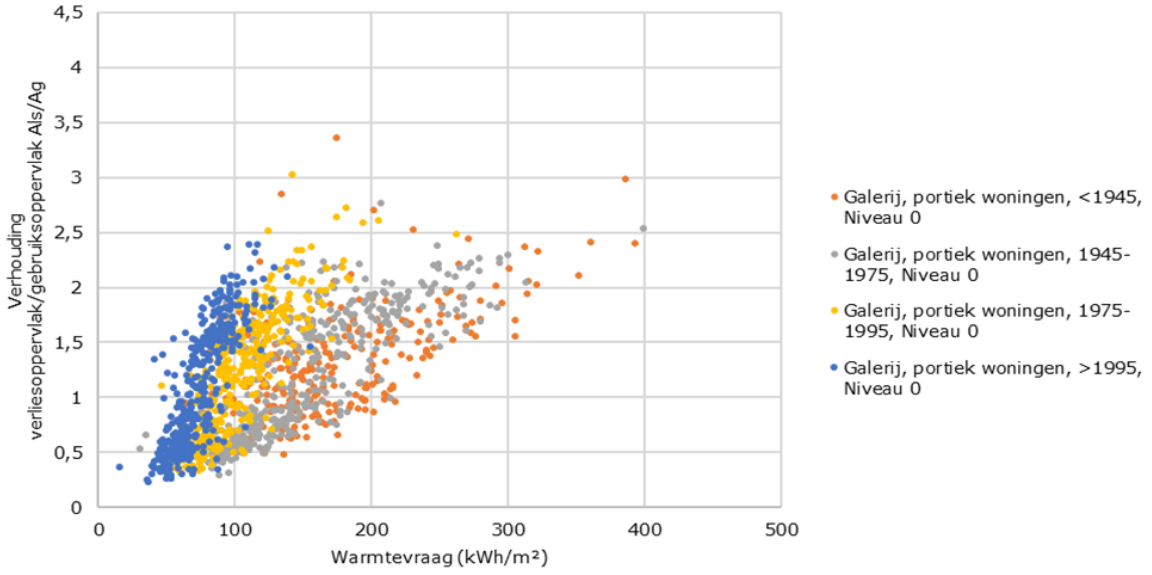


Figuur 53: netto warmtevraag: vrijstaande woningen, niveau 4

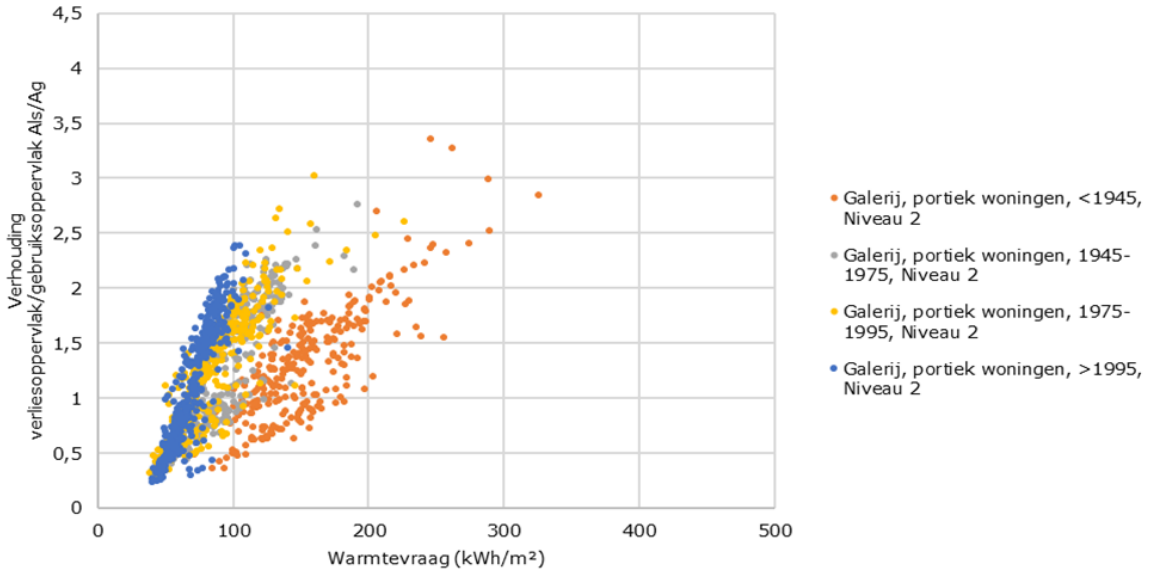
Galerij, portiekwoningen



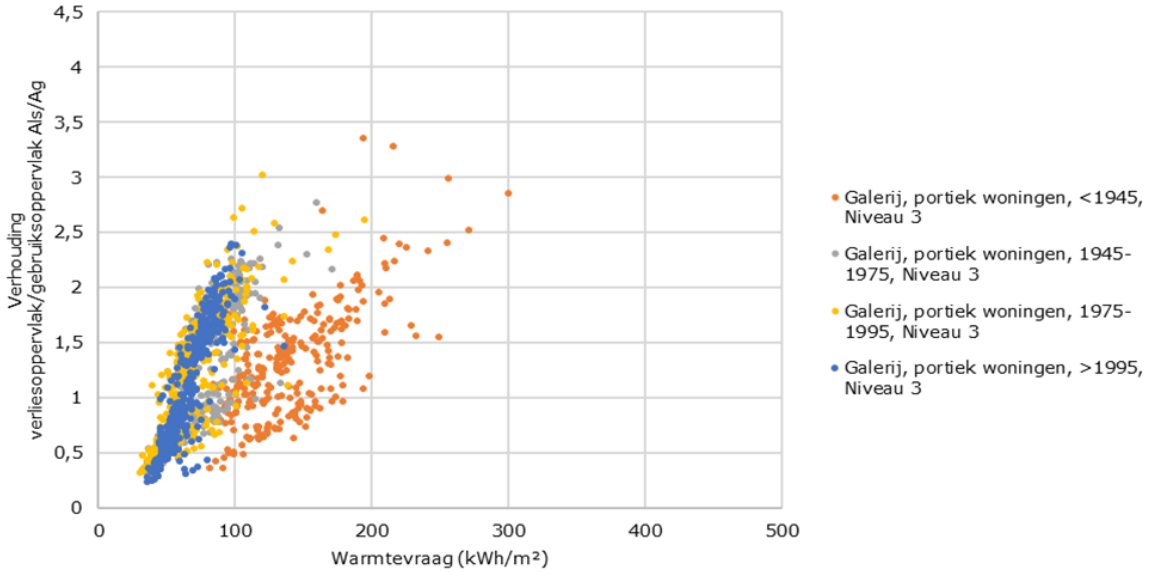
Figuur 54: netto warmtevraag: galerij, portiekwoningen, niveau 1



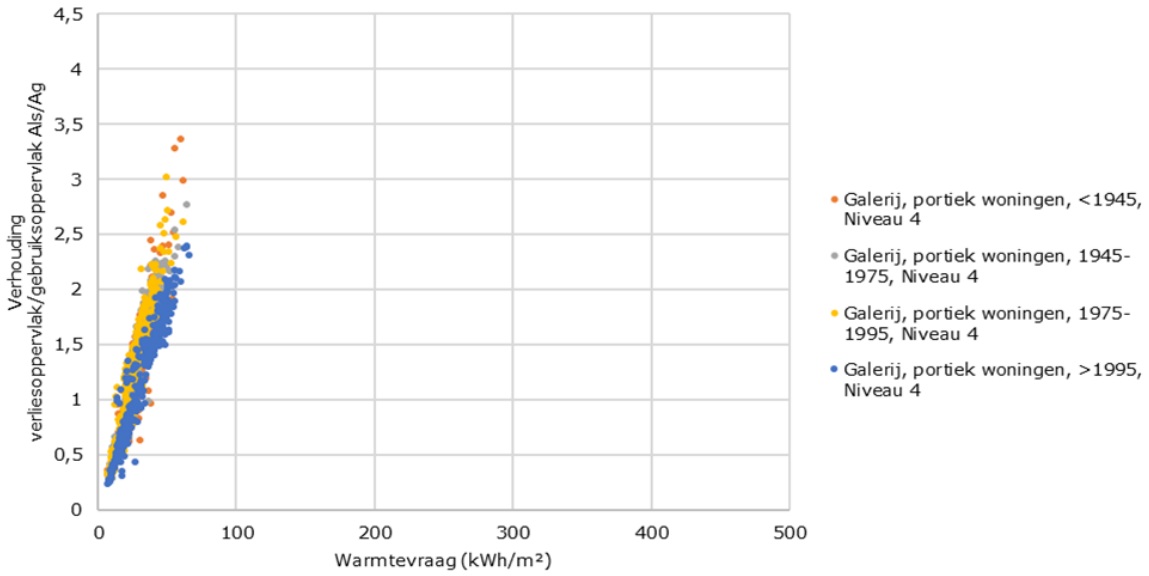
Figuur 55: netto warmtevraag: galerij, portiekwoningen, niveau 0



Figuur 56: netto warmtevraag: galerij, portiekwoningen, niveau 2



Figuur 57: netto warmtevraag: galerij, portiekwoningen, niveau 3

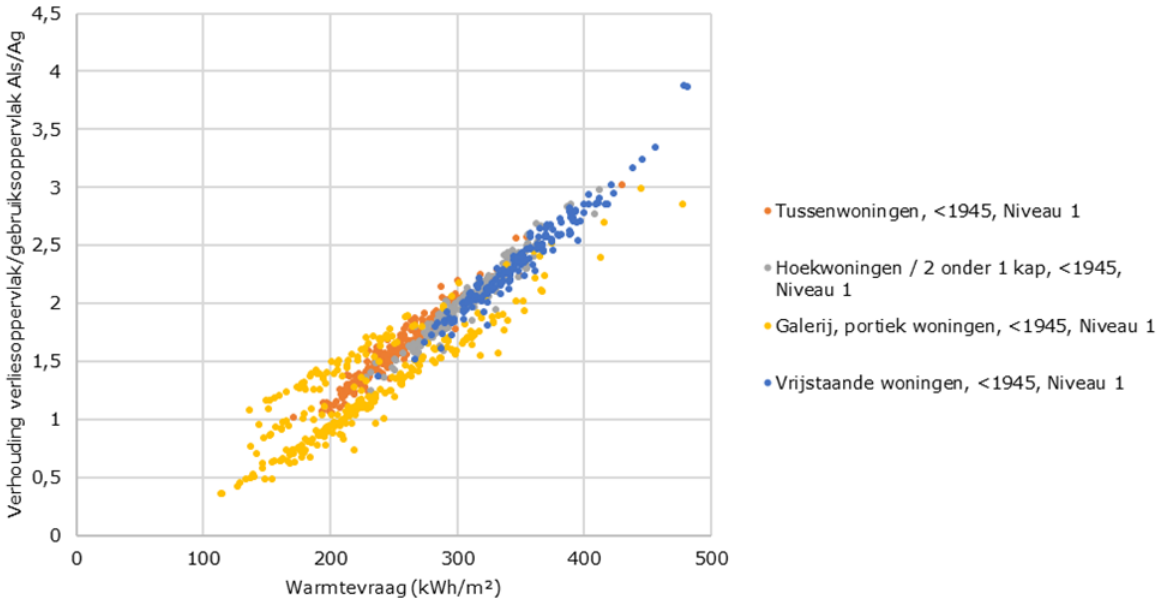


Figuur 58: netto warmtevraag: galerij, portiekwoningen, niveau 4

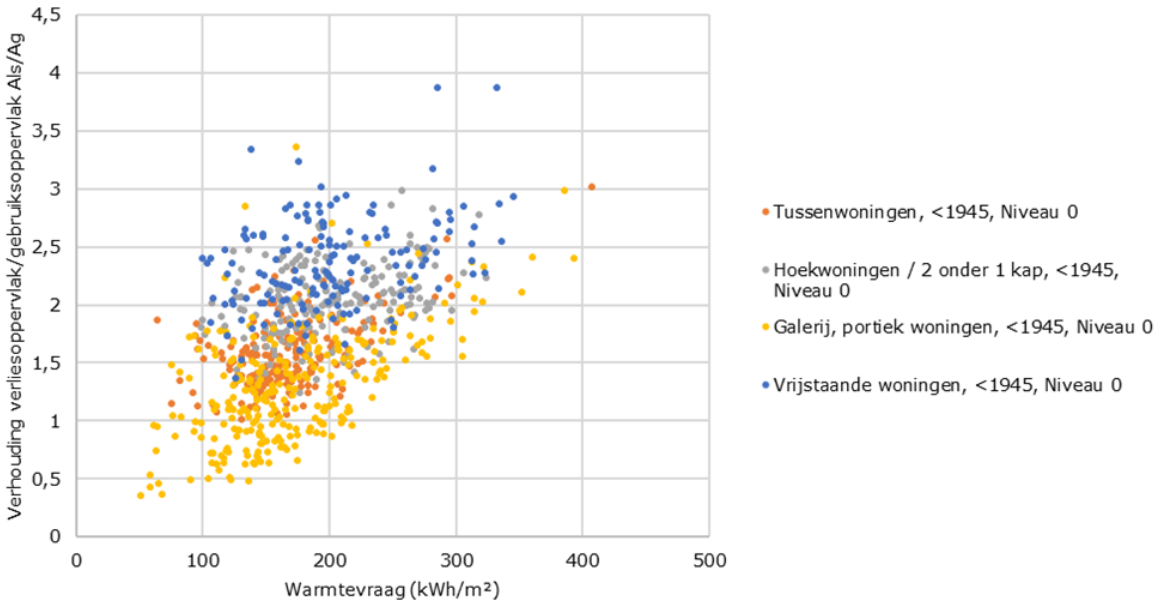
Bijlage 3

Rekenresultaten per bouwjaarklasse

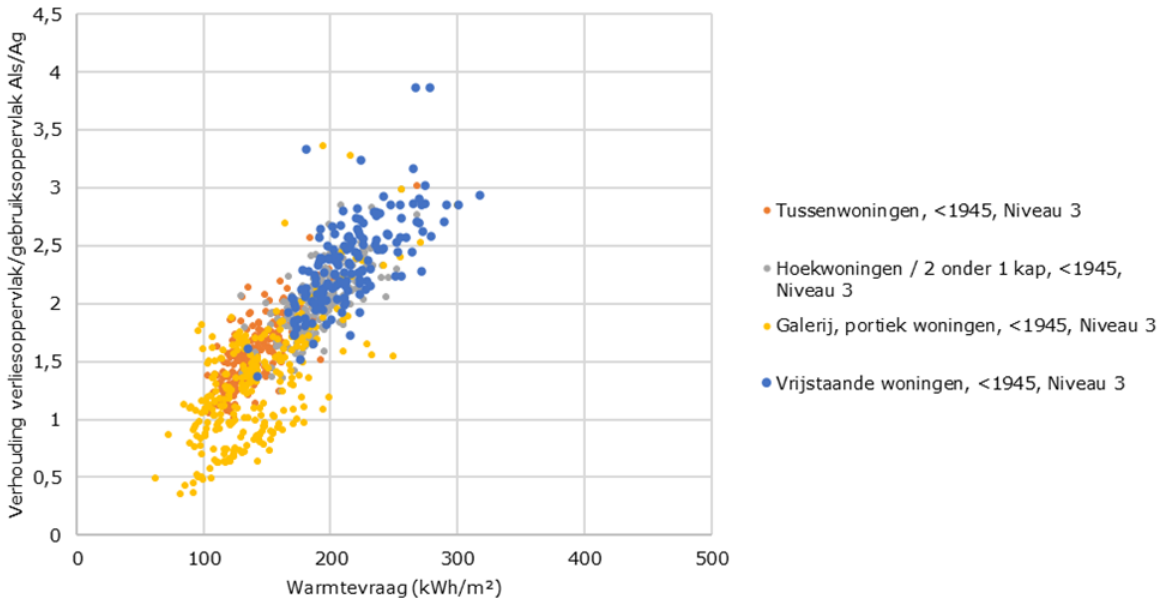
Bouwperiode tot 1945:



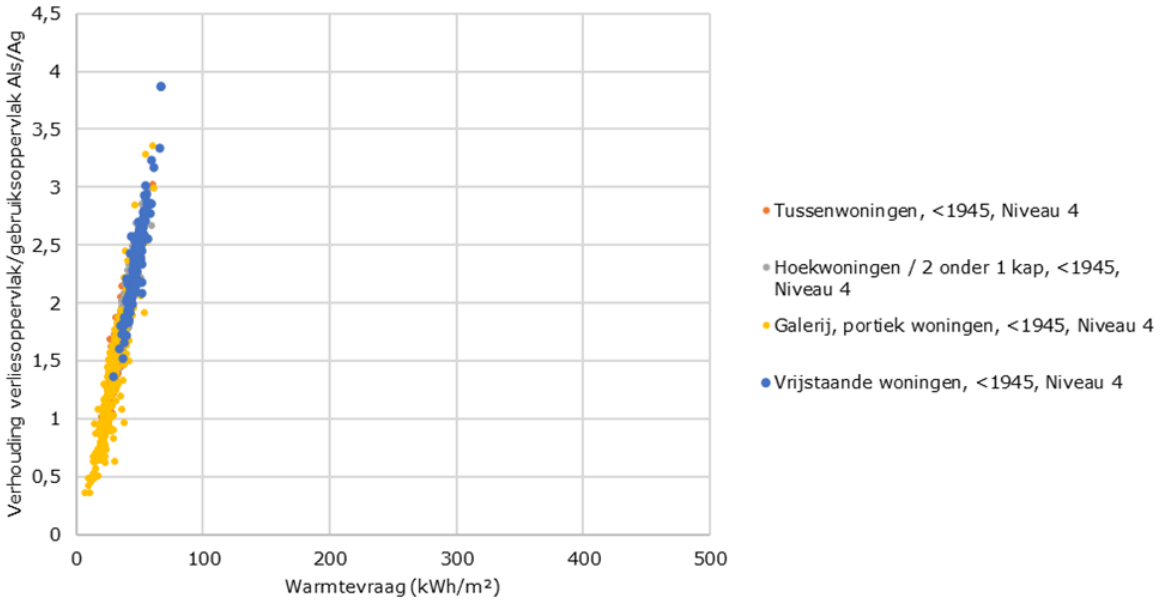
Figuur 59: netto warmtevraag: Bouwperiode tot 1945, niveau 1



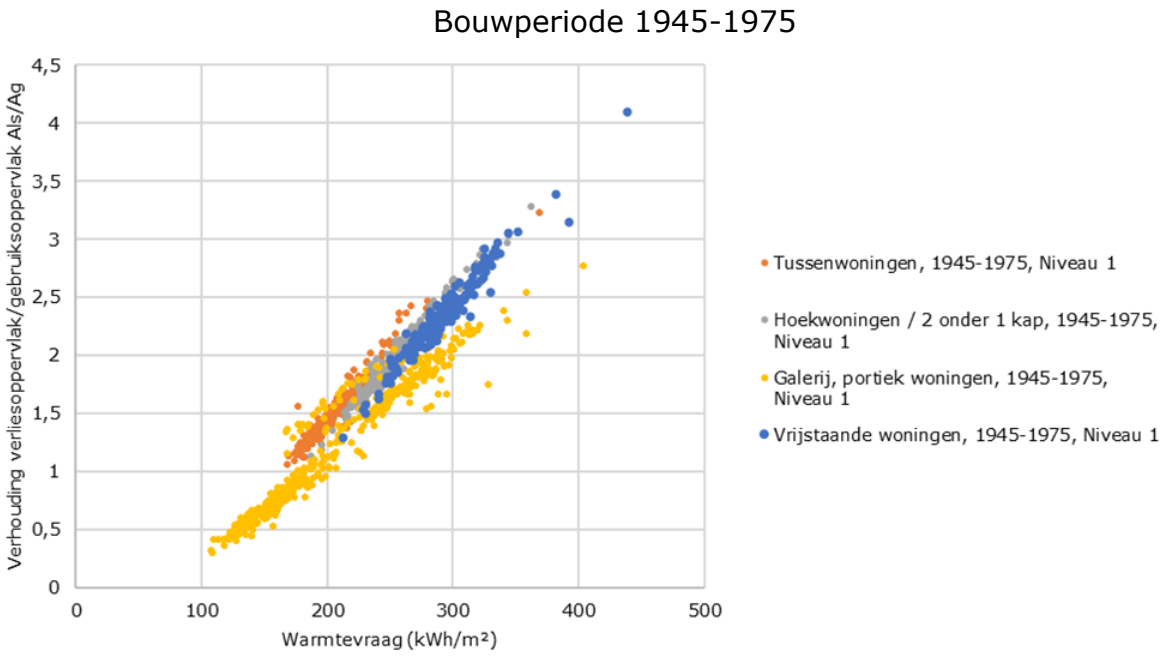
Figuur 60: netto warmtevraag: Bouwperiode tot 1945, niveau 0



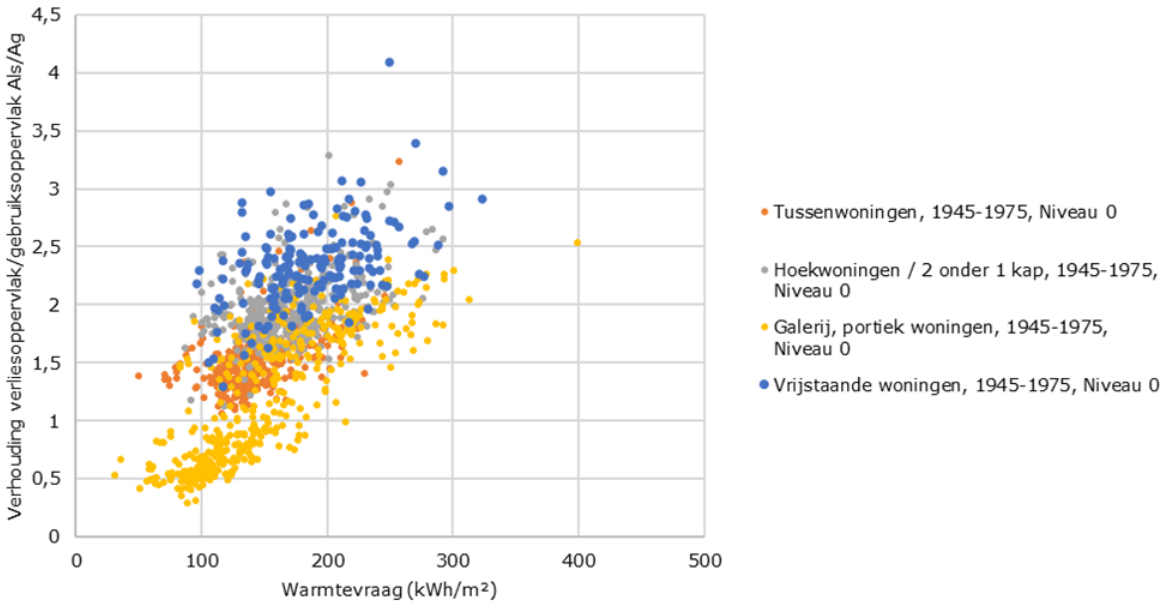
Figuur 61: netto warmtevraag: Bouwperiode tot 1945, niveau 3



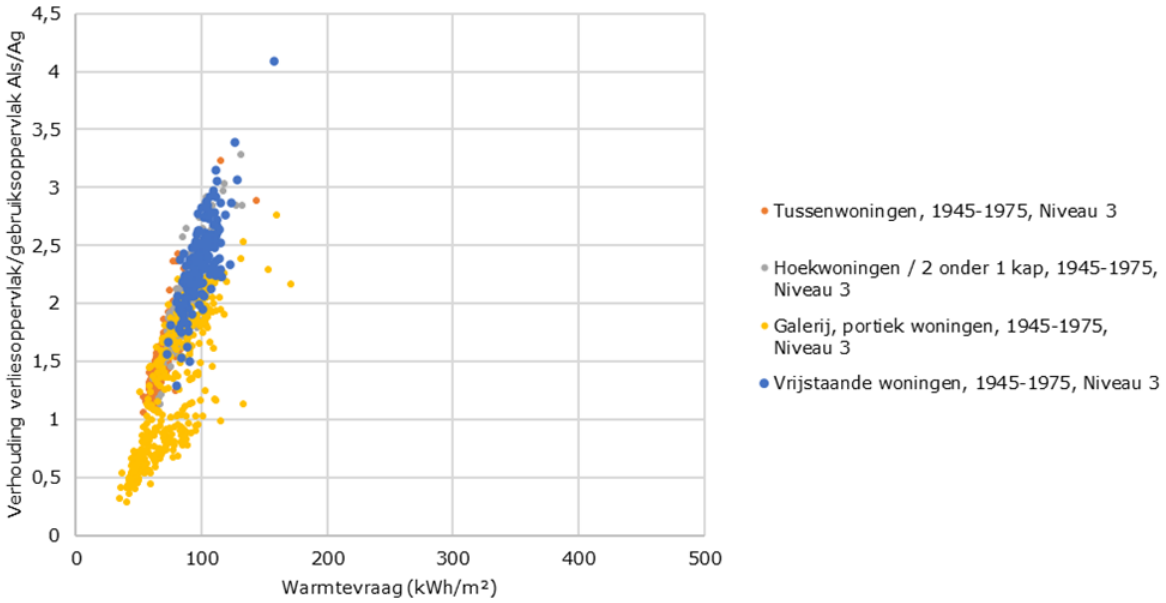
Figuur 62: netto warmtevraag: Bouwperiode tot 1945, niveau 4



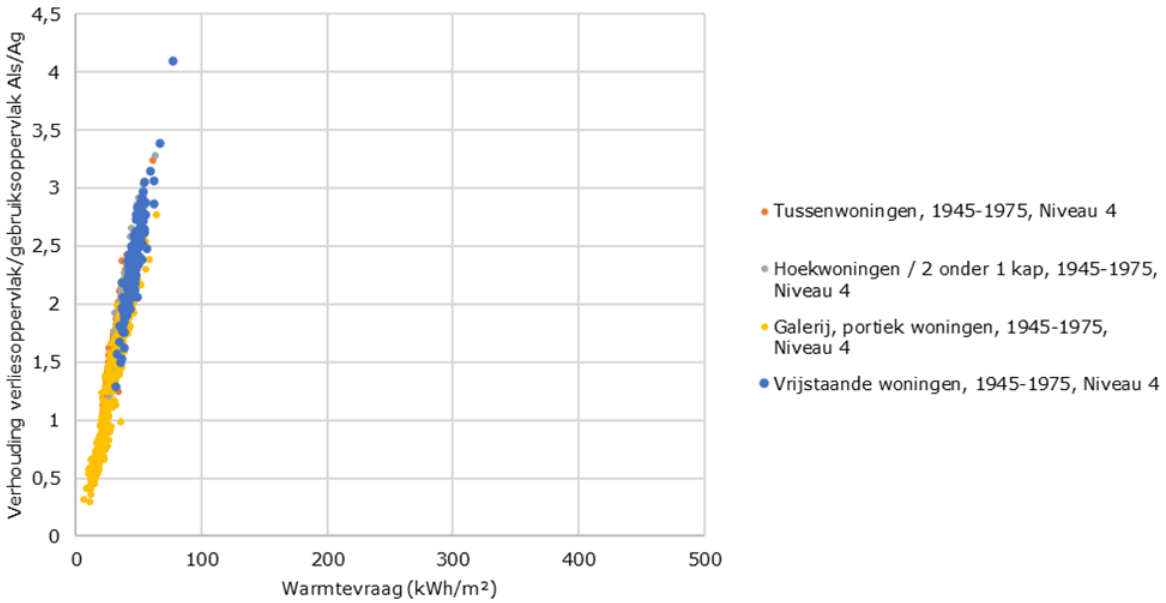
Figuur 63: netto warmtevraag: Bouwperiode 1945 – 1975, niveau 1



