



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# *Effect op emissiereductie door de DUMAVA-subsidiereregeling*

*In opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en  
Koninkrijksrelaties*

# Effect op emissiereductie door de DUMAVA- subsidieregeling



TNO 2023 P12428 – 13 december 2023

## Effect op emissiereductie door de DUMAVA-subsidieregeling

Auteurs	Hanna Jonker Marijke Menkveld Vera Rovers
Rubricering rapport	TNO Publiek
Samenvatting	TNO Publiek
Aantal pagina's	70 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	4
Projectnummer	060.56942 Dit onderzoek is uitgevoerd onder begeleiding van en in samenwerking met RVO. Dit onderzoek is gefinancierd met subsidie van het Ministerie van Binnenlandse Zaken via het Kennis voor energiebeleid onderzoeksprogramma.

Erratum versie 2 van mei 2024: Update tabel 5.2 en 5.3 eenheden stonden verkeerd vermeld.

**Alle rechten voorbehouden**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

# Samenvatting

## Onderzoeksvraag

In 2022 was de eerste openstelling van de Subsidieregeling duurzaam maatschappelijk vastgoed (DUMAVA). RVO verzorgt de uitvoering van deze subsidieregeling. De regeling komt eigenaren van maatschappelijk vastgoed tegemoet in de kosten voor verduurzaming. Er kan subsidie worden aangevraagd voor maximaal drie individuele maatregelen, zoals isolatie, HR-glas, LED-verlichting, warmtepompen en zonnepanelen. Ook kan er subsidie worden aangevraagd voor een integrale verbetering van de energieprestatie van een gebouw. In totaal zijn er 1301 aanvragen (deels) goedgekeurd en is er 150 miljoen euro subsidie toegekend.

Voordat de DUMAVA-subsidie kan worden aangevraagd moet er in het gebouw een energiebesparingsonderzoek door een energieadviseur zijn uitgevoerd. In dit energieadvies wordt berekend wat de geschatte jaarlijkse aardgas- en elektriciteitsbesparing en de daarmee behaalde CO<sub>2</sub>-reductie is. Deze geschatte energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie worden voor elke aanvraag opgenomen in een pdf-bestand. Bij de uitvoering van de subsidieregeling registreert RVO alleen het type maatregel en het subsidiebedrag van de individuele aanvragen in een centrale database. Daardoor heeft RVO geen indicatie wat de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie is van de maatregelen die met de DUMAVA-subsidie worden gesubsidieerd.

Om een indicatie van het effect van de openstelling in 2022 te kunnen geven heeft RVO daarom aan TNO gevraagd om besparings- en CO<sub>2</sub>-reductiekengetallen per euro subsidie te bepalen voor de maatregelen die DUMAVA-subsidie krijgen.

## Aanpak

RVO registreert geen informatie uit de energiebesparingsonderzoeken bij de aanvragen, maar deze informatie is wel noodzakelijk bij de specificatie van de maatregelen en het opstellen van kengetallen voor energiebesparing. Daarom heeft RVO een steekproef uitgevoerd en voor dertig aanvragen van subsidie voor individuele maatregelen en dertig aanvragen van subsidie voor een integraal maatregelpakket. Daarvoor is handmatig aanvullende informatie uit pdf-bestanden gehaald. TNO heeft de gegevens uit de steekproef gebruikt om meer inzicht te krijgen in de specificaties van de getroffen maatregelen.

Vervolgens heeft TNO voor de zeven meest aangevraagde individuele maatregelen een inschatting gemaakt van besparingskengetallen. Voor de subsidieaanvragen met een integraal maatregelpakket heeft TNO een inschatting gemaakt met kengetallen op basis van de labelverbetering en op basis van de kengetallen voor individuele maatregelen. TNO heeft bij het opstellen van besparingskengetallen allerlei veronderstellingen moeten doen over de verduurzamingsmaatregelen of de uitgangssituatie waarin ze worden toegepast. Met een gevoeligheidsanalyse laten we zien wat dat betekent voor de onzekerheid rond onze schatting van het effect op energiebesparing en emissiereductie.

### Resultaat

De totale energiebesparing van maatregelen die met DUMAVA-subsidie zijn genomen in 2022 schat TNO tussen de 0,44 en 0,53 PJ aardgas en tussen de 0,11 en 0,18 PJ elektriciteit. Met de emissiefactoren van aardgas en elektriciteit in 2021 betekent dit in de hoge schatting een emissiereductie van circa 0,05 megaton per jaar, waarvan 0,03 megaton CO<sub>2</sub> reductie van directe emissies door aardgasverbruik. Door gebrek aan informatie over de maatregelen zijn veel aannames gedaan; de onzekerheid over de emissiereductie is daarom groot. De besparing en emissiereductie zijn daarom slechts een indicatie van de orde grootte. Er is geen rekening gehouden met free-riders, het is niet bekend hoeveel gebouweigenaren de maatregelen ook zonder subsidie gerealiseerd zouden hebben.

### Aanbevelingen

Bij de berekeningen van de emissiereductie zijn veel aannames gedaan omdat informatie over de aanvragen onbekend was. Er is behoefte aan meer informatie over de uitsplitsing van de investering of het subsidiebedrag naar maatregelen, het type maatregel en de uitgangssituatie. Bijvoorbeeld: wordt HR++-glas of triple glas toegepast en vervangt het enkel of dubbel glas?

Daarom doet TNO de volgende aanbevelingen:

1. Verzamel meer informatie over de aanvraag in de centrale online registratie van RVO, zoals over de uitsplitsing van de subsidieaanvraag naar verschillende maatregelen, type maatregel, uitgangssituatie
2. Registreer in de aanvraag duidelijker het type gebouw en type eigenaar
3. Laat aanvragers ook informatie van de energieadviseurs online invoeren
4. Maakt het databestand geschikt voor analyse
5. Doe onderzoek naar effectiviteit van beleid en naar mogelijkheden om de kosteneffectiviteit van de regeling te verbeteren
6. Stel strengere eisen aan de maatregelen die subsidie krijgen.

# Inhoudsopgave

## Inhoud

Samenvatting .....	3
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>6</b>
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Onderzoeksvragen.....	7
1.3 Methode.....	7
1.4 Leeswijzer .....	8
<b>2 DUMAVA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Introductie .....	9
2.2 Aanvragers .....	9
2.3 Onderscheid in aanvragen.....	11
2.4 Monumenten .....	13
<b>3 Individuele maatregelen .....</b>	<b>16</b>
3.1 Steekproef aanvragen individuele maatregelen .....	18
3.2 Methode kengetallen emissiereductie.....	21
3.3 Resultaten kengetallen emissiereductie .....	23
<b>4 Integrale verbetering Energie prestatie gebouw .....</b>	<b>35</b>
4.1 Steekproef .....	35
4.1.1 Berekening energieadviseurs .....	39
4.1.2 Methode 1: kengetallen labelsprong integrale verbetering.....	39
4.1.3 Methode 2: kengetallen individuele maatregelen voor integrale verbetering.....	41
4.1.4 Vergelijking steekproef met berekening energie-adviseurs.....	43
4.2 Totale emissiereductie integrale verbetering.....	46
<b>5 Conclusie .....</b>	<b>47</b>
5.1 Totale emissiereductie .....	47
5.2 Doelmatigheid.....	49
5.2.1 Het free-rider effect .....	49
5.2.2 Het autonome tempo van verduurzaming.....	49
5.3 Aanbevelingen.....	52
<b>Referenties .....</b>	<b>55</b>
Bijlagen	
Bijlage A: Kengetallen voor emissiereductie	57
Bijlage B: CO2-emissiefactoren	68
Bijlage C: Weging individuele maatregelen	69
Bijlage D: Vergelijking steekproef integrale aanpak	70

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In 2022 was de eerste openstelling van de Subsidieregeling duurzaam maatschappelijk vastgoed (DUMAVA). De subsidieregeling komt eigenaren van maatschappelijk vastgoed tegemoet in de kosten om te verduurzamen. In het Nederlandse Klimaatakkoord is opgenomen dat eigenaren van maatschappelijk vastgoed een voorbeeldrol hebben te vervullen en daarmee duurzame gebiedsontwikkeling aanjagen. Daarnaast is met twaalf maatschappelijke sectoren afgesproken dat er sectorale routekaarten worden opgesteld. In deze routekaarten is beschreven wat het vertrekpunt van de betreffende sector is en volgens welke planning de sector op een kosteneffectieve manier toewerkt naar het streefdoel voor 2030 en een koolstofdioxide- (CO<sub>2</sub>-)arme vastgoedportefeuille in 2050. Uit de sectorale routekaarten is op te maken dat er extra ondersteuning en begeleiding nodig is om de klimaatdoelen voor het maatschappelijk vastgoed te realiseren.

Binnen de doelgroep van DUMAVA valt vastgoed dat eigendom is van een maatschappelijke instelling binnen de sectoren decentrale overheid, onderwijs, zorg en cultuur of religieuze instellingen of overige gebouwen met een publieksfunctie. Bij maatschappelijk vastgoed moeten we denken aan scholen, verzorgingstehuizen, gemeentehuizen, theaters, kerken en buurthuizen. Hieronder vallen ook monumenten met een publieke functie.

Voordat de DUMAVA-subsidie kan worden aangevraagd moet er een energiebesparingsonderzoek door een energieadviseur zijn uitgevoerd in het gebouw. In dit energieadvies wordt berekend wat de jaarlijkse aardgas- en elektriciteitsbesparing en de daarmee behaalde CO<sub>2</sub>-reductie is. Deze emissiereductie moet ook worden vermeld bij het aanvragen van de subsidie. De kwaliteit van de berekeningen is echter niet goed te controleren doordat er weinig achterliggende gegevens bekend zijn. In sommige gevallen is alleen de CO<sub>2</sub>-reductie gegeven zonder onderbouwing met de aardgas- of elektriciteitsbesparing.

RVO heeft TNO gevraagd om kengetallen op te stellen voor de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie per gesubsidieerde euro om het effect van de subsidieregeling te bepalen. Ook hebben zij gevraagd naar een inschatting van het totale effect op de vermindering van emissies door de eerste openstellingsronde van de DUMAVA-subsidieregeling in 2022. Tot slot is TNO gevraagd aanbevelingen te doen voor verbetering van de monitoring van de subsidieregeling.



## 1.2 Onderzoeksvragen

Dit onderzoek behandelt de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie per gesubsidieerde euro van maatregelen voor verduurzaming van gebouwen die worden gesubsidieerd in de DUMAVA-regeling?
2. Wat is het effect op energiebesparing en emissiereductie van de eerste openstelling van de DUMAVA subsidieregeling in 2022?

## 1.3 Methode

Bij de uitvoering van de subsidieregeling houdt RVO in haar centrale registratie maar een beperkt aantal gegevens bij van de individuele aanvragen, namelijk het type maatregel en het subsidiebedrag. Om extra informatie in te winnen heeft RVO een steekproef uitgevoerd en voor 30 aanvragen voor subsidie op individuele maatregelen en 30 aanvragen van subsidie voor een integraal maatregelpakket handmatig aanvullende informatie uit pdf bestanden gehaald. De steekproef is aselekt uitgevoerd door RVO en select aangevuld met missende maatregelen. Hierdoor komen alle aangevraagde maatregelen terug in de steekproef. TNO heeft de gegevens uit de steekproef gebruikt om meer inzicht te krijgen in de specificaties van de getroffen maatregelen. Voor de individuele maatregelen betreft het de gebouwspecificaties van de aanvrager, de energiebesparing volgens de energieadviseur en het investeringsbedrag. In het geval van de integrale pakketten is de steekproef gebruikt om inzicht te krijgen in het type uitgevoerde maatregelen, zoals het type isolatie en het type installatie. De CO<sub>2</sub>-reductie bepaald door de energieadviseurs is alleen bekend voor de steekproef.

Er is een selectie gemaakt van de individuele maatregelen die het meest zijn aangevraagd. Voor deze individuele maatregelen zijn de kengetallen zo veel mogelijk gedifferentieerd naar gebruiksfunctie van het gebouw (bijvoorbeeld onderwijs, zorg, kantoor, etc.). TNO heeft bij het opstellen van besparingskengetallen allerlei veronderstellingen moeten doen over de verduurzamingsmaatregelen of de uitgangssituatie waarin ze worden toegepast. Met een gevoeligheidsanalyse laten we zien wat dat betekent voor de onzekerheid rond onze schatting van het effect op de emissiereductie.

Voor de integrale pakketten was de kwaliteit van de steekproef te laag om voor individuele maatregelen kengetallen te bepalen. Daarom is de verbetering van de energieprestatie van het gebouw (labelverbetering) gebruikt om een inschatting te maken van de behaalde emissiereductie. Voor de individuele en integrale maatregelen in de steekproef zijn de kengetallen vergeleken met de emissiereductie zoals bepaald door de energieadviseurs. RVO heeft TNO naast de steekproef ook geanonimiseerde gegevens verstrekt van alle aanvragen, waarbij de status van aanvragen tot en met juni 2023 is meegenomen. De totale aanvraaglijst is door TNO gebruikt om te onderzoeken voor welke bouwtypen de subsidie is aangevraagd.

Ook zijn de gegevens van alle aanvragen gebruikt om het totale effect van openstelling van de subsidieregeling in 2022 te berekenen. Daarbij wijzen we op de onzekerheid van de schatting die we zien in de gevoeligheidsanalyse voor de besparingskengetallen. Ook wijzen

we op de mogelijke effecten van “free-riders” die de verduurzaming ook zonder subsidie zouden hebben gerealiseerd.

Dit onderzoek laat zien dat het maken van een schatting voor het effect van de DUMAVA-subsidieregeling wordt bemoeilijkt doordat RVO weinig informatie verzamelt die via een centrale registratie toegankelijk is. We doen daarom aanbevelingen om de monitoring van de subsidieregeling te verbeteren.

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 schetsen we de verdeling van de aanvragen in de DUMAVA-subsidieregeling naar gebruiksfuncties van gebouwen en kijken we in het bijzonder naar monumenten. In hoofdstuk 3 kijken we naar de subsidieaanvragen voor individuele maatregelen, en in hoofdstuk 4 naar de subsidieaanvragen voor integrale verbetering van de energieprestatie van gebouwen. In deze twee hoofdstukken schetsen we eerst een beeld van alle subsidieaanvragen in 2022, analyseren we de steekproef, en presenteren we vervolgens de methode en resultaten voor de kengetallen voor emissiereductie. Ook bevatten deze hoofdstukken een vergelijking met de berekende emissiereductie door energieadviseurs, een gevoeligheidsanalyse voor aannames in de kengetallen en een schatting van de totale emissiereductie.

In hoofdstuk 5 presenteren we conclusies over het totale besparingseffect van de DUMAVA subsidieregeling in de openstellingsronde in 2022, en doen we aanbevelingen voor verbetering van de monitoring van de regeling.

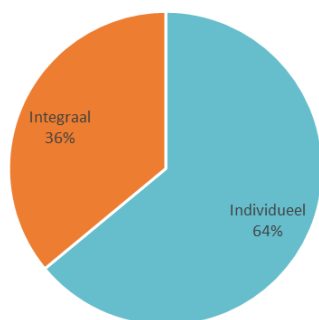
## 2 DUMAVA

### 2.1 Introductie

Met de DUMAVA-subsidieregeling wordt subsidie gegeven op verschillende individuele maatregelen, waaronder HR-glas, isolatie van dak, gevel, spouw en vloer, warmtepompen, LED-verlichting en zonnepanelen. Maar ook voor een integrale verbetering van de energieprestatie van een gebouw kan subsidie worden aangevraagd. De subsidie bestaat uit 30% van de investeringskosten voor het nemen van maatregelen en 50% van de kosten voor energieadvies en het laten opstellen van een energielabel.

De eerste subsidieronde ging begin oktober 2022 open en na twee weken werd deze gesloten, omdat de aanvragen ruim boven het subsidiebudget kwamen. Door middel van een loting is het budget verdeeld over alle aanvragers. In totaal zijn er 1301 aanvragen (deels) goedgekeurd en is er 150 miljoen euro subsidie toegekend. Uiteindelijk is na terugtrekkingen van aanvragers 144,2 miljoen euro subsidie verstrekt.

Van het subsidiebudget dat is toegekend in 2022 is 64% naar individuele maatregelen gegaan en 36% naar integrale verbetering van de energieprestatie van een gebouw (Figuur 2.1). Dit hoofdstuk geeft verder inzicht in de aanvragers van de subsidie, (paragraaf 2.2), in het aanvragen voor monumenten (paragraaf 2.4) en in relevant onderscheid in aanvragers (paragraaf 2.3).



Figuur 2.1: Verdeling van subsidiebudget over type maatregelen

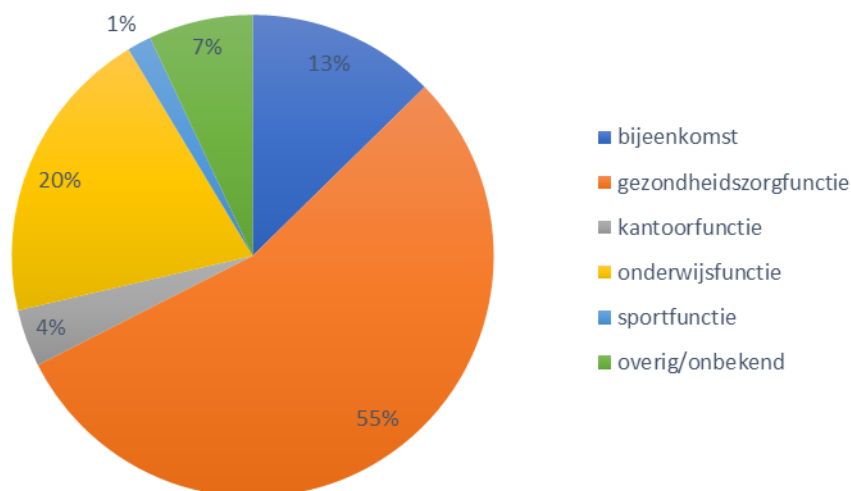
### 2.2 Aanvragers

De dataset bevat voor elke aanvraag informatie over de gebruiksfunctie van het gebouw<sup>1</sup>. Hiermee kunnen we inzicht bieden in wie een aanvraag doet voor subsidie en of bepaalde doelgroepen relatief meer of minder gebruik maken van de subsidie dan anderen. Het blijkt

<sup>1</sup> Voor deze analyse is de gebruiksfunctie 'Wonen' ondergebracht bij 'Gezondheidszorg'. In 50 van de 80 Dumava aanvragen met een woonfunctie was deze ook gerelateerd aan een gebouw van een zorginstelling. Zie verder 2.3 voor deze bijzondere categorie 'Wonen'.

dat gezondheidszorg en onderwijs het meest gebruik hebben gemaakt van de subsidieregeling (Figuur 2.2).

Het gebruiksooppervlak van de doelgroep maatschappelijk vastgoed<sup>2</sup> onder de DUMAVA-subsidieregeling betreft 126 miljoen m<sup>2</sup>, wat overeenkomt met 29% van de dienstensector. Met subsidie van DUMAVA uit 2022 is (of wordt) ruim 8 miljoen m<sup>2</sup> gebruiksooppervlakte verduurzaamd.

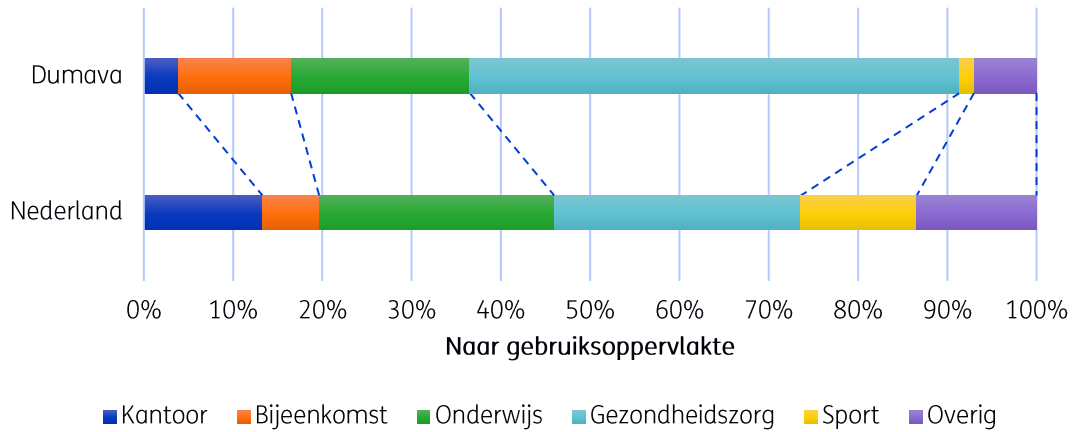


**Figuur 2.2:** Verdeling van subsidiebedrag naar gebruiksfunctie

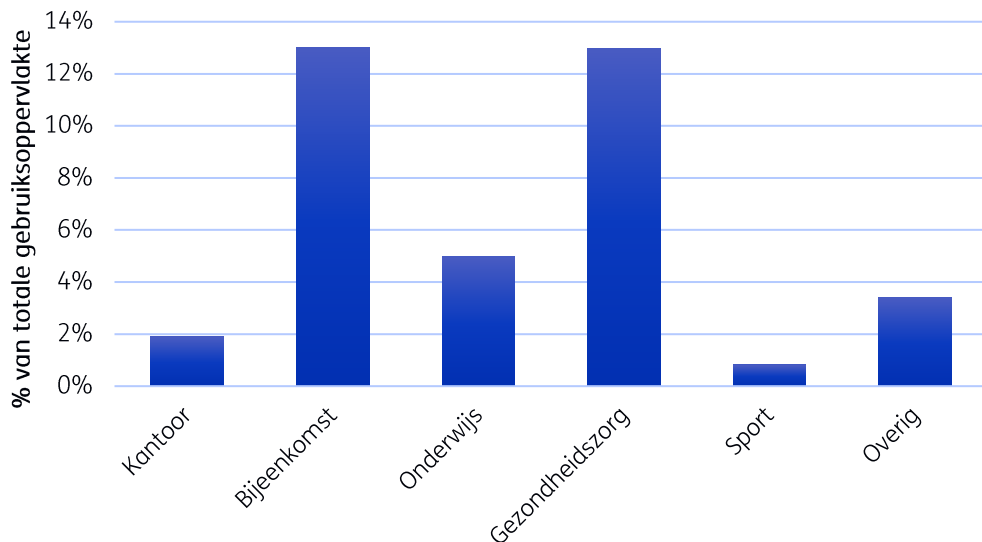
Op basis van gebruiksooppervlak heeft de gezondheidszorg duidelijk het grootste aandeel in de uitgekeerde DUMAVA-subsidie. Het aandeel dat in de gezondheidszorg subsidie heeft ontvangen (55%) (bovenste balk Figuur 2.3) is groter dan het aandeel oppervlak van gezondheidszorg in Nederland (28%). Van het totale oppervlak in de gezondheidszorg is in de openstelling van 2022 voor 13% daarvan subsidie aangevraagd (Figuur 2.4 en Figuur 2.3). Voor gebouwen met een bijeenkomstfunctie is dit ook 13%. Voor de overige gebruiksfuncties is relatief minder subsidie aangevraagd dan de verhouding van oppervlak in Nederland<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Onder Maatschappelijk Vastgoed verstaan we in deze analyse de volgende SBI2008 branches: O-Openbaar bestuur en overheidsdiensten, P-Onderwijs, Q-Gezondheids- en welzijnszorg en R-Cultuur, Sport en Recreatie.