Figuur 64: netto warmtevraag: Bouwperiode 1945 – 1975, niveau 0

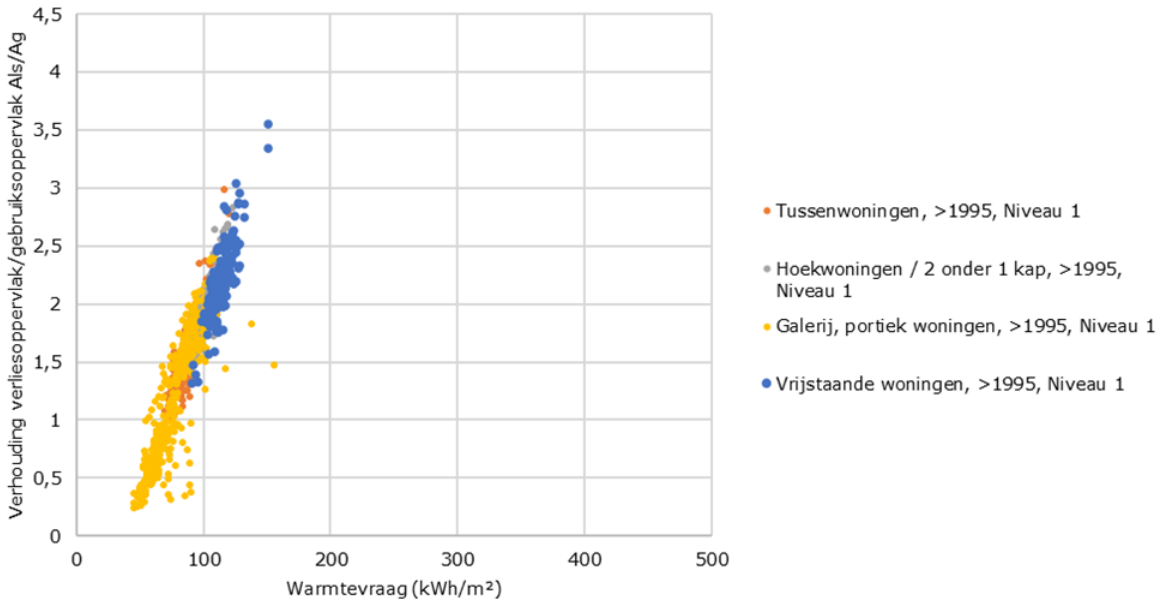


Figuur 65: netto warmtevraag: Bouwperiode 1945 – 1975, niveau 3

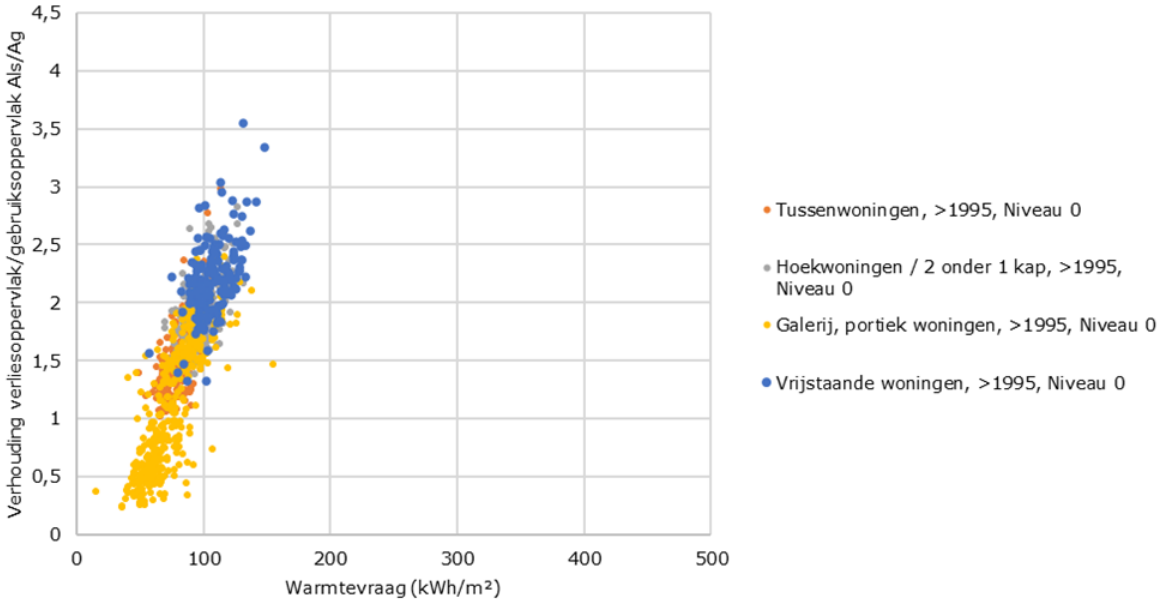


Figuur 66: netto warmtevraag: Bouwperiode 1945 – 1975, niveau 4

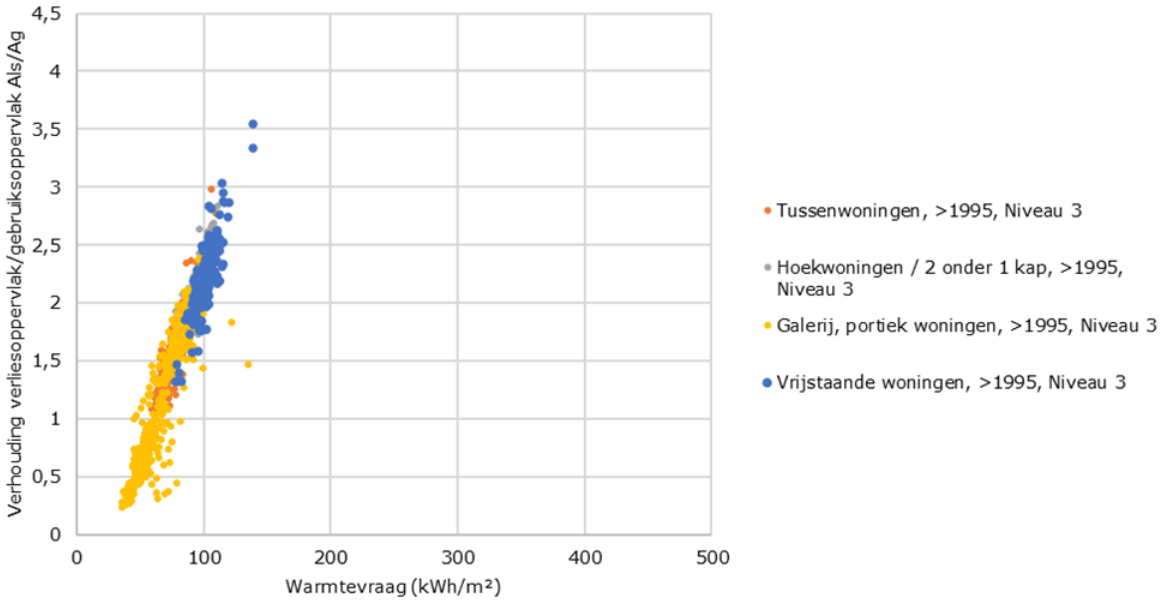
Bouwperiode na 1995



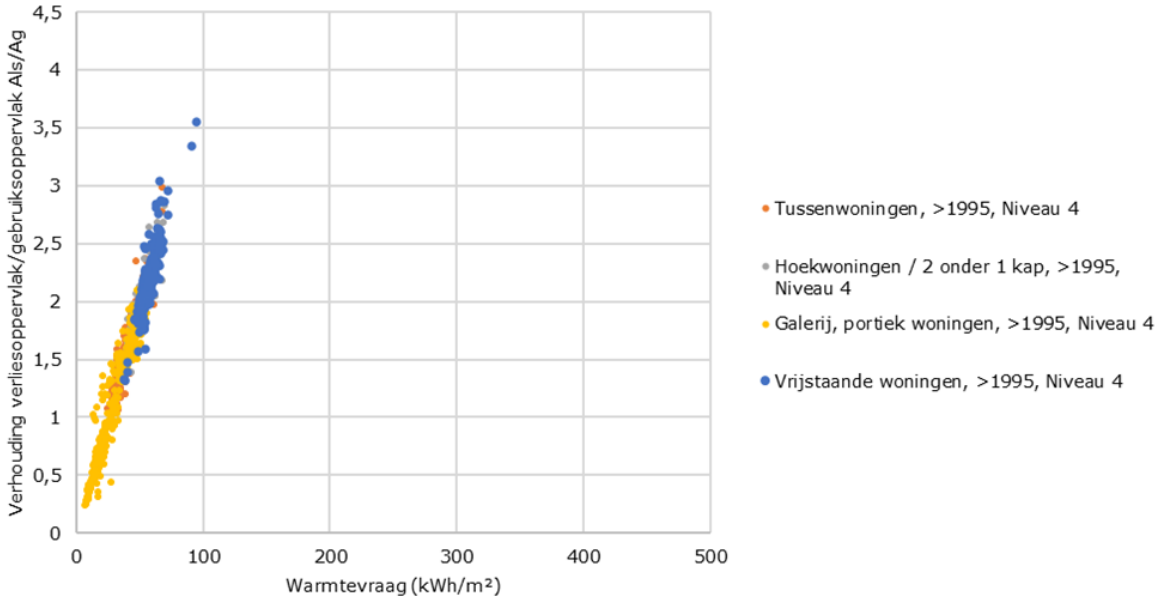
Figuur 67: netto warmtevraag: Bouwperiode na 1995, niveau 1



Figuur 68: netto warmtevraag: Bouwperiode na 1995, niveau 0



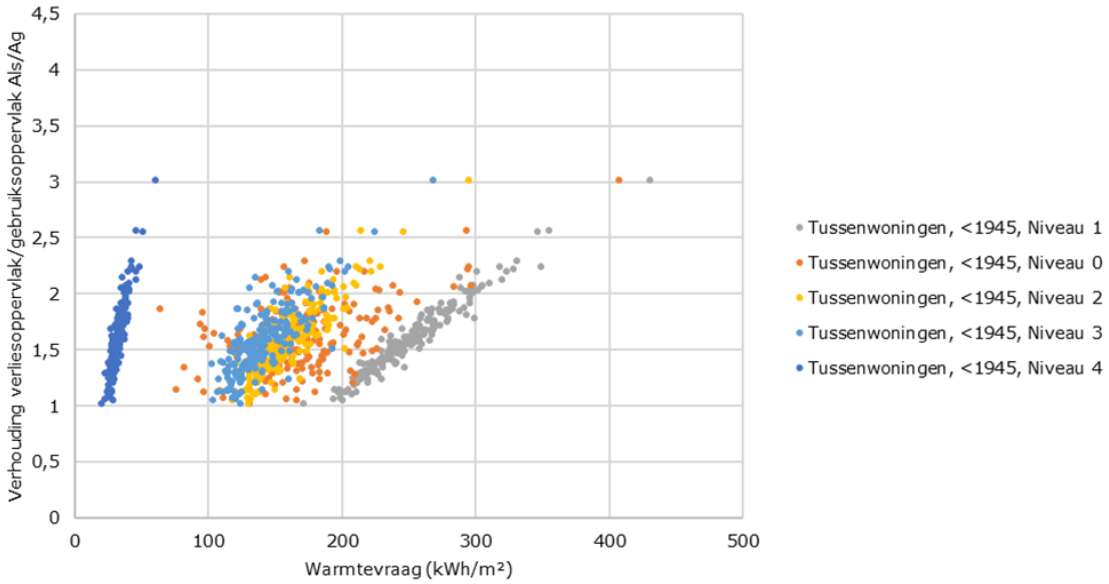
Figuur 69: netto warmtevraag: Bouwperiode na 1995, niveau 3



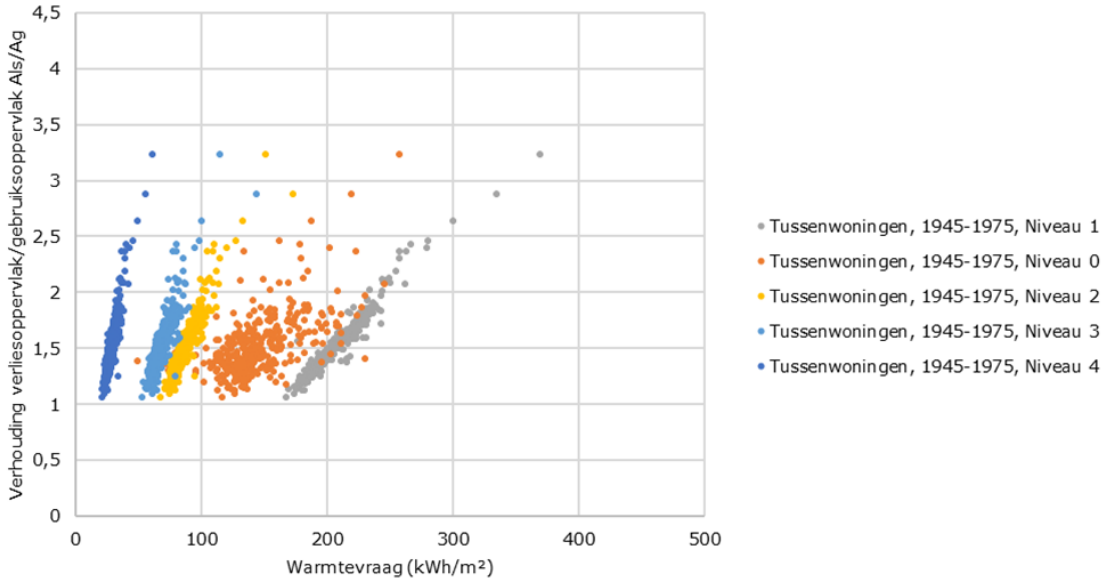
Figuur 70: netto warmtevraag: Bouwperiode na 1995, niveau 4

Bijlage 4

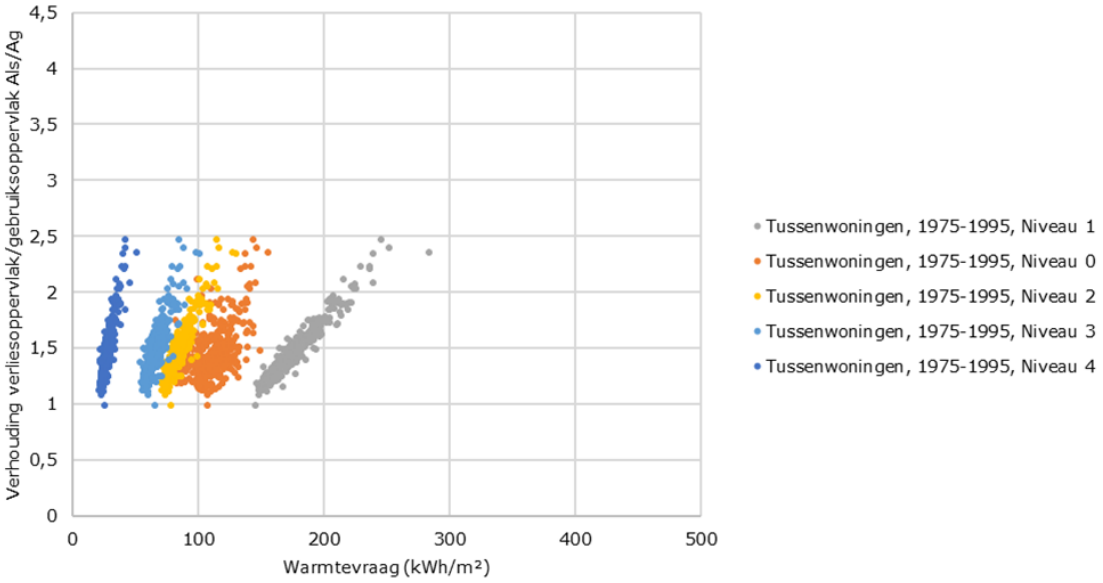
Resultaten per niveau van energieprestatie



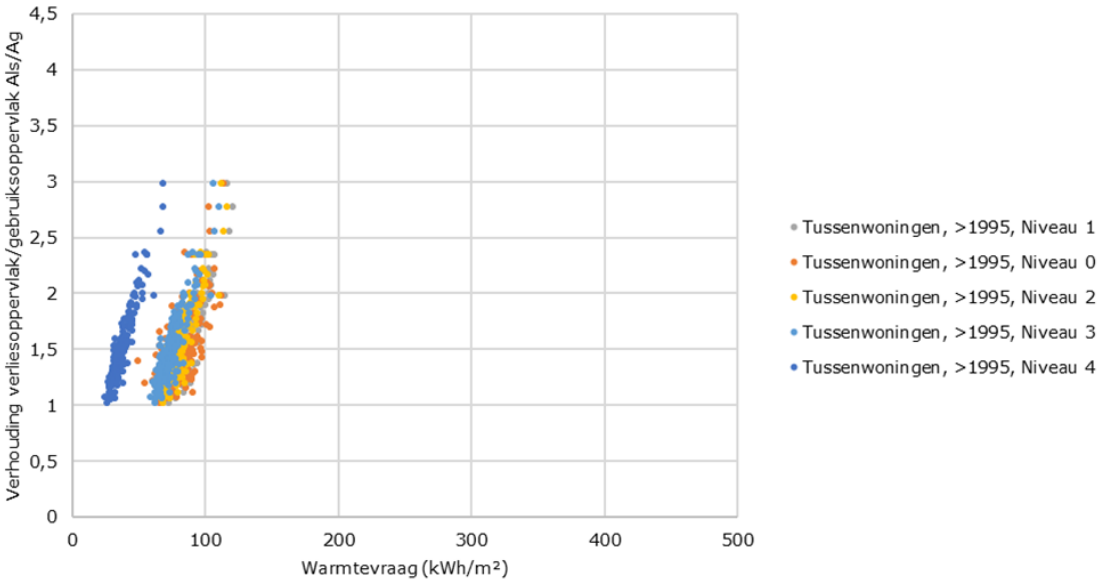
Figuur 71: netto warmtevraag: Tussenwoningen, bouwperiode voor 1945



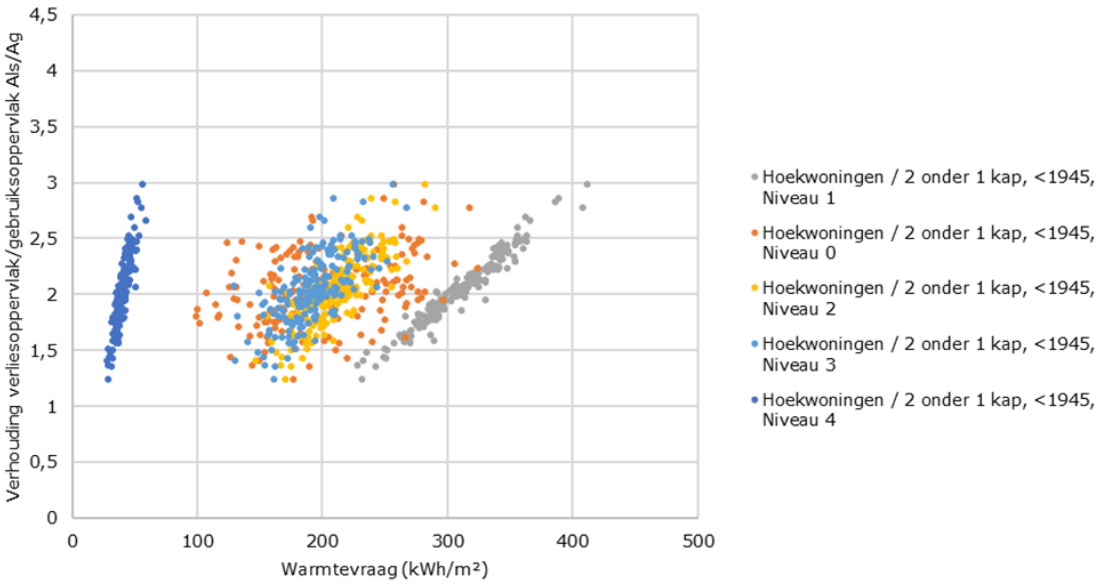
Figuur 72: netto warmtevraag: Tussenwoningen, bouwperiode 1945-1975



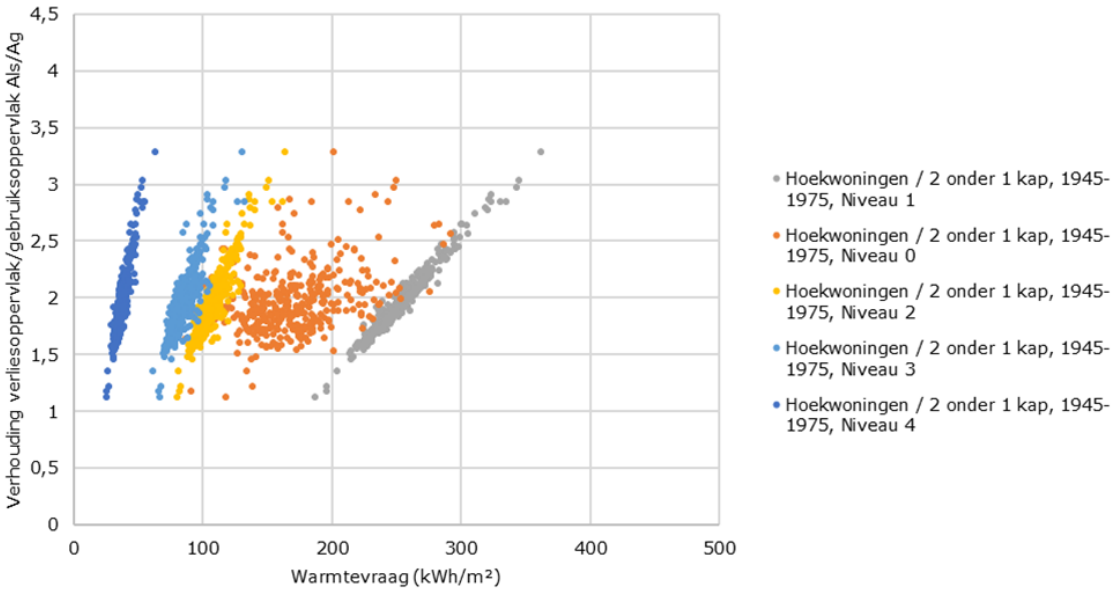
Figuur 73: netto warmtevraag: Tussenwoningen, bouwperiode 1975-1995



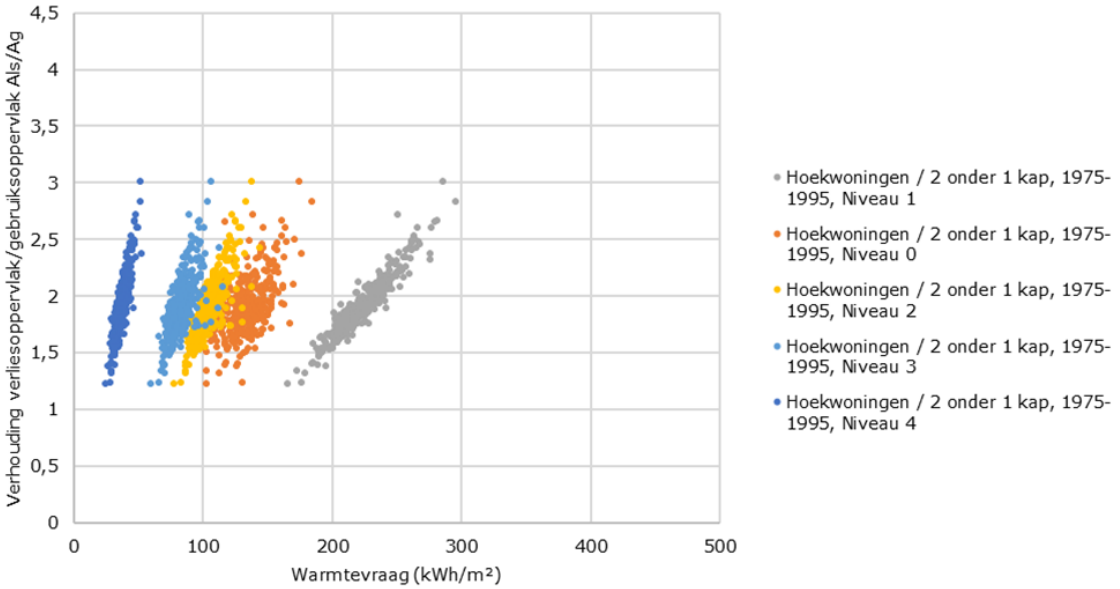
Figuur 74: netto warmtevraag: Tussenwoningen, bouwperiode na 1995



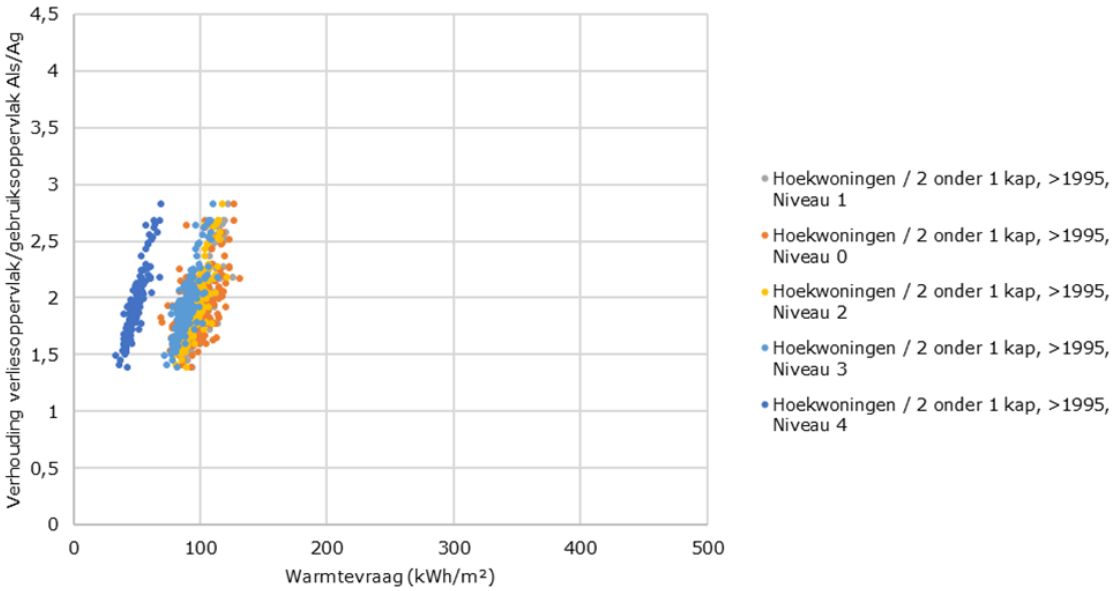
Figuur 75: netto warmtevraag: Hoekwoningen en 2 onder 1 kapwoningen, bouwperiode voor 1945



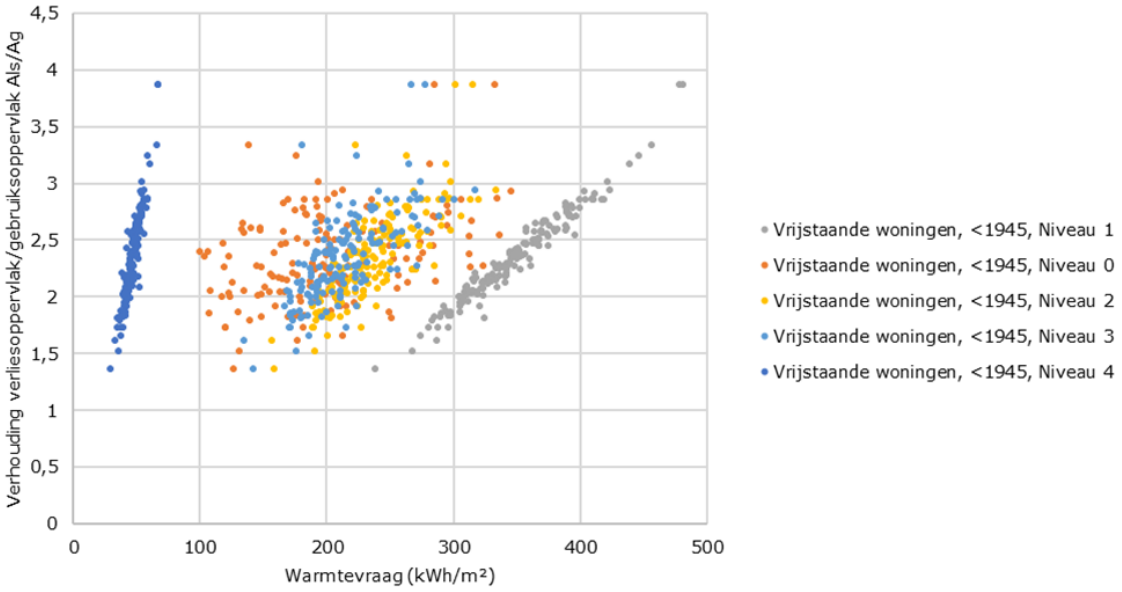
Figuur 76: netto warmtevraag: Hoekwoningen en 2 onder 1 kapwoningen, bouwperiode 1945-1975