<sup>3</sup> Voor sportaccommodaties die niet in gemeentelijk eigendom zijn kan geen subsidie voor verduurzaming via de DUMAVA regeling worden aangevraagd. Het ligt dan ook in de verwachting dat deze functie ondervertegenwoordigd is.



**Figuur 2.3:** Verdeling van het oppervlak naar gebruiksfunctie binnen de DUMAVA-aanvragen en voor de gebouwen in Nederland onder de branches O, P, Q en R<sup>2</sup>



**Figuur 2.4:** het aandeel binnen een gebruiksfunctie dat DUMAVA-subsidie heeft ontvangen naar percentage van het totale oppervlak in Nederland voor de branches O, P, Q en R<sup>2</sup>

## 2.3 Onderscheid in aanvragen

Het is bekend dat het in bepaalde sectoren moeilijker is om verduurzamingsmaatregelen te nemen, bijvoorbeeld omdat gebouwen in die sectoren vaker worden gehuurd. Het is daarom belangrijk om per sector te kijken in hoeverre er gebruik wordt gemaakt van de subsidieregeling. Soms is het zelfs relevant om dit per subsector te onderzoeken. Het onderzoek van (Rebel, 2023) naar een fonds voor verduurzaming van maatschappelijk vastgoed is een belangrijke bron geweest voor het belang van onderscheid in (sub)sectoren. In het primair en voortgezet onderwijs is het vastgoed bijvoorbeeld vaak eigendom van de gemeente en is het schoolbestuur verantwoordelijk voor onderhoud (Rebel, 2023), terwijl universiteiten, hogescholen en MBO-instellingen vaker te maken hebben met een private verhuurder én in monumentale gebouwen gevestigd zijn. Uit het ‘soort vastgoed’ in de

aanvraag van DUMAVA kan dus al met enige zekerheid worden afgeleid voor welk type onderwijs het vastgoed wordt gebruikt (PO, VO, MBO, HBO, WO). Onderzoek van (Panteia, 2023) laat zien dat in 2022 in het voortgezet onderwijs het vaakst maatregelen zijn genomen (15% van de gebouwen) en in het basisonderwijs het minst vaak (9% van de gebouwen).

In de zorgsector is het vastgoed waarin grootschalige instellingen (zoals ziekenhuizen, de GGZ, verpleeg en verzorgingstehuizen en gehandicaptenzorg) zijn gevestigd grotendeels in eigendom van een paar grote vastgoedeigenaren (Rebel, 2023). Bij kleinschalige instellingen (bijvoorbeeld huisartsen, tandartsen, fysiotherapie en kleinschalige woon-zorgcomplexen) is het eigendom van vastgoed erg divers. Momenteel kan uit de dataset van DUMAVA geen onderscheid naar typen zorginstellingen worden gemaakt. (Panteia, 2023) laat zien dat het vaakst maatregelen zijn genomen in gebouwen van verpleging en gehandicaptenzorg (22%) en het minst vaak in ziekenhuizen (18%).

Wat betreft ontmoetingscentra (buurthuizen, welzijn, religieuze instellingen) geeft (Rebel, 2023) aan dat 70% gemeentelijk vastgoed betreft en de rest grotendeels in eigendom is van een stichting, vereniging of coöperatie. Bij cultuurinstellingen is het merendeel van het vastgoed van de gemeente of het rijk. Ook bij sportaccommodaties is 60-70% gemeentelijk eigendom en de rest van verenigingen of private partijen. Deze laatste categorie kan geen aanspraak maken op subsidie van de DUMAVA-regeling, sportaccommodaties in gemeentelijk eigendom wel. Uit het onderzoek van Panteia (Panteia, 2023) volgt het eigenaarschap zoals opgenomen in Tabel 2.1.

**Tabel 2.1:** Bezit en gebruik naar eigenaarschap (Panteia, 2023)

	Eigenaar en gebruiker	Huurder	Gebruiker	Eigenaar
Zorg	64%	34%	1%	2%
Kantoren	56%	40%	2%	1%
Onderwijs	30%	16%	53%	1%
Winkels	47%	52%	1%	1%
Bedrijfshallen	50%	44%	3%	3%
Totaal	50%	45%	5%	1%

Naast onderwijs en zorg kan uit het 'soort vastgoed' in de DUMAVA-aanvraag worden afgeleid of het een gebouw is van de gemeente, van een religieuze of levensbeschouwelijke instelling of van een stichting. Deze aanduiding lijkt een indicatie te geven van de eigendom. Een andere categorie is 'Rijksmonument'. Het 'soort vastgoed' is daarmee een combinatie van een gebruiksfunctie (zoals onderwijs, zorg), eigenaarschap (zoals gemeente, stichting, religieuze instelling, het rijk) en een status (monument). (Rebel, 2023) stelt ook vast dat er nog geen heldere definitie van sectoren is in maatschappelijk vastgoed en adviseert die scherper te definiëren. Naast eigenschappen van sectoren stelt Rebel dat er nog twee overkoepelende eigenschappen een rol spelen in de verduurzaming van de panden: of het pand multifunctioneel gebruikt wordt en of het een monumentale status heeft. Beide maken het nemen van verduurzamingsmaatregelen complexer.

Voor de DUMAVA-regeling stellen we daarom voor om een helder onderscheid te maken naar (sub)sector (o.b.v. de SBI-bedrijfstak), eigendom, gebruiksfunctie, multifunctionaliteit (d.w.z. meerdere gebruikers) en status en dit op te nemen in de aanvraag van de subsidie (Tabel 2.1).

De gebruiksfunctie 'Wonen' is binnen maatschappelijk vastgoed een bijzondere categorie. Men verwacht in eerste instantie niet dat er wordt gewoond in panden uit bijvoorbeeld de sector 'Openbaar bestuur en overheidsdiensten'. Toch staan duizenden panden zo geregistreerd. De vraag is of hier inderdaad bewoning plaatsvindt of dat er sprake is van een bijzondere situatie. Mogelijk gaat het bij een 'woonfunctie' in de sector Gezondheids- en welzijnszorg om een verpleeghuis. Het is onduidelijk wat er onder de functie 'Wonen' wordt verstaan en we adviseren om hier beter inzicht in te krijgen.

Ons voorstel voor onderscheid naar type aanvrager en type gebouw in de aanvraag:

**Sector en sub-sector:**

- Onderwijs, opgesplitst naar:
  - Primair
  - Voortgezet
  - MBO
  - HBO
  - Universiteit
- Gezondheids- en welzijnszorg
  - Verpleeghuis
  - Ziekenhuis
  - Praktijk
  - Laboratorium
  - Dagopvang
- Openbaar bestuur en overheidsdiensten
- Cultuur, sport en recreatie.

**Eigendom**

- Gemeente
- Provincie
- Rijk
- Private verhuurder
- Woningcorporatie
- Vereniging (niet VvE)/stichting
- VvE.

**Gebruiksfunctie**

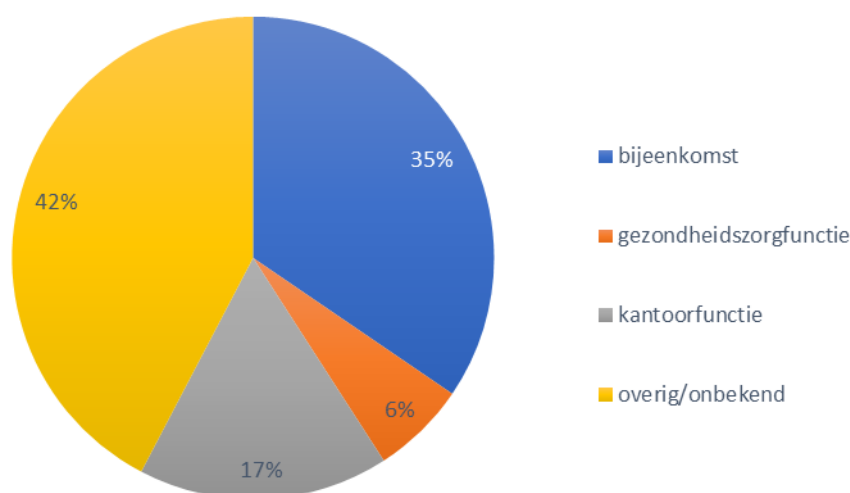
- Onderwijs
- Gezondheidszorg
- Bijeenkomst
- Kantoor
- Sport
- Cultuur
- Wonen
- Overig.

## 2.4 Monumenten

Monumenten zijn een aparte categorie in de subsidieregeling. In totaal is voor 63 Rijksmonumenten subsidie aangevraagd met een totaalbedrag van 9,8 miljoen Euro (7% van het totale subsidiebedrag). Het gaat om advies en maatregelen (integraal en individueel). In totaal besloeg het gebruiksooppervlak van deze Rijksmonumenten 135.600 m<sup>2</sup>, dat is 2% van de totale oppervlakte van de gebouwen die subsidie hebben ontvangen.

(Menkveld & Sipma, 2022) schatten dat het totale oppervlak aan monumenten in de publieke voorraad 1 à 2 miljoen m<sup>2</sup> is. Dat zou betekenen dat 7-14% van het oppervlak aan monumenten in het maatschappelijk vastgoed in 2022 subsidie heeft ontvangen van DUMAVA<sup>4</sup>.

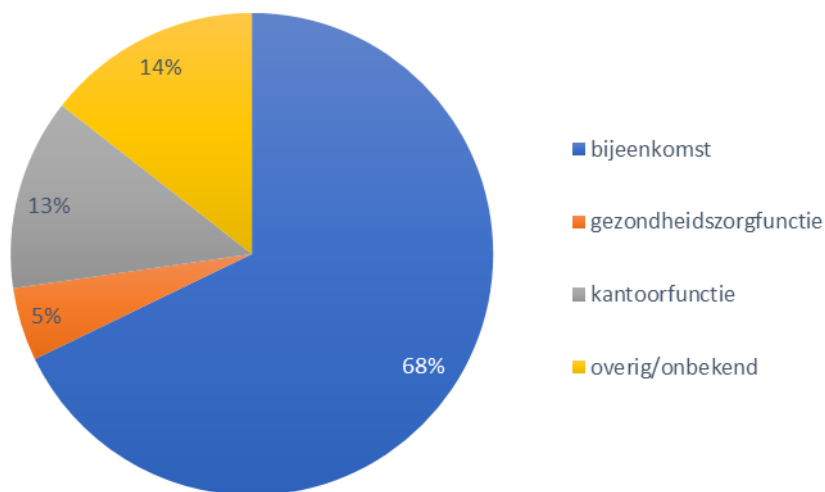
Ruim een derde van het subsidiebedrag voor monumenten betreft gebouwen met een bijeenkomstfunctie, 17% een kantoorfunctie en 6% een zorgfunctie (een woonfunctie binnen het maatschappelijk vastgoed). Van 42% is de functie onbekend (Figuur 2.5). Op basis van het gebruiksoppervlak neemt de bijeenkomstfunctie 2/3<sup>e</sup> van het oppervlak in, de kantoorfunctie 13% en gezondheidszorg 5%. 14% heeft een onbekende functie (Figuur 2.6). 77% van de subsidie voor monumenten is terechtgekomen bij de 'Integrale aanpak verduurzaming monumenten' (Figuur 2.6 en Figuur 2.7). Verder is 12% van de subsidie besteed aan isolatie van de gevel/vloer/dak en 5% aan isolerende beglazing. De overige subsidie is verdeeld over meerdere kleine posten.



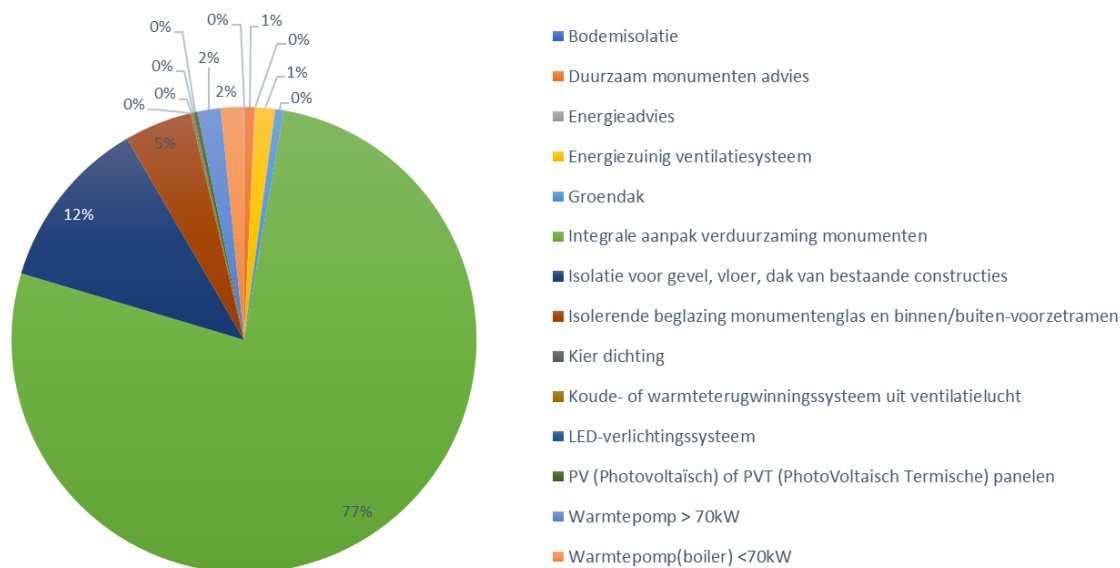
Figuur 2.5: Verdeling van subsidie aan Rijksmonumenten naar gebruiksfunctie

<sup>4</sup> RVO beschikt over een monumentenbestand met alle gemeentelijke, provinciale en rijksmonumenten waarmee mogelijk beter inzicht de monumenten binnen het maatschappelijk vastgoed kan worden verkregen.





Figuur 2.6: Verdeling van gebruiksooppervlakte van Rijksmonumenten naar gebruiksfunctie



Figuur 2.7: Verdeling van de DUMAVA subsidie voor rijksmonumenten in 2022 naar type maatregel

Bijna 420 duizend euro is door Rijksmonumenten besteed aan maatregelen die niet vallen onder subsidies exclusief voor monumenten:

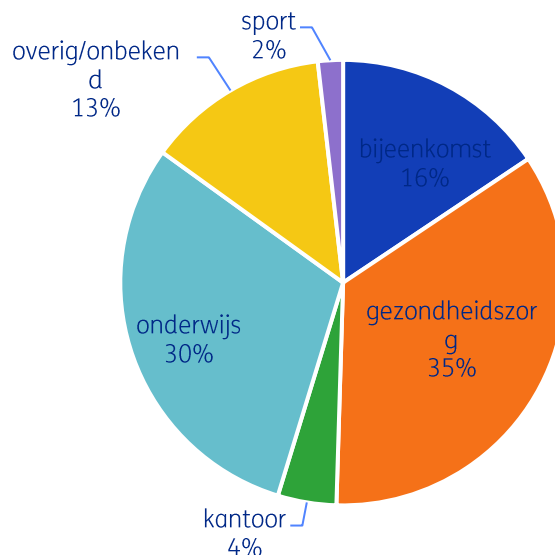
- Groen dak
- Warmtepomp > 70kW
- Warmtepomp(boiler)<70kW
- LED-verlichtingssysteem
- PV of PVT panelen
- Koude- of warmteterugwinningssysteem uit ventilatielucht.

### 3 Individuele maatregelen

In dit hoofdstuk kijken we naar de subsidieaanvragen in DUMAVA voor individuele maatregelen. Allereerst wordt een beeld geschetst van alle aanvragen van individuele maatregelen en de verdeling naar het type maatregel en gebouwtype (paragraaf 3.1). Daarna wordt voor de analyse van de maatregelen uit de steekproef verder ingezoomd op de investeringen, maatregelen en energiebesparing (paragraaf 3.2). De emissiereductie is door TNO ingeschat op basis van besparingskengetallen. Deze wordt vergeleken met de inschatting van de energieadviseurs (paragraaf 3.3). Tot slot wordt de totale emissie reductie van de individuele maatregelen bepaald (paragraaf 3.4).

In de DUMAVA-subsidieregeling kan voor 36 verschillende individuele maatregelen subsidie worden aangevraagd, waarvan zeven alleen bedoeld zijn voor monumenten. Per aanvrager kan subsidie voor één tot drie individuele maatregelen en subsidie voor een energieadvies worden aangevraagd. In totaal zijn er bijna 1830 aanvragen voor individuele maatregelen ingediend. Hiervan zijn er 1107 subsidieaanvragen, goedgekeurd en ingeloot. Het totale goedgekeurde subsidiebedrag is 91,8 miljoen euro. Daarvan ging 98% naar de individuele maatregelen en 2% naar monumenten.

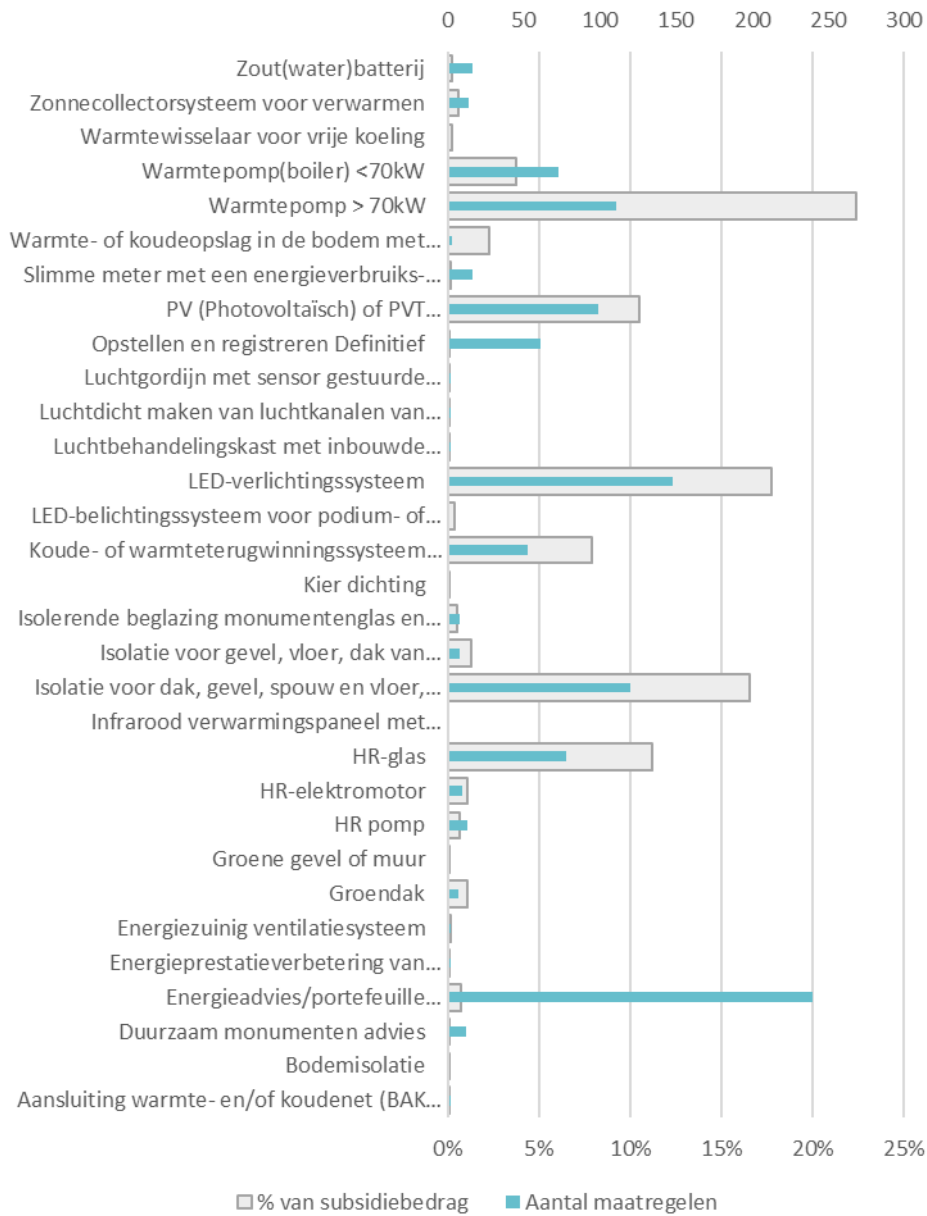
Vooral gebouwen van zorginstellingen, gemeenten en onderwijs maken gebruik van de subsidie. De overige gebouwen zijn stichtingen en rijksmonumenten. Het gaat om gebouwen met als gebruiksfunctie zorg met bed, bijeenkomst en onderwijs (Figuur 3.1).



Figuur 3.1: Verdeling subsidiebedrag individuele maatregelen naar gebruiksfunctie (RVO, 2023), bewerking TNO

De meest subsidie ging naar warmtepompen, LED-verlichting, isolatie, HR-glas en PV-panelen (Figuur 3.2). Een aantal maatregelen uit de lijst is helemaal niet aangevraagd. Dit betreft verdampingskoeling d.m.v. waterverdamming, laag debiet afzuigkap in grootkeukens, faseovergangsmateriaal (PMC), grondwarmtewisselaar, infrarood verwarmingspaneel met

bewegingssensor en thermostaat en intelligent lokale energie-uitwisseling. Ook is op te maken uit Figuur 3.2 dat de verhouding van het aantal aanvragen en het aandeel in het subsidiebedrag niet gelijk oploopt. Zo is het energieadvies veel aangevraagd maar maakt het in verhouding een zeer klein aandeel van het subsidiebedrag op.



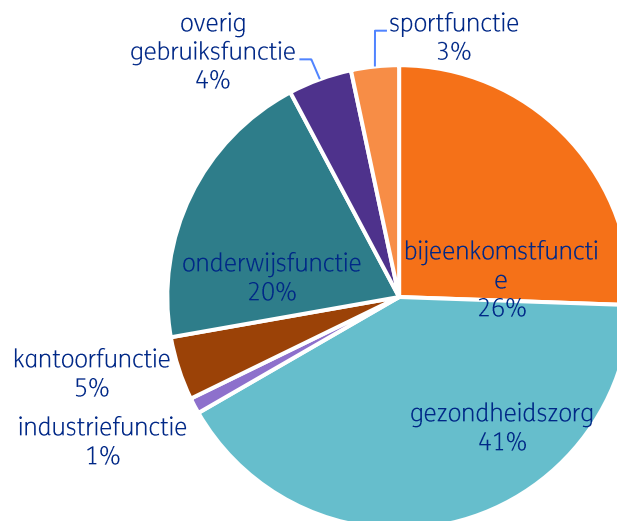
Figuur 3.2: Individuele maatregelen naar aantal en gesubsidieerd bedrag (RVO, 2023), bewerking TNO

## 3.1 Steekproef aanvragen individuele maatregelen

### Beschrijving steekproef

RVO heeft een steekproef uitgevoerd onder 30 aanvragers van subsidie voor individuele maatregelen, wat een steekproef van 90 maatregelen heeft opgeleverd. Hiervan zijn acht maatregelen aangevraagd voor monumenten. Gemiddeld vraagt één aanvrager drie maatregelen aan, zowel in de steekproef als bij alle aanvragen. De steekproef betreft een aangevraagd subsidiebudget van 12,8 miljoen euro. Binnen de steekproef zijn door RVO extra gegevens verzameld en geanonimiseerd opgestuurd naar TNO. De steekproef is aselect uitgevoerd en is selectief aangevuld met maatregelen die buiten de steekproef vielen.

Ook in de steekproef komen de meeste aanvragen van gebouwen met een gezondheidszorg-, bijeenkomst- of onderwijsfunctie. Wel is het aandeel onderwijs in de steekproef een stuk lager dan bij alle aanvragen (Figuur 3.3).

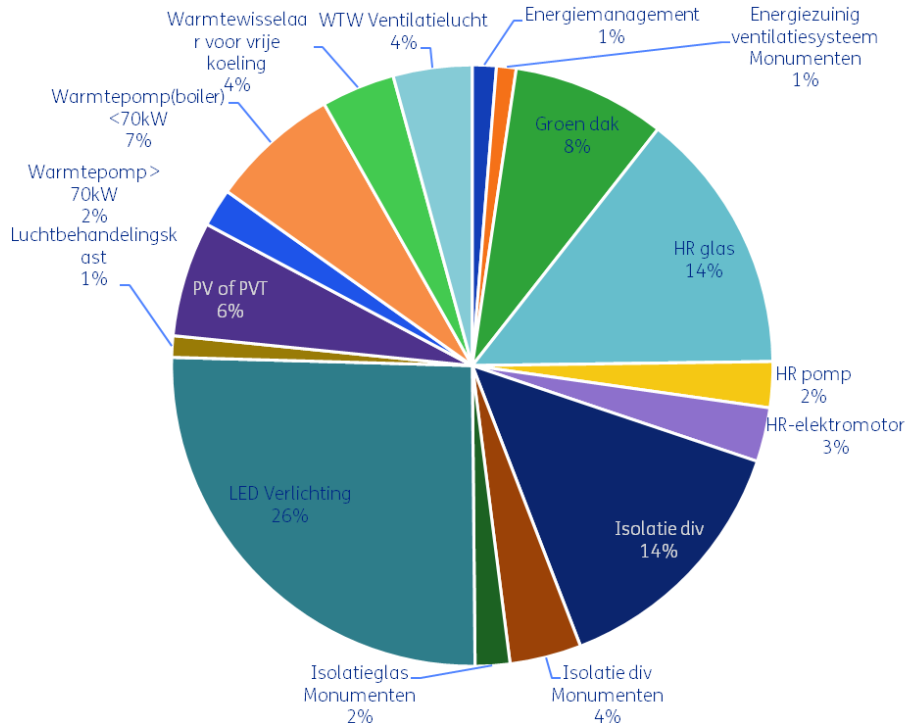


Figuur 3.3: Verdeling gebruiksfunctie in steekproef naar aantal aanvragen (RVO, 2023) bewerking TNO

In de steekproef zijn ook het bouwjaar en het gebruiksoppervlak van de gebouwen beschikbaar. In de steekproef is de mediaan van het gebruiksoppervlak 1584 m<sup>2</sup> en de mediaan van het bouwjaar 1974. Het gemiddelde gebruiksoppervlak in de steekproef 14.500 m<sup>2</sup> en het gemiddelde bouwjaar 1922. Deze verschillen tussen mediaan en gemiddelde worden veroorzaakt doordat er in de steekproef een klein aantal grote gebouwen zit, waarvan twee groter dan 100 duizend m<sup>2</sup>, en ook een klein aantal zeer oude gebouwen, waarvan vijf gebouwen gebouwd voor 1900. Als we alle aanvragen meenemen is het gemiddelde bouwjaar 1968 en het gemiddelde gebruiksoppervlak 8000 m<sup>2</sup>.

De subsidie is voornamelijk gegaan naar LED-verlichting, isolatie (van diverse bouwdeelen), HR-glas, warmtepompen (<70 kW), en PV(T) (Figuur 3.4). In vergelijking met alle genomen maatregelen lijken warmtepompen >70kW in de steekproef ondergerepresenteerd, omdat in de totale populatie 21% van het subsidie naar deze maatregel gaat en in de steekproef

slechts 2%. Een groen dak is juist oververtegenwoordigd met 8% in de steekproef versus 1% in het totaal.



Figuur 3.4: Verdeling van investeringen naar individuele maatregelen in de steekproef (N>1%) (RVO, 2023), bewerking TNO

### Gemiddelde emissiereductie energieadviseurs

Voor bijna alle aanvragen in de steekproef is de verwachte besparing op aardgas en elektriciteit bepaald door de energieadviseurs, veelal ook omgerekend naar CO<sub>2</sub>. Wanneer deze laatste omrekening nog niet was uitgevoerd is deze door TNO toegevoegd. Daarbij zijn de emissiefactoren gebruikt zoals vermeld in Bijlage B. Opgemerkt moet worden dat bij een aantal aanvragen alleen de totale verwachte emissiereductie is terug te vinden en niet de verwachte besparingen op aardgas en elektriciteit. Ook is niet bekend welke emissiefactoren door de energieadviseurs zijn gebruikt. De totale emissiereductie van de individuele maatregelen in de steekproef zoals berekend door de energieadviseurs komt uit op 2397 ton CO<sub>2</sub> per jaar. Voor een aantal maatregelen is geen energiebesparing of CO<sub>2</sub>-reductie opgegeven. Dit betreft de groene gevel, de zoutwaterbatterij, de zonnecollector, de warmtewisselaar en het luchtgordijn.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de gemiddelde investering, de gemiddelde CO<sub>2</sub>-reductie, en de gemiddelde reductie per geïnvesteerde euro van aanvragen voor individuele maatregelen in de steekproef. Het betreft steeds ongewogen gemiddelden. Bij deze tabel moet worden opgemerkt dat het gaat om gemiddelden die zijn bepaald met een zeer laag aantal aanvragen, soms slechts één. Hierdoor zijn de besparing en investering zeer afhankelijk van het type aanvrager. Als een verpleegtehuis een warmtepomp installeert zal dit een grote installatie betreffen met veel gebruikstijd. Als het een buurtcentrum betreft zal de gebruikstijd lager zijn en de installatie veelal kleiner. Doordat hiervoor niet is gecorrigeerd in Tabel 3.2 moeten deze cijfers niet één op één worden geïnterpreteerd als kengetallen, maar alleen als gemiddelden van een zeer kleine steekproef.

**Tabel 3.1: Gemiddeld** investeringsbedrag en jaarlijkse emissiereductie van de aanvragen in de steekproef (RVO, 2023), bewerking TNO.

*Disclaimer: geen kengetallen, slechts gemiddeldes uit steekproef o.b.v. kleine selectie.*

	Aantal aanvragen	Gemiddelde investering [euro]	Gemiddelde reductie [ton CO <sub>2</sub> ]	Gemiddelde reductie [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]
Aansluiting warmtenet	1	169.746	295	1,74
Bodemisolatie Monumenten	1	17.055	1,75	0,09
Energiemanagement	3	128.883	78,7	0,87
Energiezuinig ventilatiesysteem Monumenten	2	158.849	10,6	0,13
Groen dak	3	826.353	0,60	0,06
Groene gevel of muur	1	126.482		
HR glas	7	609.365	55,3	0,10
HR pomp	2	369.537	27,1	0,08
HR-elektromotor	2	437.864	3,45	0,02
Isolatie div	12	350.152	30,4	0,13
Isolatie div Monumenten	3	385.559	47,6	0,12
Isolatieglas Monumenten	1	559.290	1,30	0,00
Kierdichting Monumenten	1	3.007	0,19	0,05
LED Verlichting	9	854.495	72,9	0,25
Lift/roltrap/rolpad	2	106.217	54,6	0,50
Luchtbehandelingskast	1	346.706	46,0	0,13
Luchtdicht maken luchtkanalen	2	62.117	1,08	0,01
Luchtgordijn	2	11.421	0,00	
PV of PVT	11	169.269	23,8	0,23
Warmtepomp > 70kW	5	123.057	9,23	0,07
Warmtepomp(boiler) <70kW	10	209.465	20,8	0,33
Warmtewisselaar voor vrije koeling	2	593.792		
WTW Ventilatielucht	5	255.086	14,1	0,06
Zonnecollector	1	184.839		
Zout(water)batterij	1	7.502		

## 3.2 Methode kengetallen emissiereductie

Door TNO zijn kengetallen opgesteld voor emissiereductie van de maatregelen die worden gesubsidieerd in de DUMAVA-regeling. In deze paragraaf beschrijven we de methode. Voor een aantal maatregelen is een referentiegebouw gebruikt om de energiebesparing en investeringskosten te bepalen. Voor andere maatregelen is een inschatting gedaan van de investering per eenheid (bijv. vermogen) en de energiebesparing gerealiseerd per dezelfde eenheid. De gebruiksfunctie heeft vooral invloed op de gebruikstijd van een gebouw en is daardoor bepalend voor de energiebehoefte.

### *Uitgangssituatie en energieverbruik*

De uitgangssituatie is bepalend voor de energiebesparing van een maatregel voor verduurzaming van een gebouw. Over het algemeen geldt dat hoe ouder een gebouw, hoe hoger de vraag naar ruimteverwarming vanwege slechtere isolatie. De vraag naar ruimteverwarming hangt ook af van de gebouw grootte; grote gebouwen hebben een gunstiger verhouding tussen gebruiksoppervlak en verliesoppervlak van de gebouwschil dan kleine gebouwen. In de Verrijkte BAG (Sipma, 2023) zijn voor alle gebruiksfuncties kengetallen verzameld (per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak) voor het werkelijke energieverbruik op basis van de klantenbestanden energieverbruik van het CBS. Het energieverbruik is daarbij verder gespecificeerd naar energielabel en oppervlakteklasse. Deze energetische kengetallen worden gebruikt om het energieverbruik in de uitgangssituatie te bepalen. Hiervoor zijn referentiegebouwen geselecteerd aan de hand van de gegevens over gebruiksoppervlak en bouwjaar uit de steekproef.

### *Investeringskosten*

De investeringskosten zijn afgestemd op de in de praktijk gangbare maatregelen. Hierbij is gebruik gemaakt van de investeringskosten van RVO (RVO, 2023). Deze database voor investeringskosten wordt jaarlijks bijgewerkt en maandelijks bijgewerkt naar het prijspeil. Daarmee representeren ze het structurele kostenniveau (het kostprijsniveau van de aannemer). De investeringskosten zijn bepaald voor combinaties van uitgangs- en doelsituaties voor een referentiesituatie of oppervlak. Daarna zijn deze teruggerekend naar eenheidsinvesteringskosten, bijvoorbeeld per vierkante meter bouwdeel, of per eenheid vermogen. De kosten zijn representatief voor het uitvoeren van één of een beperkt aantal maatregelen tegelijkertijd. Deze investeringskosten omvatten de directe bouwkosten bestaande uit het arbeidsloon, materiaal en inzet van materieel. De indirecte kosten omvatten algemene uitvoeringskosten, overige algemene kosten en winst en risico. De kosten zijn representatief voor het uitvoeren op een 'zelfstandig moment', waarbij is aangenomen dat een bouwdeel niet het einde van de levensduur heeft bereikt. De investeringskosten zijn weergegeven inclusief 21% BTW.

### *Aanpak per maatregel*

De emissiereductie is alleen berekend voor de zeven individuele maatregelen waarvoor het vaakst subsidie is aangevraagd: HR-glas, isolatie, een warmtepomp, een warmtepompboiler, LED verlichting, warmteterugwinning en zonnepanelen. Deze maatregelen zijn goed voor 90% van het subsidiebudget dat voor individuele aanvragen is goedgekeurd. Voor monumenten zijn geen besparingskengetallen opgesteld vanwege de diversiteit van de gebouwen: een monument kan variëren van een kerk tot een buurthuis. Het vaststellen van één kengetal voor energiebesparing bij monumenten is daardoor niet mogelijk. Voor groene gevels zijn geen besparingskengetallen opgesteld omdat er nog te weinig onderzoek is gedaan naar de gerealiseerde emissiereductie daarvan. Ook zijn er geen kengetallen opgesteld voor maatregelen die niet zijn aangevraagd, zoals intelligente lokale energie-

uitwisseling. In Tabel 3.3 staat een overzicht van de afwegingen per maatregel om die al dan niet mee te nemen in de analyse. De methode voor de integrale maatregelen wordt verder toegelicht in hoofdstuk 4.

Voor de zeven maatregelen waarvoor de emissiereductie is berekend is de stapsgewijze berekening te vinden in Bijlage A Kengetallen voor emissiereductie.

Tabel 3.2: Maatregelen waarvoor al dan niet een besparingskengetal is bepaald

Code	Maatregel	Besparings-kengetal	Reden om niet mee te nemen
A.1	Integrale aanpak met Maatwerkadvies	Ja	
A.2	Integrale aanpak Breeam-NL	Nee	Niet aangevraagd
A.3	Integrale aanpak GPR Gebouw	Ja	
B.1	Groen dak	Nee	Klein aandeel in subsidie
B.2	Groene gevel of muur	Nee	Klein aandeel in subsidie
C.1	HR-glas	Ja	
C.2	Isolatie voor dak, gevel, spouw en vloer, van bestaande constructies	Ja	
D.1	Warmtepomp(boiler) < 70kW	Ja	
D.2	Warmtepomp > 70kW	Ja	
D.3	Warmtewisselaar voor vrije koeling	Nee	Klein aandeel in subsidie
D.4	Verdampingskoeling door middel van waterverdamping (adiabatisch)	Nee	Niet aangevraagd
D.5	Luchtdicht maken van luchtkanalen van luchtverdeelsysteem	Nee	Klein aandeel in subsidie
D.6	Laagdebiet afzuigkap in grootkeukens	Nee	Niet aangevraagd
D.7	Koude- of warmteterugwinningssysteem uit ventilatielucht	Ja	
D.8	Luchtbehandelingskast met inbouwde warmtepomp (niet hybride) voor zwembaden	Nee	Klein aandeel in subsidie
D.9	Faseovergangsmateriaal (PCM)	Nee	Niet aangevraagd
E.1	LED-verlichtingssysteem	Ja	
E.2	LED-belichtingssysteem voor podium- of theaterbelichting	Nee	Klein aandeel in subsidie
F.1	HR-elektromotor	Nee	Klein aandeel in subsidie
F.2	HR pomp	Nee	Klein aandeel in subsidie
F.3	Luchtgordijn met sensor gestuurde automatische regeling	Nee	Klein aandeel in subsidie
F.4	Energieprestatieverbetering van bestaande liften roltrappen en rolpaden	Nee	Klein aandeel in subsidie



Code	Maatregel	Besparings-kengetal	Reden om niet mee te nemen
G.1	Slimme meter met een energieverbruiks-manager/ energiebeheerssysteem voor elektriciteit, aardgas en/of warmte	Nee	Klein aandeel in subsidie
H.1	Zonnecollectorsysteem voor verwarmen	Nee	Klein aandeel in subsidie
H.2	PV (Photovoltaïsch) of PVT (PhotoVoltaïsch - Termische) panelen	Ja	
H.3	Warmte- of koudeopslag in de bodem met gebruik van grondwater	Nee	Klein aandeel in subsidie
H.4	Grondwarmtewisselaar	Nee	Niet aangevraagd
H.5	Zout(water)batterij	Nee	Klein aandeel in subsidie
I.1	Intelligente lokale energie-uitwisseling	Nee	Niet aangevraagd
J.1	Infrarood verwarmingspaneel met bewegingssensor en thermostaat	Nee	Klein aandeel in subsidie
J.2	Aansluiting warmte- en/of koudenet	Nee	Klein aandeel in subsidie
K.1	Opstellen en registreren definitief energielabel	Nee	Geen besparing
L.1	Advies duurzame monumenten	Nee	Geen besparing
L.2	Integrale aanpak verduurzaming monumenten	Ja	
L.3	Isolerende beglazing monumentenglas en binnen/buiten-voorzetramen	Nee	Klein aandeel in subsidie
L.4	Kierdichting	Nee	Klein aandeel in subsidie
L.5	Isolatie voor gevel, vloer, dak van bestaande constructies	Nee	Klein aandeel in subsidie
L.6	Bodemisolatie	Nee	Klein aandeel in subsidie
L.7	Energiezuinig ventilatiesysteem	Nee	Klein aandeel in subsidie

### 3.3 Resultaten kengetallen emissiereductie

In Tabel 3.3 zijn de investeringskosten, de emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro gepresenteerd. Wanneer de energiebesparing varieert per gebruiksfunctie is deze teruggerekend naar één kengetal, door te wegen voor het aandeel gebruiksfunctie en te normaliseren. De weging is voor alle maatregelen hetzelfde en is bepaald aan de hand van het subsidiebedrag van alle individuele maatregelen en is 23% bijeenkomst, 41% gezondheidszorg (met bed) en 36% onderwijs.

De berekeningsstappen en aannames uitgelegd per maatregel zijn te vinden in Bijlage A kengetallen voor emissie reductie. In Bijlage B staan de gebruikte CO<sub>2</sub>-emissiefactoren. Per maatregel wordt een belangrijke aanname genoemd om een beeld te schetsen van de onzekerheden die gemoeid zijn met de berekeningen. Voor Isolatie diversen is het niet bekend welke bouwdelen zijn aangepakt. Daarom is een aanname voor de verhouding

gedaan aan de hand van de steekproef van de integrale maatregelen. Voor de maatregel HR-glas toepassen is niet bekend wat de uitgangssituatie is. Er is nu uitgegaan van enkel glas, op basis van het bouwjaar. Voor koude- en warmteterugwinning is uitgegaan van een goed geïsoleerd gebouw waar reeds balansventilatie aanwezig is. Voor LED-verlichting is uitgegaan van uitgangssituatie waar TL-verlichting wordt vervangen door LED. Voor de warmtepomp > 70 kW is niet bekend of het om all-electric of hybride gaat. Er is uitgegaan van all-electric. Voor WP(boiler) < 70 kW is niet bekend of het om een hybride warmtepomp, all-electric warmtepomp of warmtepompboiler gaat. Er is aangenomen dat het om een warmtepompboiler gaat. Voor PV(T)-panelen is niet bekend of er PV- of PVT-panelen worden geplaatst. Er is uitgegaan van PV-panelen.

In Tabel 3.3 zijn de investeringskosten en emissiereductie weergegeven. Voor isolatie diversen zijn de investeringskosten niet weergegeven omdat het een gewogen reductie betreft. De jaarlijkse emissiereductie van individuele maatregelen varieert tussen de 0,03 en 0,23 kg CO<sub>2</sub> per geïnvesteerde euro en tussen de 0,09 en 0,77 kg CO<sub>2</sub> per gesubsidieerde euro. Om de kengetallen te bepalen hebben we, zoals hierboven beschreven, veel aannames moeten doen. In de volgende paragraaf is een gevoeligheidsanalyse en een vergelijking met de energieadviseurs uitgevoerd, om te bepalen wat de invloed van die aannames op de kengetallen is. De achterliggende cijfers voor emissiereductie zijn de elektriciteits- en aardgasbesparing per individuele maatregel. Deze zijn ook weergegeven in Tabel 3.3. Per gesubsidieerde euro is de aardgasbesparing het hoogst voor de warmtepomp > 70 kW. De elektriciteitsbesparing is het hoogst voor LED-verlichting.

**Tabel 3.3:** Kengetallen investeringskosten en jaarlijkse emissiereductie per maatregel

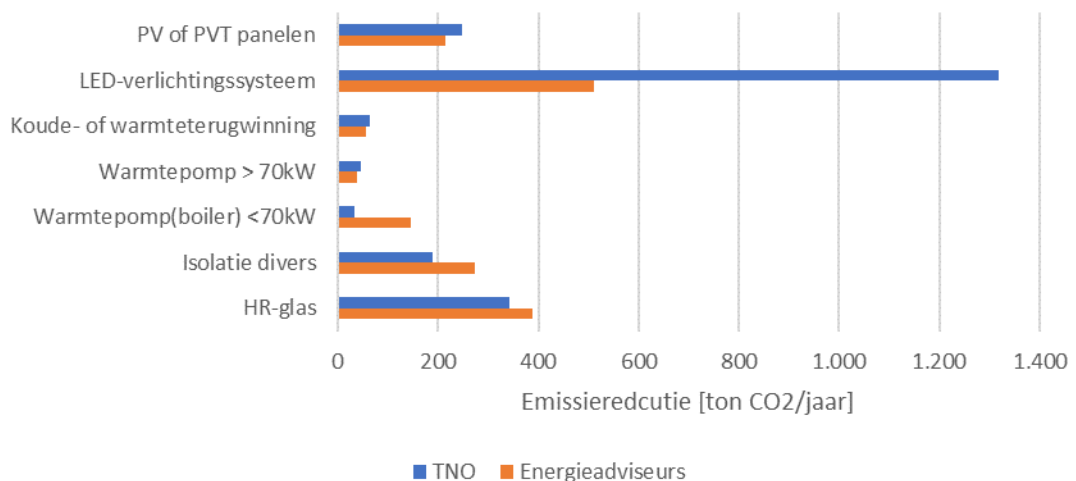
Maatregel	Code	Investeringskosten per eenheid (euro incl. BTW)	Eenheid investeringskosten	Elektriciteitsbesparing per euro subsidie [kWh/euro subsidie]	Aardgas besparing per euro subsidie [m3/euro subsidie]	Emissiereductie per euro subsidie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie)	Emissiereductie per geïnvesteerde euro (kg CO <sub>2</sub> /euro investering)
HR-glas	C.1	270	m <sup>2</sup> glasoppervlak		0,12	0,21	0,06
Isolatie diversen	C.2	n.a. (divers)	n.a. (divers)		0,15	0,27	0,08
Warmtepomp(boiler) < 70 kW	D.1	4.470	kW	-0,19	0,08	0,09	0,03
Warmtepomp > 70 kW	D.2	1.653	kW	-1,37	0,38	0,26	0,08
Koude- of WTW-systeem uit ventilatielucht	D.7	49	m <sup>2</sup> gebruiksoppervlak		0,13	0,24	0,07
LED-verlichtingssysteem	E.1	37	m <sup>2</sup> gebruiksoppervlak	2,56		0,77	0,23
PV- of PVT panelen	H.2	324	m <sup>2</sup> paneel	1,80		0,54	0,16

De reductie is berekend door het subsidiebedrag van de zeven maatregelen te vermenigvuldigen met de kengetallen voor reductie per gesubsidieerde euro in de steekproef. In Bijlage C, Tabel C.1 staan de wegingen naar maatregel vermeld. Voor de andere maatregelen is geen besparing toegekend. De totale reductie in de steekproef komt daarmee op 2239 ton CO<sub>2</sub> per jaar.

### 3.4 Vergelijking met berekende emissiereductie energieadviseurs

Voor een betere interpretatie van de resultaten hebben we een vergelijking gemaakt met de resultaten van de energieadviseurs voor de steekproef en een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Wanneer de totale emissiereductie in de steekproef wordt vergeleken lijkt deze goed overeen te komen. TNO heeft voor de individuele maatregelen in de steekproef een CO<sub>2</sub>-reductie berekend van 2239 ton CO<sub>2</sub> per jaar. De door de energieadviseurs opgegeven reductie is 2397 ton CO<sub>2</sub> per jaar. Wanneer uit de steekproef alleen de zeven maatregelen die TNO heeft meegenomen worden gesommeerd, komt de emissiereductie van de energieadviseurs op 1624 ton CO<sub>2</sub> per jaar. Het verschil tussen de berekeningen van TNO en de energieadviseurs bijna 40% te zijn. Een vergelijking van de kengetallen per maatregel is gevisualiseerd in Figuur 3.5. Deze laat zien dat de energieadviseurs een lagere inschatting voor LED-verlichting maken, namelijk 2,5 keer lager, maar juist een hogere voor de warmtepomp(boiler), namelijk 4,5 keer hoger. De andere inschattingen liggen vrij dicht bij elkaar, tussen een factor 1,25 en 0,69.