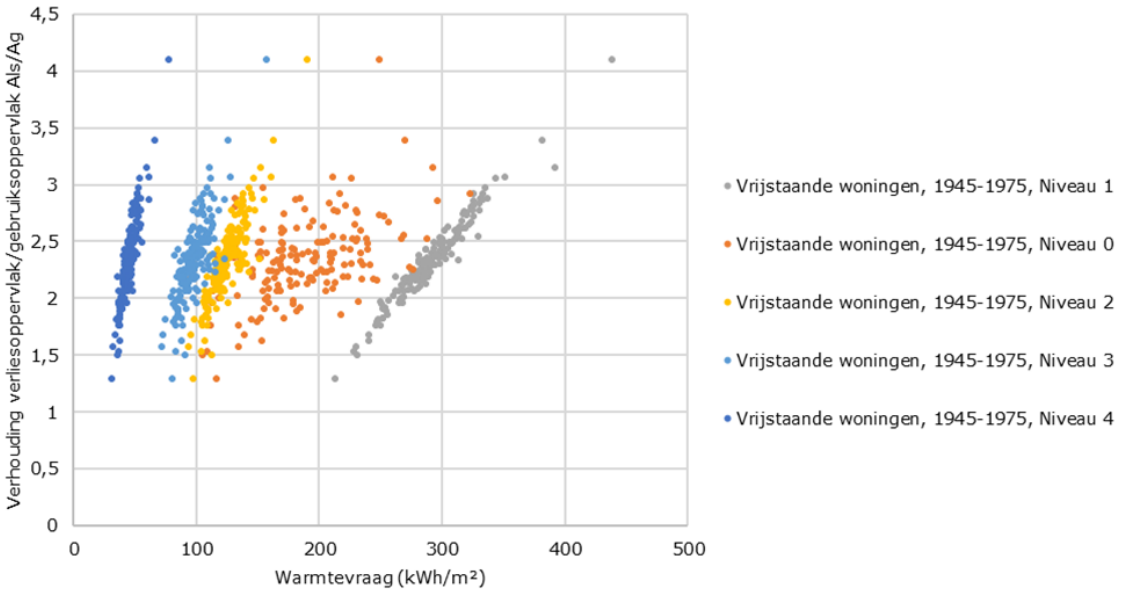
Figuur 77: netto warmtevraag: Hoekwoningen en 2 onder 1 kapwoningen, bouwperiode 1975-1995



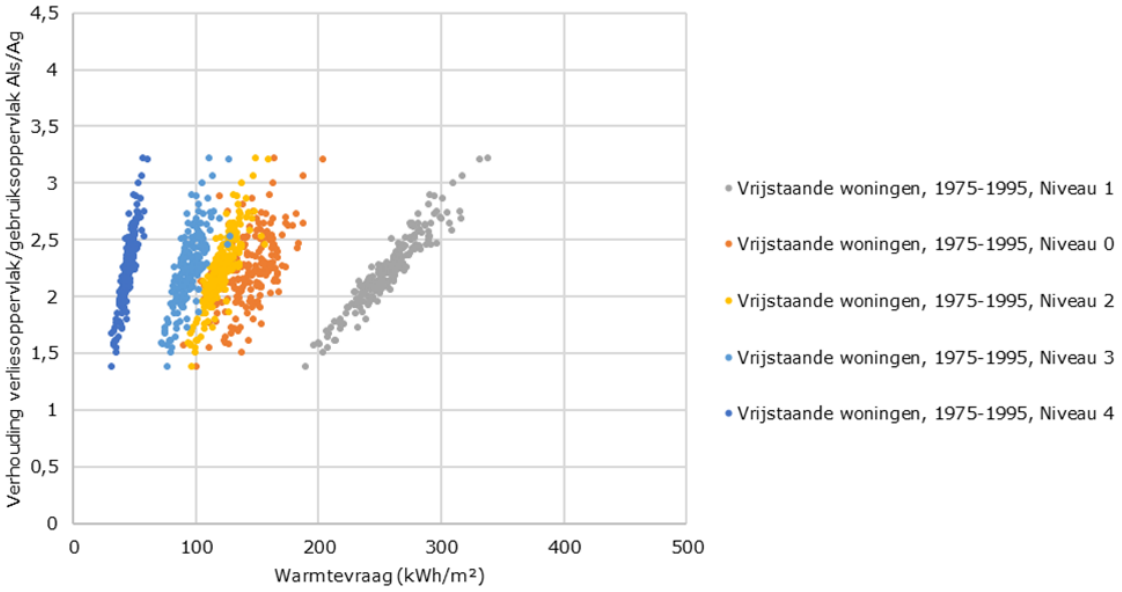
Figuur 78: netto warmtevraag: Hoekwoningen en 2 onder 1 kapwoningen, bouwperiode na 1995



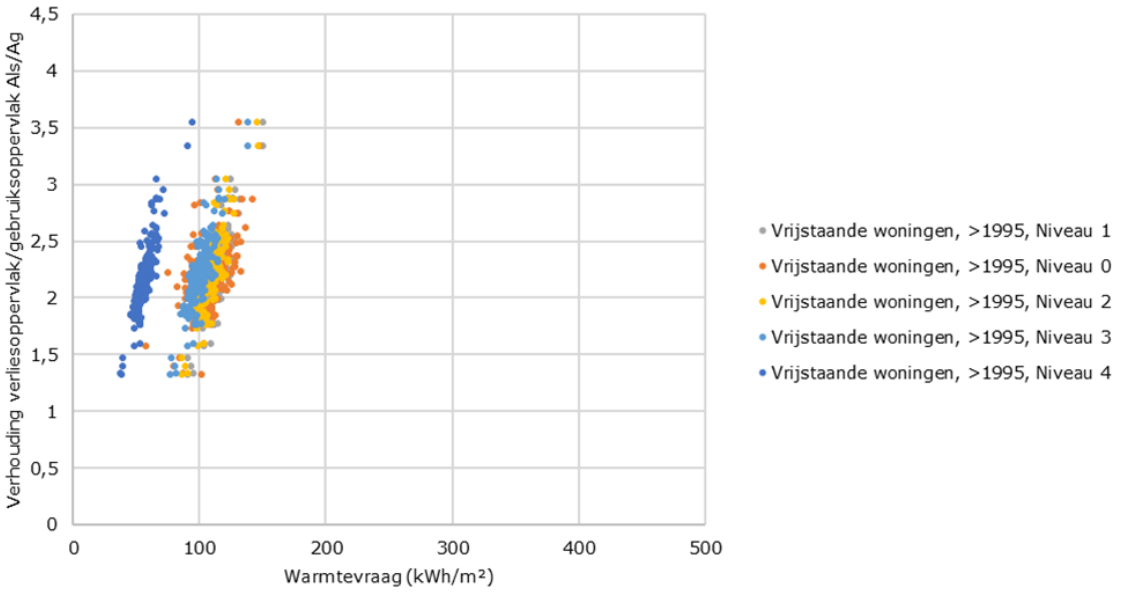
Figuur 79: netto warmtevraag: Vrijstaande woningen, bouwperiode voor 1945



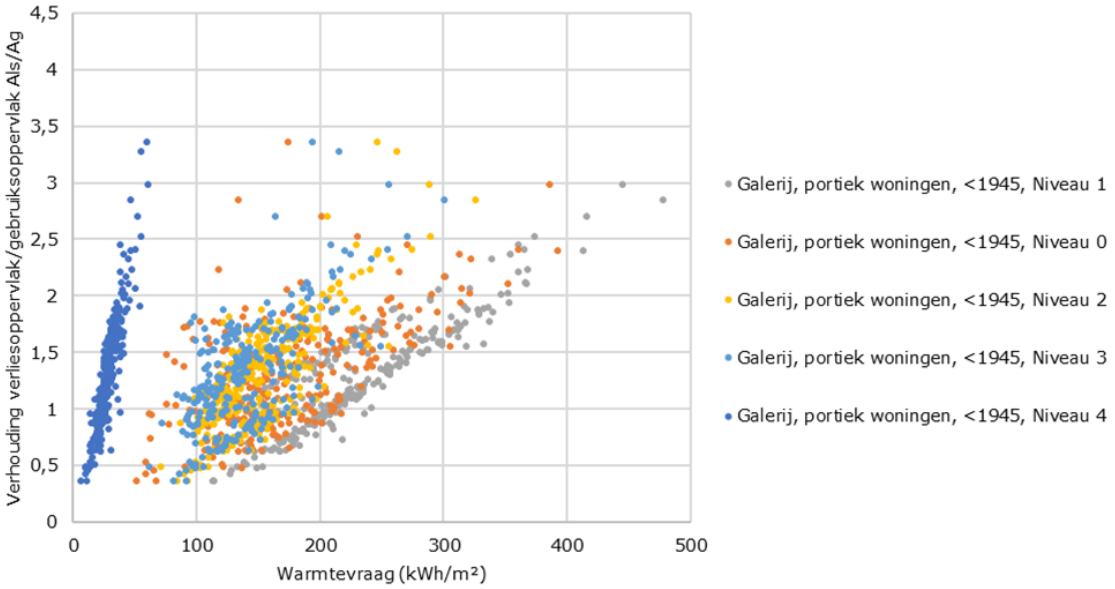
Figuur 80: netto warmtevraag: Vrijstaande woningen, bouwperiode 1945-1975



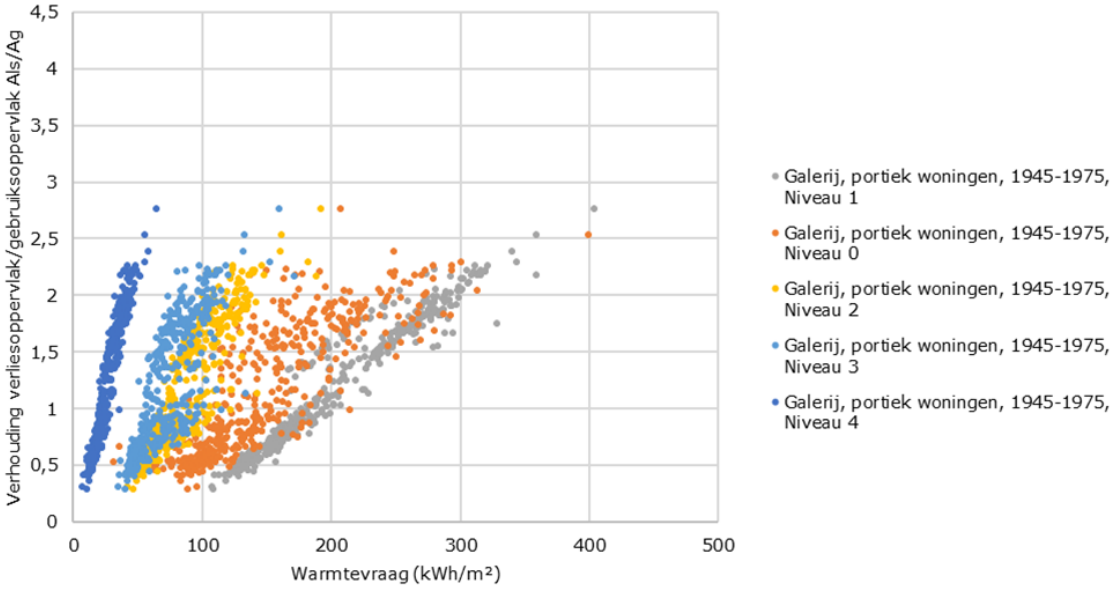
Figuur 81: netto warmtevraag: Vrijstaande woningen, bouwperiode 1975-1995



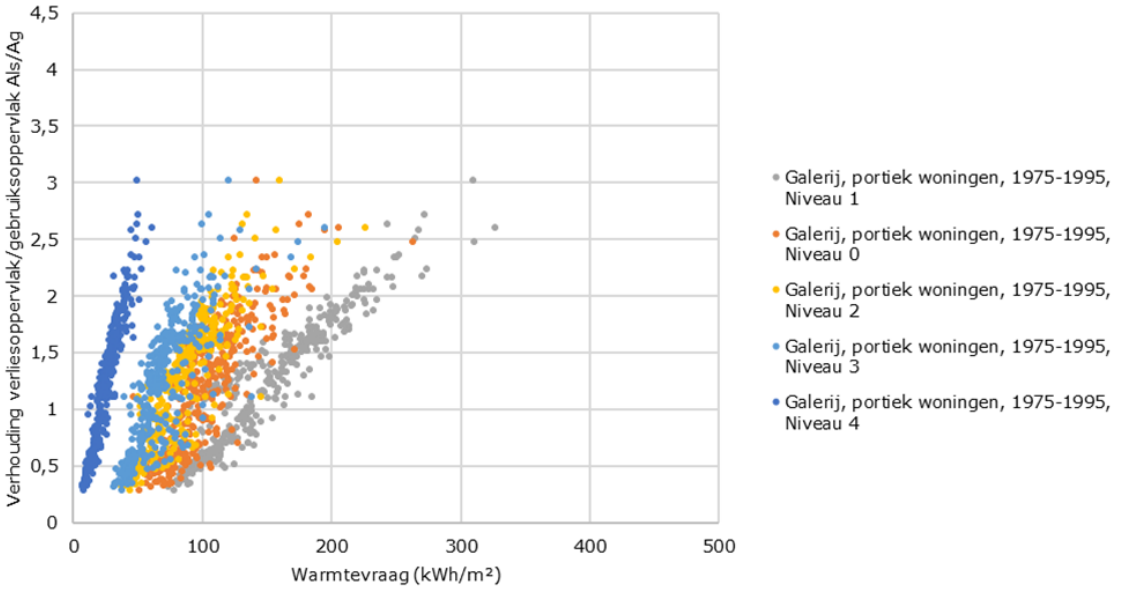
Figuur 82: netto warmtevraag: Vrijstaande woningen, bouwperiode na 1995



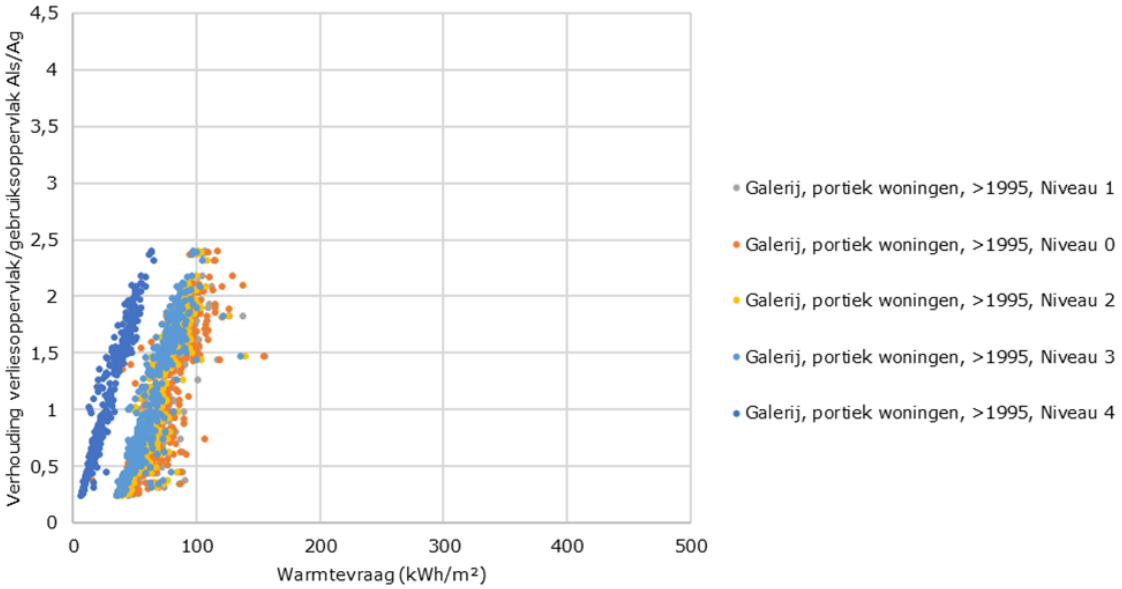
Figuur 83: netto warmtevraag: Galerij, portiekwoningen, bouwperiode voor 1945



Figuur 84: netto warmtevraag: Galerij, portiekwoningen, bouwperiode 1945-1975



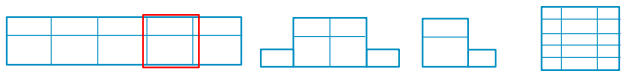
Figuur 85: netto warmtevraag: Galerij, portiekwoningen, bouwperiode 1975-1995



Figuur 86: netto warmtevraag: Galerij, portiekwoningen, bouwperiode na 1995

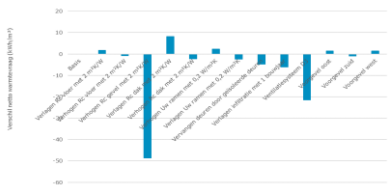
Bijlage 5

Resultaten gevoeligheidsanalyse



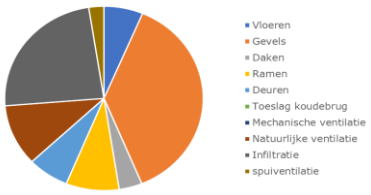
Gevoeligheidsanalyse
Tussenwoningen
20-7-2020

Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode tot 1945

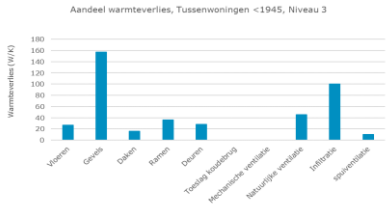


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3,50 m²K/W	
Gevel	R_c = 0.19 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3,40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 3.00 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C2)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	151,9 kWh_th/m²	1112407512

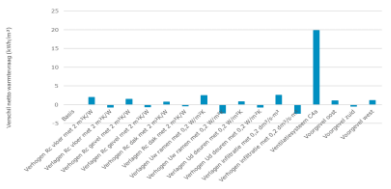
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen <1945, Niveau 3



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen <1945, Niveau 3

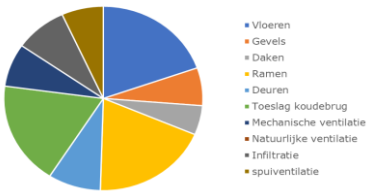


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode tot 1945

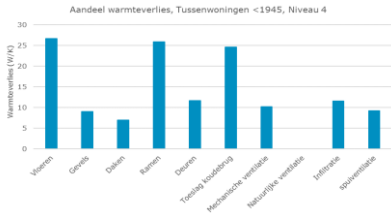


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3,50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1,40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	32,8 kWh_th/m²	1112407512

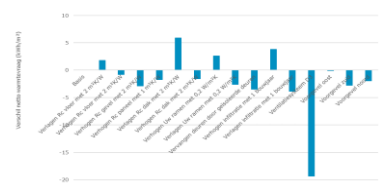
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen <1945, Niveau 4



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen <1945, Niveau 4

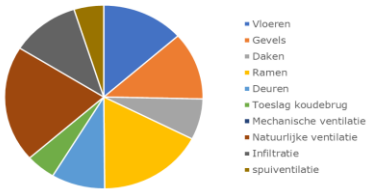


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1945 - 1975

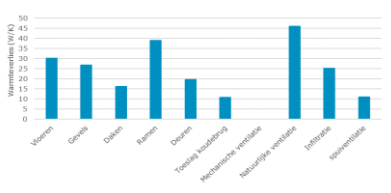


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 0.70 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (c4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	69,4 kWh_th/m²	1202410971

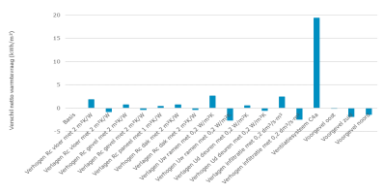
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1945-1975, Niveau 3



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1945-1975, Niveau 3

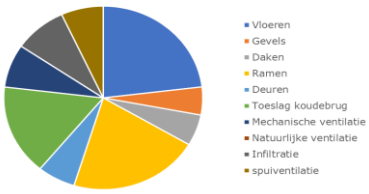


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1945 - 1975

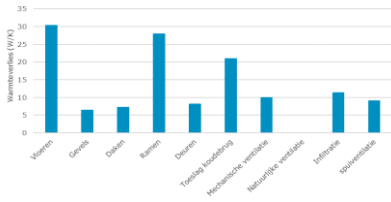


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	30,2 kWh_th/m²	1202410971

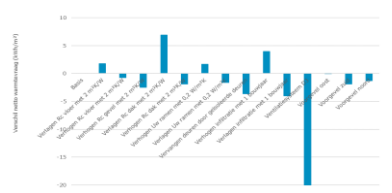
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1945-1975, Niveau 4



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1945-1975, Niveau 4

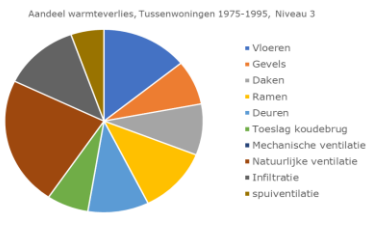


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1975 - 1995

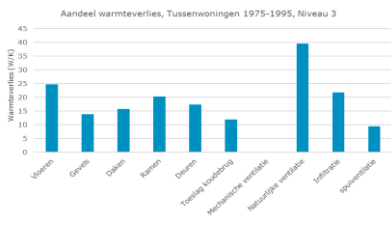


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1,79 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 0,700 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (c4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	65,4 kWh_th/m²	1110408309

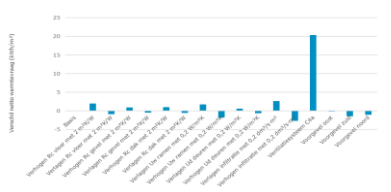
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1975-1995, Niveau 3



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1975-1995, Niveau 3

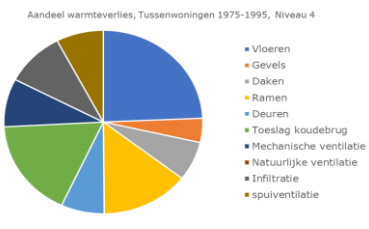


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1975 - 1995

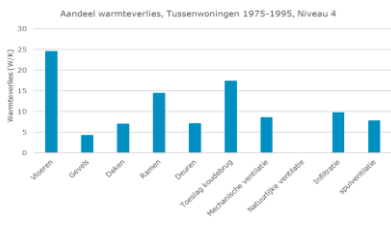


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6,00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	27,9 kWh_th/m²	1110408309

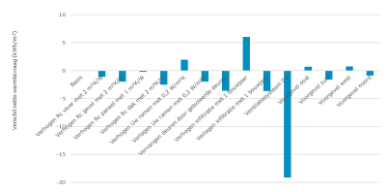
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1975-1995, Niveau 4



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen 1975-1995, Niveau 4

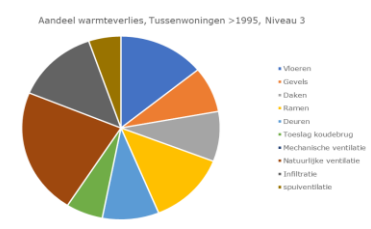


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode na 1995

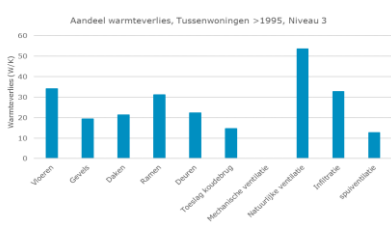


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.80 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 1.00 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (c4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	69,6 kWh_th/m²	1201405643

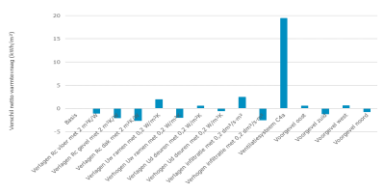
Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen >1995, Niveau 3



Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen >1995, Niveau 3

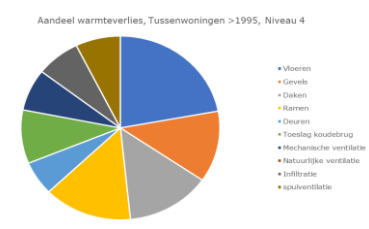


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode na 1995

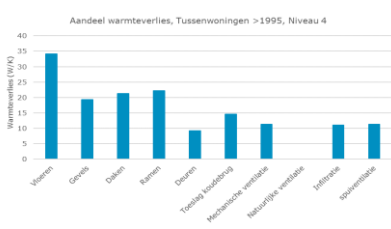


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;eis}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	36,4 kWh_th/m²	1201405643

Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen >1995, Niveau 4

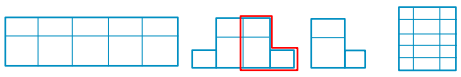


Aandeel warmteverlies, Tussenwoningen >1995, Niveau 4

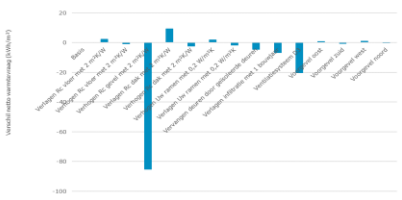


RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, techniek en -regelgeving

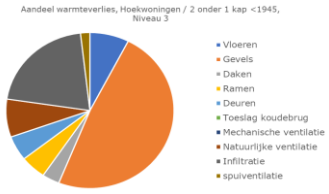
Gevoeligheidsanalyse
Hoekwoning / 2^1 kapwoning
20-7-2020

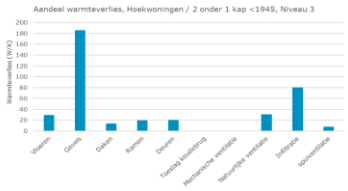


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode tot 1945

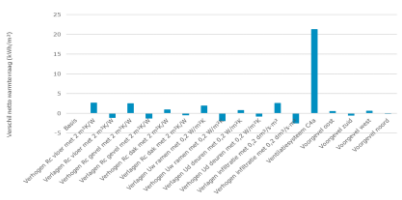


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3,50 m²K/W	
Gevel	R_c = 0.19 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3,40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 3.60 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C2)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	208,8 kWh_th/m²	1112402476



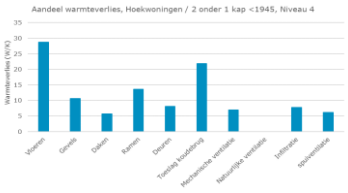


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode tot 1945

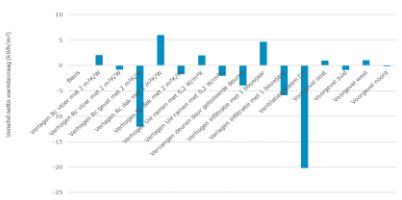


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3,50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1,40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	41,6 kWh_th/m²	1112402476

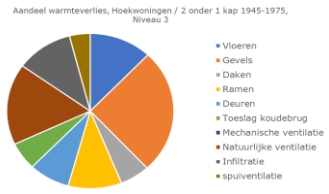




Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1945 - 1975

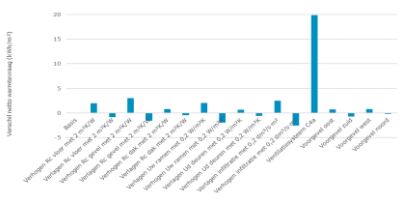


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.84 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	90,9 kWh_th/m²	1202404205

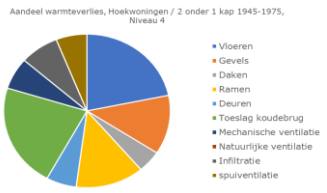


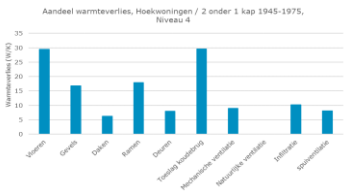


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1945 - 1975

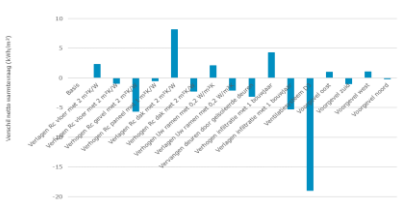


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	39,5 kWh_th/m²	1202404205

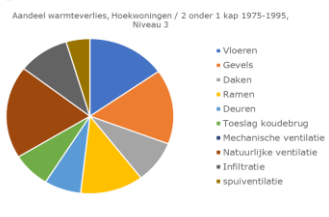


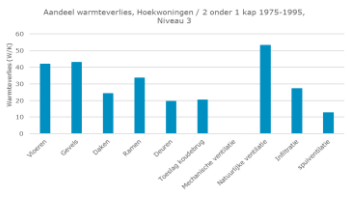


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1975 - 1995

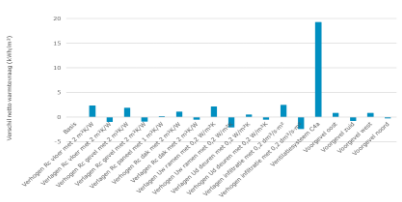


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1,79 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.19 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0,84 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	79,8 kWh_th/m²	1201412506

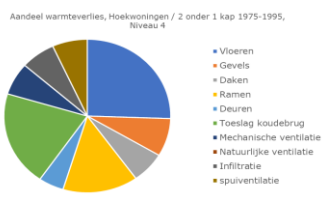


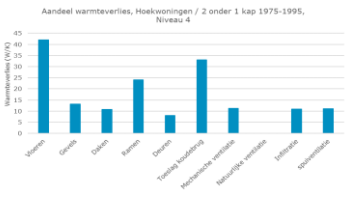


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1975 - 1995

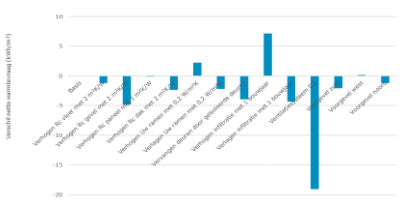


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6,00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	37,3 kWh_th/m²	1201412506