**Figuur 3.5:** Vergelijking tussen jaarlijkse emissiereductie per maatregel TNO en energieadviseurs in de steekproef

Concluderend komt de inschatting van TNO hoger uit dan die van de energieadviseurs. Dit wordt vooral veroorzaakt door een verschil in besparingskengetal voor LED-verlichting. Dit verschil zal minder invloed hebben op de totale emissiereductie doordat het aandeel van LED-verlichting in het subsidiebudget lager is dan in de steekproef. De invloed van het verschil voor het besparingskengetal voor de warmtepomp(boiler) is klein doordat het weinig meeweegt in de totale reductie.

## 3.5 Gevoeligheidsanalyse

Voor het opstellen van kengetallen voor emissie reductie zijn door TNO aannames gedaan omdat er weinig informatie bekend is. Dit leidt tot onzekerheden in de resultaten. De aannames zijn gedaan omdat het te veel tijd zou kosten voor RVO om deze voor de steekproef uit de pdf-bestanden te verzamelen. Daarbij zijn gegevens over de uitgangssituatie helemaal niet bekend. Om inzicht te krijgen in de invloed van aannames op de resultaten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Per maatregel is ingeschat welke aannames de grootste onzekerheid geven in het besparingskengetal. Deze onzekerheden zijn gekwantificeerd. Andere onzekerheden zijn kwalitatief toegelicht. Per maatregel is een gevoeligheidsanalyse uitgewerkt.

### C.2 Isolatie voor dak, gevel, spouw en vloer van bestaande constructies

Bij de schatting van kengetallen voor emissiereductie door isolatie is niet bekend welk bouwdeel is geïsoleerd en wat de ruimteverwarmingsvraag in de uitgangssituatie was. We behandelen deze twee onzekerheden hieronder in meer detail.

#### 1) Variatie naar aandeel bouwdeel.

Uit de aanvraag is niet bekend welke bouwdeel is geïsoleerd. Bekend is slechts dat het dak, gevel, spouw óf vloer betreft. Tegelijkertijd is de variatie in emissiereductie per geïnvesteerde euro tussen de bouwdelen groot. Vloerisolatie levert het meest op. Dit komt doordat dit vaak de goedkoopste vorm van isolatie is (RVO, 2023). Gevelisolatie levert per geïnvesteerde euro de minste besparing op. De aanname welk bouwdeel van na-isolatie wordt voorzien is daarom bepalend voor het kengetal voor emissiereductie. In de berekening is uitgegaan van de verdeling die is bepaald in de steekproef van de integrale maatregelen. Om de invloed op de resultaten te zien zijn twee wegelingen toegepast. Eén komt uit de monitoringsstudie van Panteia waarin gevraagd wordt welke bouwdelen worden nageïsoleerd. Deze uitkomsten zijn omgerekend en genormaliseerd en komen dan op een verdeling van dak 45%, gevel 32% spouw 16% en vloer 8% (Panteia, 2022). Ook is een gelijke weging van elk bouwdeel 25% ter vergelijking meegenomen. In Tabel 3.5 is te zien dat de verhoudingen van Panteia leiden tot een 9% hogere reductie. De gelijke verdeling leidt tot een 25% hogere reductie.

#### 2) Variatie warmteverbruik

Het energieverbruik voor ruimteverwarming in de uitgangssituatie is onbekend. De aanname voor het Nederlands gemiddelde is daarom gedaan. Uit eerdere studies is bekend dat de spreiding rondom het gemiddelde groot is. Uit de studie van (Sipma, 2021) blijkt dat binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de gebruiksfuncties naar het energielabel in de uitgangssituatie de gemiddelde *energievraag* van de gehele populatie binnen een gebruiksfunctie met 10% afwijkt<sup>5</sup>. Deze spreiding is het grootst voor onderwijs. De spreiding van 10% is toegepast in de gevoeligheidsanalyse voor alle gebruiksfuncties. In Tabel 3.4 is te zien dat dit directe invloed op de resultaten heeft.

<sup>5</sup> De statistische indicator van een 95% betrouwbaarheidsinterval is gekozen. Door de rechts-scheef-verdeeldheid van de data is de standaard deviatie geen geschikte indicator.

Tabel 3.4: Gevoeligheidsanalyse isolatie

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Procentuele verandering t.o.v. de referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef). (%)
Weging bouwdelen	Weging Panteia	0,09	9%
Weging bouwdelen	Weging 25% voor alle bouwdelen	0,10	29%
Onderschatting energievraag uitgangssituatie	Warmtevraag +10%	0,09	10%
Overschatting energievraag uitgangssituatie	Warmtevraag -10%	0,07	-10%

### 3) Andere factoren

Andere onzekerheden die invloed kunnen hebben zijn het type ventilatie en het niveau van isolatie in de uitgangssituatie. Ook de  $R_c$ -waarde die wordt bereikt in de doelsituatie is onbekend. Daarom is uitgegaan van de minimale toename zoals beschreven in de subsidievoorwaarden. Als er meer wordt geïsoleerd zal dit tot een hogere energiebesparing leiden. Ook heeft betere isolatie invloed op de vraag naar ruimtekoeling; bij betere isolatie neemt deze af. Uit de studie van (Panteia, 2022) blijkt dat ongeveer 50% van de scholen en gebouwen in de zorg gebruik maakt van ruimtekoeling. De energiebesparing die hierop wordt gerealiseerd is niet meegenomen.

## C.1 HR-glas

Het type glas in de doel- en uitgangssituatie is onbekend. Dit werken we hieronder verder uit.

### 1) Type glas in de doelsituatie

Het is niet bekend welk type glas is geplaatst bij de aanvragers van de subsidie voor HR-glas. Daarom is een aanname gedaan aan de hand van de verdeling uit de *steekproef integrale maatregelen*. De emissiereductie per geïnvesteerde euro voor HR++-glas is fors hoger dan die voor triple glas. Dit komt doordat bij triple glas altijd het kozijn moet worden vervangen, wat tot een grote toename in de investeringskosten leidt. Bij HR++ is dit afhankelijk van de kwaliteit van het kozijn. Omdat alleen glasvervanging wordt gesubsidieerd gaan we er in dit onderzoek van uit dat er geen kozijnvervanging plaats vindt. In de onzekerheidsanalyse zijn twee verschillende wegingen toegepast. In de steekproef kwam een percentage van 7% triple glas, uit Panteia blijkt een hogere toepassing van triple glas, namelijk 10%. Zowel 5% triple als 10% triple zijn doorgerekend. In Tabel 3.5 is te zien dat dit leidt tot een beperkte verandering in reductie.

### 2) Type glas in de uitgangssituatie

Hoewel het bouwjaar van de gebouwen doet vermoeden dat er nog veelal enkelglas is te vinden in de uitgangssituatie, beschikt een meerderheid van de utiliteitsbouw over tenminste standaard dubbelglas (Panteia, 2022). In het onderzoek is uitgegaan van volledig enkelglas. Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd waarbij de uitgangssituatie volledig is vervangen van enkelglas naar dubbelglas, en één waarbij het 50/50 is. In Tabel 3.5 is te zien dat dit veel effect heeft op de reductie: volledig dubbelglas als uitgangssituatie leidt tot een 67% lagere emissiereductie per euro.

**Tabel 3.5:** Gevoeligheidsanalyse HR-glas

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Verandering t.o.v. referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef) (%)
Doelsituatie	5% triple	0,06	1%
Doelsituatie	10% triple	0,06	-2%
Uitgangssituatie	Volledig dubbelglas	0,02	-67%
Uitgangssituatie	50% enkelglas 50% dubbelglas	0,04	-33%

3) Andere onzekerheden

De andere factoren die van invloed zijn op de besparing komen overeen met de toepassing van ruimteteoeling zoals beschreven in andere factoren van C.2 Isolatie voor dak, gevel, spouw en vloer van bestaande constructies.

**D.1 Warmtepompboiler < 70 kW**

In het geval van de maatregel warmtepomp(boiler) < 70 kW zijn veel variabelen onbekend. Het is niet bekend of het gaat om het plaatsen van een boiler voor tapwater of om een warmtepomp voor ruimteverwarming. In de berekeningen veronderstellen we dat het een warmtepompboiler betreft maar het zou ook een warmtepomp voor ruimteverwarming kunnen zijn. De invloed hiervan is hieronder gekwantificeerd.

1) Tapwater of ruimteverwarming

Het type warmtepomp heeft vooral veel invloed op de investeringskosten, maar ook op de gebruikstijd. Er is weinig bekend over de verkoopcijfers van warmtepompboilers. Voor de gevoeligheidsanalyse is daarom het kleine aantal uit de steekproef gebruikt. Het inzicht uit de steekproef is zeer beperkt omdat die voor slechts vijf van de tien aanvragen informatie over het gebruiksoppervlak en de aardgasbesparing geeft. Wanneer wordt aangenomen dat bij een kleine besparing, van ongeveer 3 m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak, een warmtepompboiler wordt geplaatst, dan is dit bij 50% het geval. Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd waarbij voor 50% de kengetallen voor de WP > 70 kW zijn meegenomen. In Tabel 3.6 is te zien dat dat tot een verdubbeling in de reductie per geïnvesteerde euro leidt.

**Tabel 3.6:** Gevoeligheidsanalyse warmtepompboiler < 70 kW

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Verandering t.o.v. referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef) (%)
Type warmtepomp	50% warmtepomp voor verwarming 50% voor tapwater	0,05	101%

2) Andere onzekerheden

De behoefte aan tapwater varieert per gebruiksfunctie. Hier is geen rekening mee gehouden. De besparing bij een zorgfunctie zal hoger zijn dan voor onderwijs of een bijeenkomstfunctie omdat meer warm water wordt gebruikt bij een zorgfunctie. Wanneer de warmtepomp geen boiler betreft maar een warmtepomp voor ruimteverwarming is, kan er ook sprake zijn van een hybride installatie. In dat geval is de energiebesparing ook lager door minder vollasturen.

## D.2 Warmtepomp > 70 kW

Voor de warmtepomp met een vermogen van meer dan 70 kW zijn de grootste onzekerheden de uitgangssituatie, de vollasturen en het type warmtepomp. De details worden hieronder uitgewerkt.

### 1) Uitgangssituatie

Als uitgangssituatie voor de verwarmingsinstallatie is uitgegaan van een HR107-ketel. Het vervangen van een HR107-ketel door een warmtepomp levert een lagere besparing op dan het vervangen een VR-ketel, omdat het rendement van een VR-ketel 89% is, terwijl die van een HR107-ketel 108% is. In Tabel 3.7 is te zien dat wanneer alle uitgangssituaties een VR-ketel zouden zijn, de emissiereductie 55% hoger zou zijn.

### 2) Vollasturen

Bij de berekeningen is aangenomen dat het aantal vollasturen 1770 bedraagt. Een uniforme aanname voor alle gebruiksfuncties is een versimpeling, omdat gebruikstijd varieert per gebruiksfunctie, maar ook met hoe het gebouw is geïsoleerd, welke temperatuur hierbij gewenst is en of de installaties juist staan afgesteld. Een gevoeligheidsanalyse voor vollasturen van een ongeïsoleerde woning, 2472 uur, is uitgevoerd, omdat dit overeen lijkt te komen met een ongeïsoleerd verpleegtehuis. Bij meer vollasturen zou de emissiereductie 40% hoger zijn (Tabel 3.7).

### 3) COP

De COP verschilt per type warmtepomp. Een bodemwarmtepomp heeft een hogere COP dan een luchtwarmtepomp. Omdat niet bekend is om welk type warmtepomp het gaat is een hogere COP vergeleken. Een COP van 3,3 in plaats van 2,6 leidt tot 33% meer besparing, zoals te zien is in Tabel 3.7.

### 4) Hybride warmtepomp

In het geval van de warmtepomp is niet bekend of het gaat om een hybride of all-electric installatie. Dit heeft vooral invloed op de gebruikstijd, wat weer de emissiereductie bepaalt. Het beïnvloedt ook de investeringskosten. Deze onzekerheid is niet gekwantificeerd. Wanneer de vollasturen 65% zijn van die in de referentiesituatie, neemt de emissiereductie met 35% af, zie Tabel 3.7.

**Tabel 3.7:** Gevoeligheidsanalyse warmtepomp > 70 kW

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Verandering t.o.v. referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef) (%)	Bron
VR- i.p.v. HR-ketel	Rendement 89%	0,12	55%	bijv. (Menkveld, et al., 2020)
Vollast draaiuren ongeïsoleerde woning	2472 h/jr	0,11	40%	(Wartepomp-tips.nl, n.d.)
COP laag ingeschat	3,3	0,10	33%	(TNO, 2023)
Vollast draaiuren 65% voor hybride systeem	65% van 1770 uur	0,05	-35%	(cvtotaal, n.d.)



5) Andere onzekerheden

In dit onderzoek is ter versimpeling alleen uitgegaan van energiebesparing op ruimteverwarming. Het is mogelijk dat de warmtepomp in de zomer ook gebruikt wordt voor ruimtekoeling. Uit onderzoek van Panteia blijkt dat circa 50% van de scholen en zorginstellingen ruimtekoeling toepast (Panteia, 2022). Afhankelijk van de Ausgangssituatie kan dit leiden tot energiebesparing of juist tot een toename van energieverbruik. Wanneer er in de Ausgangssituatie een mobiele airco gebruikt werd voor ruimtekoeling is de warmtepomp energiezuiniger en leidt het tot een energiebesparing. Als er geen ruimtekoeling werd toegepast, bijvoorbeeld alleen een ventilator, dan zorgt het gebruik van de warmtepomp voor koeling juist voor een toename in energieverbruik.

**D.7 Koude- of warmteterugwinningssysteem uit ventilatielucht**

Voor een koude- of warmteterugwinningssysteem is in de berekening uitgegaan van een hoger rendement dan in de subsidievoorwaarde stond. De invloed hiervan is gekwantificeerd.

1) Rendement

Het vereiste rendement voor subsidie is 80%. Omdat deze investeringskosten niet beschikbaar waren in de kostendatabase is gekozen voor een installatie met een rendement van 90%. De investeringskosten zijn een stuk lager bij een lager rendement (RVO, 2023). Daarom is in de gevoeligheidsanalyse berekend wat de invloed is van differentiatie voor zowel investeringskosten als voor rendement (en energiebesparing). Omdat niet bekend is welke investeringskosten daarbij passen is een inschatting gedaan van de bijbehorende investeringskosten (methode dy/dx van maatregelcode UB103 en UB102). In Tabel 3.8 is te zien dat het verschil met de berekening in dit onderzoek klein is.

**Tabel 3.8:** Gevoeligheidsanalyse koude- of warmteterugwinningssysteem uit ventilatielucht

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Verandering t.o.v. referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef) (%)
Rendement en investeringskosten	Rendement: 80% Investeringskosten: 88.189 euro	0,07	2%

2) Andere onzekerheden

Verder is er uitgegaan van een hoge operationele inefficiëntie van 53% voor zowel het verwarmings-als ventilatiesysteem. Wanneer deze in de praktijk beter is, zal de besparing lager uitvallen. Ook omvat de subsidie de mogelijkheid voor koude terugwinning. Deze optie is niet meegenomen omdat het onbekend is of dit is toegepast.

**E.1 LED-verlichtingssysteem**

Bij LED-verlichting is onbekend welke verlichting er aanwezig was in de Ausgangssituatie. Bepalend voor de energiebesparing is of rekening wordt gehouden met de warmteproductie van onzuinige verlichting. Hieronder worden deze effecten uitgewerkt.

1) Ausgangssituatie verlichting

De Ausgangssituatie voor verlichting bepaalt mede de gerealiseerde energiebesparing. Uit monitoringsonderzoek van Panteia blijkt dat bij zorg weinig TL-verlichting aanwezig is, bij onderwijs daarentegen wel voor 50% (Panteia, 2022). Er is een Ausgangssituatie van TL met

16 of 17 W/m<sup>2</sup> aangenomen. In de gevoeligheidsanalyse is hier een aandeel van 50% HF verlichting met een intensiteit van 11 W/m<sup>2</sup> aangenomen. In Tabel 3.9 is te zien dat de besparing met 58% afneemt.

2) Extra ruimteverwarming

In berekeningen is geen rekening gehouden met de vermindering van interne warmteproductie door het plaatsen van verlichting met een lagere vermogensintensiteit. Doordat er minder warmte vrij komt bij efficiëntere verlichting is er meer ruimteverwarming nodig. In de gevoeligheidsanalyse is de invloed hiervan gekwantificeerd. De vermindering van warmtelast is ruw ingeschat door eerst te berekenen hoeveel de vermogensintensiteit is afgenomen. Er is uitgegaan van vollasturen voor verwarming, zoals ook voor warmtepompen is aangenomen, namelijk 1770 uur. Voor de extra verwarming die daardoor nodig is, is aangenomen dat die opgewekt wordt door een HR107-ketel. Dit leidt tot een vermindering van de reductie met 38%, zie Tabel 3.9.

**Tabel 3.9:** Gevoeligheidsanalyse LED-verlichtingssysteem

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Verandering t.o.v. referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef) (%)
Uitgangssituatie verlichtingsintensiteit	11 W/m <sup>2</sup>	0,10	-58%
Extra verwarming	Lagere interne warmteproductie	0,14	-38%

3) Andere onzekerheden.

Een andere onzekerheid is de gebruikstijd en de aanwezigheid van bewegingssensoren. Deze hebben een sterke invloed op het energieverbruik door verlichting. Ook is niet bekend welk LED-verlichtingsarmatuur en met welke lichtintensiteit geplaatst wordt.

**H.2 PV (Photovoltaïsch) of PVT (PhotoVoltaïsch Termische) panelen**

De onzekerheid rondom de plaatsing van PVT- of PV-panelen is gekwantificeerd.

1) PVT

De kengetallen zijn gebaseerd op basis van alleen PV-panelen. De steekproef is voor één aanvraag aanleiding om aan te nemen dat het om PVT gaat, omdat hier ook gasbesparing is weergegeven. Op basis van het investeringsbedrag gaat 52% van de subsidie voor PV en PVT in de steekproef naar PVT. Dit is aanleiding om ook een inschatting te maken van kengetallen en de invloed daarvan op de reductie in de gevoeligheidsanalyse. Omdat over PVT weinig informatie beschikbaar is is uitgegaan van online beschikbare cijfers. Omdat dit markt cijfers betreft is er wel reden om aan te nemen dat deze cijfers een rooskleurig beeld schetsen. Verder wordt deze techniek veelal met een warmtepomp en of opslagsysteem geïnstalleerd (RVO, 2023); (RVO, 2022). De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd met markt cijfers en zijn slechts ter indicatie. De aannames voor het kengetal voor PVT-panelen zijn weergegeven in Tabel 3.10.

**Tabel 3.10:** Kengetallen PVT-panelen (Academica, 2022)

Variabele	Aanname
Referentie	Woning
Investeringskosten	900 euro/m <sup>2</sup> paneel (referentie 2022)
Elektriciteitsopwekking	100 kWh/m <sup>2</sup> paneel per jaar
Aardgasbesparing	40 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> paneel per jaar
Berekende emissiereductie	0,41 kg CO <sub>2</sub> /euro

In de gevoeligheidsanalyse is als aandeel voor PVT-panelen 50% van de subsidie genomen en de andere 50% voor PV-panelen. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat deze factor tot een duidelijk toename van 77% in emissiereductie leidt (Tabel 3.11).

**Tabel 3.11:** Gevoeligheidsanalyse PV

Variabele	Aanpassing	Reductie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro investering]	Verandering t.o.v. referentiesituatie (de weging zoals in de steekproef). (%)
Type installatie	50% PVT	0,29	+77%

## 2) Andere factoren

Onder de subsidievoorwaarde valt ook de mogelijkheid om dakisolatie of dakbedekking te vervangen. Het is niet duidelijk uit de steekproef hoe vaak dit wordt toegepast. Wanneer een combinatie van maatregelen wordt toegepast zal dit leiden tot lagere totale investeringskosten. Verder worden PVT-panelen in combinatie met een warmtepomp en/of opslagsysteem geplaatst. De invloed hiervan op investeringskosten en energiebesparing is niet meegenomen. Daarnaast zijn de investeringskosten genomen met als peildatum juli 2023. Afhankelijk van het uitvoermoment kunnen de investeringskosten hoger of lager uitvallen.

## Overige maatregelen

Voor de andere maatregelen is geen emissiereductie bepaald. Het gaat in de steekproef om 20% die niet is meegenomen, in de totale aanvragen om 10%. Ook blijkt dat bijna altijd drie maatregelen worden aangevraagd. Dit zal leiden tot lagere investeringskosten, omdat de kosten lager worden wanneer er meer maatregelen gelijktijdig worden genomen. Dit gaat vooral om de indirecte kosten. De onzekerheden zijn nu individueel gekwantificeerd, maar een combinatie van verschillende onzekerheden is aannemelijk.

## Conclusie gevoeligheidsanalyse

Uit de gevoeligheidsanalyse valt op te maken dat de aannames die door TNO gedaan zijn om de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie van de maatregelen met DUMVA-subsidie te bepalen, leiden tot een grote onzekerheid in de resultaten. Eén uitschieter laat een toename van meer dan 100% in emissiereductie zien. Ook zijn er onzekerheden die resulteren in een lagere emissiereductie per geïnvesteerde euro, hierbij is een maximale vermindering van 60% te zien.

Uit de gevoeligheidsanalyse komen ook mogelijk verklaringen voor de verschillen die we zien tussen de inschatting van TNO en die van de energieadviseurs. De energieadviseurs schatten de emissiereductie van LED-verlichting lager in dan TNO. Dat kan veroorzaakt worden door

de aannames voor een slechtere Ausgangssituatie en extra behoefte aan ruimteverwarming. De energieadviseurs schatten de emissiereductie van warmtepomp boiler (<70 kW) hoger in dan TNO. Dat verschil kan verklaard worden doordat TNO alleen is uitgegaan van een warmtepompboiler, terwijl een warmtepomp voor ruimteverwarming een hogere emissiereductie geeft.

Concluderend leidt zowel de gevoeligheidsanalyse als de vergelijking met de energieadviseurs tot grote verschillen in de resultaten voor de totale emissiereductie. In de gevoeligheidsanalyse zijn mogelijke verklaringen te vinden voor de verschillen met de getallen van de energie-adviseurs. Meer informatie over de aanvragen zou de inschatting van de gerealiseerde emissiereductie veel kunnen verbeteren.

## 3.6 Totale emissiereductie individuele maatregelen

Met de besparingskengetallen hebben we de totale emissiereductie voor de individuele maatregelen berekend. In totaal leveren alle individuele maatregelen een jaarlijkse emissiereductie van 31,4 kton CO<sub>2</sub> per jaar op. Een overzicht van de emissiereducties is weergegeven in Tabel 3.12.

**Tabel 3.12:** Berekende jaarlijkse totale emissiereductie voor de individuele maatregelen

	Emissiereductie steekproef [ton CO <sub>2</sub> per jaar]	Emissiereductie alle aanvragen [kton CO <sub>2</sub> per jaar]	Emissiereductie per gesubsidieerde euro [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]
Kengetallen TNO (7 maatregelen)	2238	31,4	0,35
Energieadviseurs (7 maatregelen)	1624		0,38
Energieadviseurs (totaal)	2397		0,34

In de gevoeligheidsanalyse en de vergelijking met de energieadviseurs is een beeld gegeven van de onzekerheid rondom de berekende jaarlijkse emissiereductie. De verschillen tussen de TNO en de berekeningen van de energie-adviseurs zijn bijna 40%. Ook uit de gevoeligheidsanalyse valt op te maken dat de totale reductie gevoelig is voor de onzekerheden. Dit betekent dat de totale reductie niet als een vaste waarde moet worden geïnterpreteerd, maar slechts dient ter indicatie.