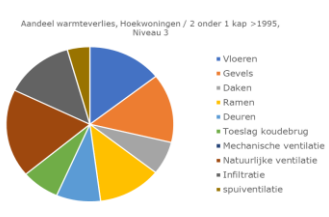


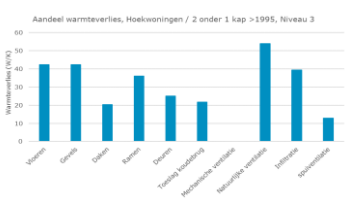


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode na 1995

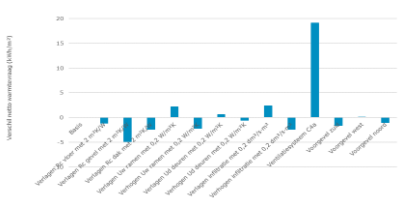


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.80 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 1.20 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	85,0 kWh_th/m²	1112402489

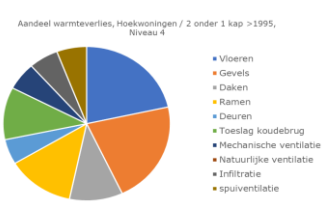


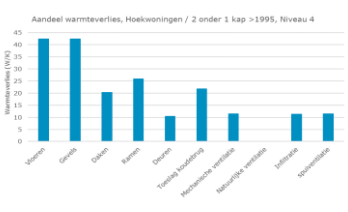


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode na 1995



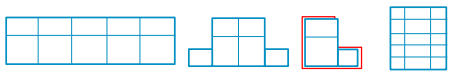
Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	49,1 kWh_th/m²	1112402489



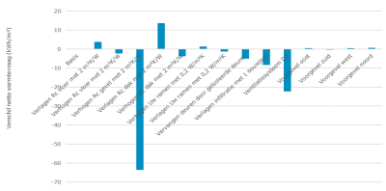


RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

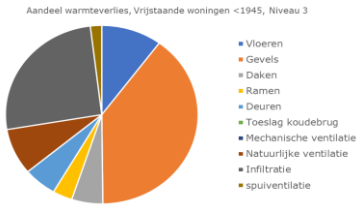
Gevoeligheidsanalyse
Vrijstaande woningen
20-7-2020

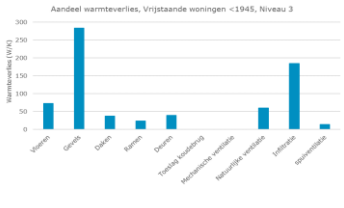


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode tot 1945

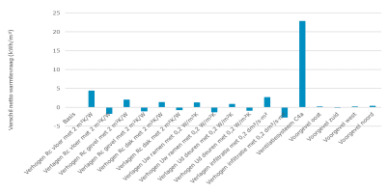


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3,50 m²K/W	
Gevel	R_c = 0.19 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3,40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 4.20 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C2)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	202,7 kWh_th/m²	1202412173

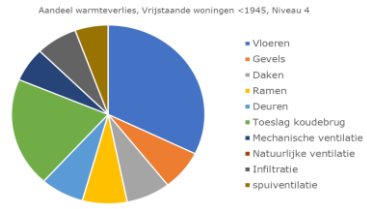


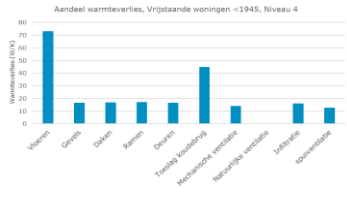


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode tot 1945

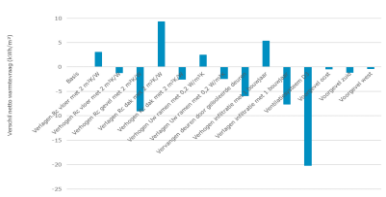


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3,50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1,40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	47,3 kWh_th/m²	1202412173

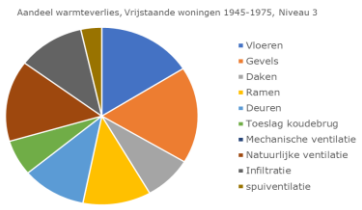


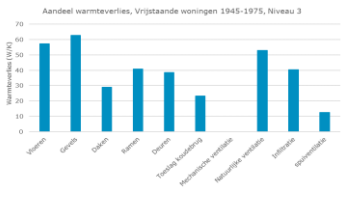


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1945 - 1975

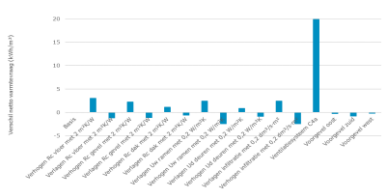


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.98 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	101,4 kWh_th/m²	1109402778

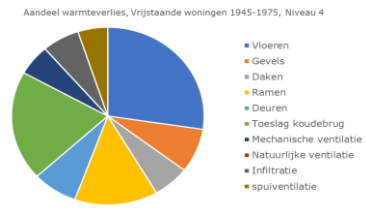


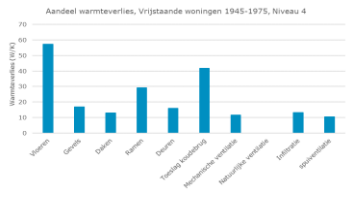


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1945 - 1975

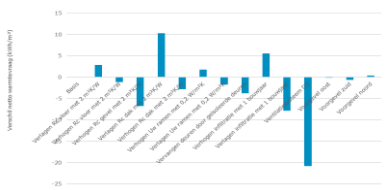


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	47,3 kWh_th/m²	1109402778

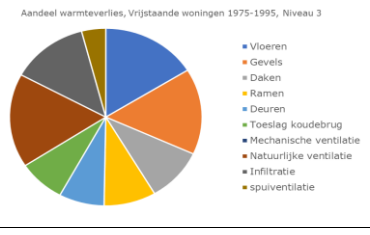


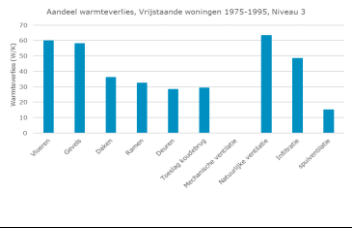


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1975 - 1995

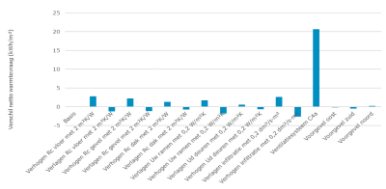


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1,79 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.19 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0,98 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	92,3 kWh_th/m²	1111410411

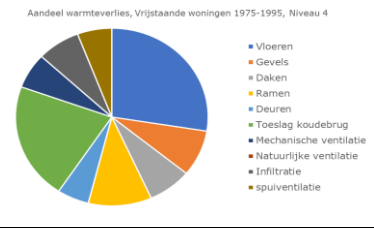


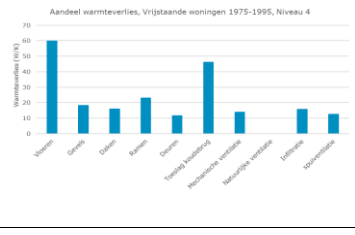


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1975 - 1995

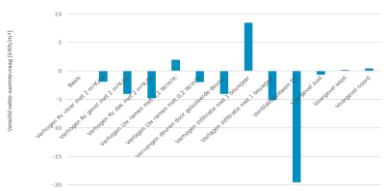


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6,00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	43,8 kWh_th/m²	1111410411

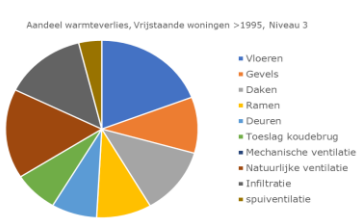


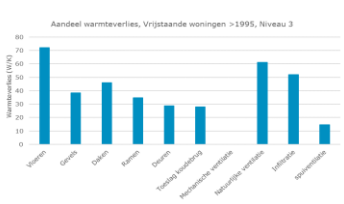


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode na 1995

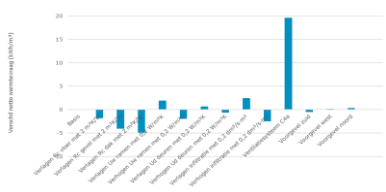


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.80 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 1.40 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	96,6 kWh_th/m²	1202400699

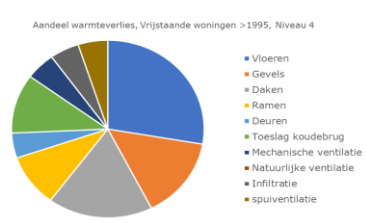


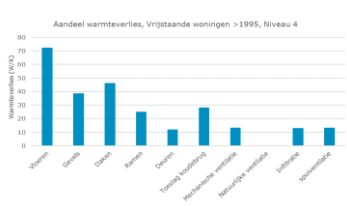


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode na 1995



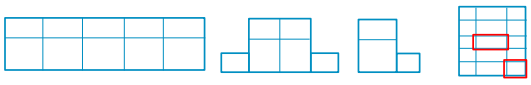
Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2,50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v;10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (D3)	Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	58,1 kWh_th/m²	1202400699



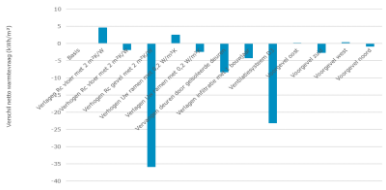


Nieman
RAADGEVENDE INGENIEURS
Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

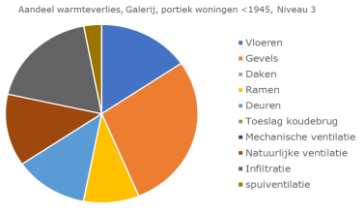
Gevoeligheidsanalyse
Galerij- / portiekwoningen
23-7-2020

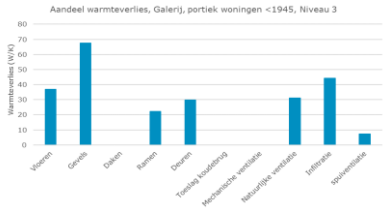


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode tot 1945

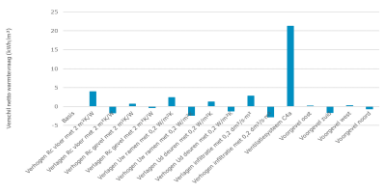


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 0.19 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3,50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 1,80 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C2)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	124,2 kWh_th/m²	1202410117

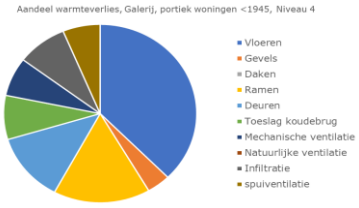


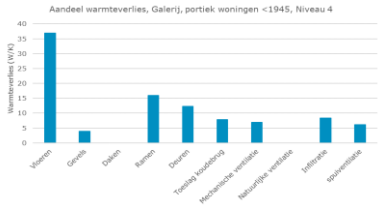


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode tot 1945

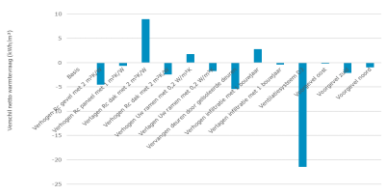


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8,00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0,400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteteruqwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	29,3 kWh_th/m²	1202410117

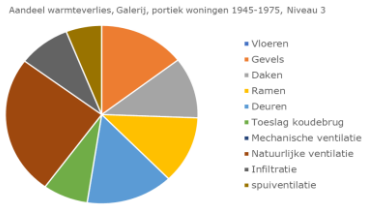


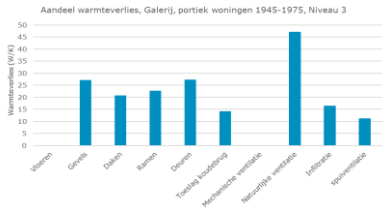


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1945 - 1975

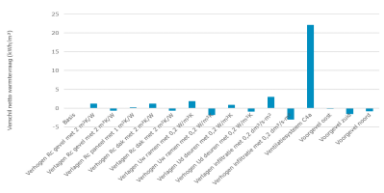


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0.42 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	71,1 kWh_th/m²	1201409806

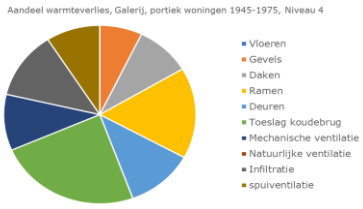


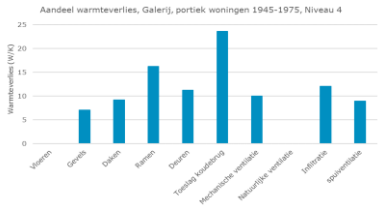


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1945 - 1975

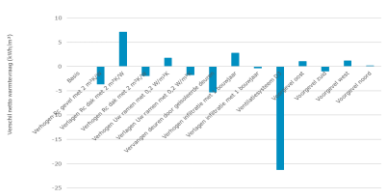


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2,00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteteruqwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	28,6 kWh_th/m²	1201409806

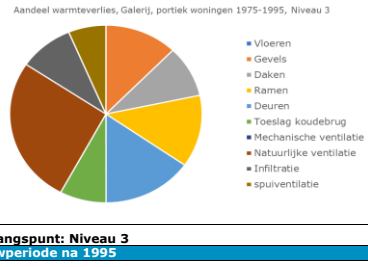


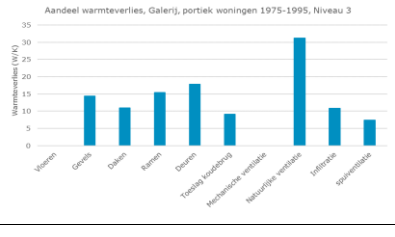


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode 1975 - 1995

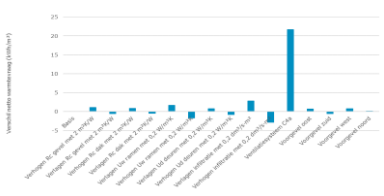


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 1.79 m²K/W	
Paneel	R_c = 0.19 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 3.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,40 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0.42 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Afgiftesysteem	n.t.b.	
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	62,9 kWh_th/m²	1111408356

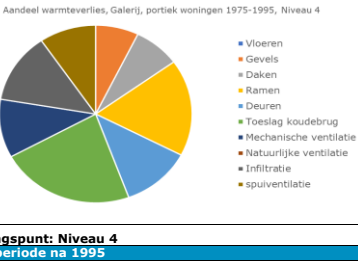


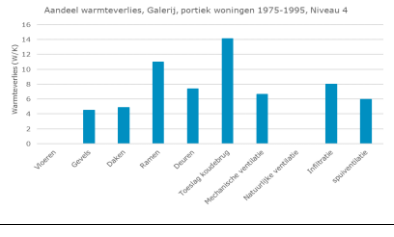


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode 1975 - 1995

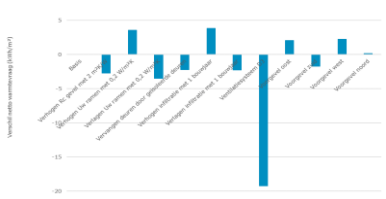


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 3.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 6.00 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.00 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 8.00 m²K/W	
Ramen	U_w = 1.00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Afgiftesysteem	n.t.b.	
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteteruqwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	23,7 kWh_th/m²	1111408356

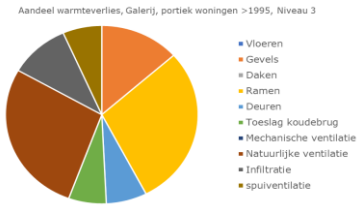


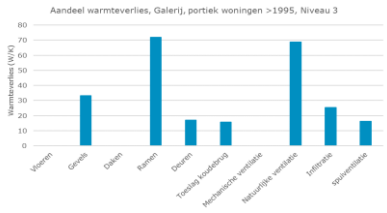


Uitgangspunt: Niveau 3
bouwperiode na 1995

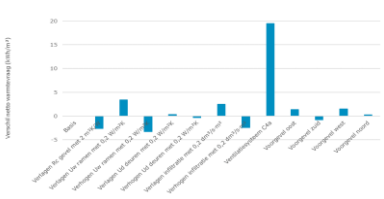


Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,80 W/m²K	
Deuren	U_d = 3.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0.60 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (C4a)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	54,6 kWh_th/m²	1109109820

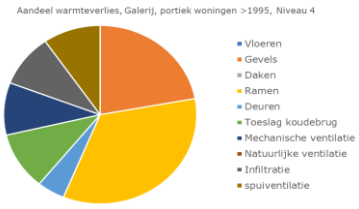


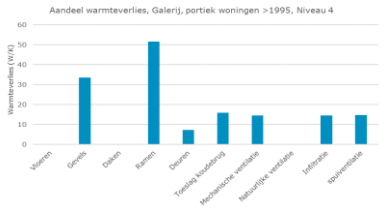


Uitgangspunt: Niveau 4
bouwperiode na 1995



Bouwkundig		
Begane grondvloer	R_c = 2.50 m²K/W	
Gevel	R_c = 2.50 m²K/W	
Paneel	R_c = 2.50 m²K/W	
Plat/hellend dakconstructie	R_c = 2.50 m²K/W	
Ramen	U_w = 1,00 W/m²K	
Deuren	U_d = 1.40 W/m²K	
Infiltratie	$q_{v10;kar}$ = 0.400 dm³/s·m²	
Koudebruggen	forfaitaire rekenwaarde	
Installatietechnisch		
Ventilatiesysteem	gebalanceerde ventilatie met warmteteruqwinning (D3)	
		Woningkenmerk:
Netto warmtevraag	25,6 kWh_th/m²	1109109820





Bijlage 6

Uitgangspunten en rekenresultaten variantenstudie

Tussenwoning, bouwperiode 1975-1995 (koopwoning). Bouwjaar 1978

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)

Dit betreft een jaren '70 woningen met een uitbouw uit een later bouwjaar. Met de maatregelen volgens niveau 3 wordt de begane grondvloer geïsoleerd, de spouw nageïsoleerd, het dak geïsoleerd en de ramen vervangen door HR^{++}-glas met een verbeterde kierdichting. Er wordt een ventilatiesysteem C4a toegepast.

Beschrijving varianten/ aandachtspunten

Niveau 3: Het isoleren van de gevel volgens niveau 3 resulteert in een slechtere kwaliteit dan de huidige kwaliteit. Dit is dus geen logische maatregel voor deze specifieke woning.

Variant 1: De volledige schil van de woning wordt geïsoleerd met gangbare maatregelen. De vloer en het dak worden geïsoleerd, het glas wordt vervangen door HR^{++}-glas met verbeterde kierdichting. Met het vervangen van het glas ligt het voor de hand om ook luchtdruk gestuurde ventilatieroosters toe te passen in combinatie met standaard mechanische afvoer, een systeem C2. Er wordt niets veranderd aan de gevel en de huidige thermische kwaliteit in de uitbouw (vloer en plat dak).

Variant 2: Het dak wordt volledig vervangen en nieuw HR^{++}-glas wordt geplaatst. Dit wordt gecombineerd met nieuwe ventilatieroosters en CO_2-sturing van het ventilatiesysteem in de woonkamer (C4a). De vloer wordt niet geïsoleerd. Deze variant zou een goede optie zijn het een woning betreft met een vloer op zand hebt en de begane grondvloer dus niet (eenvoudig) geïsoleerd kan worden.

Variant 3: In deze variant is gebalanceerde ventilatie met WTW zonder sturing (D2) toegepast en in aanvulling daarop zo min mogelijk maatregelen genomen. Om een goede werking van het ventilatiesysteem te garanderen is ook de luchtdichtheid van de woning verbeterd. Het dak wordt van binnenuit geïsoleerd en het dubbel glas wordt vervangen door HR^{++}-glas.

Variant 4: Nieuwe kozijnen met triple glas zijn toegepast. Het dak wordt niet geïsoleerd. De vloer wordt wel geïsoleerd, om de luchtdichtheid van de woning te verbeteren. Met het vervangen van de kozijnen en het glas ligt het voor de hand om ook luchtdruk gestuurde ventilatieroosters toe te passen. Er is gekozen voor een CO_2 sturing van het ventilatiesysteem in de woonkamer (C4a). Deze variant voldoet niet direct aan de referentie-warmtevraag volgens niveau 3. Er zijn dus (eventueel later) nog wat extra maatregelen benodigd, zoals het van binnenuit isoleren van het dak.

Tussenwoning, bouwperiode <1945 (koopwoning). Bouwjaar 1933

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)

Deze vooroorlogse woning heeft een ongeïsoleerde vloer en een ongeïsoleerde spouwmuur. Dit is de oorspronkelijke kwaliteit van de woning. Het dak is in een later jaar al geïsoleerd. De gevelopeningen zijn voorzien van HR^{++}-glas.

Beschrijving varianten/ aandachtspunten

Niveau 3: Met de maatregelen volgens niveau 3 wordt ervan uitgegaan dat er geen spouw aanwezig is, maar een steensmuur. In deze woning is echter wel een (ongeïsoleerde) spouw aanwezig. Met de maatregelen volgens niveau 3 verslechtert de huidige kwaliteit van de gevel. Dit is voor deze specifieke woning dus geen logische maatregel. Er wordt een ventilatiesysteem C2 toegepast.
Variant 1: In deze variant worden de kozijnen en het glas vervangen door nieuwe kozijnen met triple glas. Omdat de kozijnen vervangen worden kunnen tegelijkertijd (zelfregelende) ventilatieroosters geplaatst. Er is ook uitgegaan van een mechanische afzuiging van de ventilatielucht (ventilatiesysteem C2).
Variant 2: In de woning is al HR^{++}-glas aanwezig. Dit glas vervangen door glas met een kwaliteitsverklaring (met een betere U_w-waarde) is dus geen logische maatregelen. Daarom is deze variant gericht op het voorkomen dat het glas vervangen moet worden. Hiervoor is een gebalanceerd ventilatiesysteem toegepast met WTW. Om een goede werking van het ventilatiesysteem te garanderen is ook de luchtdichtheid van de woning verbeterd.
Variant 3: In deze variant wordt alleen de spouw nageïsoleerd. Deze maatregel is genoeg om een netto warmtevraag te bereiken die lager is dan het referentieniveau (niveau 3).

Tussenwoning, bouwperiode 1975-1995 (sociale huurwoning). Bouwjaar 1982

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)
Deze jaren '80 woning is nog grotendeels in originele staat. De begane grondvloer is ongeïsoleerd, de gevel en het hellende dak zijn minimaal geïsoleerd bij de bouw. De gevelopeningen zijn voorzien van dubbel glas. Het enkel glas op de verdieping wat wellicht bij de bouw nog aanwezig was is al vervangen door conventioneel dubbel glas. Er is een mechanisch ventilatiesysteem aanwezig met natuurlijke toevoer via ventilatieroosters en mechanische afvoer (C1).
Beschrijving varianten/ aandachtspunten
Niveau 3: Met de maatregelen van niveau 3 wordt de volledige schil van de woning verbeterd en er wordt een ventilatiesysteem met luchtdruk gestuurde roosters en CO_2-sturing in de woonkamer toegepast.
Variant 1: Met deze variant wordt voorkomen dat de spouw opnieuw geïsoleerd moet worden. De gevel is tijdens de bouw namelijk al geïsoleerd. Het is niet logisch om de spouw leeg te halen om 50 mm isolatie aan te brengen. Er wordt triple glas in nieuwe kozijnen toegepast en het dak wordt vervangen door een dak met een hoge thermische kwaliteit (R_c = 8 m^2K/W). De vloer wordt geïsoleerd. Wanneer het isoleren van de gevel achterwege wordt gelaten mag er niet gerekend worden met het renovatiejaar. Met het toepassen van kierdichting kan er wel vanuit worden gegaan dat de infiltratie verminderd. Daarom is er gerekend met een meetwaarde voor de infiltratie van 1,0 $dm^3/s{\cdot}m^2$. Hiernaast wordt een ventilatiesysteem met CO_2-sturing in de woonkamer toegepast. Het plaatsten van de nieuwe roosters kan namelijk goed gecombineerd worden met de nieuwe kozijnen.
Variant 2: In deze variant is gekozen om gebalanceerde ventilatie met WTW toe te passen en daarnaast de schil te verbeteren. Om een goede werking van het ventilatiesysteem te garanderen is ook de luchtdichtheid van de woning verbeterd. Het ligt voorde hand om wel al het dubbel glas in de woning te

vervangen door HR^{++}-glas. Daarnaast kan het dak geïsoleerd worden vanaf de binnenzijde en isolatie onder de vloer worden aangepast. De spouw wordt niet opnieuw geïsoleerd.

Tussenwoning, bouwperiode >1995 (sociale huurwoning). Bouwjaar 1996

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)

Deze relatief nieuwe woning, uit 1996, heeft een matig geïsoleerde vloer, gevel en dak. Er is grotendeels HR^{++}-glas aanwezig. Er is een mechanisch ventilatiesysteem aanwezig met natuurlijke toevoer via ongeregelde ventilatieroosters en mechanische afvoer.

Beschrijving varianten/ aandachtspunten

Niveau 3: De verbetermaatregelen van niveau 3 zijn voor een woning van na 1995 minimaal. Er wordt een verbeterde kierdichting toegepast, luchtdruk gestuurde roosters en extra sturing van het ventilatiesysteem.

Variant 1: De maatregel in deze variant is het toepassen van een gebalanceerd ventilatiesysteem met WTW. Aan de schil wordt niets aangepast.

Variant 2: Het plaatsen van triple-glas in nieuwe kozijnen en een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer (luchtdruk gestuurd) en mechanische afvoer met CO_2-sturing (C4a) is voldoende om een warmtevraag te behalen die lager is dan het referentieniveau (van niveau 3). Ook wordt er een goede kierdichting toegepast. Een infiltratiewaarde (meetwaarde) van 1,0 dm³/s·m² is naar verwachting haalbaar.

Variant 3: Met deze variant wordt het volledige dak vervangen door een dak met een isolatie op het niveau van de (concept) streefwaarde van R_c 8,0 m²K/W. Ook wordt er triple-glas toegepast in nieuwe kozijnen. Tegelijkertijd met het vervangen van de kozijnen worden er luchtdruk gestuurde ventilatieroosters geplaatst. De sturing van het ventilatiesysteem blijft ongewijzigd.

Meergezinswoning, tussenappartement onder het dak, bouwperiode 1945-1975 (koopwoning). Bouwjaar 1969

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)

Het appartement heeft 5 m² ongeïsoleerde vloer boven buitenlucht, een ongeïsoleerde gevel en een dak met een minimale hoeveelheid isolatie. De gevelopeningen zijn voorzien van dubbel glas. Dit appartement zal dus nog grotendeels in de oorspronkelijke staat zijn.

Beschrijving varianten/ aandachtspunten

Niveau 3: met de maatregelen volgens niveau 3 wordt de vloer geïsoleerd, de spouw nageïsoleerd, het dak geïsoleerd, de ramen vervangen door HR^{++}-glas met een verbeterde kierdichting. Er wordt een ventilatiesysteem C4a toegepast.

Variant 1: Met deze variant wordt het glas in alle gevelopeningen vervangen door HR^{++}-glas met een bekende kwaliteit (kwaliteitsverklaring). De spouw van de gevel wordt nageïsoleerd. Hiernaast wordt het dak goed geïsoleerd met isolatie op het niveau van de (concept) streefwaarde van R_c 8,0 m²K/W. De

vloer boven buiten wordt beperkt geïsoleerd, met name om koudebruggen te voorkomen. Gecombineerd met het vervangen van het glas worden (luchtdruk gestuurde) ventilatieroosters toegepast.
Variant 2: Met deze variant worden alle ramen vervangen door kunststof kozijnen met triple glas en wordt er een geïsoleerde voordeur/achterdeur toegepast. Hiernaast wordt het dak geïsoleerd met isolatie op het niveau van de (concept) streefwaarde. Met het vervangen van de kozijnen zullen (luchtdruk gestuurde) ventilatieroosters worden toegevoegd. Op het ventilatiesysteem wordt CO_2-sturing in de woonkamer toegepast. De vloer boven buiten wordt beperkt geïsoleerd met name om koudebruggen te voorkomen. Het renovatiejaar na 2010 mag niet toegepast worden omdat minder dan 90% van de schil nageïsoleerd is. De gehanteerde infiltratiewaarde van 0,5 $dm^3/s \cdot m^2$ moet daarom gemeten worden.
Variant 3: Met deze variant wordt een gebalanceerd ventilatiesysteem met WTW toegepast. De spouwmuur wordt nageïsoleerd en het glas wordt vervangen door HR++-glas in kozijnen met bekende kwaliteit. De vloer boven buiten wordt beperkt geïsoleerd met name om koudebruggen te voorkomen. Een alternatief zou kunnen zijn om een gecombineerd systeem (systeem E) toe te passen. Het renovatiejaar na 2010 mag niet toegepast worden omdat minder dan 90% van de schil nageïsoleerd is. De gehanteerde infiltratiewaarde van 1,0 $dm^3/s \cdot m^2$ moet daarom gemeten worden.