## 4 Integrale verbetering Energie prestatie gebouw

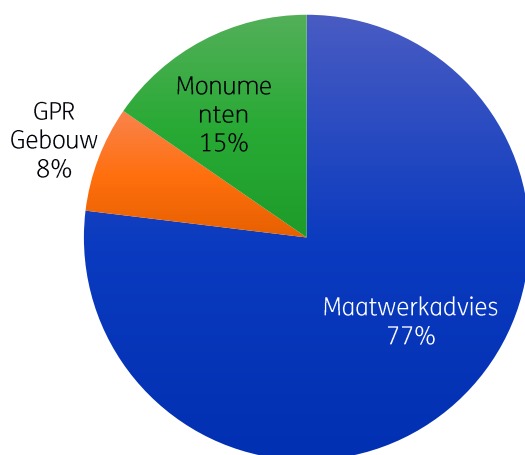
Bij de integrale aanpak kan een aanvrager een heel pakket aan maatregelen voorleggen met alles wat nodig is om de installaties en materialen behorende bij verduurzamingsmaatregelen aan te schaffen, aan te brengen en in werking te stellen. Voor de maatregelen in het pakket die gerelateerd zijn aan het energiegebruik kan 30% subsidie worden verkregen. Aan de maatregelen zelf worden geen eisen gesteld met betrekking tot bijvoorbeeld verbetering van de isolatiewaarde. Wel wordt een eis gesteld aan de eindsituatie, namelijk het minimaal realiseren van drie labelstappen, eindigend op een energielabel B of beter. De aanvragen zijn in vier categorieën op te delen: integraal met maatwerkadvies, aanvragen met een BREEAM-NL duurzaamheidslabel, of een GPR gebouwscore en integrale verbetering van monumenten. Voor aanvragen via GPR Gebouw geldt de eis dat het gebouw een minimumscore van 7,0 moet behalen over alle thema's van een GPR Gebouw. De integrale BREEAM-NL is niet aangevraagd.

In totaal zijn 106 aanvragen (deels) goedgekeurd voor een totaal subsidiebedrag van bijna 52,5 miljoen euro.

### 4.1 Steekproef

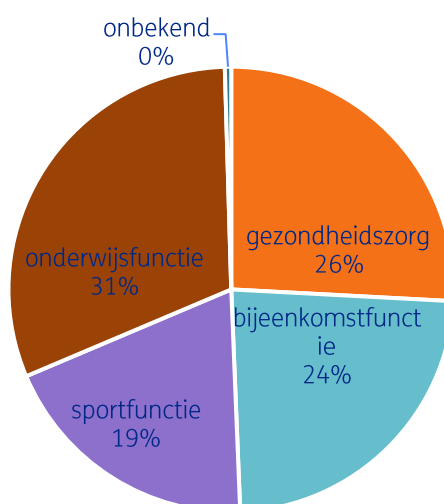
In deze paragraaf analyseren we de steekproef. Eerst bekijken we de emissiereductie van de energieadviseurs. Daarna zijn twee methodes uitgewerkt door TNO voor het berekenen van de emissiereductie. Tot slot vergelijken we de resultaten met elkaar.

In de steekproef zijn 26 aanvragen voor subsidie op integrale verbetering van de energieprestatie van een gebouw verder verkend. De intentie was om 30 aanvragen in de steekproef op te nemen, maar van 4 van de 30 aanvragen in de steekproef bleek het te tijdsintensief voor RVO om extra informatie op te halen. In totaal hebben de partijen in de steekproef die een integrale aanvraag hebben gedaan 42,6 miljoen euro (inclusief BTW) geïnvesteerd in duurzame maatregelen, waarvoor ze 12,8 miljoen euro subsidie hebben ontvangen, 24% van het totale subsidiebedrag voor integrale aanvragen. In de steekproef zitten 20 aanvragen met maatwerkadvies, twee via GPR Gebouw en vier aanvragen voor monumenten, zie [Figuur 4.1](#).



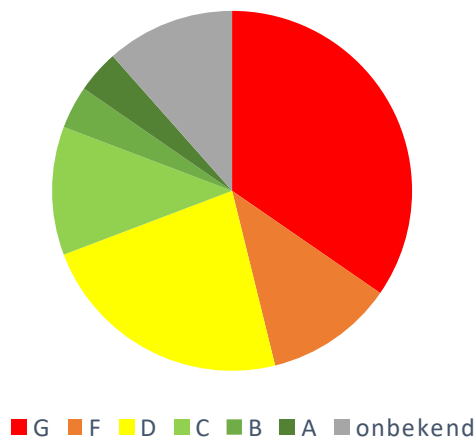
Figuur 4.1: Type integrale maatregelen naar aantal in de steekproef (RVO, 2023), bewerking TNO

Van de 26 aanvragen zijn er 9 voor een gebouw met een functie in de gezondheidszorg, 7 voor een gebouw met bijeenkomstfunctie, 5 voor onderwijsgebouwen, 4 voor sportaccommodaties en één onbekende functie. De gezondheidszorg en bijeenkomstfunctie maken het grootste deel uit van het subsidiebudget in de steekproef, zie Figuur 4.2. Het gebruiksoppervlak in de steekproef varieert tussen de 313 m<sup>2</sup> en 24.375 m<sup>2</sup>. Het oudste gebouw in de aanvraag is van 1600, het jongste van 2006.



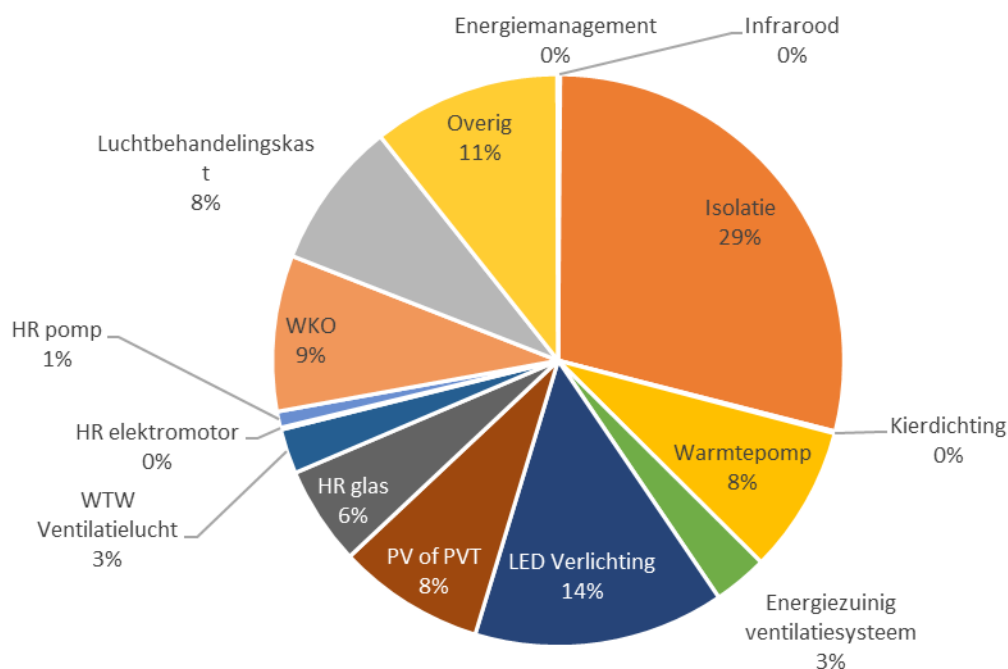
Figuur 4.2: Verdeling subsidiebedrag integrale pakketten naar gebruiksfunctie in de steekproef (RVO, 2023), bewerking TNO

Van de 26 gebouwen in de steekproef hadden 9 gebouwen vóór het nemen van maatregelen een label G, zie Figuur 4.3. Op één gebouw na (eindlabel B) hebben zij een label A of beter ontvangen na de maatregelen. Ook de gebouwen met andere uitgangslabels hebben minimaal een label A gekregen na verbeteringen.



Figuur 4.3: Verdeling energielabels in uitgangssituatie in de steekproef integrale aanvragen N=26 (RVO, 2023), bewerking TNO

Voor 17 aanvragen (67 % van de investering) in de steekproef was het mogelijk een opsplitsing van het investeringsbedrag naar maatregelen te maken (Figuur 4.4). Van zes aanvragen komt de optelling van de losse kostenposten per maatregel niet overeen met het totaalbedrag (30% tot 95% van het totaal bedrag) en voor acht aanvragen zijn de onderliggende maatregelen niet bekend. Daarmee komt de totale dekking op 58% van de investeringen van de steekproef. Het grootste deel van de investeringen in de steekproef (29%) gaat naar isolatiemaatregelen, gevolgd door LED-verlichting (14%), WKO (9%), PV(T), warmtepompen en luchtbehandelingskasten (alle drie 8%). Onder overig valt bijvoorbeeld leidingisolatie, een slimme meter of dubbelglas. Van deze maatregelen is alleen bekend wat het investeringsbedrag was. De uitgangssituatie is niet bekend, maar ook de doelsituatie maar in zeer beperkte mate. Bij isolatie is bijvoorbeeld niet bekend naar (en vanaf) welke  $R_c$ -waarde is geïsoleerd. Er zijn hieraan ook geen eisen verbonden zoals wel het geval is bij individuele maatregelen. Tegelijkertijd gaat het wel om 29% van het bekende investeringsbedrag.

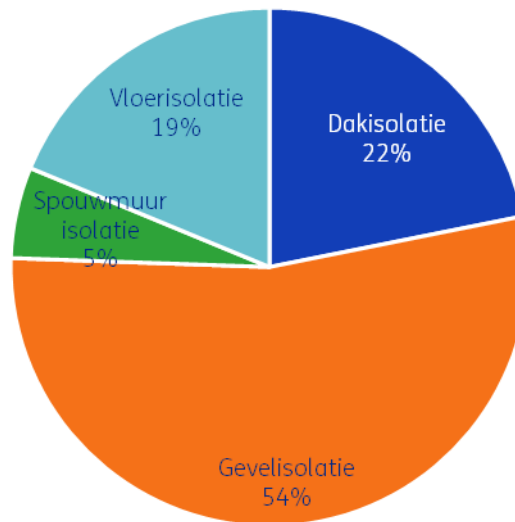


Figuur 4.4: Investerings naar maatregel in steekproef integrale aanvragen (RVO, 2023), bewerking TNO

Bij de aanvraag wordt voor isolatie geen onderscheid gemaakt naar bouwdeel. In de steekproef heeft RVO dit wel voor 13 aanvragen kunnen achterhalen, wat een beeld geeft hoe vaak en hoeveel van een bepaalde maatregel is toegepast. De 13 aanvragen vertegenwoordigen 82% van het totale investeringsbedrag voor isolatie in integrale pakketten binnen de steekproef. In deze 13 aanvragen is 54% van de investeringen in isolatie uitgegeven aan gevelisolatie, 22% aan dakisolatie, 19% aan vloerisolatie en 6% aan spouwmuurisolatie (Figuur 4.5). Isolatie diversen en deurisolatie zijn vanwege de kleine bedragen buiten beschouwing gelaten.

Glasisolatie is als een aparte maatregel opgenomen in de aanvraag en in de steekproef is soms gespecificeerd welk type glas is toegepast. Naar investeringsbedrag is 93% gebruikt voor HR++ en 7% voor triple glas.





Figuur 4.5: Aandeel in investering in isolatie naar bouwdeel in steekproef integrale aanvragen (RVO, 2023), bewerking TNO

### 4.1.1 Berekening energieadviseurs

De optelling van de emissiereductie berekend door energieadviseurs komt op 1893 ton CO<sub>2</sub>. Er is echter geen enkel inzicht in hoe de emissiereductie berekend is en welke emissiefactoren zijn gebruikt. De reductie is in de steekproef te herleiden voor 17 aanvragen. Voor slechts 8 aanvragen uit de steekproef is bekend is hoeveel CO<sub>2</sub> besparing deze opleveren, voor de overige 9 is dit berekend door de vermelde elektriciteits- en gasbesparing om te rekenen naar CO<sub>2</sub> besparing. Het subsidiebedrag van deze 17 aanvragen komt uit op 8,6 miljoen euro. De emissiereductie zoals bepaald door de energie-adviseurs komt daarmee op 0,22 kg CO<sub>2</sub>/gesubsidieerde euro. De emissiereductie is door TNO berekend met twee verschillende methodes. Voor slechts 14% van het totale budget bekend welke maatregelen genomen zijn. De eerste methode, de labelsprongmethode, gaat daarom alleen uit van gemiddelde energiebesparingen. De tweede methode is de toepassing van de kengetallen van de individuele maatregelen.

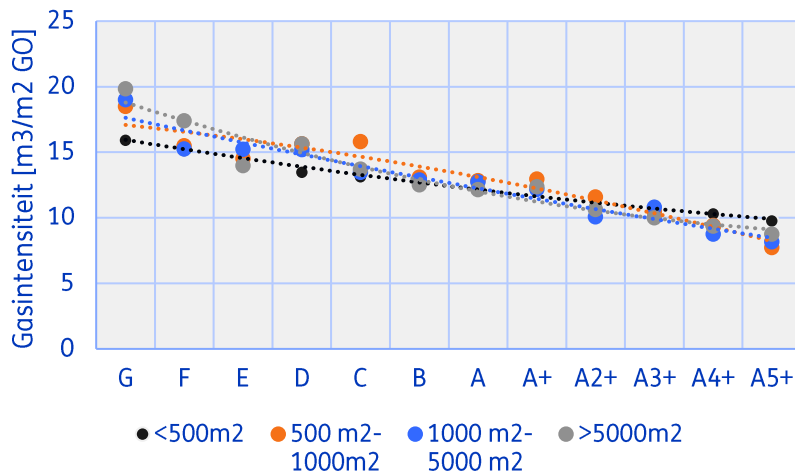
### 4.1.2 Methode 1: kengetallen labelsprong integrale verbetering

Eerst schatten we de besparing op basis van kengetallen voor het energiegebruik van energielabels. De methode en de resultaten voor de steekproef worden hieronder verder besproken.

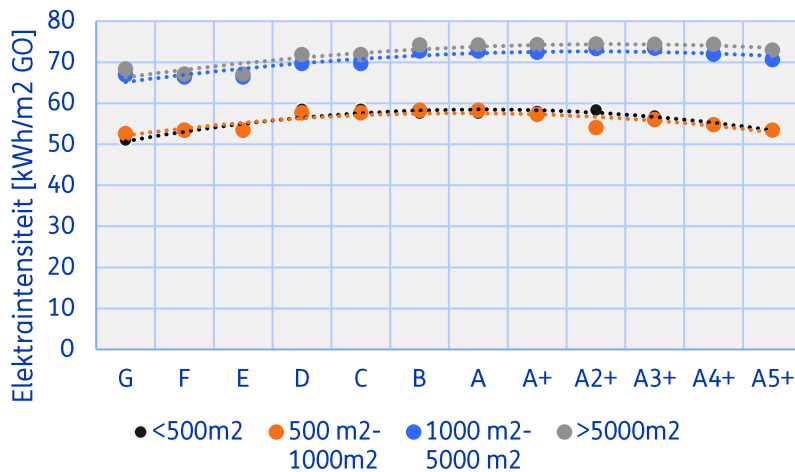
#### Methode

Bij deze methode wordt het energieverbruik ingeschat met kengetallen gebaseerd op werkelijk verbruik voor de combinatie van gebruiksfunctie, oppervlakteklasse en label, zie de rapportage Verrijkte BAG voor verdere beschrijving (Sipma, 2023). In Figuur 4.6 en Figuur 4.7 is ter illustratie voor de gebruiksfunctie gezondheidszorg gevisualiseerd wat de relatie is tussen het energielabel en het energieverbruik. Voor aardgas is dit een duidelijk afnemen trend, voor elektra niet. De gebouwen in de steekproef hebben een energielabel voor en na het toepassen van maatregelen. Door het energielabel, de gebruiksfunctie en het oppervlak te koppelen aan de kengetallen uit de Verrijkte BAG is een *gemiddeld* energieverbruik voor en na de maatregelen en een energiebesparing door verbetering van het energielabel te

bepalen. Zowel het aardgas- als elektriciteitsverbruik is hierbij meegenomen. Voor het elektriciteitsverbruik is het saldo weergegeven na aftrek van eventuele opwekking met zon-PV. Het is omgerekend naar CO<sub>2</sub>-reductie met de emissiefactoren, zie Bijlage B. Deze methode houdt geen rekening met het type maatregelen dat is genomen binnen een pakket, zo is er bijvoorbeeld geen rekening gehouden met een warmtepomp of PV. Dit is een grote versimpeling, maar is toegepast omdat de informatie van de steekproef zeer beperkt is.



Figuur 4.6: Kengetallen gasintensiteiten gezondheidszorg (Sipma, 2023)



Figuur 4.7: Kengetallen elektriciteitsintensiteiten gezondheidszorg (Sipma, 2023)

### Resultaten steekproef integrale verbetering energieprestatie gebouw

De berekende CO<sub>2</sub>-reductie van de 26 aanvragen in de steekproef aan de hand van de labelsprong staat in Tabel 4.1. De totale emissiereductie is 521 ton CO<sub>2</sub> per jaar. Het is te zien dat het elektriciteitsverbruik toeneemt wanneer een beter label wordt bereikt, waardoor er in plaats van reductie een toename wordt gerealiseerd. Dit komt door verschillende factoren, zoals een warmtepomp waardoor het aardgasverbruik vervangen wordt door elektriciteit, maar bijvoorbeeld ook meer ICT in gebouwen met een beter label. Het elektriciteitsverbruik betreft het saldo, waardoor al rekening is gehouden met de opwekking uit zon PV.

Door de CO<sub>2</sub>-emissiereductie te delen door het subsidiebedrag uit de steekproef, waarvan de gegevens bekend waren voor deze methode, kan de emissiereductie per gesubsidieerde euro worden berekend. Het subsidiebedrag uit de steekproef is 12,1 miljoen euro, zoals ook is weergegeven in Tabel 4.1. Daarmee komt de emissiereductie uit op 0,04 kg CO<sub>2</sub>/gesubsidieerde euro.

Tabel 4.1: Resultaten emissiereductie steekproef integrale maatregelen berekening TNO methode 1

Type	Steekproef methode 1
Aardgasbesparing [TJ/jaar]	10,0
Elektriciteitsbesparing [TJ/jaar]	-0,56
Emissiereductie [ton CO <sub>2</sub> /jaar]	521
Subsidiebedrag [miljoen euro]	12,1
Emissiereductie [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]	0,04

### 4.1.3 Methode 2: kengetallen individuele maatregelen voor integrale verbetering

Een tweede methode is het toepassen van de kengetallen zoals bepaald voor de individuele maatregelen. Deze worden toegepast op de steekproef van de integrale pakketten. De methode en de resultaten voor de steekproef worden hierna besproken.

#### Methode

De methode voor de kengetallen is te vinden in Hoofdstuk 3.2 en Bijlage A. Ook de verhouding naar gebruiksfuncties is overgenomen uit de individuele maatregelen. Dit is een versimpeling omdat de gebruiksfunctie 'sport' meer voorkomt bij integrale verbetering en gezondheidszorg juist minder. De besparingskengetallen zijn toegepast op het subsidiebedrag naar maatregel. Wanneer geen besparingskengetal is bepaald in de individuele maatregelen is geen emissiereductie meegenomen, bijvoorbeeld voor warmte/koude-opslag. Daarmee leidt dit tot een onderschatting van de totale reductie.

#### Resultaten steekproef

Voor zes type maatregelen zijn besparingskengetallen gebruikt. Hiervoor zijn de verhoudingen uit Figuur 4.4 gebruikt; hiermee is voor 68% van de steekproef de emissiereductie bepaald. De besparingskengetallen zijn één op één overgenomen uit de berekeningen van de individuele maatregelen. Dit betekent dat voor 32% helemaal geen reductie is meegerekend, zoals is aangegeven met een '-' in Tabel 4.2. In deze tabel is weergegeven tot welke reductie deze methode leidt. De jaarlijkse emissiereductie per gesubsidieerde euro komt daarmee op 0,27 kg CO<sub>2</sub>/euro subsidie.

Tabel 4.2: Jaarlijkse emissiereductie en subsidiebedrag in de steekproef per maatregel

Maatregel	Subsidie [euro]	Emissiereductie per euro subsidie per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]	Emissiereductie totaal per jaar [ton CO <sub>2</sub> ]
Infraroodpanelen	8.349	-	
Isolatie	2.151.352	0,27	574
Kierdichting	8.556	-	-
Warmtepomp	621.944	0,26	163
Energiezuinig ventilatiesysteem	228.312	-	-
LED-Verlichting	1.057.369	0,77	-
PV of PVT	619.362	0,54	813
HR-glas	415.438	0,21	334
WTW Ventilatielucht	189.005	0,24	87
HR-elektromotor	8.183	-	
HR-pomp	68.430	-	
WKO	656.799	-	
Luchtbehandelingskast	622.508	-	
Overig	792.847	-	
Energiemanagement	3.580	-	
Totaal	7.452.034		2.016

De berekende emissiereductie in methode 2 komt uit op 2 kt CO<sub>2</sub> voor een subsidiebedrag van 7,45 miljoen euro, zoals te zien is in Tabel 4.3. Ook de tussenresultaten voor aardgas en elektriciteitsbesparing zijn weergegeven.