Meergezinswoning, tussenappartement onder het dak, bouwperiode <1945 (koopwoning). Bouwjaar 1896

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)
Dit vooroorlogse appartement uit 1896 beschikt over drie bouwlagen. Dit betreft dus waarschijnlijk een zogenaamd 'dubbel bovenhuis' met een eigen voordeur op straatniveau, wat relatief vaak voorkomt in wijken uit deze periode in een stedelijke omgeving.
De U_w-waarde uit de WoON2018 database is herleid tot gevelopeningen met 36% enkel glas en 64% dubbel glas. Tijdens de bouw was de woning geheel voorzien van enkel glas. Dit enkel glas is gedeeltelijk vervangen door dubbel glas. De gevel bestaat uit een ongeïsoleerde steensmuur. Het hellende en het platte dak is ongeïsoleerd. Er is 2,8 m^2 vloer boven een kruipruimte aanwezig. Dit is geïnterpreteerd als de vloer van de trapopgang.
Beschrijving varianten/ aandachtspunten
Niveau 3: Met de maatregelen volgens niveau 3 wordt er rekening gehouden met een steensmuur die ongeïsoleerd zal blijven. De overige constructieonderdelen worden wel geïsoleerd.
Variant 1: In deze variant wordt ervanuit gegaan dat het enkel glas niet vervangen mag worden omdat het een beschermd stadsgezicht kan betreffen. Het bestaande dubbel glas wordt wel vervangen door HR++-glas. De vloer wordt niet geïsoleerd, omdat dit waarschijnlijk in de praktijk een lastige maatregel is om uit te voeren. In plaats hiervan worden de dichte geveldelen geïsoleerd met voorzetwanden. De daken worden nageïsoleerd tussen de balken. Wel wordt er een ventilatiesysteem geplaatst met klepramen of roosters en een mechanische afvoer (C1). Lokale mechanische afvoer is daarbij toepasbaar.
Variant 2: Deze variant lijkt erg op variant 1. Het verschil is dat het enkel glas vervangen wordt door monumentenglas (dubbel glas), dat het huidige dubbel glas wordt gehandhaafd en de kierdichting rondom de ramen wordt verbeterd.

Meergezinswoning, hoekappartement op een tussenverdieping, bouwperiode > 1995 (koopwoning). Bouwjaar 2002

Beschrijving huidige situatie (interpretatie WoON2018 gegevens)

Dit relatief nieuwe appartement uit 2002 heeft HR-glas en een geïsoleerde gevel. Er is een mechanisch ventilatiesysteem aanwezig met natuurlijke toevoer via conventionele ventilatieroosters en centrale mechanische afvoer met handbediening (drie-standen).

Beschrijving varianten/ aandachtspunten

Niveau 3: In de standaardmaatregelen volgens niveau 3 wordt gerekend met nieuw HR^{++}-glas en verbetering van de kierdichting, nieuwe winddrukgeregelde ventilatieroosters en een CO_2-sturing op de ventilatieafvoer (C4a).

Variant 1: Het toepassen van een ventilatiesysteem met mechanische toe- en afvoer en WTW (D2) is voldoende om de warmtevraag voldoende te verlagen. Maatregelen aan de schil zijn met deze variant niet noodzakelijk om te komen tot een netto warmtevraag die lager is dan de referentiewaarde (behorend bij niveau 3).

Variant 2: De maatregelen volgens niveau 3 zijn voor dit appartement logische verbetermaatregelen. Het glas wordt vervangen door HR^{++}-glas, er wordt goede kierdichting toegepast en een ventilatiesysteem met (luchtdruk gestuurde) ventilatieroosters en CO_2-sturing in de woonkamer. Omdat variant 2 gelijk is aan 'niveau 3' is deze variant niet apart in het overzicht in bijlage 1 opgenomen

Nieman

Energieconcept maatregelen niveau 3 - tussenwoningen
27-7-2020

	Tussenwoning, bouwperiode 1975-1995 (1710401971)	**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**			**Niveau 3 - maatwerk variant 2**			**Niveau 3 - maatwerk variant 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 4**			**Niveau 3 - maatwerk variant 5**		
Bouwkundig																			
	huidige thermische kwaliteit (in WOON 2018 database)	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
Begane grondvloer	R_c = 0,52 m²K/W	(isolatie vloer conform bouwjaar 1975-1983)	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,52 m²K/W	(isolatie vloer conform bouwjaar 1975-1983)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,52 m²K/W	(isolatie vloer conform bouwjaar 1975-1983)	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,52 m²K/W	(isolatie vloer conform bouwjaar 1975-1983)
Begane grondvloer 2 (uitbouw)	R_c = 2,82 m²K/W	(120 mm isolatie onder vloer)	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,82 m²K/W	(120 mm isolatie onder vloer)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,82 m²K/W	(120 mm isolatie onder vloer)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,82 m²K/W	(120 mm isolatie onder vloer)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,82 m²K/W	(120 mm isolatie onder vloer)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,82 m²K/W	(120 mm isolatie onder vloer)
Gevel	R_c = 2,04 m²K/W	(waarschijnlijk gebeitelijk gekalkte gevel)	**50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)**	R_c = **1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,04 m²K/W	(waarschijnlijk gebeitelijk gekalkte gevel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,04 m²K/W	(waarschijnlijk gebeitelijk gekalkte gevel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,04 m²K/W	(waarschijnlijk gebeitelijk gekalkte gevel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,04 m²K/W	(waarschijnlijk gebeitelijk gekalkte gevel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,04 m²K/W	(waarschijnlijk gebeitelijk gekalkte gevel)
Paneel (spouwblad 1, 75 m²)	R_c = 0,73 m²K/W	(gelaserd paneel met spouw)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,22 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,73 m²K/W	(gelaserd paneel met spouw)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,73 m²K/W	(gelaserd paneel met spouw)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,73 m²K/W	(gelaserd paneel met spouw)	**Nieuw paneel in kozijn**	**R_c = 2,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,73 m²K/W	(gelaserd paneel met spouw)
Hellend dakconstructie	R_c = 0,66 m²K/W	(20 mm isolatie hellend dak)	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,66 m²K/W	(20 mm isolatie hellend dak)	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklarir**	R_c = **8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,66 m²K/W	(20 mm isolatie hellend dak)
Plat dakconstructie (uitbouw)	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie plat dak conform bouwjaar 1992-2014)	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **2,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie plat dak conform bouwjaar 1992-2014)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie plat dak conform bouwjaar 1992-2014)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie plat dak conform bouwjaar 1992-2014)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie plat dak conform bouwjaar 1992-2014)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie plat dak conform bouwjaar 1992-2014)
Kamers	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas, 23% van de woning)	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas, 23% van de woning)
	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 77% van de woning)	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**met kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 77% van de woning)	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 77% van de woning)	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 77% van de woning)
Deuren	U_w = 3,4 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	**gelaseerde deur**	**U_d = 2,00 W/m²K**	**Nieuwe voordeur**	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)
Infiltratie	bouwjaar 1978	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**		**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**	**Meetwaarde**	**kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²**	**NIETWAARDE**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²**	**Meetwaarde**
Installatietechniek																				
Ventilatiesysteem	systeem A	**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**C3. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters)**			**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**			**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**		
Algemene kenmerken																				
Bouwjaar	1978																			
Gebruiksoppervlakte	129 m²																			
Compactheid (verhouding A_u/A_g)	1,25																			
Oriëntatie	Noord-west / zuid-oost																			
Warmtevraag	**108 kWh/m²**		**60 kWh/m²**			**60 kWh/m²**			**59 kWh/m²**			**44 kWh/m²**			**66 kWh/m²**			**53 kWh/m²**		

	Tussenwoning, bouwperiode <1945 (1710402431)	**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**			**Niveau 3 - maatwerk variant 2**			**Niveau 3 - maatwerk variant 3**								
Bouwkundig																			
	huidige thermische kwaliteit (in WOON 2018 database)	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**						
Begane grondvloer	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeïsoleerde vloer boven kruipruimte)	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeïsoleerde vloer boven kruipruimte)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeïsoleerde vloer boven kruipruimte)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeïsoleerde vloer boven kruipruimte)						
Gevel	R_c = 0,35 m²K/W	(ongeïsoleerde gevel met spouw)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,29 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,35 m²K/W	(ongeïsoleerde gevel met spouw)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,35 m²K/W	(ongeïsoleerde gevel met spouw)	**40 mm isolatie in eenvoe**	R_c = **1,25 m²K/W**						
Paneel	n.v.t.	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.	met aanwezig	-						
Hellend dakconstructie	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie hellend dak conform renovatiejaar 1992-201	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie hellend dak conform renovatiejaar 1992-2014)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(isolatie hellend dak conform renovatiejaar 1992-2014)						
Plat dakconstructie	R_c = 1,36 m²K/W	(50 mm isolatie plat dak)	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	R_c = 1,36 m²K/W	(50 mm isolatie plat dak)	geen verbetermaatregelen	R_c = 1,36 m²K/W	(50 mm isolatie plat dak)	geen verbetermaatregelen	R_c = 1,36 m²K/W	(50 mm isolatie plat dak)						
Kamers	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas)	**HR⁺⁺glas met kwaliteitsverklaring**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas)	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas)						
Deuren	U_w = 3,4 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)						
Infiltratie	bouwjaar 1833		**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 3,00 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar	**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 3,00 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar	**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²	Meetwaarde	geen verbetermaatregelen	$q_{v;10;kar}$ = 3,00 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar						
Installatietechniek																				
Ventilatiesysteem	systeem A	**C2. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters)**			**C3. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters)**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**			systeem A								
Algemene kenmerken																				
Bouwjaar	1833																			
Gebruiksoppervlakte	121 m²																			
Compactheid (verhouding A_u/A_g)	1,31																			
Oriëntatie	Noord / zuid																			
Warmtevraag	**136 kWh/m²**		**123 kWh/m²**			**115 kWh/m²**			**56 kWh/m²**			**118 kWh/m²**								

	Tussenwoning, bouwperiode 1975-1995 (1801508755)	**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**			**Niveau 3 - maatwerk variant 2**			**Niveau 3 - maatwerk variant 3**								
Bouwkundig																			
	huidige thermische kwaliteit (in WOON 2018 database)	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**						
Begane grondvloer	R_c = 0,52 m²K/W	(ongeïsoleerde vloer, bouwjaar 1975-1983)	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	**140 mm isolatie onder vloer**	R_c = **3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,52 m²K/W	(ongeïsoleerde vloer, bouwjaar 1975-1983)						
Gevel	R_c = 1,30 m²K/W	(gelaserde spouw, bouwjaar 1975-1983)	**50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)**	R_c = **1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**	n.v.t.	-	-	n.v.t.	-	-	geen verbetermaatregelen	R_c = 1,30 m²K/W	(gelaserde spouw, bouwjaar 1975-1983)						
Paneel	n.v.t.	-	-	-	-	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwalit**	R_c = **8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	n.v.t.	-	-						
Hellend dakconstructie	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserd dak, bouwjaar 1975-1983)	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	R_c = **3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,30 W/m²K	(gelaserd dak, bouwjaar 1975-1983)						
Kamers	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas)	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**met kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**						
Deuren	U_w = 3,4 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)						
Infiltratie	bouwjaar 1982		**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = **1,00 dm³/s·m²**	**MEETWAARDE**	**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²	Meetwaarde	**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = 0,70 dm³/s·m²	Meetwaarde						
Installatietechniek																				
Ventilatiesysteem	C1. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**								
Algemene kenmerken																				
Bouwjaar	1982																			
Gebruiksoppervlakte	108 m²																			
Compactheid (verhouding A_u/A_g)	1,43																			
Oriëntatie	Noord-west / zuid-oost																			
Warmtevraag	**111 kWh/m²**		**65 kWh/m²**			**66 kWh/m²**			**48 kWh/m²**			**62 kWh/m²**								

	Tussenwoning, bouwperiode >1995 (1710403179)	**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**			**Niveau 3 - maatwerk variant 2**			**Niveau 3 - maatwerk variant 3**								
Bouwkundig																			
	huidige thermische kwaliteit (in WOON 2018 database)	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**						
Begane grondvloer	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde vloer, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde vloer, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde vloer, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde vloer, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde vloer, bouwjaar >1995)						
Gevel	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde gevel, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde gevel, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde gevel, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde gevel, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserde gevel, bouwjaar >1995)						
Paneel	n.v.t.	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.	-	-	n.v.t.	-	-						
Hellend dakconstructie	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserd dak, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserd dak, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserd dak, bouwjaar >1995)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(gelaserd dak, bouwjaar >1995)	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwalitei**	R_c = **8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**			
Kamers	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 83% van de woning)	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	forfaitaire waarde ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 83% van de woning)	geen verbetermaatregelen	U_w = 1,80 W/m²K	(HR⁺⁺glas, 83% van de woning)	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**			
	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas, 17% van de woning)	**HR⁺⁺glas in houten/kunststof kozijn**	U_w = **1,40 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas, 17% van de woning)	geen verbetermaatregelen	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas, 17% van de woning)	geen verbetermaatregelen	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas, 17% van de woning)	**triple-glas in nieuw kozijn**	U_w = **1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**			
Deuren	U_w = 3,4 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeïsoleerde deur)						
Infiltratie	bouwjaar 1996		**verbeterde kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = **1,00 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**	forfaitaire rekenwaarde	$q_{v;10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²	bouwjaar 1995	**kierdichting**	$q_{v;10;kar}$ = **1,00 dm³/s·m²**	**MEETWAARDE**	geen verbetermaatregelen	$q_{v;10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, bouwjaar 1995						
Installatietechniek																				
Ventilatiesysteem	C1. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**			**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**C2. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters)**								
Algemene kenmerken																				
Bouwjaar	1996																			
Gebruiksoppervlakte	105 m²																			
Compactheid (verhouding A_u/A_g)	1,61																			
Oriëntatie	Noord / zuid																			
Warmtevraag	**88 kWh/m²**		**75 kWh/m²**			**65 kWh/m²**			**73 kWh/m²**			**73 kWh/m²**								

RAADGEVende INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, techniek en regelgeving

Energieconcept maatregelen niveau 3 - meergezinswoning
27-7-2020

	Meergezinswoning, bouwperiode 1945-1975 (1802500399)		**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**			**Niveau 3 - maatwerk variant 2**			**Niveau 3 - maatwerk variant 3**		
Bouwkundig														
	huidige thermische kwaliteit **(in WOON 2018 database)**		**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**
Vloer boven buiten (5 m²)	R_c = 0,17 m²K/W	(ongeisoleerde vloer bouwjaar 1965-1975)	**140 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	**30 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 1,03 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	**30 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 1,03 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	**30 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 1,03 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**
Gevel	R_c = 0,43 m²K/W	(ongeisoleerde gevel bouwjaar 1965-1975)	**50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)**	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**	**50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)**	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,43 m²K/W	(ongeisoleerde gevel bouwjaar 1965-1975)	**50 mm isolatie in spouw (λ = 0,035)**	**R_c = 1,79 m²K/W**	**inschatting spouwdikte, kwaliteitsverklaring**
Paneel	niet aanwezig	-	n.v.t.	-		n.v.t.	-		n.v.t.	-		n.v.t.	-	
Plat dakconstructie	R_c = 1,11 m²K/W	(40 mm isolatie op plat dak)	**150 mm isolatie**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	**350 mm isolatie volgens ISSO 82.1 / kwaliteitsverklaring**	**R_c = 8,00 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	R_c = 1,11 m²K/W	(40 mm isolatie op plat dak)
Ramen	U_w = 2,9 W/m²K	(dubbel glas in houten kozijn)	**HR^{++}-glas met kwaliteitsverklaring**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR^{++}-glas met kwaliteitsverklaring**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**triple-glas in nieuw kozijn**	**U_w = 1,00 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR^{++}-glas met kwaliteitsverklaring**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	**geisoleerde deur**	**U_d = 2,00 W/m²K**	**ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)
Infiltratie	bouwjaar 1969		**verbeterde kierdichting**	**$q_{v-10;kar}$ = 0,42 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**verbeterde kierdichting**	**$q_{v-10;kar}$ = 0,42 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar >2010**	**kierdichting**	**$q_{v-10;kar}$ = 0,50 dm³/s·m²**	**meetwaarde**	**kierdichting**	**$q_{v-10;kar}$ = 1,00 dm³/s·m²**	**meetwaarde**
Installatietechnisch														
Ventilatiesysteem	systeem A		**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**C2. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters)**			**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**		
Algemene kenmerken														
Bouwjaar	1969													
Gebruiksoppervlakte	86 m²													
Compactheid	1,11													
Oriëntatie	Noord / zuid													
Warmtevraag	**133 kWh/m²**		**56 kWh/m²**			**55 kWh/m²**			**55 kWh/m²**			**57 kWh/m²**		

	Meergezinswoning, bouwperiode <1945 (1708406104)		**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**			**Niveau 3 - maatwerk variant 2**					
Bouwkundig														
	huidige thermische kwaliteit **(in WOON 2018 database)**		**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**	**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**			
Vloer boven kruipruimte (2,8m²)	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeisoleerde vloer)	**140 mm isolatie onder vloer**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**huidige nieuwbouweis**	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeisoleerde vloer)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,33 m²K/W	(ongeisoleerde vloer)			
Gevel	R_c = 0,19 m²K/W	(ongeisoleerde steenmuur)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,19 m²K/W	ISSO 82.1	**140 mm isolatie in voorzetwand**	**R_c = 3,47 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**	**140 mm isolatie in voorzetwand**	**R_c = 3,47 m²K/W**	**kwaliteitsverklaring**			
Paneel	R_c = 0,23 m²K/W	(ongeisoleerd paneel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	(ongeisoleerd paneel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 0,23 m²K/W	(ongeisoleerd paneel)			
Hellend dakconstructie	R_c = 0,22 m²K/W	(ongeisoleerd dak)	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**			
Plat dakconstructie	R_c = 0,22 m²K/W	(ongeisoleerd dak)	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**	**150 mm isolatie tussen spanten/gordingen**	**R_c = 3,50 m²K/W**	**berekend volgens ISSO 82.1**			
Ramen	U_w = 5,10 W/m²K	(36% enkel glas)	**HR^{++}-glas, houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 5,10 W/m²K	(36% enkel glas)	**monumentenglas (dubbel glas)**	**U_w = 2,90 W/m²K**	**Forfaitaire rekenwaarde dubbel glas**			
	U_w = 2,90 W/m²K	(64% dubbel glas)	**HR^{++}-glas, houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	**HR^{++}-glas, houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1,40 W/m²K**	**kwaliteitsverklaring**	geen verbetermaatregelen	U_w = 2,90 W/m²K	(dubbel glas)			
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	ongeisoleerde deur	U_d = 3,40 W/m²K	ISSO 82.1	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)			
Infiltratie	bouwjaar 1896		**verbeterde kierdichting**	$q_{v-10;kar}$ = 1,80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	bouwjaar 1896	**verbeterde kierdichting**	$q_{v-10;kar}$ = 1,80 dm³/s·m²	forfaitaire rekenwaarde, geen renovatiejaar			
Installatietechnisch														
Ventilatiesysteem	systeem A		**C2. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer (luchtdrukgestuurde roosters)**			**C1. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer**			**C1. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer**					
Algemene kenmerken														
Bouwjaar	1896													
Gebruiksoppervlakte	72 m²													
Compactheid	1,71													
Oriëntatie	Noord-west / zuid-oost													
Warmtevraag	**279 kWh/m²**		**107 kWh/m²**			**106 kWh/m²**			**107 kWh/m²**					

	Meergezinswoning, bouwperiode >1995 (1710501640)		**Niveau 3**			**Niveau 3 - maatwerk variant 1**								
Bouwkundig														
	huidige thermische kwaliteit **(in WOON 2018 database)**		**Mogelijke invulling rekenwaarde**			**Mogelijke invulling rekenwaarde**	**Rekenwaarde**	**Herkomst rekenwaarde**						
Vloer	niet aanwezig	-	n.v.t.	-		n.v.t.	-							
Gevel	R_c = 2,50 m²K/W	(geïsoleerde gevel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(geïsoleerde gevel)	geen verbetermaatregelen	R_c = 2,50 m²K/W	(geïsoleerde gevel)						
Paneel	niet aanwezig	-	n.v.t.	-		n.v.t.	-							
Plat dakconstructie	niet aanwezig	-	n.v.t.	-		n.v.t.	-							
Ramen	U_w = 2,3 W/m²K	(HR-glas in houten kozijn)	**HR^{++}-glas, houten/kunststof kozijn**	**U_w = 1,80 W/m²K**	**forfaitaire waarde ISSO 82.1**	geen verbetermaatregelen	U_w = 2,3 W/m²K	(HR-glas in houten kozijn)						
Deuren	U_d = 3,4 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,4 W/m²K	(ongeisoleerde deur)	geen verbetermaatregelen	U_d = 3,40 W/m²K	(ongeisoleerde deur)						
Infiltratie	bouwjaar 2002		**verbeterde kierdichting**	**$q_{v-10;kar}$ = 0,60 dm³/s·m²**	**forfaitaire rekenwaarde, renovatiejaar 2000-2010**	geen verbetermaatregelen	forfaitaire rekenwaarde	bouwjaar 2002						
Installatietechnisch														
Ventilatiesysteem	C1. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer		**C4a. natuurlijke toevoer - mechanische afvoer - met CO_2-sturing in woonkamer**			**D2. gebalanceerde ventilatie met WTW**								
Algemene kenmerken														
Bouwjaar	2002													
Gebruiksoppervlakte	105 m²													
Compactheid	0,76													
Oriëntatie	Noord/zuid													
Warmtevraag	**69 kWh/m²**		**61 kWh/m²**			**47 kWh/m²**								

Bijlage 7

Kenmerken referentiewoningen t.b.v. bepalen benodigde verwarmingsvermogen

(De mediaan is de mediaan van de verhouding tussen de schiloppervlakte en het gebruiksoppervlak van de woningcategorie uit de WoON 2018 database. De referentiewoning waarden zijn de verhouding en oppervlakten van de afgebeelde woning die is gebruikt voor de analyse.)

	Bouwjaar < 1945		1945-1975		1975-1995		>1995	
Tussenwoning	 Bouwjaar: 1920	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,6 A_g = 109,0 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,8 A_g = 103,6 m²	 Bouwjaar: 1955	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,5 A_g = 108,5 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,5 A_g = 91,8 m²	 Bouwjaar: 1983	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,4 A_g = 113,5 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,2 A_g = 137,7 m²	 Bouwjaar: 2018	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,4 A_g = 124,8 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,4 A_g = 138,7 m²
Hoekwoning	 Bouwjaar: 1920	Mediaan: A_{is}/A_g = 2,0 A_g = 120,4 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,5 A_g = 102,7 m²	 Bouwjaar: 1948	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,9 A_g = 115,8 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,1 A_g = 91,8 m²	 Bouwjaar: 1983	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,9 A_g = 119,5 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,7 A_g = 137,7 m²	 Bouwjaar: 2018	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,9 A_g = 140,9 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,1 A_g = 134,6 m²
Vrijstaande woning	 Bouwjaar: 1910	Mediaan: A_{is}/A_g = 2,3 A_g = 155,7 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,1 A_g = 118,5 m²	 Bouwjaar: 1952	Mediaan: A_{is}/A_g = 2,3 A_g = 162,7 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,5 A_g = 155,0 m²	 Bouwjaar: 1988	Mediaan: A_{is}/A_g = 2,2 A_g = 161,8 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,1 A_g = 225,4 m²	 Bouwjaar: 2018	Mediaan: A_{is}/A_g = 2,2 A_g = 185,2 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 2,2 A_g = 168,7 m²
Appartement	 Bouwjaar: 1925	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,3 A_g = 80,8 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,3 A_g = 47,4 m²	 Bouwjaar: 1959	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,0 A_g = 76,6 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 1,4 A_g = 92,7 m²	 Bouwjaar: 1968	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,2 A_g = 73,0 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 0,9 A_g = 92,1 m²	 Bouwjaar: 2019	Mediaan: A_{is}/A_g = 1,0 A_g = 89,0 m² Referentiewoning: A_{is}/A_g = 0,9 A_g = 127,9 m²

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica,-techniek en -regelgeving

Basisuitgangspunten warmteverliesberekening

Projectgegevens

project	Referentie warmtevraag bestaande bouw
projectnummer	20190115
opdrachtgever	RVO
datum	26 september 2019

Uitgangspunten bestaande situatie

Berekeningen:
warmteverliesberekening: volgens ISSO 51 (2017 versie)

Berekeningsprogramma: Vabi Elements v 3.5.1.21477; (ISSO 51 berekening)

Uitgangspunten warmteverliesberekening

Zekerheidsklasse	C	
Nachtverlaging	2°C	
Opwarmtijd	2 h	

Binnentemperaturen

	bouwjaar <1965	bouwjaar >1965
Woonkamer/keuken	20°C	20°C
Slaapkamer	16°C	20°C
Badkamer	16°C	22°C
Gang/overloop	16°C	18°C
Toilet	16°C	18°C
Zolder/berging	16°C	18°C

Bouwkundige en installatietechnische kenmerken
Zie overzicht "Energetische kwaliteit per woningtypologie"

Uitgangspunten nieuwe situatie

Berekeningen:
warmteverliesberekening: volgens ISSO 51 (2017 versie)

Berekeningsprogramma: Vabi Elements v 3.5.1.21477; (ISSO 51 berekening)

Uitgangspunten warmteverliesberekening

Zekerheidsklasse	C
Nachtverlaging	
bij niveau 3	2°C
bij niveau 4	0°C
Opwarmtijd	2 h

Binnentemperaturen

	bij niveau 3	bij niveau 4
Woonkamer/keuken	21°C	22°C
Slaapkamer	21°C	22°C
Badkamer	22°C	22°C
Gang/overloop	18°C	18°C
Toilet	18°C	18°C
Zolder/berging	18°C	18°C

Bouwkundige en installatietechnische kenmerken
Zie overzicht "Energetische kwaliteit per woningtypologie"

Zekerheidsklasse C:

grondgebonden woningen:			gestapelde bouw:		
				+/- 2°C	
>10°C		+/-	>10°C		+/- 2°C
				+/- 2°C	

Rekenresultaten

Benodigd warmteafgiftevermogen

	Niveau 1	Niveau 3	% afname tov oorsp. niveau	Niveau 4	% afname tov oorsp. niveau	Volume woning
tussenwoning, <1925	18.877 W	10.471 W	-45%	2.982 W	-84%	351 m³
tussenwoning, 1925-1965	12.074 W	6.357 W	-47%	3.187 W	-74%	281 m³
tussenwoning, 1965-1995	14.241 W	8.498 W	-40%	4.031 W	-72%	400 m³
tussenwoning, >1995	10.287 W	10.618 W	3%	6.059 W	-41%	537 m³
hoekwoning, <1925	21.509 W	12.630 W	-41%	3.298 W	-85%	340 m³
hoekwoning, 1925-1965	14.413 W	7.384 W	-49%	3.511 W	-76%	279 m³
hoekwoning, 1965-1995	18.531 W	10.016 W	-46%	4.732 W	-74%	407 m³
hoekwoning, >1995	11.069 W	10.804 W	-2%	6.754 W	-39%	464 m³
vrijstaande woning, <1925	25.503 W	13.263 W	-48%	3.564 W	-86%	321 m³
vrijstaande woning, 1925-1965	30.508 W	13.330 W	-56%	5.628 W	-82%	506 m³
vrijstaande woning, 1965-1995	32.070 W	14.146 W	-56%	5.920 W	-82%	736 m³
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	12.058 W	-5%	6.957 W	-45%	625 m³
appartement, <1925	5.639 W	5.947 W	5%	1.020 W	-82%	144 m³
appartement, 1925-1965	9.704 W	5.702 W	-41%	1.756 W	-82%	229 m³
appartement, 1965-1995	9.006 W	6.219 W	-31%	1.721 W	-81%	212 m³
appartement, >1995	7.675 W	7.926 W	3%	2.821 W	-63%	373 m³

Beschikbaar warmteafgiftevermogen + minimaal benodigd temperatuurtraject

Kenmerken radiator:	Type 22 (1440*600 mm)
Temperatuurtraject:	Hoge temperatuur: 80°C-60°C
Vermogen radiator bij temperatuurtraject: 80°C-60°C	2529 W