Tabel 4.3: Resultaten jaarlijkse emissiereductie en energiebesparing in de steekproef integrale maatregelen conform berekening TNO methode 2

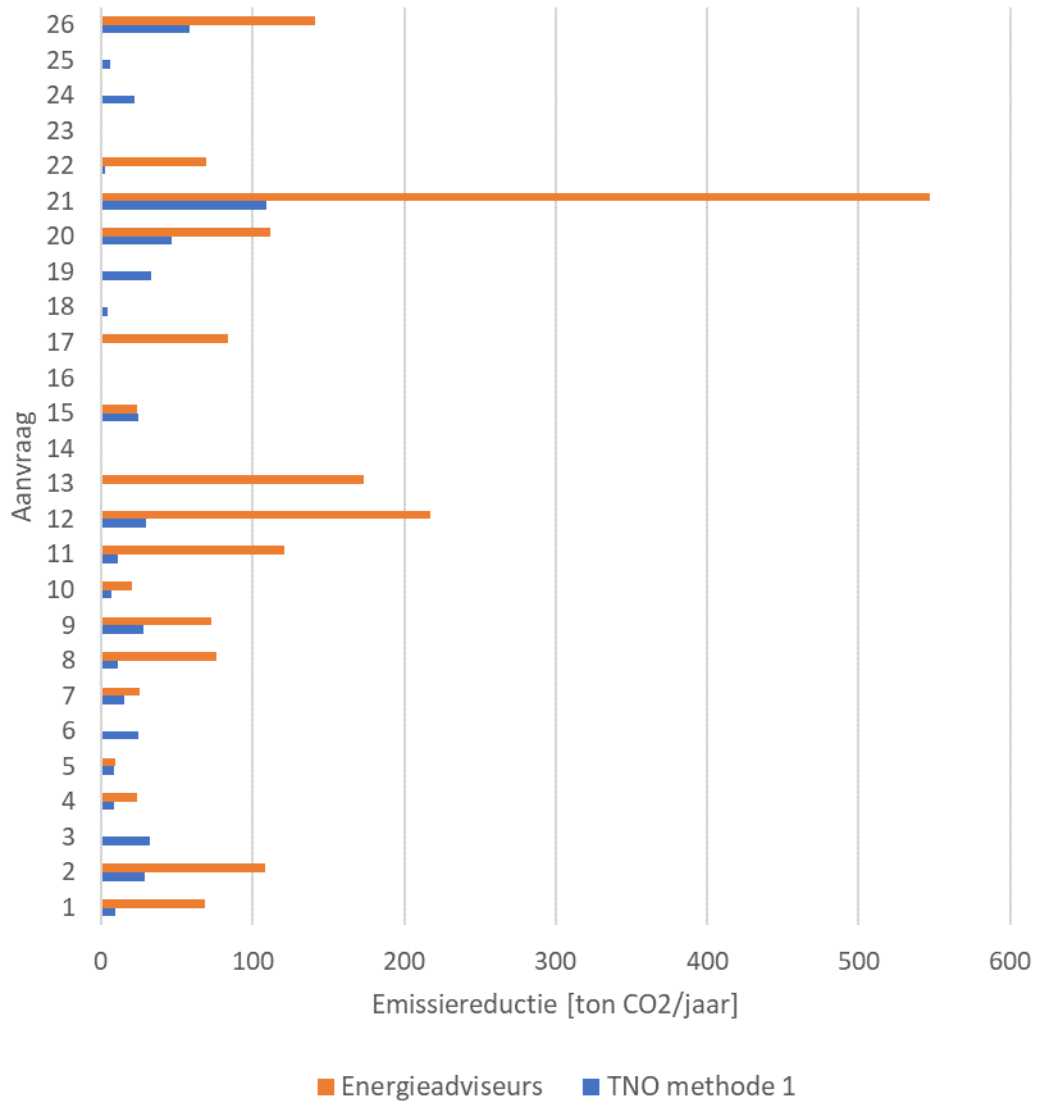
Type	Steekproef methode 2
Aardgasbesparing [TJ]	19,9
Elektriciteitsbesparing [TJ]	10,7
Emissiereductie [ton CO <sub>2</sub> ]	2.017
Subsidiebedrag [miljoen euro]	7,45
Emissiereductie [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]	0,27

## 4.1.4 Vergelijking steekproef met berekening energieadviseurs

De berekening van de energieadviseurs wordt vergeleken met de berekeningen van TNO. Zowel methode 1 als 2 van TNO wordt vergeleken.

### Vergelijking methode 1 met inschatting energieadviseurs

Voor 15 aanvragen kan de berekende CO<sub>2</sub>-reductie worden vergeleken met die van de energieadviseurs. Over de energiebesparing en emissies van de energieadviseurs zijn geen achterliggende berekeningen bekend, ook zijn de omrekenfactoren niet bekend. In Figuur 4.8 is de emissiereductie per aanvraag in de steekproef berekend en naast elkaar gezet. In Bijlage D, Tabel D.1 zijn de achterliggende gegevens terug te vinden. Op één gebouw na komt de berekening van de energieadviseurs hoger uit dan de berekening met kengetallen, en voor één gebouw ligt deze schatting heel dichtbij de door TNO berekende reductie. Bij de zeven gebouwen is de emissiereductie meer dan drie keer zo hoog, met twee uitschieters van 11 en 29 keer de berekening met kengetallen.



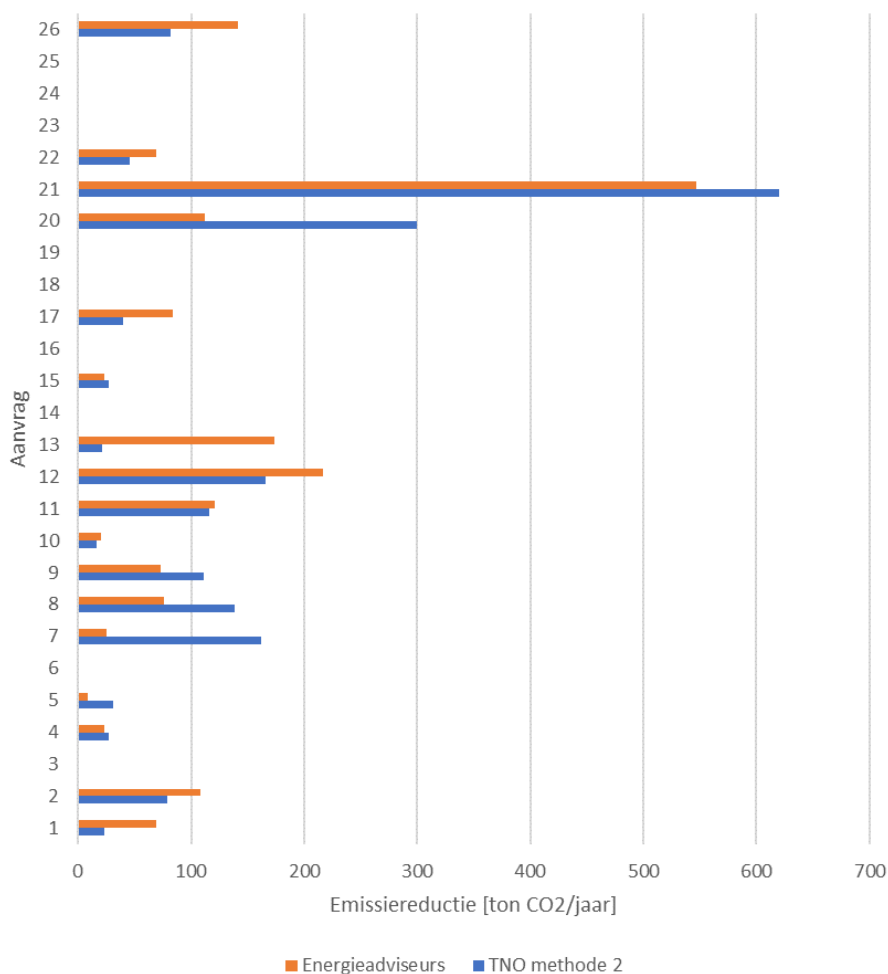
Figuur 4.8: Vergelijking van de emissiereductie conform TNO methode 1 en volgens de energieadviseurs per aanvraag uit de steekproef

Wanneer alleen de aanvragen worden vergeleken waarbij voor beide methodes resultaten zijn gevonden is de emissiereductie in de steekproef bijna vier keer zo hoog volgens de methode van de energieadviseurs als op basis van de kengetallen van TNO. Dit kan duiden op een overschatting door energieadviseurs door gebruik van de theoretische NTA-berekening, maar het kan ook duiden op een onderschatting van de emissiereductie zoals berekend met de kengetallen door TNO. In de energiekenngetallen van TNO wordt een versimpeling gebruikt door de energiebesparing te bepalen op basis van gemiddeld energieverbruik, waarbij niet is gecorrigeerd voor typen maatregelen in het pakket. Deze versimpeling leidt tot een onderschatting wanneer bijvoorbeeld het aandeel warmtepompen of zon-PV in de steekproef hoger is dan in de landelijke gemiddeldes (per energielabel). Verder komen de energiekenngetallen uit 2019. Dit kan leiden tot een onderschatting van zon-PV en warmtepompen.

### Vergelijking methode 2 met inschatting energieadviseurs

De vergelijking tussen de energieadviseurs en TNO-methode 2 is weergegeven per aanvraag in Figuur 4.9. Voor deze vergelijking zijn de kengetallen van de individuele maatregelen toegepast op het subsidiebedrag per aanvraag uit de steekproef. Daarbij is geen rekening gehouden met de eigenschappen van de aanvrager. Zo is er geen rekening gehouden met de gebruiksfunctie.

Figuur 4.9 laat zien dat voor één aanvraag de afwijking zeer groot is, de energieadviseurs komen daarbij tot 8 keer meer emissiereductie dan TNO. Voor deze aanvraag wordt voor ruim 30% van het subsidiebedrag WKO toegepast, waarmee geen rekening is gehouden in de TNO-methode 2. Voor meer dan de helft, 9 van de 17 aanvragen, komt de verhouding energieadviseurs/TNO op gemiddeld 1. Daarmee komt de TNO-methode 2 meer overeen met de energieadviseurs dan TNO-methode 1.



Figuur 4.9: Vergelijking van de emissiereductie conform TNO-methode 2 en volgens de energieadviseurs per aanvraag uit de steekproef

### Resultaten

De steekproef omvat 12,8 miljoen euro subsidie. Alle drie de methodes worden opgeschaald naar dit bedrag (Tabel 4.4). Dit is gedaan door de emissiereductie per gesubsidieerde euro te vermenigvuldigen met het totale bedrag van de steekproef. Daarmee is de emissiereductie het hoogst voor TNO methode 2 en het laagst voor TNO methode 1. De berekening van de energieadviseurs ligt daartussen, maar wel dichterbij methode 2. TNO heeft niet genoeg

informatie beschikbaar om te kunnen bepalen welke methode het nauwkeurigst is. Daarom is gekozen om de resultaten te presenteren als ‘hoog’ en ‘laag’.

Tabel 4.4: Jaarlijkse emissiereductie voor de steekproef

Methode	Resultaat	Emissiereductie per gesubsidieerde euro per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]	Totale emissiereductie per jaar [kt CO <sub>2</sub> ] opgeschaald
TNO methode 1	Laag	0,04	0,52
TNO methode 2	Hoog	0,27	3,46
Energieadviseurs		0,22	2,82

## 4.2 Totale emissiereductie integrale verbetering

De totale reductie is opgeschaald van de steekproef naar de totale aanvraag. Hierbij is het subsidiebedrag van 52,4 miljoen euro vermenigvuldigd met de reductie-intensiteit die bepaald is in de steekproef. Bij de steekproefvergelijking is het goed om op te merken dat deze cijfers gebaseerd zijn op verschillende databeschikbaarheden; deze zijn wel allemaal opgeschaald naar het subsidiebedrag uit de steekproef van 12,8 miljoen euro. De reductie per gesubsidieerde euro is gebaseerd op de pakketten waarvoor gegevens bekend zijn. Tabel 4.5 laat een grote variatie zien tussen de gehanteerde methodes. Mede doordat weinig bekend is over de uitgangssituatie en doelsituatie en slechts voor 14% van het totale subsidiebedrag überhaupt bekend is naar welke maatregelen het gaat, is het niet met zekerheid te zeggen welke methode het meest nauwkeurig is.

Tabel 4.5: Jaarlijkse emissiereductie door integrale pakketten voor alle aanvragen

	Emissiereductie per gesubsidieerde euro per jaar [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]	Totale emissiereductie per jaar [kt CO <sub>2</sub> ]
TNO methode 1	0,04	2,27
TNO methode 2	0,27	14,2
Energieadviseurs	0,22	11,6



## 5 Conclusie

De DUMAVA-subsidieregeling is geanalyseerd om inzicht te krijgen in het type aanvragers, het type maatregelen en de gerealiseerde energiebesparing en emissiereductie. De steekproef is gebruikt om verder inzicht te krijgen in de maatregelen. De totale reductie, het mogelijke free-rider-effect en aanbevelingen staan hieronder beschreven.

### 5.1 Totale emissiereductie

Voor alle goedgekeurde subsidieaanvragen uit de openstellingsronde in 2022 van de DUMAVA-regeling berekenen we aan de hand van besparingskengetallen een totale emissiereductie. De door TNO berekende reductie komt uit op 33,6 tot 45,6 kton CO<sub>2</sub> per jaar, zoals te zien is in Tabel 5.1. Deze reductie is berekend voor de eerste openstellingsronde, waarbij na terugtrekking 144,2 miljoen euro is toegekend. De bandbreedte ontstaat doordat twee methodes zijn gehanteerd. Doordat weinig achtergronddata bekend zijn kan niet worden bepaald welke methode het meest nauwkeurig is. Wanneer de besparingen van de energieadviseurs uit de steekproef worden opgeschaald komt dit op een totale reductie van 46,3 kton CO<sub>2</sub> per jaar. Voor integrale maatregelen zijn twee resultaten weergegeven. Zoals in de gevoeligheidsanalyse is getoond is ook de emissiereductie zoals die is bepaald voor de individuele maatregelen zeer afhankelijk van de aannames in de berekening. Omdat er te weinig inzicht is in zowel de uitgangssituatie als de doelsituatie van de genomen maatregelen kunnen we niet één emissiereductie geven voor de eerste aanvraagronde van de DUMAVA. Wel is een ordergrootte in beeld gebracht door de verschillende resultaten te laten zien.

De emissiereductie is uitgesplitst naar aardgas en elektriciteitsbesparing, zie Tabel 5.2 en Tabel 5.3. Dit is zowel uitgedrukt in energie-eenheid als in CO<sub>2</sub>-emissies. De aardgasbesparing weegt het zwaarst in de totale emissiereductie, voor 74% (laag) en 66% (hoog). Voor de energieadviseurs kan deze opsplitsing niet gegeven worden omdat deze gegevens niet bekend zijn.

De emissiereductie betreft om verschillende redenen slechts een indicatie:

1. Voor individuele maatregelen is 10% van de investering niet meegenomen, voor integrale pakketten in de hoge berekening is dat 32%. Hierdoor kan de besparing hoger uit vallen.
2. De berekening is op vele onzekere aannames gebaseerd, waardoor rekening moet worden gehouden met een grote bandbreedte.
3. Doordat de subsidies vooraf zijn toegekend is nog niet zeker welke maatregelen en met welke kwaliteit ze daadwerkelijk worden uitgevoerd. Dit kan ook de weging van maatregelen beïnvloeden.
4. De emissie betreft jaarlijks vermeden emissies. Voor elektriciteit zal deze emissiefactor de komende jaren verder afnemen. In deze studie is de emissiefactor voor elektriciteit uit 2021 gebruikt.
5. Er kan sprake zijn van maatregelen die ook zonder subsidie zouden zijn genomen, waardoor de subsidie niet tot extra vermeden emissies leidt. Hier wordt verder op in gegaan in de volgende paragraaf.

**Tabel 5.1:** Jaarlijkse emissiereductie en subsidiebedrag voor eerste aanvragronde van de DUMAVA

Aanvragen DUMAVA subsidie	Bron	Totale emissiereductie [kton CO <sub>2</sub> /jaar]		Subsidie [miljoen euro]	Emissiereductie per gesubsidieerde euro [kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie]	
		Laag	Hoog		Laag	Hoog
Aanvragen integrale verbetering energieprestatie gebouw	TNO	2,27	14,2	52,5	0,04	0,27
	energieadviseurs	11,6			0,22	
Aanvragen individuele maatregelen	TNO	31,4		91,8	0,34	
	energie-adviseurs	34,7			0,38	
Totaal alle aanvragen	TNO	33,6	45,6	144,2	0,23	0,32
	energieadviseurs	46,3			0,32	

**Tabel 5.2:** Jaarlijkse elektriciteitsbesparing van alle aanvragen (inschatting TNO)

	Elektriciteitsbesparing [TJ/jaar]		Elektriciteitsbesparing omgerekend naar CO <sub>2</sub> [kton CO <sub>2</sub> /jaar]	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Reductie integraal	-2,42	75,3	-0,20	6,28
Reductie individueel	109		9,08	
Totale reductie	107	184	8,88	15,4

**Tabel 5.3:** Jaarlijkse aardgasbesparing van alle aanvragen (Inschatting TNO)

	Aardgasbesparing [TJ/jaar]		Aardgasbesparing omgerekend naar CO <sub>2</sub> [kton CO <sub>2</sub> /jaar]	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Reductie integraal	43,6	140	2,47	7,93
Reductie individueel	394		22,3	
Totale reductie	437	534	24,8	30,2

## 5.2 Doelmatigheid

Doel van de DUMAVA-regeling is om het energieverbruik (en daarmee de CO<sub>2</sub>-uitstoot) te verlagen en daarmee bij te dragen aan het behalen van de gestelde klimaatdoelstellingen. De doelmatigheid<sup>6</sup> van een subsidie kan worden geëvalueerd met de subsidiekosten van een ton vermeden CO<sub>2</sub>-emissies over de levensduur van een maatregel. De SDE++-subsidie hanteert bijvoorbeeld verschillende grenzen voor subsidie-intensiteit ofwel doelmatigheid. De bovengrens bij de SDE++ is 400 euro/ton CO<sub>2</sub> en de ondergrens 90 euro/ton CO<sub>2</sub> (Rijksoverheid, 2023). Om de doelmatigheid van de DUMAVA-subsidie te kwantificeren is een gemiddelde levensduur van 20 jaar aangenomen. Dit betekent dat de besparingen over 20 jaar worden opgeteld. De levensduur zal in werkelijkheid lager zijn voor LED-verlichting, maar hoger voor na-isolatie. Op basis van de inschatting van de emissiereductie van TNO kan worden gesteld dat de eerste ronde DUMAVA-subsidie voor het totaal van alle maatregelen een doelmatigheid tussen de 158 euro/ton CO<sub>2</sub> en 214 euro/ton CO<sub>2</sub> heeft. Dat is dus lager dan de bovengrens bij de SDE++.

Bij de berekening van de doelmatigheid is aangenomen dat alle reductie additioneel is. Om de doelmatigheid van de regeling te evalueren is het ook relevant of de aanvragen daadwerkelijk tot additionele besparing leiden of dat sprake is van free-riders.

### 5.2.1 Het free-rider effect

Het 'free-rider effect' treedt op wanneer aanvragers een subsidie aanvragen voor maatregelen die zij ook al zonder subsidie zouden hebben doorgevoerd op hetzelfde moment en met dezelfde kwaliteit (Shiell & Rivers, 2014). Dit kan verschillende redenen hebben, bijvoorbeeld omdat maatregelen al kosteneffectief zijn, een bouwdeel of installatie aan vervanging toe is of maatregelen een wettelijke verplichting kennen. Subsidie voor free-riders zorgt niet voor een versnelling van emissiereductie en kan niet meer ergens anders voor worden ingezet. Het is daarom van belang dat er onderzoek wordt gedaan naar het free-rider effect, zodat de subsidie zo efficiënt mogelijk kan worden ingezet.

Op dit moment is er geen informatie bekend over het free-rider effect binnen DUMAVA. Om erachter te komen tot hoeveel extra besparing de DUMAVA-regeling daadwerkelijk leidt is aanvullend onderzoek nodig. Door aanvragers na toekenning van de subsidie vragen te stellen over hun beweegredenen en de invloed van de subsidie op hun investeringsbeslissing te bevragen in een enquête kan de doeltreffendheid en doelmatigheid van de subsidie worden onderbouwd. Idealiter wordt ook aan gebouweigenaren die geen subsidie hebben aangevraagd gevraagd waarom ze dat niet hebben gedaan.

Informatie over het autonome tempo van verduurzaming kan ook een indicatie geven van het free-rider effect. Als de subsidieaanvragen uit DUMAVA grotendeels overlappen met het autonome tempo van verduurzaming kan dat een aanwijzing zijn van een free-rider-effect.

### 5.2.2 Het autonome tempo van verduurzaming

Uit monitoringsonderzoek kunnen we een beeld krijgen van het verduurzamingstempo zonder subsidie. Het tempo van het toepassen van verduurzamingsmaatregelen in de utiliteitsbouw wordt door RVO jaarlijks bepaald in de Monitor Verduurzaming Gebouwe

<sup>6</sup> De mate waarin de prestaties en effecten van beleid tegen de laagst mogelijke inzet van (financiële) middelen en ongewenste neveneffecten worden bewerkstelligd, dan wel de mate waarin met de inzet van een bepaalde hoeveelheid (financiële) middelen de maximale prestaties en effecten van beleid worden gerealiseerd tegen zo min mogelijk ongewenste neveneffecten

Omgeving (RVO, 2022). In opdracht van RVO onderzoekt Panteia jaarlijks de renovaties in de utiliteitsbouw door middel van een telefonische enquête met 2000 gebouwbeheerders (Panteia, 2023).

Het recentste Panteia onderzoek is uitgevoerd over maatregelen die zijn genomen in 2022, dus voordat de DUMAVA van kracht was. De uitvoering van de maatregelen in DUMAVA kan pas plaatsvinden na verlening van de subsidie en moet dan binnen twee (bij individuele maatregelen) of drie (bij een integrale aanpak) jaar plaatsvinden. Dat betekent dat de maatregelen met DUMAVA-subsidie pas na 2022 zullen worden uitgevoerd. De Panteiacijfers voor 2022 kunnen daarom een indicatie geven van het autonome tempo voordat er met DUMAVA-subsidie maatregelen worden genomen. Een directe vergelijking tussen Panteia en de DUMAVA-regeling is echter niet goed mogelijk. De DUMAVA-subsidie is namelijk alleen bestemd voor maatschappelijke instellingen zonder verplichting tot inkomsten- of vennootschapsbelasting. Vooral bij de zorg zal dit een deel van de gebouweigenaren uitsluiten. Ook kunnen alleen gebouwen opgeleverd voor 2012<sup>7</sup> subsidie aanvragen. De populatie in Panteia en DUMAVA verschilt om deze redenen.

Uit het Panteia-onderzoek komt dat in 2022<sup>8</sup> bij 21% van de gebouwen in de Zorg maatregelen zijn genomen, bij 16% van de kantoorgebouwen en bij 11% van de gebouwen in het onderwijs (Panteia, 2023). Voor de gehele utiliteitsbouw ligt dit percentage rond de 14%. Naar aantal gebouwen ligt het totale percentage dat een aanvraag heeft gedaan voor DUMAVA-subsidie op 0,5%. Binnen het onderwijs is voor 1,6% van de gebouwen een aanvraag gedaan, voor kantoren 0,5% en voor gebouwen in de Zorg 0,3%. Als we niet naar het aantal gebouwen kijken maar naar het oppervlak waarvoor DUMAVA-subsidie is aangevraagd dan is voor 13% van de gebruiksoppervlakte in de Zorg een aanvraag gedaan, voor 5% bij Onderwijs en voor 2% bij Kantoren (zie ook hoofdstuk 2.2).

Verder geeft (Panteia, 2023) een overzicht van reeds genomen maatregelen, wat een beeld geeft van de potentie voor verduurzaming. Zie Tabel 5.4 voor isolatiemaatregelen.

**Tabel 5.4:** Aandeel dat niet geïsoleerd is (Panteia, 2023)

	Zorg	Onderwijs	Kantoren
Daken	13%	17%	16%
Gevel	16%	25%	20%
Vloer	30%	39%	42%
Glas	7%	9%	8%

Een ander relevant inzicht is dat het Panteia-onderzoek ook onderscheid maakt naar vier typen isolatie:

- isolatie van een nieuw deel van het gebouw (uitbreiding).
- na-isolatie (als toevoeging op bestaande isolatie);
- na-isolatie (waar eerst geen isolatie was);
- her-isolatie (ter vervanging van bestaande isolatie);

In 2022 betrof 21% van de isolatiemaatregelen de isolatie van een nieuw deel en 35% was her-isolatie. Dat betekent dat ruim de helft van de toegepaste isolatiemaatregelen niet tot een reductie van het energiegebruik heeft geleid ten opzichte van de bestaande situatie.

<sup>7</sup> Uitzondering is het aardgasvrij maken, daarvoor geldt geen bouwjaarmaximum

<sup>8</sup> De verduurzamingsmaatregelen die gefinancierd worden met DUMAVA-subsidie worden pas na verlening uitgevoerd, dus hoofdzakelijk in 2023. De cijfers van Panteia en DUMAVA betreffen daarmee niet hetzelfde jaar.

Het onderzoek van Panteia laat zien dat bij glasvervanging in 2022 nog het vaakst dubbel glas wordt toegepast (38%), gevolgd door HR++-glas (31%). Ook werd nog enkel glas (6%) en HR+ (6%) geplaatst. Dit zou betekenen dat met de eisen in DUMAVA bij de isolatiekwaliteit van glas een verbetering kan worden bereikt. Uit informatie van leveranciers van isolatiematerialen blijkt echter dat enkel glas, dubbel glas en HR+-glas niet meer verkocht worden (Buildsight, 2023). Dat zou betekenen dat als er een nieuwe ruit wordt geplaatst, deze standaard HR++-kwaliteit of beter zou hebben. De DUMAVA-subsidieregeling kan dan wel stimuleren om ramen sneller te vervangen. Het merendeel (56%) van de plaatsing van nieuw glas is nu voor herstel van gebroken ruiten, 35% is ter vervanging van bestand glas (Panteia, 2023).

Van de respondenten in het Panteia-onderzoek die een cv-ketel hebben vervangen heeft 79% een HR-ketel teruggeplaatst, 8% heeft een warmtepomp laten installeren. Voor toekomstige vervanging geeft 15% aan de voorkeur te hebben voor een HR-ketel, 10% voor een hybride warmtepomp en 19% voor een all-electric warmtepomp. Van warmtepompen weten we uit CBS-cijfers dat er in 2022 6.400 lucht-waterwarmtepompen bij utiliteitsgebouwen zijn geïnstalleerd (CBS, 2023). De monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving schat dat in 2022 ruim 7000 warmtepompen zijn geplaatst, een forse groei ten opzichte van 2021, toen dit er in de dienstensector bijna 2000 waren (RVO, 2023). Voor zowel CBS als de Monitor betreft het ook gebouwen die niet onder het Maatschappelijk Vastgoed vallen. Om een indicatie van het totale aantal warmtepompen bij Maatschappelijk Vastgoed te krijgen kan de inventarisatie van Panteia worden gebruikt (Panteia, 2023). Deze geeft dat 7% van de ondervraagden de verwarmingsinstallatie heeft vervangen en dat 8% daarvan een warmtepomp heeft geïnstalleerd. Als we deze percentages toepassen op het totaal aantal gebouwen van Maatschappelijk Vastgoed dan zouden ruim 1.400 warmtepompen zijn geïnstalleerd in 2022. In 2022 is 169 keer DUMAVA-subsidie aangevraagd voor een warmtepomp of warmtepompboiler via de individuele maatregelen; dat zou 11% van het totaal aantal geplaatste warmtepompen zijn.

Slechts een zeer klein deel van de utiliteitsgebouwen wordt aangesloten op warmtenetten. Bijvoorbeeld de proeftuinen als onderdeel van het programma aardgasvrije wijken (NPLW) van bestaande bouw resulteerde in 9 aardgasvrije en 67 aardgasvrij-ready utiliteitsgebouwen (tot maart 2023) (PAW, 2023). Ook in de subsidieaanvragen 2022 is deze maatregel slechts twee keer aangevraagd.

Tot slot is de gemiddelde samenstelling van de verlichting in een gebouw bij de zorgsector 65% LED-verlichting en 20% TL-verlichting. Van deze TL-verlichting is bijna 60% energiebesparende LED- of Hf-TL-verlichting. Bij onderwijsgebouwen ligt het gebruik van LED-verlichting onder de 50%. Er wordt iets meer gebruik gemaakt van TL-verlichting waarvan zo'n 40% LED of Hf is. LED-verlichting staat in de erkende maatregelenlijst waardoor het verplicht is. Het is daarmee de vraag of subsidie bij deze maatregel tot extra toepassing en dus extra besparing leidt.

## 5.3 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek doen we de volgende aanbevelingen voor verbetering van de monitoring van de DUMAVA-regeling:

### 1. Verzamel meer informatie over de aanvraag in de centrale online registratie van RVO

Bij de berekeningen van de emissiereductie zijn veel aannames gedaan omdat veel informatie over de aanvragen ontbreekt. Ook uit de steekproef kwam niet alle informatie naar boven die nodig is om een goede inschatting van de emissiereductie te doen. De informatie die nodig zijn om inschattingen te kunnen maken van de emissiereductie zijn weergegeven in Tabel 5.5 (beschikbaar, maar incompleet) en Tabel 5.6 (nog niet beschikbaar).

Om de kwaliteit van de berekening verder te verbeteren bevelen we aan om de omvang per maatregel (vierkante meters isolatie, vermogen van installaties, etc.) op te nemen in de aanvraag voor in ieder geval individuele maatregelen. In andere subsidieregelingen zoals de ISDE en SEEH/SVVE wordt de omvang van maatregelen ook al uitgevraagd.

**Tabel 5.5:** Behoefte aan informatie voor de berekening van de emissiereductie van DUMAVA-subsidie

Type aanvragen	Benodigde informatie	Status in 2022
Algemeen voor alle aanvragen	Indicatie welke aanvragen goedgekeurd zijn (of ze al zijn uitbetaald is niet van belang)	Aangeleverd, niet altijd duidelijk
	Goedgekeurde subsidiebedragen én investeringsbedragen	Aangeleverd
	Gebruiksoppervlak	Incompleet
	Gebruiksfunctie	Incompleet, niet altijd duidelijk
	Energie label vooraf Indien geen label: bouwjaar, als indicatie van het label	Incompleet
Individuele maatregelen	Investeringsbedrag per maatregel	Incompleet
Integrale aanvragen	Energie label na maatregelen (berekening energie-adviseurs)	Niet aangeleverd

**Tabel 5.6:** Behoefte aan informatie voor de berekening van de emissiereductie van DUMAVA-subsidie. Deze informatie kan leiden tot een verdere verbetering van de berekening

Type aanvragen	Benodigde informatie
Algemeen voor alle aanvragen	Verder onderscheid naar type installatie (bijvoorbeeld type WP, WP boiler, PV of PVT) Werkelijke energiegebruik vóór maatregelen
Individuele maatregelen	Investeringsbedrag per isolatiemaatregel Hoeveelheid isolatie / aantal en vermogen van de installatie Inzicht in de uitgangssituatie van installaties en isolatie vóór maatregelen: welk verwarmingssysteem aanwezig? Welke isolatiewaarde? Welk type verlichting?

Integrale aanvragen	Investeringsbedrag per maatregel, ook apart voor isolatiemaatregelen (en dan ook: hoeveelheid van de maatregel en de uitgangssituatie)
---------------------	--

## 2. Registreer in de aanvraag duidelijker het type gebouw en type eigenaar

Het is belangrijk om goed te weten wie gebruik maken van de subsidie om de discussie te kunnen voeren of de juiste doelgroep wordt bereikt. In sommige sectoren is het makkelijker of moeilijker om verduurzamingsmaatregelen te nemen, bijvoorbeeld vanwege een andere vorm van eigenaarschap. Naar aanleiding van het onderzoek van (Rebel, 2023) stellen we daarom voor om in de DUMAVA-regeling een helder onderscheid te maken naar (sub)sector (o.b.v. SBI-Bedrijfstak), eigendom, gebruiksfunctie, multifunctionaliteit (meerdere gebruikers) en status en dit op te nemen in de aanvraag van de subsidie.

Ons voorstel voor onderscheid naar type aanvrager en type gebouw in de aanvraag:

### Sector en sub-sector:

- Onderwijs, opgesplitst naar:
  - Primair
  - Voortgezet
  - MBO
  - HBO
  - Universiteit
- Gezondheids- en welzijnszorg
  - o Verpleeghuis
  - o Ziekenhuis
  - o Praktijk
  - o Laboratorium
  - o Dagopvang
- Openbaar bestuur en overheidsdiensten
- Cultuur, sport en recreatie.

### Eigendom

- Gemeente
- Provincie
- Rijk
- Private verhuurder
- Woningcorporatie
- Vereniging (niet VvE)/stichting
- VvE.

### Gebruiksfunctie (combinaties mogelijk)

- Onderwijs
- Gezondheidszorg
- Kantoor
- Sport
- Cultuur
- Wonen
- Overig.

## 3. Laat aanvragers ook informatie van de energieadviseurs online invoeren

Een tweede aanbeveling is om (ook) gebruik te maken van de besparingsberekeningen door energieadviseurs. Ondanks het feit dat we niet weten welke methode door hen gebruikt is,

zijn deze berekeningen wel gemaakt met specifieke kennis van de lokale situatie. Dat is kennis die per definitie niet kan worden meegenomen in kengetallen. Tabel 5.5 en Tabel 5.6 geven een uitgebreide lijst met benodigde data voor een betrouwbare berekening. Omdat energieadviseurs een besparingsberekening uitvoeren voor elke aanvraag is een groot deel van deze informatie al door deze adviseurs verzameld en vermeld. Deze data zijn echter beperkt toegankelijk voor latere analyses omdat deze alleen in pdf-vorm bij de aanvraag worden meegestuurd. We bevelen aan om te verkennen of met verdere digitalisering van de aanvraag deze data beschikbaar kunnen worden gemaakt. Ook kan centraal worden geregistreerd met welke methode de energieadviseurs de besparing hebben berekend.

#### **4. Maak databestanden met subsidieaanvragen geschikt voor analyse**

Voor het aanmaken van de databestanden doen we een aantal suggesties die de verwerking vergemakkelijken:

- 3) Gebruik zo min mogelijk vrije invoervelden en beperk de invoer met standaardopties, zodat deze later makkelijk terug te vinden zijn
- 4) Houd de status van de aanvraag bij
- 5) Kies de kolomnamen zorgvuldig: houd het kort (afkortingen), maar wel zo dat ze duidelijk weergeven wat de inhoud van de kolom is.
- 6) Gebruik geen spaties in kolomnamen, verbind eventueel woorden/afkortingen met een ‘\_’. Andere programma’s begrijpen anders soms niet dat deze woorden bij elkaar horen.
- 7) Bij meerjarige regelingen: verander de kolomnamen en de categorieën het volgende jaar alleen als dat echt noodzakelijk is. Bij elke verandering moet de verwerkingscode worden gecontroleerd en aangepast.

#### **5. Doe onderzoek naar effectiviteit van beleid en naar mogelijkheden om de kosteneffectiviteit van de regeling te verbeteren**

Een verdere aanbeveling om het effect van DUMAVA beter te kunnen inschatten is om een onderzoek te doen naar het free-rider-effect van de regeling. Wellicht kan dit in het jaarlijkse Panteia-onderzoek worden opgenomen. Ook onderzoek naar gebouwweigenaren die geen gebruik maken van de regeling zou nuttig zijn, bijvoorbeeld door middel van interviews en onderzoek door Panteia.

#### **6. Stel strengere eisen aan de maatregelen die subsidie krijgen**

De DUMAVA-subsidie bestaat uit vele verschillende maatregelen. Een aantal maatregelen, zoals LED-verlichting zijn al verplicht vanuit beleid. Een subsidie lijkt dan niet ‘noodzakelijk of effectief. In de integrale maatregelenpakketten werden geen eisen gesteld aan het type maatregel. Het introduceren van minimaal isolatieniveau of het uitsluiten van HR-ketels kan tot additionele besparing leiden.



# Referenties

- Academica. (2022). *PVT-panelen 2022: kosten, besparing en voordelen*. Opgehaald van Academica: <https://www.academica.nl/artikelen/pvt-panelen-2022-kosten-besparing-en-voordelen>
- Bouwbesluit. (2023). *Bouwbesluit update 2021*.
- Builsight. (2023). *Verkoopcijfers isolatiemateriaal en HR-ketels - interne document*.
- CBS. (2023). *Rendementen, CO<sub>2</sub>-emissie elektriciteitsproductie, 2021*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2023/06/rendementen-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2021>
- CBS. (2023). *Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen*. Opgehaald van <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85523NED/table>
- Climasense. (n.d.). *Daikin EKHHE200CV3 200 liter Warmtepompboiler (2e generatie)*. Opgehaald van ClimaSense: <https://www.climasense.nl/monobloc/1823-daikin-ekhhe200cv3-200-liter-warmtepompboiler-2e-generatie.html>
- CO<sub>2</sub>emissiefactoren. (2023). *Lijst emissiefactoren*. Opgehaald van CO<sub>2</sub>emissiefactoren: <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-temissiefactoren/#elektriciteit>
- cvtotaal. (n.d.). *Hoeveel stroom gebruikt een hybride warmtepomp?* Opgehaald van cvtotaal: <https://www.cvtotaal.nl/blog/post/hoeveel-stroom-verbruikt-een-hybride-warmtepomp#:~:text=Afhankelijk%20van%20het%20type%20en,de%20overige%2030%20tot%2040%25>.
- Meijer. (2009). *Utiliteitsbouw*.
- Menkveld, M., & Sipma, J. (2022). *Artikel 6 EED renovatieverplichting van publieke instellingen*. TNO P10681.
- Menkveld, M., Niessink, R., Sipma, J., Scheers, M., Beindorff, P., Plokker, W., . . . Elkhuizen, B. (2020). *Paris Proof monitor: openbare rapportage van het project Route Energie Duurzaam kantoren*. Amsterdam: TNO.
- Milieu Centraal. (n.d.). *Balansventilatie*. Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/ventilatie/balansventilatie/>
- NTA 8800. (2020). *NTA 8800+A1 Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode*. NEN.
- Panteia. (2022). *Renovaties in de Utiliteit Onderzoeksverantwoording meting 2022*. Zoetermeer.
- Panteia. (2023). *Renovaties in de utiliteit - Rapport meting 2022*.
- PAW. (2023). *Voortgang proeftuinen*. Opgehaald van <https://www.aardgasvrijewijken.nl/proeftuinen+op+de+kaart/dashboard/default.aspx>
- Rebel. (2023). *Fonds verduurzaming maatschappelijk vastgoed*.
- Rijksoverheid. (2023). *Dit jaar € 8 miljard beschikbaar voor duurzame energie en verlagen CO<sub>2</sub>-uitstoot met SDE++*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2023/02/17/dit-jaar-8-miljard-euro-beschikbaar-voor-duurzame-energie-en-verlagen-co2-uitstoot-met-sde>
- Roossien, B. (2020). *Expert Review "Standaard en Streefwaarden"*. EnergyGO.
- RVO. (2022). *Maatregelenlijst Subsidieregeling duurzaam maatschappelijk vastgoed (DUMAVA)*.
- RVO. (2022). *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie Herziening 2022*. RVO.
- RVO. (2023). Opgehaald van Kostenkentallen platform. Peildatum juli 2023: <https://digipesis.com/>
- RVO. (2023). *Aangeleverde data Dumava subsidie ronde 1*.

- RVO. (2023). *Monitor energiebesparing gebouwde omgeving 2023*. RVO.
- Shiell, L., & Rivers, N. (2014). Free-Riding on Energy Efficiency Subsidies: the Case of Natural Gas Furnaces in Canada.
- Sipma, J. M. (2023). *Verrijkte BAG*. Amsterdam: TNO.
- Stimular. (n.d.). *GASGESTOOKTE HR-BOILER I.P.V. CONVENTIONELE BOILER*. Opgehaald van Stimular: [https://www.stimular.nl/maatregelen/hr-boiler/#:~:text=Een%20HR%2Dboiler%20\(solo%20warmwaterbereider,een%20rendement%20van%20minimaal%2045%25](https://www.stimular.nl/maatregelen/hr-boiler/#:~:text=Een%20HR%2Dboiler%20(solo%20warmwaterbereider,een%20rendement%20van%20minimaal%2045%25).
- TNO. (2023). *Overzicht rekenregels Energiepotentieelscan (EPS) EPS webtool v. 2023.0*. Amsterdam: TNO.
- Warmtepomp-tips.nl. (n.d.). *Warmtepomp-tips; Kengetallen voor een woning*. Opgehaald van <https://warmtepomp-tips.nl/warmtepomp/kengetallen/>
- Zijlema, d. P. (2021). *Vaststelling van de standaard CO2-emissiefactor aardgas t.b.v. nationale monitoring 2022 en emissiehandel 2022*. RVO.

## Bijlage A

# Kengetallen voor emissiereductie

De rekenstappen voor het bepalen van de emissiereductie zijn per maatregel uitgewerkt.

### C.1 en C.2 Bouwkundige aanpassingen aan bestaande thermische schil

Omdat voor HR-glas en isolatie dezelfde transmissiemethode en referentiegebouwen zijn gehanteerd voor de maatregelen zijn deze gezamenlijk uitgewerkt.

#### C.1 HR-glas

*Bestemd voor: beglazing in de bestaande thermische schil.*

Subsidie bij glas met een warmteweerstand,  $U_g$ -waarde, van maximaal 1,2. Dit betekent ten minst HR++-glas.

#### C.2 Isolatie voor dak, gevel, spouw en vloer van bestaande constructies

*Bestemd voor: de verbetering van de isolatie van bestaande thermische schil. Waar de warmteweerstand,  $R_c$ , ten minste met  $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  toeneemt. Spouwmuurisolatie waarbij  $R$  met ten minste  $1,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  toeneemt.*

#### Aanpak

De energiebesparing, emissiereductie en investeringskosten voor isolatie voor dak, gevel, spouwmuur en vloer zijn bepaald. De weging wordt aangebracht door de steekproef voor de integrale maatregelen. De eisen van de subsidie zijn een toevoeging van minimaal  $3,5 R_c$  of spouwmuurisolatie met minimaal  $1,1 R_c$  toevoeging. Er is gerekend met de minimale  $R_c$  toevoeging, tot een  $R_c$  van 3,7.

#### Vormgegevens

De energiebesparing door bouwkundige aanpassingen aan de bestaande thermische schil worden bepaald voor drie referentiegebouwen. Deze referentiegebouwen zijn gekozen op basis van het gemiddelde gebruiksoppervlak per gebruiksfunctie. Hierbij is gekeken welke grootteklasse het meest overeen kwam. Dit is eerst gedaan voor de grootteklassen van het RVO en daarna voor de grootteklassen uit de Verrijkte BAG. In Tabel A.1 zijn de vormgegevens weergegeven.

**Tabel A.1:** Vormgegevens per referentiegebouw in vierkante meters (RVO, 2023)

Type		Bijeenkomst	Gezondheidszorg - verpleeghuis	Onderwijs
Gemiddelde van GO in steekproef		1407	31993	16784
Referentiegebouw		Minimum	Maximum	Gemiddeld
Bruto vloeroppervlak	BVO	1250	17500	13750
Gebruiksoppervlak	GO	1150	15950	12500
Netto bebouwd oppervlak	NBO	300	4350	4550
Netto geveloppervlak	NGO	250	14000	4150
Open geveloppervlak	OG	250	2300	3000
Netto dakoppervlak	NDO	300	4350	4550
Type dak		Plat	Plat	Plat

De oppervlakteklassen zijn omgerekend naar aandeel in de totale schil, zie Tabel A.2. Deze aandelen in de schil worden later gebruikt om de energiebesparing per bouwdeel te bepalen.

**Tabel A.2:** Verhouding schil referentiegebouwen (RVO, 2023)

Verhouding schil	Bijeenkomst	Gezondheidszorg - verpleeghuis	Onderwijs
Dak	27%	17%	28%
Vloer	27%	17%	28%
Gevel	23%	56%	26%
Glas	23%	9%	18%

De dimensies zijn ook omgerend naar eenheid bouwdeel per eenheid gebruiksoppervlak, zie [Tabel A.3](#).

**Tabel A.3:** Dimensies m<sup>2</sup> bouwdeel per m<sup>2</sup> GO

	Bijeenkomst	Gezondheidszorg - verpleeghuis	Onderwijs
Vloer	0,3	0,3	0,4
Dak	0,3	0,3	0,4
Gevel	0,2	0,9	0,3
Glas	0,2	0,1	0,2

### Energetische karakteristieken

Om de energiebesparing te bepalen zijn kenmerken van de uitgangssituatie bepaald. De aannames voor het energielabel, aardgasverbruik en elektriciteitsverbruik zijn afkomstig uit de Verrijkte BAG (Sipma, 2023). Het aardgasverbruik is opgedeeld naar tapwater, ruimteverwarming en productbereiding (Meijer, 2009). De intensiteiten voor ruimteverwarming worden gebruikt om de energiebesparing door schil verbeterende maatregelen te berekenen.

**Tabel A.4:** Karakteristieken van de gebruiksfuncties

Variabele	Bijeenkomst functie	Gezondheids zorg	Onderwijs functie	Bron
Gemiddeld bouwjaar	1890	1981	1968	Steekproef
Indeling energielabel	G	F	G	o.b.v. (Sipma, 2023)
Bouwjaarklasse	<1992	<1992	<1992	o.b.v. steekproef
Classificatie	Ongeïsoleerd	Ongeïsoleerd	Ongeïsoleerd	(Bouwbesluit, 2023)
Gasintensiteit [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jr]	30	17	12	o.b.v. (Sipma, 2023)
Elektriciteitsintensiteit [kWh/m <sup>2</sup> /jr]	100	67	14	o.b.v. (Sipma, 2023)
R <sub>v</sub> gasintensiteit [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jr]	29,7	16,2	11,7	Verdeling o.b.v. (Meijer, 2009)
T <sub>w</sub> gasintensiteit [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jr]	0,1	0,8	0,0	Verdeling o.b.v. (Meijer, 2009)

### Bouwkundige karakteristieken uitgangssituatie

De aannames voor de ongeïsoleerde uitgangssituatie resulteren in de volgende typische isolatiewaarden, zie Tabel A.5.

**Tabel A.5:** Isolatie uitgangssituatie per bouwdeel

Bouwdeel	Bijeenkomst	Gezondheidszorg – verpleeghuis	Onderwijs
R <sub>c</sub> vloer	0,15	0,15	0,15
R <sub>c</sub> gevel	0,19	0,40	0,40
Spouw	Ongeïsoleerde spouw	Ongeïsoleerde spouw	Ongeïsoleerde spouw
R <sub>c</sub> dak	0,22	0,22	0,22
Glas	Enkel	Enkel	Enkel

### Transmissiemethode

Het warmteverlies in een gebouw bestaat uit een transmissie- en een ventilatiedeel. Transmissie betekent het warmteverlies van de schil aan de buitenlucht. Door ventilatie wordt warmere lucht ververst door koude buitenlucht, waardoor ook een warmteverlies optreedt.

Ook is er rekening gehouden met een operationele inefficiency. Dit treedt op doordat verwarmingsinstallaties niet optimaal gebruikt worden in gebouwen. Bij label G is een aangenomen dat dit 13% is en bij label F 21% (Menkveld, et al., 2020). Dit warmteverlies kan niet worden voorkomen door betere isolatie of ventilatie. Na de vermindering van de aardgasintensiteit met de operationele inefficiency blijft er een 'winbare' deel van het warmteverlies over. Voor de uitgangssituatie van een ongeïsoleerd gebouw zonder WTW-ventilatie wordt een aandeel van 75% transmissie en 25% ventilatie verlies aangenomen (Menkveld, et al., 2020).

Bij de transmissiemethode wordt de bespaarde energie bepaald door de vermindering van het warmteverlies te berekenen met de toename van de warmteweerstand van een bouwdeel (de  $R_c$ -waarde). Er is een versimpelde aanname gedaan, waarbij het aandeel in de schil als aandeel in het warmteverlies is genomen. Wanneer na-isolatie wordt toegepast is gerekend met de theoretische aanname dat een verdubbeling van de warmteweerstand leidt tot een halvering van het warmteverlies in dat bouwdeel (Roossien, 2020). Bijvoorbeeld, wanneer de vloer van  $R_c$  0,19 naar  $R_c$  3,7 gaat treedt er 85% minder warmteverlies op. Het totale effect op besparing wordt berekend door het aandeel van dit bouwdeel in de totale schil te vermenigvuldigen met de vermindering van warmteverlies. Voor glas wordt dezelfde methodiek gevolgd, maar dan met  $U_g$  waarden. Hierbij geldt een omgekeerd verband, hoe hoger de  $U_g$ -waarde, hoe meer warmteverlies optreedt.