	Niveau 1		Niveau 3		Niveau 4	
		Aantal radiatoren benodigd	aanvoertemperatuur	retourtemperatuur	aanvoertemperatuur	retourtemperatuur
tussenwoning, <1925	18.877 W	8 stuks	58 °C	45 °C	35 °C	30 °C
tussenwoning, 1925-1965	12.074 W	5 stuks	57 °C	44 °C	42 °C	34 °C
tussenwoning, 1965-1995	14.241 W	6 stuks	60 °C	47 °C	43 °C	35 °C
tussenwoning, >1995	10.287 W	5 stuks	81 °C	61 °C	60 °C	47 °C
hoekwoning, <1925	21.509 W	9 stuks	60 °C	47 °C	34 °C	29 °C
hoekwoning, 1925-1965	14.413 W	6 stuks	56 °C	44 °C	40 °C	33 °C
hoekwoning, 1965-1995	18.531 W	8 stuks	57 °C	45 °C	41 °C	34 °C
hoekwoning, >1995	11.069 W	5 stuks	79 °C	59 °C	61 °C	47 °C
vrijstaande woning, <1925	25.503 W	11 stuks	56 °C	44 °C	33 °C	29 °C
vrijstaande woning, 1925-1965	30.508 W	13 stuks	52 °C	41 °C	36 °C	31 °C
vrijstaande woning, 1965-1995	32.070 W	13 stuks	52 °C	41 °C	36 °C	31 °C
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	6 stuks	78 °C	59 °C	58 °C	45 °C
appartement, <1925	5.639 W	3 stuks	83 °C	62 °C	36 °C	31 °C
appartement, 1925-1965	9.704 W	4 stuks	60 °C	47 °C	36 °C	31 °C
appartement, 1965-1995	9.006 W	4 stuks	65 °C	50 °C	37 °C	31 °C
appartement, >1995	7.675 W	4 stuks	82 °C	61 °C	48 °C	39 °C

Minimaal extra aantal radiatoren

Kenmerken radiator:	Type 22 (1440*600 mm)
Temperatuurtraject hoge temperatuur	80°C-60°C
Vermogen radiator:	2529 W
Temperatuurtraject midden temperatuur	70°C-53°C
Vermogen radiator:	1995 W
Temperatuurtraject lage temperatuur	50°C-40°C
Vermogen radiator:	1027 W
Temperatuurtraject zeer lage temperatuur	35°C-30°C
Vermogen radiator:	417 W

	Niveau 1		Niveau 3					Niveau 4					
		Aantal radiatoren benodigd	MT		LT		ZLT	MT		LT		ZLT	
tussenwoning, <1925	18.877 W	8 stuks	-2 stuks extra	-30%	3 stuks extra	37%	18 stuks extra	236%	-6 stuks extra	-80%	-5 stuks extra	-61%	0 stuks extra	-4%
tussenwoning, 1925-1965	12.074 W	5 stuks	-2 stuks extra	-33%	2 stuks extra	30%	11 stuks extra	219%	-3 stuks extra	-67%	-2 stuks extra	-35%	3 stuks extra	60%
tussenwoning, 1965-1995	14.241 W	6 stuks	-1 stuks extra	-24%	3 stuks extra	47%	15 stuks extra	262%	-4 stuks extra	-64%	-2 stuks extra	-30%	4 stuks extra	72%
tussenwoning, >1995	10.287 W	4 stuks	1 stuks extra	31%	6 stuks extra	154%	21 stuks extra	526%	-1 stuks extra	-25%	2 stuks extra	45%	11 stuks extra	257%
hoekwoning, <1925	21.509 W	9 stuks	-2 stuks extra	-26%	4 stuks extra	45%	22 stuks extra	256%	-7 stuks extra	-81%	-5 stuks extra	-62%	-1 stuks extra	-7%
hoekwoning, 1925-1965	14.413 W	6 stuks	-2 stuks extra	-35%	2 stuks extra	26%	12 stuks extra	211%	-4 stuks extra	-69%	-2 stuks extra	-40%	3 stuks extra	48%
hoekwoning, 1965-1995	18.531 W	7 stuks	-2 stuks extra	-31%	3 stuks extra	33%	17 stuks extra	228%	-5 stuks extra	-68%	-3 stuks extra	-37%	4 stuks extra	55%
hoekwoning, >1995	11.069 W	4 stuks	1 stuks extra	24%	6 stuks extra	140%	22 stuks extra	492%	-1 stuks extra	-23%	2 stuks extra	50%	12 stuks extra	270%
vrijstaande woning, <1925	25.503 W	10 stuks	-4 stuks extra	-34%	3 stuks extra	28%	22 stuks extra	215%	-8 stuks extra	-82%	-7 stuks extra	-66%	-2 stuks extra	-15%
vrijstaande woning, 1925-1965	30.508 W	12 stuks	-5 stuks extra	-45%	1 stuks extra	8%	20 stuks extra	165%	-9 stuks extra	-77%	-7 stuks extra	-55%	2 stuks extra	12%
vrijstaande woning, 1965-1995	32.070 W	13 stuks	-6 stuks extra	-44%	1 stuks extra	9%	21 stuks extra	167%	-10 stuks extra	-77%	-7 stuks extra	-55%	2 stuks extra	12%
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	5 stuks	1 stuks extra	21%	7 stuks extra	135%	24 stuks extra	477%	-2 stuks extra	-30%	2 stuks extra	35%	12 stuks extra	233%
appartement, <1925	5.639 W	2 stuks	1 stuks extra	34%	4 stuks extra	160%	12 stuks extra	539%	-2 stuks extra	-77%	-1 stuks extra	-55%	0 stuks extra	10%
appartement, 1925-1965	9.704 W	4 stuks	-1 stuks extra	-26%	2 stuks extra	45%	10 stuks extra	256%	-3 stuks extra	-77%	-2 stuks extra	-55%	0 stuks extra	10%
appartement, 1965-1995	9.006 W	4 stuks	-1 stuks extra	-12%	3 stuks extra	70%	11 stuks extra	319%	-3 stuks extra	-76%	-2 stuks extra	-53%	1 stuks extra	16%
appartement, >1995	7.675 W	3 stuks	1 stuks extra	31%	5 stuks extra	154%	16 stuks extra	526%	-2 stuks extra	-53%	0 stuks extra	-9%	4 stuks extra	123%

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Gevoeligheidsanalyse

Projectgegevens

project	Referentie warmtevraag bestaande bouw
projectnummer	20190115
opdrachtgever	RVO
datum	##########

Basisconcept

Uitgangspunt gevoeligheidsanalyse:	Niveau 3 Tussenwoning 1965-1995

Varianten

	Benodigd vermogen (o.b.v. warmteverliesberekening)	
Variant thermische kwaliteit vloer		
basis: R_c = 3,50 m²K/W	8498 W	
variant: -2 m²K/W (R_c = 1,50 m²K/W)	8692 W	2%
variant: +2 m²K/W (R_c = 5,50 m²K/W)	8090 W	-5%
Variant thermische kwaliteit gevel		
basis: R_c = 1,79 m²K/W	8498 W	
variant: -2 m²K/W (n.v.t.)	-	-
variant: + 2 m²K/W (R_c = 3,79 m²K/W)	7854 W	-8%
Variant thermische kwaliteit dak		
basis: R_c = 3,50 m²K/W	8498 W	
variant: -2 m²K/W (R_c = 1,50 m²K/W)	8960 W	5%
variant: +2 m²K/W (R_c = 5,50 m²K/W)	8034 W	-5%
Variant thermische kwaliteit ramen		
basis: U_w = 1,40 W/m²K	8498 W	
variant: U_w = 1,60 W/m²K	8312 W	-2%
variant: U_w = 1,20 W/m²K	8093 W	-5%
Variant thermische kwaliteit deuren		
basis: U_d = 3,40 W/m²K	8498 W	
variant: U_d = 2,0 W/m²K	8085 W	-5%
Variant luchtdichtheid		
basis: $q_{v;10}$ = 0,70 dm³/s.m²	8498 W	
variant: $q_{v;10}$ = 1,0 dm³/s.m²	8269 W	-3%
variant: $q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s.m²	8157 W	-4%
Variant ventilatiesysteem		
basis: natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	8498 W	
variant: gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (95%)	5844 W	-31%
Variant setpointtemperatuur woonkamer		
basis: uitgangspunten ISSO 51	8498 W	
variant: verhoogde temperatuur woonkamer (23°C)	8470 W	0%
variant: verhoogde temperatuur alle ruimten +2°C *	8880 W	4%
Variant setpointtemperatuur slaapkamer		
basis: uitgangspunten ISSO 51	8498 W	
variant: verlaagde temperatuur slaapkamers/vkr/toilet/badkamer (18°C)*	7607 W	-10%
variant: verlaagde temperatuur slaapkamers/vkr/toilet/badkamer (16°C)	7019 W	-17%
Variant nachtverlaging		
basis: uitgangspunten ISSO 51 (nachtverlaging 2K, opwarmtijd 2 uur)	8498 W	
variant: geen nachtverlaging	6998 W	-18%
variant: opwarmtijd 0,5 uur	9702 W	14%
Variant buitentemperatuur		
basis: uitgangspunten ISSO 51 (-10°C)	8498 W	
variant: buitentemperatuur 0°C	6311 W	-26%

* temperaturen ruimten, alle ruimten +2°C

Woonkamer/keuken	20°C
Slaapkamer	18°C
Badkamer	18°C
Gang/overloop	18°C
Toilet	18°C
Zolder/berging	18°C

Bijlage 8

Uitgangspunten en resultaten berekeningen verwarmingsvermogen

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica,-techniek en -regelgeving

Basisuitgangspunten warmteverliesberekening

Projectgegevens

project	Referentie warmtevraag bestaande bouw
projectnummer	20190115
opdrachtgever	RVO
datum	23 juli 2020

Uitgangspunten bestaande situatie

Berekeningen:
- warmteverliesberekening: volgens ISSO 51 (2017 versie)

Berekeningsprogramma: Vabi Elements v 3.5.1.21477; (ISSO 51 berekening)

Uitgangspunten warmteverliesberekening

Zekerheidsklasse	C
Nachtverlaging	2°C
Opwarmtijd	2 h

Binnentemperaturen

	bouwjaar <1975	bouwjaar >1975
Woonkamer/keuken	20°C	20°C
Slaapkamer	16°C	20°C
Badkamer	16°C	22°C
Gang/overloop	16°C	18°C
Toilet	16°C	18°C
Zolder/berging	16°C	18°C

Bouwkundige en installatietechnische kenmerken
Zie overzicht "Energetische kwaliteit per woningtypologie"

Uitgangspunten nieuwe situatie

Berekeningen:
- warmteverliesberekening: volgens ISSO 51 (2017 versie)

Berekeningsprogramma: Vabi Elements v 3.5.1.21477; (ISSO 51 berekening)

Uitgangspunten warmteverliesberekening

Zekerheidsklasse	C
Nachtverlaging	
bij niveau 2 en 3	2°C
bij niveau 4	0°C
Opwarmtijd	2 h

Binnentemperaturen

	bij niveau 2 en 3	bij niveau 4
Woonkamer/keuken	21°C	22°C
Slaapkamer	21°C	22°C
Badkamer	22°C	22°C
Gang/overloop	18°C	18°C
Toilet	18°C	18°C
Zolder/berging	18°C	18°C

Bouwkundige en installatietechnische kenmerken
Zie overzicht "Energetische kwaliteit per woningtypologie"

Zekerheidsklasse C:

grondgebonden woningen:

>10°C		+/- 2°C

gestapelde bouw:

	+/- 2°C	
>10°C		+/- 2°C
	+/- 2°C	

Rekenresultaten

Benodigd warmteafgiftevermogen

	Niveau 1	Niveau 2	% afname tov oorsp. niveau	Niveau 3	% afname tov oorsp. niveau	Niveau 4	% afname tov oorsp. niveau	Volume woning
tussenwoning, <1945	18.877 W	12.443 W	-34%	10.471 W	-45%	2.982 W	-84%	351 m³
tussenwoning, 1945-1975	12.074 W	7.821 W	-35%	6.357 W	-47%	3.187 W	-74%	281 m³
tussenwoning, 1975-1995	14.241 W	10.345 W	-27%	8.498 W	-40%	4.031 W	-72%	400 m³
tussenwoning, >1995	10.287 W	10.740 W	4%	10.618 W	3%	6.059 W	-41%	537 m³
hoekwoning, <1945	21.509 W	14.753 W	-31%	12.630 W	-41%	3.298 W	-85%	340 m³
hoekwoning, 1945-1975	14.413 W	9.036 W	-37%	7.384 W	-49%	3.511 W	-76%	279 m³
hoekwoning, 1975-1995	18.531 W	12.166 W	-34%	10.016 W	-46%	4.732 W	-74%	407 m³
hoekwoning, >1995	11.069 W	11.361 W	3%	10.804 W	-2%	6.754 W	-39%	464 m³
vrijstaande woning, <1945	25.503 W	16.348 W	-36%	13.263 W	-48%	3.564 W	-86%	321 m³
vrijstaande woning, 1945-1975	30.508 W	16.847 W	-45%	13.330 W	-56%	5.628 W	-82%	506 m³
vrijstaande woning, 1975-1995	32.070 W	19.850 W	-38%	14.146 W	-56%	5.920 W	-82%	736 m³
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	12.865 W	2%	12.058 W	-5%	6.957 W	-45%	625 m³
appartement, <1945	5.639 W	6.047 W	7%	5.947 W	5%	1.020 W	-82%	144 m³
appartement, 1945-1975	9.704 W	6.799 W	-30%	5.702 W	-41%	1.756 W	-82%	229 m³
appartement, 1975-1995	9.006 W	6.582 W	-27%	6.219 W	-31%	1.721 W	-81%	212 m³
appartement, >1995	7.675 W	7.926 W	3%	7.926 W	3%	2.821 W	-63%	373 m³

Beschikbaar warmteafgiftevermogen + minimaal benodigd temperatuurtraject

Kenmerken radiator: Type 22 (1440*600 mm)
Temperatuurtraject: Hoge temperatuur: 80°C-60°C
Vermogen radiator bij temperatuurtraject: 80°C-60°C: 2529 W

	Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3		Niveau 4	
		Aantal radiatoren benodigd	aanvoertemperatuur	retourtemperatuur	aanvoertemperatuur	retourtemperatuur	aanvoertemperatuur	retourtemperatuur
tussenwoning, <1945	18.877 W	8 stuks	64 °C	49 °C	58 °C	45 °C	35 °C	30 °C
tussenwoning, 1945-1975	12.074 W	5 stuks	63 °C	49 °C	57 °C	44 °C	42 °C	34 °C
tussenwoning, 1975-1995	14.241 W	6 stuks	67 °C	51 °C	60 °C	47 °C	43 °C	35 °C
tussenwoning, >1995	10.287 W	5 stuks	82 °C	61 °C	81 °C	61 °C	60 °C	47 °C
hoekwoning, <1945	21.509 W	9 stuks	65 °C	50 °C	60 °C	47 °C	34 °C	29 °C
hoekwoning, 1945-1975	14.413 W	6 stuks	62 °C	48 °C	56 °C	44 °C	40 °C	33 °C
hoekwoning, 1975-1995	18.531 W	8 stuks	63 °C	49 °C	57 °C	45 °C	41 °C	34 °C
hoekwoning, >1995	11.069 W	5 stuks	81 °C	61 °C	79 °C	59 °C	61 °C	47 °C
vrijstaande woning, <1945	25.503 W	11 stuks	63 °C	48 °C	56 °C	44 °C	33 °C	29 °C
vrijstaande woning, 1945-1975	30.508 W	13 stuks	58 °C	45 °C	52 °C	41 °C	36 °C	31 °C
vrijstaande woning, 1975-1995	32.070 W	13 stuks	61 °C	48 °C	52 °C	41 °C	36 °C	31 °C
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	6 stuks	81 °C	60 °C	78 °C	59 °C	58 °C	45 °C
appartement, <1945	5.639 W	3 stuks	83 °C	62 °C	83 °C	62 °C	36 °C	31 °C
appartement, 1945-1975	9.704 W	4 stuks	66 °C	50 °C	60 °C	47 °C	36 °C	31 °C
appartement, 1975-1995	9.006 W	4 stuks	67 °C	51 °C	65 °C	50 °C	37 °C	31 °C
appartement, >1995	7.675 W	4 stuks	82 °C	61 °C	82 °C	61 °C	48 °C	39 °C

Minimaal extra aantal radiatoren

Kenmerken radiator: Type 22 (1440*600 mm)

Temperatuurtraject hoge temperatuur	80°C-60°C
Vermogen radiator:	2529 W
Temperatuurtraject midden temperatuur	70°C-53°C
Vermogen radiator:	1995 W
Temperatuurtraject lage temperatuur	50°C-40°C
Vermogen radiator:	1027 W
Temperatuurtraject zeer lage temperatuur	35°C-30°C
Vermogen radiator:	417 W

	Niveau 1		Niveau 2					Niveau 3						Niveau 4					
		Aantal radiatoren benodigd	MT		LT		ZLT			MT		LT		ZLT			MT		LT		ZLT	
tussenwoning, <1945	18.877 W	8 stuks	-1 stuks extra	-16%	5 stuks extra	62%	22 stuks extra	300%		-2 stuks extra	-30%	3 stuks extra	37%	18 stuks extra	236%		-6 stuks extra	-80%	-5 stuks extra	-61%	0 stuks extra	-4%
tussenwoning, 1945-1975	12.074 W	5 stuks	-1 stuks extra	-18%	3 stuks extra	59%	14 stuks extra	293%		-2 stuks extra	-33%	2 stuks extra	30%	11 stuks extra	219%		-3 stuks extra	-67%	-2 stuks extra	-35%	3 stuks extra	60%
tussenwoning, 1975-1995	14.241 W	6 stuks	-1 stuks extra	-8%	5 stuks extra	79%	19 stuks extra	340%		-1 stuks extra	-24%	3 stuks extra	47%	15 stuks extra	262%		-4 stuks extra	-64%	-2 stuks extra	-30%	4 stuks extra	72%
tussenwoning, >1995	10.287 W	4 stuks	1 stuks extra	32%	6 stuks extra	157%	22 stuks extra	533%		1 stuks extra	31%	6 stuks extra	154%	21 stuks extra	526%		-1 stuks extra	-25%	2 stuks extra	45%	11 stuks extra	257%
hoekwoning, <1945	21.509 W	9 stuks	-1 stuks extra	-13%	6 stuks extra	69%	27 stuks extra	316%		-2 stuks extra	-26%	4 stuks extra	45%	22 stuks extra	256%		-7 stuks extra	-81%	-5 stuks extra	-62%	-1 stuks extra	-7%
hoekwoning, 1945-1975	14.413 W	6 stuks	-1 stuks extra	-21%	3 stuks extra	54%	16 stuks extra	280%		-2 stuks extra	-35%	2 stuks extra	26%	12 stuks extra	211%		-4 stuks extra	-69%	-2 stuks extra	-40%	3 stuks extra	48%
hoekwoning, 1975-1995	18.531 W	7 stuks	-1 stuks extra	-17%	5 stuks extra	62%	22 stuks extra	298%		-2 stuks extra	-31%	3 stuks extra	33%	17 stuks extra	228%		-5 stuks extra	-68%	-3 stuks extra	-37%	4 stuks extra	55%
hoekwoning, >1995	11.069 W	4 stuks	1 stuks extra	30%	7 stuks extra	153%	23 stuks extra	522%		1 stuks extra	24%	6 stuks extra	140%	22 stuks extra	492%		-1 stuks extra	-23%	2 stuks extra	50%	12 stuks extra	270%
vrijstaande woning, <1945	25.503 W	10 stuks	-2 stuks extra	-19%	6 stuks extra	58%	29 stuks extra	289%		-4 stuks extra	-34%	3 stuks extra	28%	22 stuks extra	215%		-8 stuks extra	-82%	-7 stuks extra	-66%	-2 stuks extra	-15%
vrijstaande woning, 1945-1975	30.508 W	12 stuks	-4 stuks extra	-30%	4 stuks extra	36%	28 stuks extra	235%		-5 stuks extra	-45%	1 stuks extra	8%	20 stuks extra	165%		-9 stuks extra	-77%	-7 stuks extra	-55%	2 stuks extra	12%
vrijstaande woning, 1975-1995	32.070 W	13 stuks	-3 stuks extra	-22%	7 stuks extra	52%	35 stuks extra	275%		-6 stuks extra	-44%	1 stuks extra	9%	21 stuks extra	167%		-10 stuks extra	-77%	-7 stuks extra	-55%	2 stuks extra	12%
vrijstaande woning, >1995	12.661 W	5 stuks	2 stuks extra	29%	8 stuks extra	150%	26 stuks extra	516%		1 stuks extra	21%	7 stuks extra	135%	24 stuks extra	477%		-2 stuks extra	-30%	2 stuks extra	35%	12 stuks extra	233%
appartement, <1945	5.639 W	2 stuks	1 stuks extra	36%	4 stuks extra	164%	12 stuks extra	550%		1 stuks extra	34%	4 stuks extra	160%	12 stuks extra	539%		-2 stuks extra	-77%	-1 stuks extra	-55%	0 stuks extra	10%
appartement, 1945-1975	9.704 W	4 stuks	-1 stuks extra	-11%	3 stuks extra	73%	13 stuks extra	325%		-1 stuks extra	-26%	2 stuks extra	45%	10 stuks extra	256%		-3 stuks extra	-77%	-2 stuks extra	-55%	0 stuks extra	10%
appartement, 1975-1995	9.006 W	4 stuks	0 stuks extra	-7%	3 stuks extra	80%	12 stuks extra	343%		-1 stuks extra	-12%	3 stuks extra	70%	11 stuks extra	319%		-3 stuks extra	-76%	-2 stuks extra	-53%	1 stuks extra	16%
appartement, >1995	7.675 W	3 stuks	1 stuks extra	31%	5 stuks extra	154%	16 stuks extra	526%		1 stuks extra	31%	5 stuks extra	154%	16 stuks extra	526%		-2 stuks extra	-53%	0 stuks extra	-9%	4 stuks extra	123%

RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica,-techniek en -regelgeving

Gevoeligheidsanalyse

Projectgegevens

project	Referentie warmtevraag bestaande bouw
projectnummer	20190115
opdrachtgever	RVO
datum	23 juli 2020

Basisconcept

Uitgangspunt gevoeligheidsanalyse:	Niveau 3 Tussenwoning 1975-1995

Varianten

	Benodigd vermogen (o.b.v. warmteverliesberekening)	
Variant thermische kwaliteit vloer		
basis: R_c = 3,50 m²K/W	8498 W	
variant: -2 m²K/W (R_c = 1,50 m²K/W)	8692 W	2%
variant: +2 m²K/W (R_c = 5,50 m²K/W)	8090 W	-5%
Variant thermische kwaliteit gevel		
basis: R_c = 1,79 m²K/W	8498 W	
variant: -2 m²K/W (n.v.t.)	-	-
variant: + 2 m²K/W (R_c = 3,79 m²K/W)	7854 W	-8%
Variant thermische kwaliteit dak		
basis: R_c = 3,50 m²K/W	8498 W	
variant: -2 m²K/W (R_c = 1,50 m²K/W)	8960 W	5%
variant: +2 m²K/W (R_c = 5,50 m²K/W)	8034 W	-5%
Variant thermische kwaliteit ramen		
basis: U_w = 1,40 W/m²K	8498 W	
variant: U_w = 1,60 W/m²K	8312 W	-2%
variant: U_w = 1,20 W/m²K	8093 W	-5%
Variant thermische kwaliteit deuren		
basis: U_d = 3,40 W/m²K	8498 W	
variant: U_d = 2,0 W/m²K	8085 W	-5%
Variant luchtdichtheid		
basis: $q_{v;10}$ = 0,70 dm³/s.m²	8498 W	
variant: $q_{v;10}$ = 1,0 dm³/s.m²	8269 W	-3%
variant: $q_{v;10}$ = 0,4 dm³/s.m²	8157 W	-4%
Variant ventilatiesysteem		
basis: natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	8498 W	
variant: gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (95%)	5844 W	-31%
Variant setpointtemperatuur woonkamer		
basis: uitgangspunten ISSO 51	8498 W	
variant: verhoogde temperatuur woonkamer (23°C)	8470 W	0%
variant: verhoogde temperatuur alle ruimten +2°C *	8880 W	4%
Variant setpointtemperatuur slaapkamer		
basis: uitgangspunten ISSO 51	8498 W	
variant: verlaagde temperatuur slaapkamers/vkr/toilet/badkamer (18°C)*	7607 W	-10%
variant: verlaagde temperatuur slaapkamers/vkr/toilet/badkamer (16°C)	7019 W	-17%
Variant nachtverlaging		
basis: uitgangspunten ISSO 51 (nachtverlaging 2K, opwarmtijd 2 uur)	8498 W	
variant: geen nachtverlaging	6998 W	-18%
variant: opwarmtijd 0,5 uur	9702 W	14%
Variant buitentemperatuur		
basis: uitgangspunten ISSO 51 (-10°C)	8498 W	
variant: buitentemperatuur 0°C	6311 W	-26%

* temperaturen ruimten, alle ruimten +2°C

Woonkamer/keuken	20°C
Slaapkamer	18°C
Badkamer	18°C
Gang/overloop	18°C
Toilet	18°C
Zolder/berging	18°C

Bijlage 9

Verwarmingsvermogen tussenwoning 1975-1995

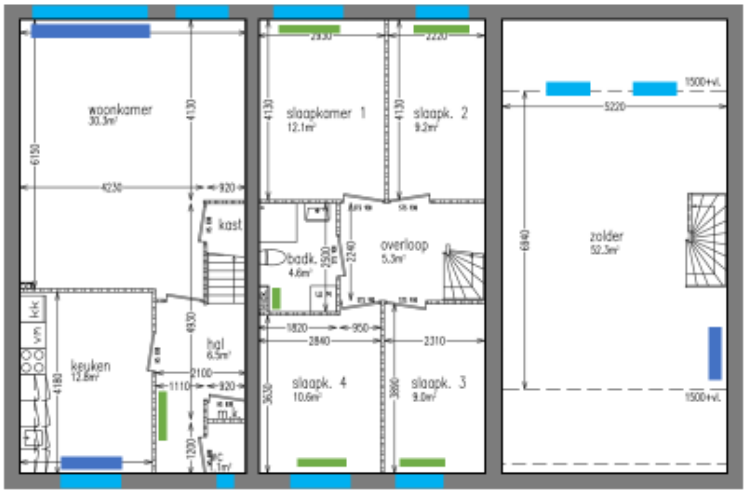


	Benodigd vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren Gangbare verbetermaatregelen - bovengrens	Benodigd vermogen radiatoren Niveau met spijtvrije verbetermaatregelen
Woonkamer	4.360 W	2.682 W	1.325 W
Keuken	2.372 W	1.598 W	648 W
Hal/toilet	982 W	299 W	50 W
Slaapkamer 1	1.182 W	780 W	419 W
Slaapkamer 2	1.019 W	960 W	476 W
Slaapkamer 3	940 W	819 W	478 W
Slaapkamer 4	968 W	798 W	399 W
Badkamer	343 W	320 W	237 W
Zolder	2.075 W	244 W	0 W
	14.241 W	**8.502 W**	**4.032 W**

Tussenwoning –

Niveau 1

Hoge temperatuurverwarming



Begane grond | Eerste verdieping | Tweede verdieping

	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij HT
Woonkamer	4.360 W	4.777 W
Keuken	2.372 W	2.529 W
Hal/toilet	982 W	1.024 W
Slaapkamer 1	1.182 W	1.317 W
Slaapkamer 2	1.019 W	1.171 W
Slaapkamer 3	940 W	951 W
Slaapkamer 4	968 W	1.024 W
Badkamer	343 W	439 W
Zolder	2.075 W	2.108 W
	14.241 W	**15.340 W**

Radiator type 11

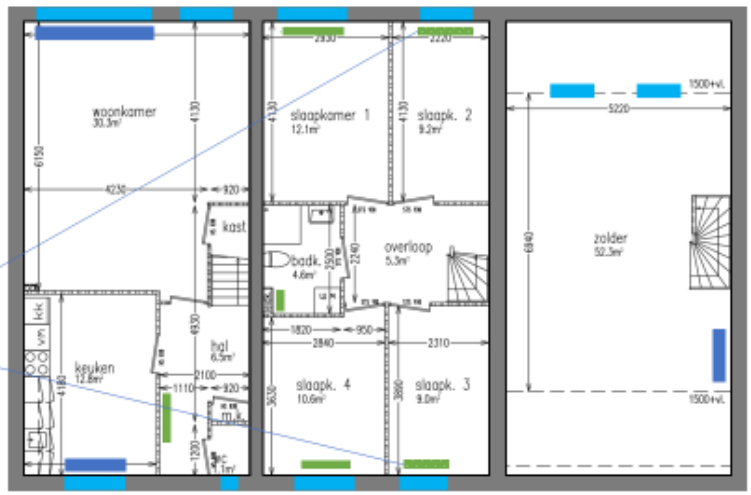
Radiator type 22

Raam

- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

Tussenwoning – Niveau 3

Midden temperatuurverwarming (70°C-53°C)