**Tabel A.6:** Gasintensiteiten en besparing per gebruiksfunctie

Aardgas (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> per jaar)	Bijeenkomst	Gezondheid	Onderwijs
Gasverbruik ruimteverwarming	29,66	16,22	11,69
Operationele inefficiency	3,95	3,37	1,56
Warmteverlies ventilatie en transmissie	25,70	12,85	10,13
Warmteverlies transmissie	19	10	8
Warmteverlies ventilatie	6,4	3,2	2,5
Besparing (m <sup>3</sup> /jaar)			
Vloerisolatie naar $R_c$ 3,5	2,2	0,7	0,9
Dakisolatie naar $R_c$ 3,5	4,5	1,4	1,8
Gevelisolatie naar 3,5	3,7	1,3	0,5
HR++-glas	3,3	0,7	1,1
Triple glas	3,7	0,7	1,2

Deze jaarlijkse aardgasbesparing kan worden omgerekend naar CO<sub>2</sub>-emissiereductie. Met kostenkengetallen voor besparing komt dit tot een emissiereductie per geïnvesteerde euro.

### Kostenkengetallen

De meest overeenkomende investeringskosten zijn geselecteerd voor na-isolatie en glasvervanging.

#### C.1 HR-glas

Bij de plaatsing van HR++-glas wordt alleen het glas vervangen gesubsidieerd. Bij het plaatsen van triple glas wordt ook kozijnvervanging gesubsidieerd. Voor de investeringskosten is daarbij uitgegaan van zowel aluminium en houten kozijnen. Daarnaast is er uitgegaan van 93% HR++ en 7% triple glas plaatsing, aan de hand van de steekproef integrale maatregelen.

## C.2 Isolatie voor dak, gevel, spouw en vloer van bestaande constructies

Voor isolatie zijn ook aannames in de investeringskosten gemaakt. Voor dak is een gemiddelde genomen van dakvervanging en plaatsing van na-isolatie op het dak. Voor de gevel is zowel binnen- als buitengevelisolatie meegenomen. De maatregelen staan beschreven in Tabel A.7.

**Tabel A.7:** Geselecteerde maatregelen (RVO, 2023)

Type isolatie	Maatregel	Investeringskosten [euro/m <sup>2</sup> bouwdeel] (incl. 21% BTW)	Weging	Maatregelcode
Isolatie div				
Dak Buitenzijde (op bestaand)	Dakisolatie buitenzijde (R <sub>c</sub> =3,7): EPS isolatieplaat (d=135mm) op bestaande dakbedekking bij ongeïsoleerd plat dak (R <sub>c</sub> =0,22)	125	50%	UB009
Dak Buitenzijde (vervangen) plat dak	Dakisolatie buitenzijde (R <sub>c</sub> =3,7): EPS isolatieplaat (d=135mm) en vervangen dakbedekking bij ongeïsoleerd plat dak (R <sub>c</sub> =0,22)	187	50%	UB011
Gemiddelde dakisolatie		156		
Spouwmuurisolatie	Spouwisolatie (R <sub>c</sub> =1,4): Minerale wol vlokken (d=55mm) bij ongeïsoleerde gevel (R <sub>c</sub> =0,35)	78		UB121
Gevel Buitenzijde	Gevelisolatie buitenzijde (R <sub>c</sub> =3,7): EPS isolatieplaat (d=140mm) bij ongeïsoleerde gevel (R <sub>c</sub> =0,35)	257	50%	UB001
Gevel Binnenzijde	Gevelisolatie binnenzijde (R <sub>c</sub> =3,7): EPS geïsoleerde metalstud voorzetwand (d=120mm) bij ongeïsoleerde gevel (R <sub>c</sub> =0,35)	133	50%	UB005
Gemiddelde gevelisolatie		195		
Vloerisolatie	Vloerisolatie onderzijde (R <sub>c</sub> =3,7): EPS isolatieplaat (d=135mm) bij slecht/matig geïsoleerde steenachtige vloer (R <sub>c</sub> =0,15)	48		UB103
HR glas				
HR++ glas	HR++ glas (U <sub>g</sub> =1,2) i.p.v. enkel glas (U <sub>g</sub> =5,8)	228	93%	UB021

Type isolatie	Maatregel	Investeringskosten [euro/m <sup>2</sup> bouwdeel] (incl. 21% BTW)	Weging	Maatregelcode
Triple glas met aluminium kozijn	Aluminium kozijn, incl. triple glas (Uw=0,9   gn=0,5) i.p.v. bestaand kozijn, incl. HR++ glas (Uw=1,8   gn=0,6)	891	3.5%	UB295
Triple glas met houten kozijn	Houten kozijn, incl. triple glas (Uw=0,9) i.p.v. bestaand kozijn, incl. HR++ glas (Uw=1,8)	766	3.5%	UB025
Gewogen glas		288		

### Weging

De investeringskosten en energiebesparing per bouwdeel zijn omgerekend met een verhoudingsgetal voor het aandeel bouwdeel per gebruiksoppervlak. Deze is gebaseerd op Tabel A.1. Daarna is ook het aandeel van elke isolatiemaatregel ingeschat. Hiervoor zijn de verhoudingen van isolatie toepassing uit het integrale maatregelenpakket meegenomen. Zie Figuur 4.5. De resultaten zijn weergegeven in [Tabel A.8](#)

**Tabel A.8:** Jaarlijkse emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro voor HR-glas en isolatie diversen

	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro investering)	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie)
C.1 HR-glas	0,06	0,21
C.2 Isolatie diversen	0,08	0,27

## D.1 Warmtepomp(boiler) < 70 kW

*Bestemd voor: het verwarmen en koelen van gebouwen of het nuttig aanwenden van warmte voor de verwarming van tapwater*

De energieopwekking met een warmtepompboiler voorkomt de opwekking van warmte voor warm tapwater met een gasgestookte boiler. De aannames voor efficiëntie en draaiuren staan in Tabel A.9. De aannames zijn niet gedifferentieerd per gebruiksfunctie. De emissiereductie bestaat uit een afname van aardgasverbruik en toename van elektriciteitsverbruik. Hierbij is rekening gehouden met de verschillende rendementen.

**Tabel A.9:** Aannames opwekking warm tapwater

	Aanname	Bron
Warmtepompboiler	200 L en 1,82 kW	
Vollasturen per jaar	660	(RVO, 2022)
COP WP-boiler Ventilatielucht-water	2,6	(RVO, 2022)
Rendement HR-boiler	70%	(Stimular, n.d.)
Warmteopwekking WP-boiler per eenheid vermogen	1716 kWh <sub>th</sub> /kW	



De investeringskosten zijn omgerekend van kosten per stuk naar kosten per kW. Aangenomen is dat een boiler van 200 L een vermogen van 1,82 kW<sub>th</sub> heeft, op basis van verkoopinformatie (Climasense, n.d.). Investeringskosten voor het verwarmen van tapwater met een warmtepomp zijn alleen beschikbaar voor woningen. Aangenomen is dat de investeringskosten per eenheid vermogen overeen komen voor de utiliteitsbouw. De investeringskosten zijn omgerekend van stuk naar eenheid vermogen en weergegeven in Tabel A.10

**Tabel A.10:** Investeringskosten (RVO, 2023)

Beschrijving	Investeringskosten [euro] (Incl. 21% BTW)	Eenheid	Maatregelcode
Warmtepompboiler 200L, i.p.v. keukengeiser, middel, projectmatig	6723	Stuk	WB075
Warmtepompboiler 200L, i.p.v. keukengeiser	4470	kW	WB075

Deze onzekerheden leiden tot de volgende bandbreedte in vermeden emissies per geïnvesteerde euro en gesubsidieerde euro.

**Tabel A.11:** Jaarlijkse emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro voor warmtepompboiler < 70 kW

	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro investering.)	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie.)
Warmtepompboiler < 70 kW	0,08	0,26

## D.2 Warmtepomp > 70 kW

*Bestemd voor: het verwarmen en koelen van gebouwen*

De energieopwekking met een warmtepompboiler voorkomt de opwekking van warmte voor ruimteverwarming met een gasgestookte HR107-ketel. De aannames voor efficiëntie en draaiuren staan in Tabel A.12. De aannames zijn niet gedifferentieerd per gebruiksfunctie. De emissiereductie bestaat uit een afname van aardgasverbruik en toename van elektriciteitsverbruik. Hierbij is rekening gehouden met de verschillende rendementen.

**Tabel A.12:** Aannames opwekking warmte

	Aanname	Bron
COP	2,6	(RVO, 2022)
Rendement HR 107-ketel	1,08	RED kantoren
Vollasturen	1770	(RVO, 2022)

Per gebruiksfunctie is een inschatting van het benodigde vermogen gedaan. Om te corrigeren voor 'over-design' is steeds een warmtepomp met een hoger vermogen geselecteerd uit de maatregelenlijst. De inschattingen voor vermogen komen uit op Tabel A.13.

**Tabel A.13:** Aannames voor inschatting warmtepomp

	Bijeenkomst	Gezondheidszorg	Onderwijs
Ingeschat vermogen kW	80	992	375
Geselecteerde WP	134	>641	492

De investeringskosten voor een lucht/luchtwarmtepomp zijn aangenomen, deze zijn gegeven per eenheid vermogen. Zie Tabel A.14.

**Tabel A.14:** Investeringskosten warmtepomp (RVO, 2023)

Beschrijving	Totale kosten (Incl. 21% BTW)	Eenheid	Maatregelcode
Luchtwarmtepomp (134kW) i.c.m. LT-convectoren i.p.v. conventionele VR- of HR-ketel	1949	kW	UB245
Lucht/lucht-warmtepomp (>641kW) i.c.m. LT-convectoren i.p.v. conventionele VR of HR ketel	1533	kW	UB248
Lucht/lucht-warmtepomp (492kW) i.c.m. LT-convectoren i.p.v. conventionele VR of HR ketel	1596	kW	UB247

Deze onzekerheden leiden tot de volgende vermeden emissies per geïnvesteerde euro en gesubsidieerde euro.

**Tabel A.15:** Jaarlijkse emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro voor warmtepomp(boiler) > 70 kW

	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro investering.)	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie.)
warmtepomp(boiler) >70kW	0,03	0,09

## D.7 Koude- of warmteterugwinningssysteem uit ventilatielucht

*Bestemd voor: het koelen of verwarmen van gebouwen door het benutten van koude of warmte in de afzuiglucht met ten minste 80% rendement*

De referentiegebouwen en aannames zoals beschreven in Bijlage A C.1 en C.2 Bouwkundige aanpassingen aan bestaande thermische schil zijn ook gebruikt voor het bepalen van energiebesparing. Er is alleen gekeken naar de emissiereductie van een WTW-systeem, niet naar een koudeterugwinningssysteem. In de steekproef waren geen gegevens bekend over aandeel KTW-systemen. Hiervoor moet een aparte luchtkoeler worden ingebouwd (Milieu Centraal, n.d.).

Als uitgangssituatie is een goed geïsoleerd gebouw aangenomen. Ook is er al balansventilatie aanwezig. Daarom is gerekend met een referentiegebouw met een energielabel B. Bij een hogere isolatiewaarde is het warmteverlies door ventilatie hoger, dit is aangenomen als 60%. Een beter geïsoleerd gebouw heeft een hogere operationele inefficiency, namelijk 53% (RED kantoren). Dit leidt tot de volgende gasintensiteiten.

**Tabel A.16:** Gasintensiteiten en besparing voor WTW-ventilatie

	Bijeenkomst	Gezondheid	Onderwijs
Gasintensiteit ruimteverwarming (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	24,76	11,66	6,82
Gasintensiteit operational inefficiency (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	13,12	6,18	3,61
Gasintensiteit WTW ventilatiebesparing (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	3,8	1,8	1,0

De investeringskosten zijn weergegeven in Tabel A.17. Er is uitgegaan van een WTW-systeem met 90% rendement, omdat 80% niet beschikbaar is in de database met kostenkengetallen. De investeringskosten worden gegeven voor een systeem; voor dit project zijn deze kosten omgerekend naar kosten per m<sup>2</sup> GO. Dit is gedaan door de kosten te delen door 2500 m<sup>2</sup> GO, waar de kosten voor dit systeem op zijn afgestemd.

**Tabel A.17:** Investeringskosten WTW-ventilatie

Beschrijving	Totale kosten [euro] (Incl. 21% BTW)	Eenheid	Maatregelcode
LBK met kruisstroomwisselaar (90% rendement) i.p.v. LBK zonder WTW (D-systeem)	122.262	Stuk	UB102
""	48,90	m <sup>2</sup> GO	""

Deze onzekerheden leiden tot de volgende vermeden emissies per geïnvesteerde euro en gesubsidieerde euro.

**Tabel A.18:** Jaarlijkse emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro voor WTW

	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro investering)	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie)
WTW	0,07	0,24

## E.1 LED-verlichtingssysteem

*Bestemd voor: verlichting in en bij gebouwen.*

Ten minste 125 lm/W

De elektriciteitsbesparing door LED-verlichting wordt bepaald door het energieverbruik te vergelijken met de forfaitaire verlichtingswaardes uit de NTA 8800 (2020). De berekeningsmethodiek uit de NTA 8800, formule 14.7, is gebruikt. Hierbij zijn de karakteristieken van de gebruiksfuncties meegenomen, denk aan brandduur overdag, 's nachts en afwezigheidsfactoren. Ook de forfaitaire geïnstalleerd verlichtingsvermogen verschilt tussen de gebruiksfuncties.

**Tabel A.19:** Aannames verlichtingssysteem (NTA 8800, 2020)

Variabel	Bijeenkomst	Gezondheids- zorg met bedge- bied	Onderwijs	Afkorting
brandduur overdag	2200	4000	1600	td
brandduur avond/'s nachts	300	1000	300	tn
totale brandduur	2500	5000	1900	
Specifiek geïnstalleerd vermogen [W/m <sup>2</sup> ]	16	17	16	Pn spec
afwezigheidsfactoren overdag	0,20	-	0,20	Fad
afwezigheidsfactoren avond	0,50	0,50	0,50	Fan
Aanwezigheidsfactor overdag	1,00	1,00	1,00	Fod
Aanwezigheidsfactor avond	0,70	0,70	0,70	Fon
Factor voor het schakel-/regelsysteem van de verlichting	Handmatige aan en uitschakelaar, overig systeem, systeem onbekend. Foc =1			Foc
Onderhoudsfactor	verlichtingssysteem 'overig' . MF =1			MF
Daglichtafhankelijkheidsfactor	Forfairaire = 1			Fd
energiebehoefte uitgangssituatie [kWh/m <sup>2</sup> ]	38,56	79,90	28,96	

Het specifieke geïnstalleerd vermogen voor verlichting voor LED-verlichting is bepaald door de gemiddelde situatie van RVO (RVO, 2023) te nemen. Het vermogen varieert tussen de 10,2 en 4,5 en daarom is uitgegaan van 7 W/m<sup>2</sup>. De investeringskosten per stuk zijn te vinden in Tabel A.20.

**Tabel A.20:** Investeringskosten zon-PV (RVO, 2023)

Beschrijving	Totale kosten [euro] (Incl. 21% BTW)	Een- heid	Maatregel- code
LED-verlichting (7W/m <sup>2</sup> ) i.p.v. PL en conventionele TL verlichting	32,79	m <sup>2</sup> GO	UB311

\*1 stuk per 100 m<sup>2</sup> GO (RVO, 2023)

Deze berekeningen leiden tot de volgende vermeden emissies per geïnvesteerde euro en gesubsidieerde euro.

**Tabel A.21:** Jaarlijkse emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro voor LED-verlichting

	Reductie ( kg CO <sub>2</sub> /euro investering)	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie)
LED-verlichting	0,23	0,77

## H.2 PV (Photovoltaïsch) of PVT (PhotoVoltaïsch Termische) panelen

*Bestemd voor: het verwarmen van water of lucht en/of opwekking van elektrische energie uit zonlicht met behulp van zonnepanelen*

De elektriciteitsopwekking met PV-panelen is bepaald met kengetallen uit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (RVO, 2022). Het is aangenomen dat de subsidie alleen gebruikt is voor PV panelen en niet voor PVT panelen. Er zijn geen gegevens bekend over het aandeel PVT subsidies in de DUMAVA-subsidie.

De elektriciteit wordt lokaal met PV-panelen opgewekt, hierbij komen geen emissies vrij (CO<sub>2</sub>emissiefactoren, 2023). Tegelijkertijd bespaart het elektriciteit die anders van het Nederlandse elektriciteit net afkomstig is en (deels) met fossiele energiebronnen wordt opgewerkt.

**Tabel A.22:** Aannames zon-PV

	Aanname	Bron	opmerking
'Standaard' uitvoering zonnepaneel op plat dak	60 m <sup>2</sup> zonnepaneel		Universiteit van Utrecht, Wilfried van Sark, "Opbrengst van zonnestroomsystemen in Nederland" maart 2014.
Productie per eenheid vermogen in normaal jaar	875 kWh/kW <sub>p</sub>	(RVO, 2022)	
Vermogen per eenheid oppervlakte	200 W <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>	(RVO, 2023)	
Productie per eenheid oppervlakte	175 kWh/m <sup>2</sup>	berekent	

De kostenkengetallen zijn weergegeven in Tabel A.23.

**Tabel A.23:** Investeringskosten zon-PV (RVO, 2023)

Beschrijving	Totale kosten [euro] (Incl. 21% BTW)	Eenheid	Maatregelcode
PV-panelen plat dak (200Wp/m <sup>2</sup> )	324,24	m <sup>2</sup> paneel	UB113

Deze berekeningen leiden tot de volgende vermeden emissies per geïnvesteerde euro en gesubsidieerde euro.

**Tabel A.24:** Jaarlijkse emissiereductie per geïnvesteerde euro en per gesubsidieerde euro voor PV panelen

	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro investering)	Reductie (kg CO <sub>2</sub> /euro subsidie)
PV panelen	0,16	0,54

## Bijlage B

# CO<sub>2</sub>-emissiefactoren

De emissiefactoren zijn afkomstig uit de meest recente cijfers over elektriciteit van het Nederlandse net, uit 2021, vastgesteld door het CBS. Ook de aardgasintensiteit is vastgesteld in 2021, waarbij wordt uitgegaan van de onderwaarde. Bij de opwekking van elektriciteit met PV-panelen treden geen CO<sub>2</sub>-emissies op.

**Tabel B.1:** CO<sub>2</sub>-emissiefactoren energiedragers

Energiedrager	CO <sub>2</sub> -intensiteiten	Eenheid	Aanname	Bron
Aardgas	1,79	kg CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup>	Onderwaarde aardgas voor 2022	Zijlema, 2021
Elektriciteit van het net	0,3	kg CO <sub>2</sub> /kWh	Elektriciteit van het Nederlandse net in 2021	CBS, 2023
Elektriciteit zon-PV	0	kg CO <sub>2</sub> /kWh		CO2emissiefactoren.nl, 2023

## Bijlage C

# Weging individuele maatregelen

Om te bepalen wat de totale emissiereductie in de steekproef en in alle aanvragen is, is ook gekeken naar de weging van de maatregelen. Waar de belangrijkste maatregelen in alle aanvragen voor 90% het subsidiebedrag dekken, is dit in de steekproef voor 82% het geval (tabel C.1). Vooral de warmtepomp > 70 kW is ondervertegenwoordigd in de steekproef.

**Tabel C.1:** Aandeel geselecteerde maatregelen in steekproef en totaal aantal aanvragen naar percentage van het subsidiebudget

		Aandeel in steekproef	Aandeel in totale subsidie
HR-glas	C.1	20%	11%
Isolatie div.	C.2	14%	17%
Warmtepomp(boiler) < 70 kW	D.1	6%	4%
Warmtepomp > 70 kW	D.2	3%	22%
Koude- of WTW-systeem uit ventilatielucht	D.7	4%	8%
LED-verlichtingssysteem	E.1	27%	18%
PV- of PVT-panelen	H.2	7%	11%
<b>Totaal</b>		<b>82%</b>	<b>90%</b>

## Bijlage D

# Vergelijking steekproef integrale aanpak

Tabel D.1: CO<sub>2</sub>-reductie per aanvraag integrale aanpak in de steekproef (EA: Energieadviseurs)

Gebruiksfunctie	Oppervlak	Label_voor	Label_na	Reductie TNO methode 1 (kg CO <sub>2</sub> /jaar)	Reductie EA (kg CO <sub>2</sub> /jaar)	Vergelijking EA-TNO (waarde EA gedeeld door waarde TNO)
Gezondheidszorg	1000-5000m <sup>2</sup>	G	B	9.722	68.882	7,1
Gezondheidszorg	1000-5000m <sup>2</sup>	G	A	28.777	108.645	3,8
Bijeenkomst	1000-5000m <sup>2</sup>	G	A	31.976		
Sport	500-1000m <sup>2</sup>	D	A3+	8.135	23.441	2,9
Bijeenkomst	<500m <sup>2</sup>	G	A3+	8.745	8.970	1,0
Gezondheidszorg	>5000m <sup>2</sup>	B	A3+	24.791		
Gezondheidszorg	1000-5000m <sup>2</sup>	G	A2+	15.430	25.456	1,7
Bijeenkomst	500-1000m <sup>2</sup>	G	A	10.805	76.020	7,0
Sport	1000-5000m <sup>2</sup>	D	A4+	28.115	72.892	2,6
Bijeenkomst	<500m <sup>2</sup>	G	A	6.920	20.300	2,9
Sport	1000-5000m <sup>2</sup>	D	A	11.118	120.623	10,9
Onderwijs	>5000m <sup>2</sup>	D	A2+	29.417	217.118	7,4
Onderwijs				-	173.708	
Bijeenkomst				-		
Bijeenkomst	500-1000m <sup>2</sup>	G	A4+	24.744	23.322	0,9
Gezondheidszorg	<500m <sup>2</sup>	F	A	1.256		
Gezondheidszorg				-	83.969	
Gezondheidszorg	1000-5000m <sup>2</sup>	C	A3+	4.479		
Bijeenkomst	1000-5000m <sup>2</sup>	F	A	32.900		
Sport	1000-5000m <sup>2</sup>	F	A2+	46.764	112.000	2,4
Onderwijs	>5000m <sup>2</sup>	A	A4+	108.922	547.000	5,0
Gezondheidszorg	1000-5000m <sup>2</sup>	C	A+	2.370	69.696	29,0
Onbekend	500-1000m <sup>2</sup>	C	A	-		
Onderwijs	1000-5000m <sup>2</sup>	D	A4+	21.926		
Onderwijs	500-1000m <sup>2</sup>	G	A2+	6.058		
Gezondheidszorg	>5000m <sup>2</sup>	D	A	58.079	141.205	2,4
<b>Totaal</b>				<b>521.450</b>	<b>1.893.247</b>	



Energy & Materials Transition

Radarweg 60  
1043 NT Amsterdam  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**TNO** innovation  
for life

Dit is een publicatie van:  
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag  
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag  
T +31 (0) 88 042 42 42  
Contact  
[www.rvo.nl](http://www.rvo.nl)

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | mei 2024  
Publicatienummer: RVO-104-2024/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.