Radiator type 11

Radiator type 11 met ventilator

Radiator type 22

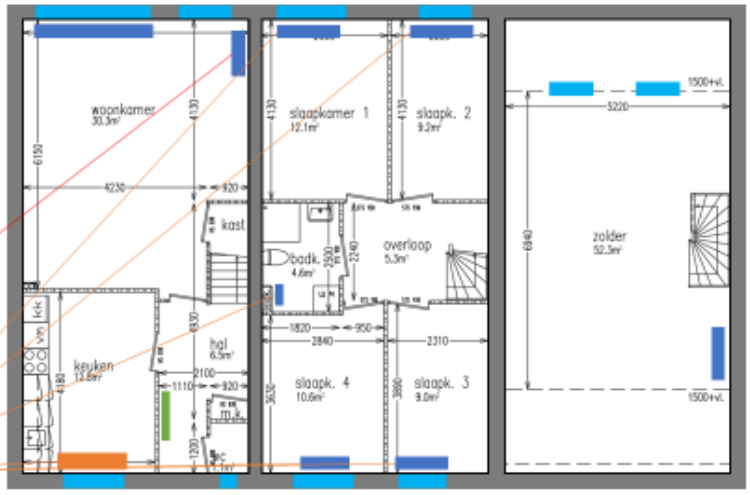
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij MT	Opgesteld vermogen bij MT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	2.682 W	3.769 W	3.769 W
Keuken	2.529 W	1.598 W	1.995 W	1.995 W
Hal/toilet	1.024 W	299 W	808 W	808 W
Slaapkamer 1	1.317 W	780 W	1.039 W	1.039 W
Slaapkamer 2	1.171 W	960 W	924 W	1.332 W
Slaapkamer 3	951 W	819 W	750 W	1.082 W
Slaapkamer 4	1.024 W	798 W	808 W	808 W
Badkamer	439 W	320 W	346 W	346 W
Zolder	2.108 W	244 W	1.663 W	1.663 W
	15.340 W	**8.502 W**	**12.103 W**	**12.842 W**

Tussenwoning – Niveau 3

Lage temperatuurverwarming (50°C-40°C)

Optie 1



Radiator type 11

Radiator type 22

Radiator type 33

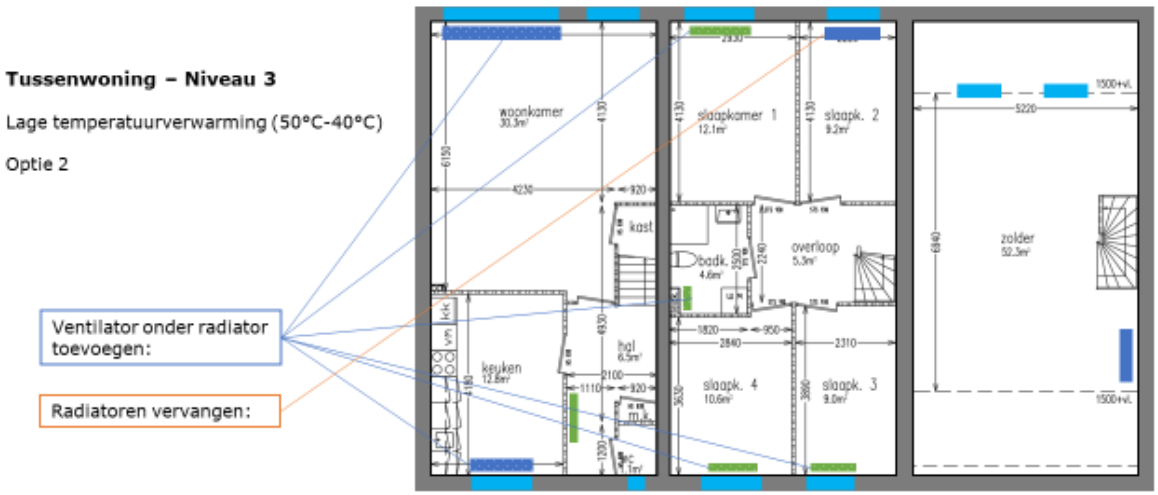
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij LT	Opgesteld vermogen bij LT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	2.682 W	1.940 W	2.682 W
Keuken	2.529 W	1.598 W	1.027 W	1.634 W
Hal/toilet	1.024 W	299 W	416 W	416 W
Slaapkamer 1	1.317 W	780 W	535 W	1.027 W
Slaapkamer 2	1.171 W	960 W	475 W	1.027 W
Slaapkamer 3	951 W	819 W	386 W	856 W
Slaapkamer 4	1.024 W	798 W	416 W	799 W
Badkamer	439 W	320 W	178 W	342 W
Zolder	2.108 W	244 W	856 W	856 W
	15.340 W	**8.502 W**	**6.230 W**	**9.639 W**

Tussenwoning – Niveau 3

Lage temperatuurverwarming (50°C-40°C)

Optie 2



Radiator type 11

Radiator type 11 met ventilator

Radiator type 22

Radiator type 22 met ventilator

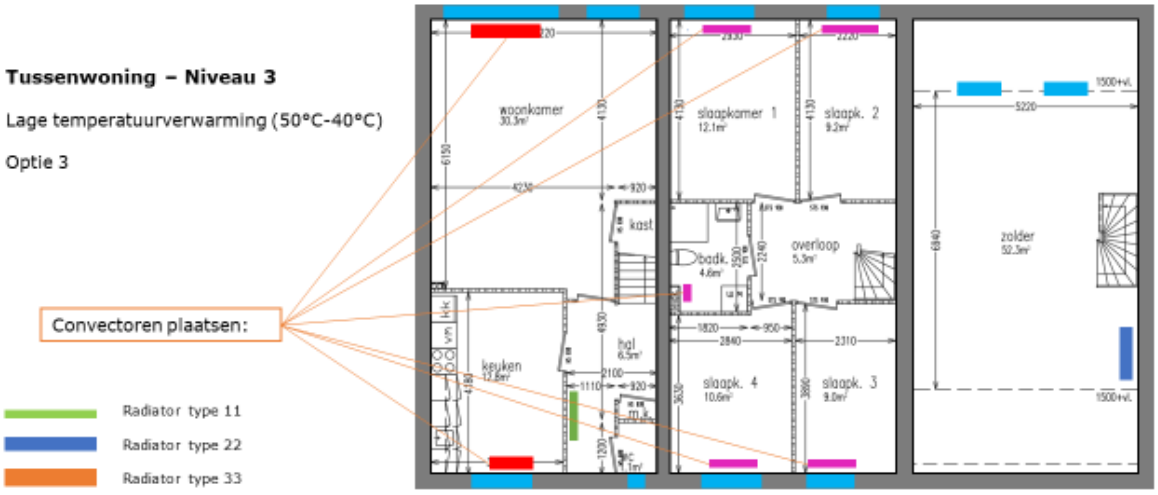
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij LT	Opgesteld vermogen bij LT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	2.682 W	1.940 W	2.784 W
Keuken	2.529 W	1.598 W	1.027 W	1.474 W (net te weinig)
Hal/toilet	1.024 W	299 W	416 W	416 W
Slaapkamer 1	1.317 W	780 W	535 W	791 W
Slaapkamer 2	1.171 W	960 W	475 W	1.027 W
Slaapkamer 3	951 W	819 W	386 W	571 W (net te weinig)
Slaapkamer 4	1.024 W	798 W	416 W	615 W (net te weinig)
Badkamer	439 W	320 W	178 W	264 W (net te weinig)
Zolder	2.108 W	244 W	856 W	856 W
	15.340 W	**8.502 W**	**6.230 W**	**8.799 W (totaal voldoende)**

Tussenwoning – Niveau 3

Lage temperatuurverwarming (50°C-40°C)

Optie 3



Radiator type 11

Radiator type 22

Radiator type 33

Ventilator convector 21

Convector 16

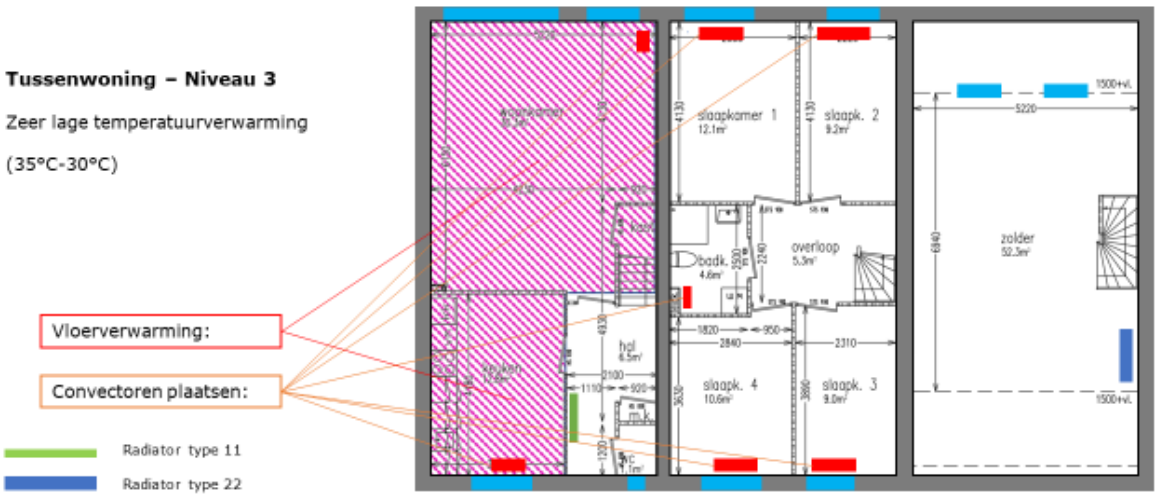
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij LT	Opgesteld vermogen bij LT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	2.682 W	1.940 W	2.694 W
Keuken	2.529 W	1.598 W	1.027 W	1.684 W
Hal/toilet	1.024 W	299 W	416 W	416 W
Slaapkamer 1	1.317 W	780 W	535 W	818 W
Slaapkamer 2	1.171 W	960 W	475 W	967 W
Slaapkamer 3	951 W	819 W	386 W	818 W
Slaapkamer 4	1.024 W	798 W	416 W	818 W
Badkamer	439 W	320 W	178 W	372 W
Zolder	2.108 W	244 W	856 W	856 W
	15.340 W	**8.502 W**	**6.230 W**	**9.443 W**

Tussenwoning – Niveau 3

Zeer lage temperatuurverwarming

(35°C-30°C)

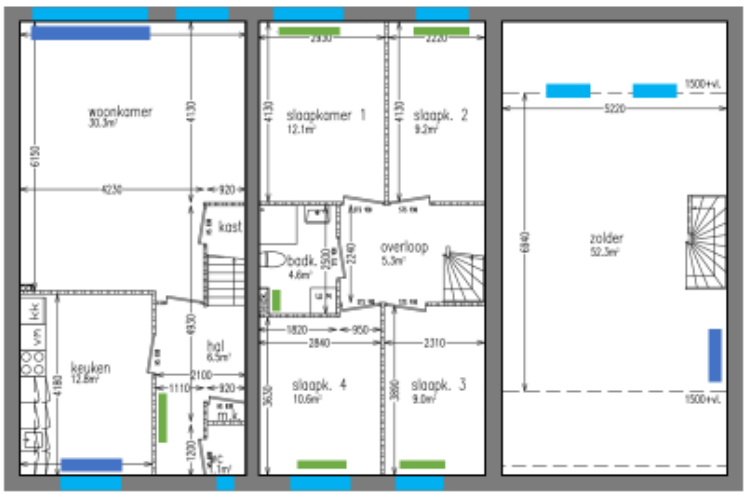


- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij ZLT	Opgesteld vermogen bij ZLT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	2.682 W	788 W	2.733 W
Keuken	2.529 W	1.598 W	417 W	1.606 W
Hal/toilet	1.024 W	299 W	133 W	133 W (niet te wijnig)
Slaapkamer 1	1.317 W	780 W	171 W	842 W
Slaapkamer 2	1.171 W	960 W	152 W	1.010 W
Slaapkamer 3	951 W	819 W	124 W	842 W
Slaapkamer 4	1.024 W	798 W	133 W	842 W
Badkamer	439 W	320 W	57 W	421 W
Zolder	2.108 W	244 W	348 W	348 W
	15.340 W	**8.502 W**	**2.324 W**	**8.777 W**

Tussenwoning – Niveau 4

Midden temperatuurverwarming (70°C-53°C)



Radiator type 11

Radiator type 22

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij MT
Woonkamer	4.777 W	1.325 W	3.769 W
Keuken	2.529 W	648 W	1.995 W
Hal/toilet	1.024 W	50 W	808 W
Slaapkamer 1	1.317 W	419 W	1.039 W
Slaapkamer 2	1.171 W	476 W	924 W
Slaapkamer 3	951 W	478 W	750 W
Slaapkamer 4	1.024 W	399 W	808 W
Badkamer	439 W	237 W	346 W
Zolder	2.108 W	0 W	1663 W
	15.340 W	**4.032 W**	**12.103 W**

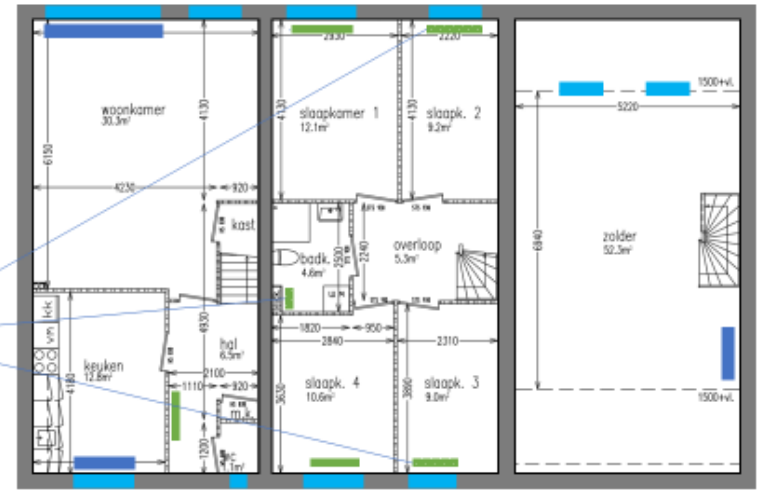
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

Tussenwoning – Niveau 4

Lage temperatuurverwarming (50°C-40°C)

Optie 1

Ventilator onder radiator toevoegen:



Radiator type 11

Radiator type 11 met ventilator

Radiator type 22

Radiator type 22 met ventilator

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij LT	Opgesteld vermogen bij LT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	1.325 W	1.940 W	1.940 W
Keuken	2.529 W	648 W	1.027 W	1.027 W
Hal/toilet	1.024 W	50 W	416 W	416 W
Slaapkamer 1	1.317 W	419 W	535 W	535 W
Slaapkamer 2	1.171 W	476 W	475 W	703 W
Slaapkamer 3	951 W	478 W	386 W	571 W
Slaapkamer 4	1.024 W	399 W	416 W	416 W
Badkamer	439 W	237 W	178 W	264 W
Zolder	2.108 W	0 W	856 W	856 W
	15.340 W	**4.032 W**	**6.230 W**	**6.728 W**

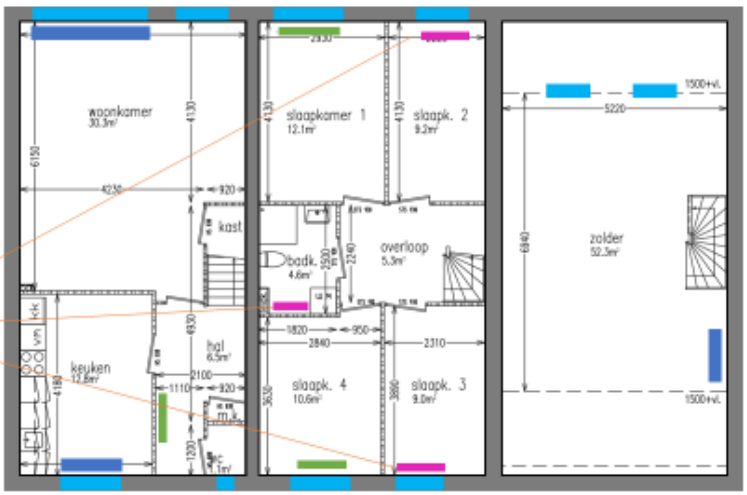
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

Tussenwoning – Niveau 4

Lage temperatuurverwarming (50°C-40°C)

Optie 2

Convectoren plaatsen:



- Radiator type 11
- Radiator type 22
- Radiator type 33
- Convector 16

- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij LT	Opgesteld vermogen bij LT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	1.325 W	1.940 W	1.940 W
Keuken	2.529 W	648 W	1.027 W	1.027 W
Hal/toilet	1.024 W	50 W	416 W	416 W
Slaapkamer 1	1.317 W	419 W	535 W	535 W
Slaapkamer 2	1.171 W	476 W	475 W	893 W
Slaapkamer 3	951 W	478 W	386 W	744 W
Slaapkamer 4	1.024 W	399 W	416 W	416 W
Badkamer	439 W	237 W	178 W	372 W
Zolder	2.108 W	0 W	856 W	856 W
	15.340 W	**4.032 W**	**6.230 W**	**7.198 W**

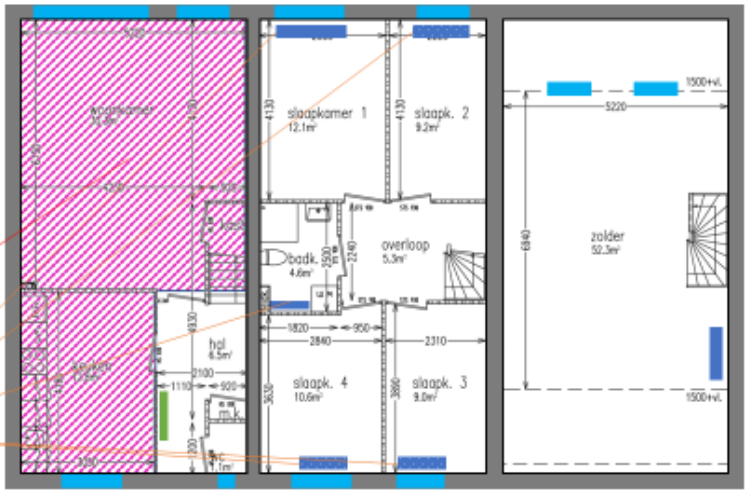
Tussenwoning – Niveau 4

Zeer lage temperatuurverwarming

(35°C-30°C) Optie 1

Vloerverwarming:

Radiatoren vervangen + ventilator onder radiator:



- Radiator type 11
- Radiator type 22
- Radiator type 22 met ventilator
- Vloerverwarming (80 W/m²)

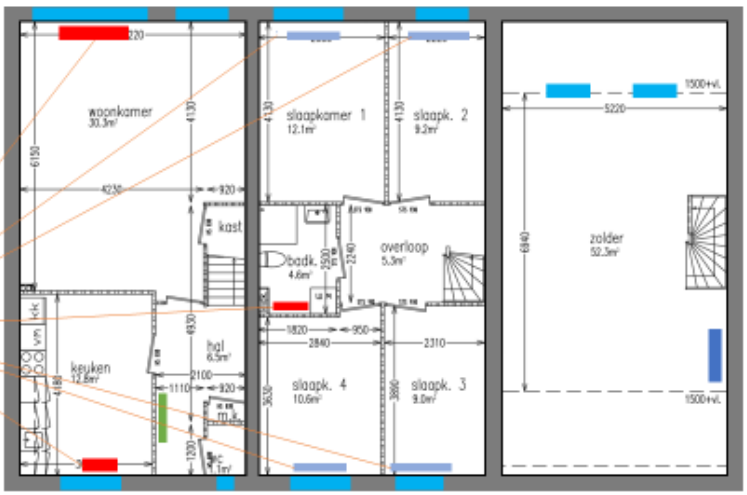
- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij ZLT	Opgesteld vermogen bij ZLT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	1.325 W	788 W	2.312 W
Keuken	2.529 W	648 W	417 W	936 W
Hal/toilet	1.024 W	50 W	133 W	133 W
Slaapkamer 1	1.317 W	419 W	171 W	463 W
Slaapkamer 2	1.171 W	476 W	152 W	551 W
Slaapkamer 3	951 W	478 W	124 W	482 W
Slaapkamer 4	1.024 W	399 W	133 W	482 W
Badkamer	439 W	237 W	57 W	255 W
Zolder	2.108 W	0 W	348 W	348 W
	15.340 W	**4.032 W**	**2.324 W**	**5.962 W**

Tussenwoning – Niveau 4

Zeer lage temperatuurverwarming

(35°C-30°C) Optie 2



Convectoren plaatsen:

- Radiator type 11
- Radiator type 22
- Radiator type 33
- Ventilator convector 21
- Convector 16
- Convector 21

- *Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.*
- *Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.*
- *In alle gevallen is het totale opgestelde hoger dan het totale benodigde vermogen.*

	Oorspronkelijk opgesteld vermogen radiatoren	Benodigd vermogen radiatoren	Opgesteld vermogen radiatoren bij ZLT	Opgesteld vermogen bij ZLT incl. extra warmteafgiftelichamen
Woonkamer	4.777 W	1.325 W	788 W	1.347 W
Keuken	2.529 W	648 W	417 W	673 W
Hal/toilet	1.024 W	50 W	133 W	133 W
Slaapkamer 1	1.317 W	419 W	171 W	520 W
Slaapkamer 2	1.171 W	476 W	152 W	520 W
Slaapkamer 3	951 W	478 W	124 W	520 W
Slaapkamer 4	1.024 W	399 W	133 W	408 W
Badkamer	439 W	237 W	57 W	404 W
Zolder	2.108 W	0 W	348 W	348 W
	15.340 W	**4.032 W**	**2.324 W**	**4.725 W**

Typen radiatoren en convectoren:

Radiator type 11



Type 11

- 1 plaat
- 1 convector
- Dikte van ± 7 cm

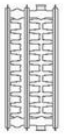
Radiator type 22



Type 22

- 2 platen
- 2 convectoren
- Dikte van ± 11 cm

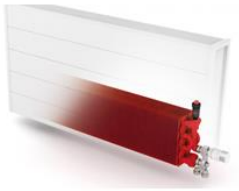
Radiator type 33



Type 33

- 3 platen
- 3 convectoren
- Dikte van ± 16 cm

Convector



Ventilator convector



Ventilator onder radiator



RAADGEVENDE INGENIEURS
Nieman
Bouwfysica,-techniek en-regelgeving



Verdeling warmteafgiftelichamen tussenwoning 1975-1995

Projectgegevens

project	Warmtebehoefte gasloze concepten
projectnummer	20160896.001
opdrachtgever	RVO
datum	23 juli 2020

Uitgangspunten

Aanvoertemperatuur ruimteverwarming	Kenmerken warmteafgifte:		
ZLT (zeer lage temperatuur)	aanvoertemperatuur: 35 °C	retourtemperatuur: 30 °C	
LT (lage temperatuur)	aanvoertemperatuur: 50 °C	retourtemperatuur: 40 °C	
MT (midden temperatuur)	aanvoertemperatuur: 70 °C	retourtemperatuur: 53 °C	
HT (hoge temperatuur)	aanvoertemperatuur: 80 °C	retourtemperatuur: 60 °C	

Vermogen radiator, Aanvoertemperatuur	ZLT (zeer lage temperatuur) 35 °C	LT (lage temperatuur) 50 °C	MT (midden temperatuur) 70 °C	HT (hoge temperatuur) 80 °C
Type 11 (1440*600 mm)	171 W	535 W	1039 W	1317 W
Ventilatoren onder radiator tvoe 11 (1440*600 mm)	333 W	791 W	1498 W	1881 W
Type 22 (1440*600 mm)	417 W	1027 W	1995 W	2529 W
Ventilatoren onder radiator tvoe 22 (1440*600 mm)	620 W	1474 W	2791 W	3506 W
Type 33 (1440*600 mm)	597 W	1470 W	2856 W	3620 W
Convector wand incl. ventilatoren (1400*620 mm, dikte: 21 cm)	1212 W	2425 W	4041 W	4849 W
Convector wand excl. ventilatoren (1400*620 mm. dikte: 16 cm)	357 W	1071 W	2142 W	2856 W
Convector wand excl. ventilatoren (1400*620 mm. dikte: 21 cm)	535 W	1458 W	2917 W	3889 W
Vloerverwarming	80 W/m²	100 W/m²	120 W/m²	

Type 11: 1 plaat, 1 convector

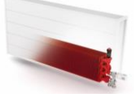
Type 22: 2 platen, 2 convectoren



Type 33: 3 platen, 3 convectoren



Convector



Convector inclusief ventilatoren



Ventilatoren onder radiator



Aandachtspunten:
Met het toevoegen of vervangen van radiatoren/convectoren moeten ook de leidingen naar de convectoren vervangen worden om de grotere capaciteit te kunnen leveren.
Met het bepalen van het opgestelde vermogen is er uitgegaan van radiatoren met een vermogen zo dicht mogelijk bij het benodigde vermogen.

Verdeling afgiftelichamen HT

Tussenwoning 1975-1995

Woonkamer	4360 W	type 22	2720 mm	4777 W
Keuken	2372 W	type 22	1440 mm	2529 W
Slaapkamer 1	1182 W	type 11	1440 mm	1317 W
Slaapkamer 2	1019 W	type 11	1280 mm	1171 W
Slaapkamer 3	940 W	type 11	1040 mm	951 W
Slaapkamer 4	968 W	type 11	1120 mm	1024 W
Badkamer	343 W	type 11	480 mm	439 W
Toilet	255 W	-	-	-
Hal/overloop	727 W	type 11	1120 mm	1024 W
Zolder	2075 W	type 22	1200 mm	2108 W
	14241 W			**15340 W**

Verdeling warmteafgiftelichamen - Niveau 3, MT

Tussenwoning 1975-1995

	Verwarmingsvermogen	zonder aanpassing: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 1: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen
Woonkamer	2682 W	type 22	2720 mm	3769 W	type 22	2720 mm	3769 W
Keuken	1598 W	type 22	1440 mm	1995 W	type 22	1440 mm	1995 W
Slaapkamer 1	782 W	type 11	1440 mm	1039 W	type 11	1440 mm	1039 W
Slaapkamer 2	960 W	type 11	1280 mm	924 W	type 11 + ventilator	1280 mm	1332 W
Slaapkamer 3	819 W	type 11	1040 mm	750 W	type 11 + ventilator	1040 mm	1082 W
Slaapkamer 4	798 W	type 11	1120 mm	808 W	type 11	1120 mm	808 W
Badkamer	320 W	type 11	480 mm	346 W	type 11	480 mm	346 W
Toilet	98 W	-	-	-	-	-	-
Hal/overloop	201 W	type 11	1120 mm	808 W	type 11	1120 mm	808 W
Zolder	244 W	type 22	1200 mm	1663 W	type 22	1200 mm	1663 W
	8502 W			**12103 W**			**12842 W**

Verdeling warmteafgiftelichamen - Niveau 3, LT

Tussenwoning 1975-1995

	Verwarmingsvermogen	zonder aanpassing: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 1: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 2: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen		optie 3: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen
Woonkamer	2682 W	type 22	2720 mm	1940 W	type 22	2720 mm	1940 W	type 22 + ventilator	2720 mm	2784 W		Convector 21 + ventilator	1600 mm	2694 W
					type 22	1040 mm	742 W							
Keuken	1598 W	type 22	1440 mm	1027 W	type 33	1600 mm	1634 W	type 22 + ventilator	1440 mm	1474 W	(net te weinig vermogen)	Convector 21 + ventilator	1000 mm	1684 W
Slaapkamer 1	782 W	type 11	1440 mm	535 W	type 22	1440 mm	1027 W	type 11 + ventilator	1440 mm	791 W		Convector 16	1100 mm	818 W
Slaapkamer 2	960 W	type 11	1280 mm	475 W	type 22	1440 mm	1027 W	type 22	1440 mm	1027 W		Convector 16	1300 mm	967 W
Slaapkamer 3	819 W	type 11	1040 mm	386 W	type 22	1200 mm	856 W	type 11 + ventilator	1040 mm	571 W	(net te weinig vermogen)	Convector 16	1100 mm	818 W
Slaapkamer 4	798 W	type 11	1120 mm	416 W	type 22	1120 mm	799 W	type 11 + ventilator	1120 mm	615 W	(net te weinig vermogen)	Convector 16	1100 mm	818 W
Badkamer	320 W	type 11	480 mm	178 W	type 22	480 mm	342 W	type 11 + ventilator	480 mm	264 W	(net te weinig vermogen)	Convector 16	500 mm	372 W
Toilet	98 W	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
Hal/overloop	201 W	type 11	1120 mm	416 W	type 11	1120 mm	416 W	type 11	1120 mm	416 W		type 11	1120 mm	416 W
Zolder	244 W	type 22	1200 mm	856 W	type 22	1200 mm	856 W	type 22	1200 mm	856 W		type 22	1200 mm	856 W
	8502 W			**6230 W**			**9639 W**			**8799 W**	In totaal voldoende afgiftevermogen			**9443 W**

Verdeling warmteafgiftelichamen - Niveau 3, ZLT

Tussenwoning 1975-1995

	Verwarmingsvermogen	zonder aanpassing: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 1: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	
Woonkamer	2682 W	type 22	2720 mm	788 W	vloerverwarming		2312 W	
					Convector 21 + ventilator	500 mm	421 W	
Keuken	1598 W	type 22	1440 mm	417 W	vloerverwarming	1000 mm	933 W	
					Convector 21 + ventilator	800 mm	673 W	
Slaapkamer 1	782 W	type 11	1440 mm	171 W	Convector 21 + ventilator	1000 mm	842 W	
Slaapkamer 2	960 W	type 11	1280 mm	152 W	Convector 21 + ventilator	1200 mm	1010 W	
Slaapkamer 3	819 W	type 11	1040 mm	124 W	Convector 21 + ventilator	1000 mm	842 W	
Slaapkamer 4	798 W	type 11	1120 mm	133 W	Convector 21 + ventilator	1000 mm	842 W	
Badkamer	320 W	type 11	480 mm	57 W	Convector 21 + ventilator	500 mm	421 W	
Toilet	98 W	-	-	-	-	-	-	
Hal/overloop	201 W	type 11	1120 mm	133 W	type 11	1120 mm	133 W	(net te weinig vermogen)
Zolder	244 W	type 22	1200 mm	348 W	type 22	1200 mm	348 W	
	8502 W			**2324 W**			**8777 W**	In totaal voldoende afgiftevermogen

Verdeling warmteafgiftelichamen - Niveau 4, MT

Tussenwoning 1975-1995

	Verwarmingsvermogen	zonder aanpassing: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen
Woonkamer	1325 W	type 22	2720 mm	3769 W
Keuken	648 W	type 22	1440 mm	1995 W
Slaapkamer 1	419 W	type 11	1440 mm	1039 W
Slaapkamer 2	476 W	type 11	1280 mm	924 W
Slaapkamer 3	478 W	type 11	1040 mm	750 W
Slaapkamer 4	399 W	type 11	1120 mm	808 W
Badkamer	237 W	type 11	480 mm	346 W
Toilet	50 W	-	-	-
Hal/overloop	0 W	type 11	1120 mm	808 W
Zolder	0 W	type 22	1200 mm	1663 W
	4032 W			**12103 W**

Verdeling warmteafgiftelichamen - Niveau 4, LT

Tussenwoning 1975-1995

	Verwarmingsvermogen	zonder aanpassing: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 1: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 2: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen
Woonkamer	1325 W	type 22	2720 mm	1940 W	type 22	2720 mm	1940 W	type 22	2720 mm	1940 W
Keuken	648 W	type 22	1440 mm	1027 W	type 22	1440 mm	1027 W	type 22	1440 mm	1027 W
Slaapkamer 1	419 W	type 11	1440 mm	535 W	type 11	1440 mm	535 W	type 11	1440 mm	535 W
Slaapkamer 2	476 W	type 11	1280 mm	475 W	type 11 + ventilator	1280 mm	703 W	Convector 16	1200 mm	893 W
Slaapkamer 3	478 W	type 11	1040 mm	386 W	type 11 + ventilator	1040 mm	571 W	Convector 16	1000 mm	744 W
Slaapkamer 4	399 W	type 11	1120 mm	416 W	type 11	1120 mm	416 W	type 11	1120 mm	416 W
Badkamer	237 W	type 11	480 mm	178 W	type 11 + ventilator	480 mm	264 W	Convector 16	500 mm	372 W
Toilet	50 W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hal/overloop	0 W	type 11	1120 mm	416 W	type 11	1120 mm	416 W	type 11	1120 mm	416 W
Zolder	0 W	type 22	1200 mm	856 W	type 22	1200 mm	856 W	type 22	1200 mm	856 W
	4032 W			**6230 W**			**6728 W**			**7198 W**

Verdeling warmteafgiftelichamen - Niveau 4, ZLT

Tussenwoning 1975-1995

	Verwarmingsvermogen	zonder aanpassing: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 1: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen	optie 2: Type	Afmetingen	Verwarmingsvermogen
Woonkamer	1325 W	type 22	2720 mm	788 W	vloerverwarming		2312 W	Convector 21 + ventilator	1600 mm	1347 W
Keuken	648 W	type 22	1440 mm	417 W	vloerverwarming		936 W	Convector 21 + ventilator	800 mm	673 W
Slaapkamer 1	419 W	type 11	1440 mm	171 W	type 22	1600 mm	463 W	Convector 21	1400 mm	520 W
Slaapkamer 2	476 W	type 11	1280 mm	152 W	type 22 + ventilator	1280 mm	551 W	Convector 21	1400 mm	520 W
Slaapkamer 3	478 W	type 11	1040 mm	124 W	type 22 + ventilator	1120 mm	482 W	Convector 21	1400 mm	520 W
Slaapkamer 4	399 W	type 11	1120 mm	133 W	type 22 + ventilator	1120 mm	482 W	Convector 21	1100 mm	408 W
Badkamer	237 W	type 11	480 mm	57 W	type 22	880 mm	255 W	Convector 21 + ventilator	480 mm	404 W
Toilet	50 W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hal/overloop	0 W	type 11	1120 mm	133 W	type 11	1120 mm	133 W	type 11	1120 mm	133 W
Zolder	0 W	type 22	1200 mm	348 W	type 22	1200 mm	348 W	type 22	1200 mm	348 W
	4032 W			**2324 W**			**5962 W**			**4874 W**

Bijlage 10

Analyse opties vaststellen standaard

Beoordeeld is hoe de opties voor de standaard aansluiten bij de berekende netto warmtevraag, wat de gemiddelde (absolute) afwijking is van de berekende woningen ten opzichte van de standaard en hoeveel woningen er aan de standaard voldoen.

De opties waar onderscheid in wordt gemaakt zijn voor optie 1:

- standaard op basis van mediaan;
- 'strenge' variant van de standaard (laagste waarde volgens Figuur 31);
- Conservatieve 'soepele' variant (hoogste waarde volgens Figuur 31).

De opties waar onderscheid in wordt gemaakt zijn voor optie 2:

- De trendlijn;
- De trendlijn -20%;
- De trendlijn +20%.

Gemiddelde absolute afwijking:
Een woning met een warmtevraag van 80 kWh/m² heeft een afwijking van 12 kWh/m² als de standaard 68 kWh/m² is. Een woning met een warmtevraag van 63 kWh/m² heeft een afwijking van 5 kWh/m² als de standaard 68 kWh/m² is. Van al deze afwijkingen is per woningcategorie en bouwkundige typologie de gemiddelde waarde genomen. Dit is omschreven als de gemiddelde absolute afwijking.

De analyse is gedaan om een indruk te geven hoe goed de standaard aan zal sluiten bij de berekende netto warmtevraag van woningen. De uitwerking is gedaan voor drie woningtypen:

- de categorie 'tussenwoning 1975 – 1995'
- de categorie 'vrijstaande woningen 1975 – 1995'
- de categorie 'galerij- en portiekwoningen 1975 – 1995'

Daarbij zijn twee niveaus van energieprestatie beschouwd:

- niveau 3
- niveau 4

Belangrijk om op te merken bij deze analyse is dat de keuze bij optie 2 om de trendlijn +/- 20% te verschuiven bepalend is voor de gemiddelde absolute afwijking. Op het moment dat hier gekozen wordt voor andere percentages heeft dat (uiteraard) invloed op de gemiddelde absolute afwijking.
De resultaten van de analyse is weergegeven in Tabel 24 en Tabel 25. Ook is het percentage woningen weergegeven dat zou voldoen aan de voorgestelde standaard.

	Standaard	Gemiddelde absolute afwijking	% woningen voldoet
Optie 1: 'standaard als vaste waarde'			
Mediaan			
Tussenwoning	65 kWh/m²	5 kWh/m²	50%
Vrijstaande woning	95 kWh/m²	8 kWh/m²	50%
Appartement	67 kWh/m²	17 kWh/m²	50%
'Strenge' variant			
Tussenwoning	55 kWh/m²	12 kWh/m²	0%
Vrijstaande woning	72 kWh/m²	23 kWh/m²	0%
Appartement	31 kWh/m²	38 kWh/m²	0%
Conservatieve 'soepele' variant			
Tussenwoning	102 kWh/m²	35 kWh/m²	100%
Vrijstaande woning	128 kWh/m²	33 kWh/m²	100%
Appartement	195 kWh/m²	126 kWh/m²	100%
Optie 2: 'standaard afhankelijk van compactheid'	**Standaard (gemiddelde waarde)**		
Trendlijn			
Tussenwoning	66 kWh/m²	3 kWh/m²	54%
Vrijstaande woning	95 kWh/m²	7 kWh/m²	54%
Appartement	70 kWh/m²	15 kWh/m²	49%
Trendlijn - 20%			
Tussenwoning	64 kWh/m²	4 kWh/m²	26%
Vrijstaande woning	94 kWh/m²	7 kWh/m²	50%
Appartement	69 kWh/m²	15 kWh/m²	47%
Trendlijn + 20%			
Tussenwoning	69 kWh/m²	5 kWh/m²	79%
Vrijstaande woning	95 kWh/m²	7 kWh/m²	59%
Appartement	71 kWh/m²	15 kWh/m²	51%

Tabel 24: Vergelijking optie '1. standaard als vaste waarde' en optie '2. standaard afhankelijk van compactheid' voor de woningen met niveau 3

Optie 'standaard als vaste waarde'	Standaard	Gemiddelde absolute afwijking	% woningen voldoet
Optie 1: 'standaard als vaste waarde'			
Mediaan			
Tussenwoning	27 kWh/m²	3 kWh/m²	50%
Vrijstaande woning	44 kWh/m²	4 kWh/m²	50%
Appartement	25 kWh/m²	9 kWh/m²	50%
'Strenge' variant			
Tussenwoning	22 kWh/m²	6 kWh/m²	0%
Vrijstaande woning	31 kWh/m²	13 kWh/m²	0%
Appartement	7 kWh/m²	18 kWh/m²	0%
Conservatieve 'soepele' variant			
Tussenwoning	52 kWh/m²	24 kWh/m²	100%
Vrijstaande woning	60 kWh/m²	16 kWh/m²	100%
Appartement	62 kWh/m²	36 kWh/m²	100%
Optie 2: 'standaard afhankelijk van compactheid'	**Standaard (gemiddelde waarde)**		
Trendlijn			
Tussenwoning	28 kWh/m²	2 kWh/m²	51%
Vrijstaande woning	45 kWh/m²	2 kWh/m²	48%
Appartement	26 kWh/m²	3 kWh/m²	51%
Trendlijn - 20%			
Tussenwoning	29 kWh/m²	2 kWh/m²	42 %
Vrijstaande woning	45 kWh/m²	2 kWh/m²	40 %
Appartement	26 kWh/m²	3 kWh/m²	46 %
Trendlijn + 20%			
Tussenwoning	28 kWh/m²	2 kWh/m²	61 %
Vrijstaande woning	44 kWh/m²	2 kWh/m²	57 %
Appartement	25 kWh/m²	3 kWh/m²	56 %

Tabel 25: Vergelijking optie 'standaard als vaste waarde' en optie 'standaard afhankelijk van compactheid' voor de woningen met niveau 4

Conclusies analyses optie 'standaard als vaste waarde' en 'standaard afhankelijk van compactheid'

Twee opties voor de standaard zijn onderzocht: een vaste waarde (per woningtype) of een standaard die afhankelijk is gesteld van de compactheid van de woning (waarbij een clustering van woningtypen mogelijk is). Op basis van de analyse kan het volgende worden geconcludeerd:

- De vergelijking tussen de optie met de 'standaard als vaste waarde' en de optie met de 'standaard afhankelijk van de compactheid' in paragraaf 8.1.1 laat zien dat er met de optie 'standaard afhankelijk van de compactheid' een minder grote (absolute) afwijking heeft van de aangenomen standaard.
- Het percentage woningen dat voldoet aan de standaard is in beide opties vergelijkbaar;
  Met de optie 'standaard afhankelijk van de compactheid' bestaat de mogelijkheid om meerdere categorieën samen te voegen tot één standaard. Afhankelijk van het gewenste niveau van differentiatie in de standaard en de toegestane afwijking van een individuele woning met het beoogde maatregelenpakket ten opzichte van standaard kunnen meer of minder trendlijnen worden vastgesteld voor de standaard.
- Optie 'standaard als vaste waarde' is eenvoudiger te communiceren omdat er één eis is per woningcategorie en er geen afhankelijkheid is van de verhouding tussen de schiloppervlakte en het gebruiksoppervlak. De afhankelijkheid van de compactheid maakt de optie 'standaard afhankelijk van de compactheid' complexer.

Vanuit technisch oogpunt wordt geadviseerd om de standaard te koppelen aan de compactheid van de woning. De afhankelijkheid van de netto warmtevraag van de compactheid van de woning is zo groot dat dit voor de hand ligt.

De 'standaard afhankelijk van de compactheid' is verder uitgewerkt:

- Een vereenvoudiging van de formule van de standaard op basis van de trendlijn (zie paragraaf 8.1.3) is goed mogelijk. Hiermee wordt de schijnnauwkeurigheid van de standaard verminderd.
- Met de doorgevoerde aanpassingen in de formule van de standaard (paragraaf 8.1.4) wordt invulling gegeven aan we wens voor een ambitieuzere standaard dan 'niveau 3'. Daaronder wordt verstaan dat 20% van de WoON 2018 wooneenheden rechtstreeks aan de gestelde standaard voldoen met een maatregelenpakket volgens 'niveau 3' en dat voor de overige woningen beperkt aanvullende maatregelen nodig zullen zijn. Merk op dat die 'aanvullende maateregelen' uitsluitend in een studie als deze zo worden ervaren. In de praktijk wordt het maatregelpakket afgestemd op de gestelde standaard.

Bijlage 11

Analyse vereenvoudiging trendlijn

Stap a: de standaard is bepaald op basis van de trendlijn.

Stap b: de standaard is op een andere manier beschreven. Deze formule heeft dezelfde vorm als de eis aan BENG 1 voor nieuwbouw. Bij een compactheid lager dan een bepaalde waarde (laagste compactheid in WoON2018 database) heeft de standaard een constante waarde. 46 tot 61% van de woningen dan voldoen aan deze standaard.

Stap b: andere schrijfwijze standaard			
Woningtype	**Compactheid (A_{ls}/A_g)**	**Netto warmtevraag [kWh/m²]**	**% woningen dat voldoet**
Eengezinswoningen, voor 1945	< 1,20 ≥ 1,20	≤ 102 ≤ 102 + 103 * (A_{ls}/A_g – 1,2)	46%
Eengezinswoningen, na 1945	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 50 ≤ 50 + 38 * (A_{ls}/A_g - 1,0)	50%
Meergezinswoningen, voor 1945	< 0,35 ≥ 0,35	≤ 42 ≤ 42 + 111 * (A_{ls}/A_g - 0,35)	61%
Meergezinswoningen, na 1945	< 0,30 ≥ 0,30	≤ 30 ≤ 30 + 46 * (A_{ls}/A_g - 0,31)	47%

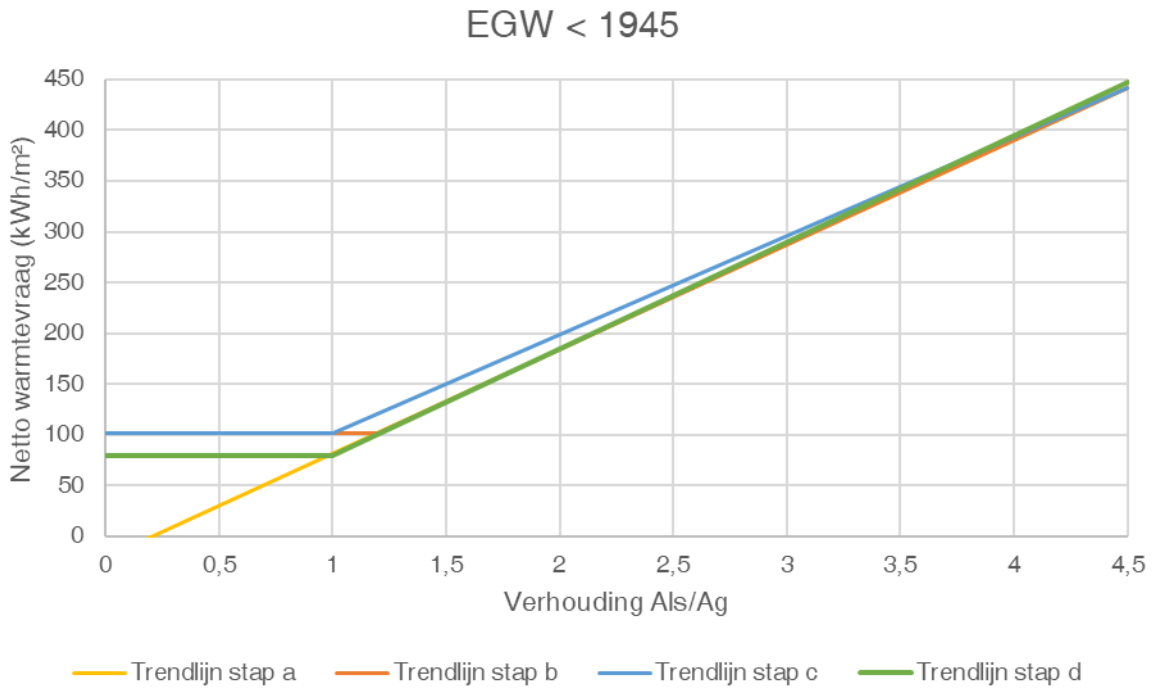
Stap c: de standaard is hetzelfde als in stap b. De grens voor de compactheid is echter gelijkgetrokken voor eengezinswoningen en meergezinswoningen (zie vetgedrukte tekst). Van stap b naar stap c heeft geen effect op het aantal woningen dat voldoet aan de standaard.

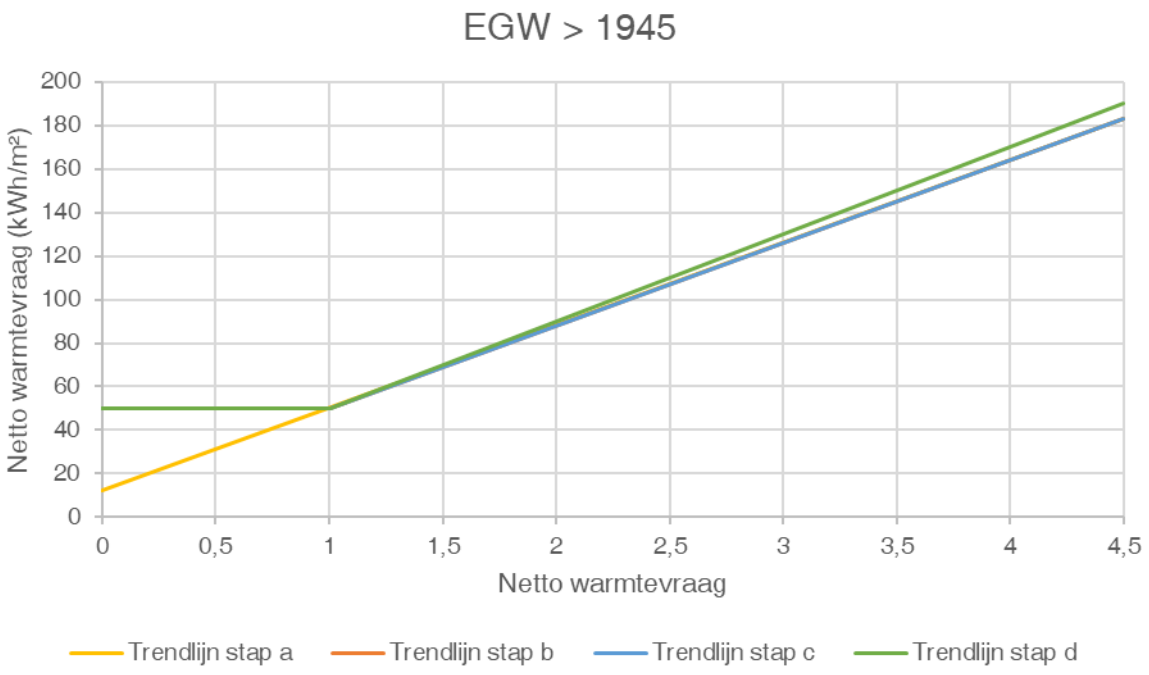
Stap c: vereenvoudiging grens compactheid:			
Woningtype	**Compactheid (A_{ls}/A_g)**	**Netto warmtevraag [kWh/m²]**	**% woningen dat voldoet**
Eengezinswoningen, voor 1945	**< 1,00** **≥ 1,00**	≤ 102 ≤ 102 + 103 * (A_{ls}/A_g – 1,2)	46%
Eengezinswoningen, na 1945	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 50 ≤ 50 + 38 * (A_{ls}/A_g - 1,0)	50%
Meergezinswoningen, voor 1945	**< 0,30** **≥ 0,30**	≤ 42 ≤ 42 + 111 * (A_{ls}/A_g - 0,35)	61%
Meergezinswoningen, na 1945	< 0,30 ≥ 0,30	≤ 30 ≤ 30 + 46 * (A_{ls}/A_g - 0,31)	47%
* Vetgedrukte cijfers zijn gewijzigd			

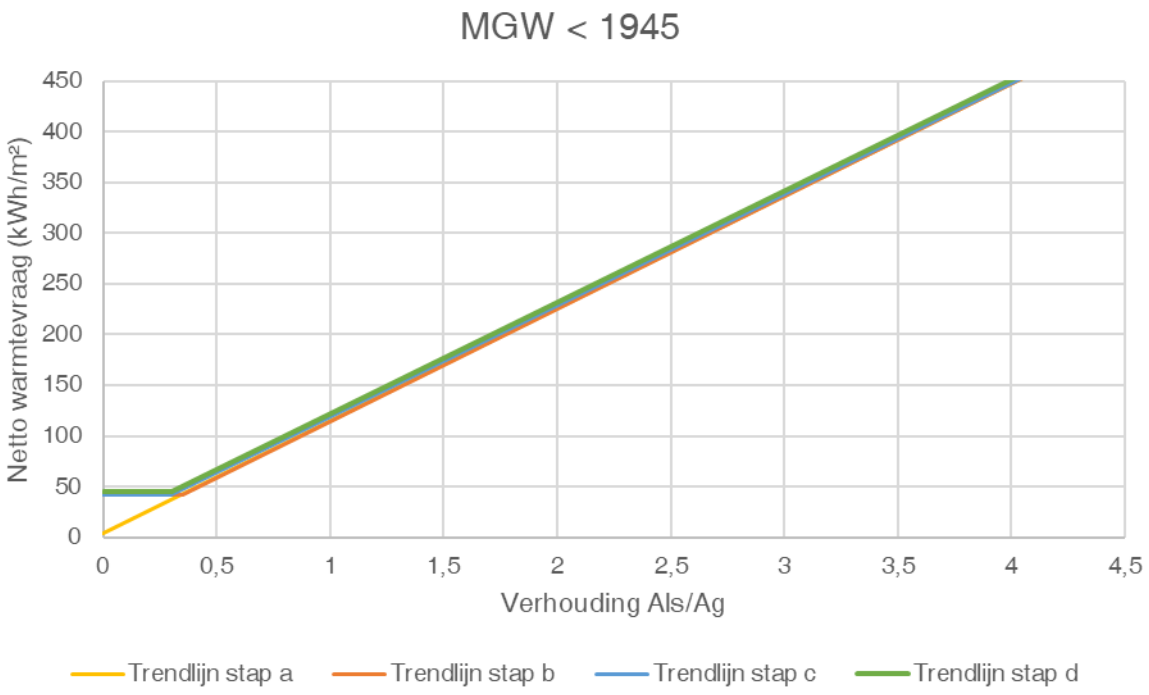
Stap d: de standaard is nog verder vereenvoudigd. Alle getallen zijn afgerond op veelvouden van 5, of 1 decimaal (zie vetgedrukte tekst). Het percentage woningen dat voldoet aan de standaard wijzigt hierdoor.

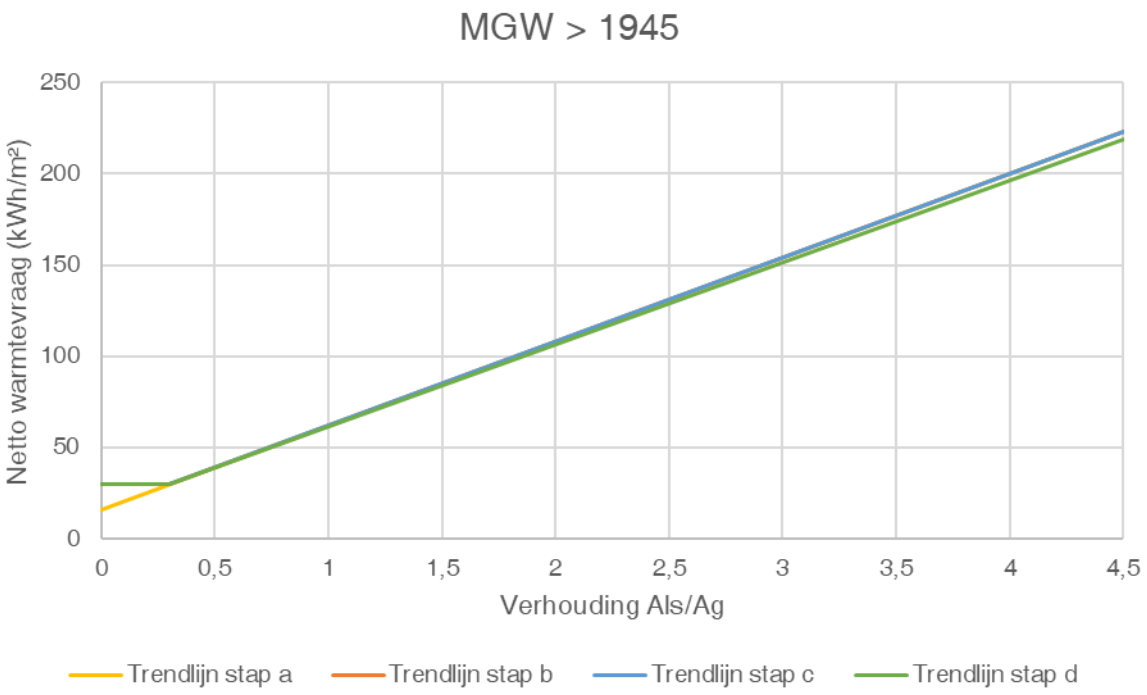
Stap d: vereenvoudiging grens compactheid + totale formule			
Woningtype	**Compactheid (A_{ls}/A_g)**	**Netto warmtevraag [kWh/m²]**	**% woningen dat voldoet**
Eengezinswoningen, voor 1945	**< 1,00** **≥ 1,00**	≤ **80** ≤ **80** + **105** * (A_{ls}/A_g – 1,0)	**47%**
Eengezinswoningen, na 1945	< 1,00 ≥ 1,00	≤ 50 ≤ 50 + **40** * (A_{ls}/A_g - 1,0)	**60%**
Meergezinswoningen, voor 1945	**< 0,30** **≥ 0,30**	≤ 45 ≤ **45** + **110** * (A_{ls}/A_g - **0,30**)	**67%**
Meergezinswoningen, na 1945	< 0,30 ≥ 0,30	≤ 30 ≤ 30 + **45** * (A_{ls}/A_g - **0,30**)	**46%**
* Vetgedrukte cijfers zijn gewijzigd			

Per woningtype zijn de verschillende vereenvoudigingen (stap a t/m d) voor de standaard weergegeven in onderstaande grafieken (nb. niet alle lijnen van alle opties zijn zichtbaar, omdat ze dicht over elkaar liggen):




EGW > 1945
Netto warmtevraag (kWh/m²)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
Netto warmtevraag
Trendlijn stap a
Trendlijn stap b
Trendlijn stap c
Trendlijn stap d


MGW < 1945
Netto warmtevraag (kWh/m²)
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
Verhouding Als/Ag
Trendlijn stap a
Trendlijn stap b
Trendlijn stap c
Trendlijn stap d


MGW > 1945
Netto warmtevraag (kWh/m²)
250
200
150
100
50
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
Verhouding Als/Ag
Trendlijn stap a
Trendlijn stap b
Trendlijn stap c
Trendlijn stap d



Vestiging Utrecht
Atoomweg 400
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle
Dr. Van Lookeren -
Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038-467 00 30

www.nieman.nl
info@nieman.nl