

Additionele CO₂-beprijzing ETS2-industrie en dienstensector

Voor het behalen van de klimaatdoelen

Eindrapport

In opdracht van

Ministerie van Financiën & De directie Algemene Fiscale Politiek

Naomi Hanemaaijer, Bart Visser & Rob Terwel

Auteursrechthebbenden: Ministerie van Financiën & De directie Algemene Fiscale Politiek

8 mei 2025

Samenvatting

Waarom dit onderzoek?

Uit de Klimaat- en Energieverkenning 2024 (KEV2024) blijkt dat Nederland de overkoepelende klimaatdoelstelling van 55% emissiereductie in 2030 waarschijnlijk niet gaat halen met het huidige beleid. Ook sommige individuele sectordoelen worden waarschijnlijk niet gehaald. Dit onderzoek kijkt naar twee specifieke sectoren: de kleinere industrie (ETS2-industrie) en gebouwen binnen de dienstensector (zoals kantoren, winkels, scholen en ziekenhuizen). Vanaf 2027 moeten beide sectoren gaan betalen voor hun CO₂-uitstoot via het Europese ETS2-systeem. De vraag is of deze CO₂-prijs genoeg helpt om de uitstoot voldoende te verminderen, of dat extra maatregelen nodig zijn.

Dit onderzoek is gebaseerd op beleidsmaatregelen bekend vóór maart 2025. Nieuwe keuzes en maatregelen uit de voorjaarsbesluitvorming van april 2025 zijn daardoor niet meegenomen in de analyses. Daarnaast heeft de opdrachtgever Kalavasta verzocht om uitsluitend extra beprijzende en normerende maatregelen te onderzoeken, niet extra subsidies.

Aanpak

Voor beide sectoren zijn eerst de emissiereductiedoelen afgeleid van de overkoepelende sectordoelen. Vervolgens is de huidige energievraag en CO₂-uitstoot in kaart gebracht, met onderscheid naar industriële subsector en warmtevraag per bedrijf voor de ETS2-industrie. Voor gebouwen in de dienstensector is onderscheid gemaakt naar gebouwfunctie, energielabel en gebruiksoppervlakte.

Voor elke mogelijke verduurzamingsmaatregel (zoals isolatie, elektrificatie of alternatieve brandstoffen) is berekend bij welke CO₂-prijs deze rendabel wordt. Dit noemen we de CO₂-vermijdingsprijs. De CO₂-vermijdingsprijzen worden berekend door het verschil in jaarlijkse kosten te delen door de bereikte emissiereductie. Deze analyse is in verschillende varianten uitgevoerd: met alleen kale kosten, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, en inclusief beperkingen door netcongestie. Dit resulteert in grafieken die laten zien welk emissiereductiepotentieel bij welke CO₂-prijs rendabel wordt.

Resultaten voor de ETS2-industrie

De industrie die onder het ETS2 valt stootte in 2023 ongeveer 2,9 Mton uit. De vereiste reductie in 2030 bedraagt 1,1 Mton, waarmee de restemissies uitkomen op 1,8 Mton. Volgens de KEV24 heeft de ETS2 industrie in 2030 zo'n 1,8 Mton restemissies en wordt het reductiedoel dus gehaald. **Volgens onze analyse geldt voor de ETS2-industrie dat bij realisatie van al het rendabele emissiereductiepotentieel de doelstelling voor 2030 zou worden behaald. Er is geen extra CO₂-heffing nodig om additioneel emissiereductiepotentieel rendabel te maken.** Dit komt vooral door de huidige subsidies voor verduurzaming en de stijgende energiebelasting op aardgas tot 2030. Met name bij grotere bedrijven die aanspraak kunnen maken op SDE++ subsidie zijn investeringen in mechanische dampcompressie, warmtepompen en biomassa rendabel. Ook zonder SDE++ zou nog steeds voldoende emissiereductiepotentieel rendabel zijn, maar zouden veel business cases minder gunstig zijn.

Echter, dit betekent niet automatisch dat bedrijven ook daadwerkelijk tijdig genoeg gaan verduurzamen. **Bedrijven stappen niet meteen over op een duurzamere productie, zelfs als die rendabel is.** Dit kan komen doordat bedrijven simpelweg de optie niet onderzoeken, maar ook als bedrijven willen verduurzamen hebben ze soms die mogelijkheid niet: **capaciteitsproblemen op het elektriciteitsnet, vergunningen en de levensduur van bestaande installaties kunnen voor vertraging zorgen.** Wanneer rekening wordt gehouden met netcongestie, is elektrificatie in hybride vorm de meest gunstige manier om ondanks de beperkingen voldoende emissiereductie te behalen.

Het is essentieel om elektrificatie te faciliteren, ondanks netcongestie. Hybride elektrificatie is vaak de meest gunstige verduurzamingsmethode als volledige elektrificatie geen optie is en geeft bovendien de mogelijkheid om, wanneer netcapaciteit toereikend is, over te stappen op volledige elektrificatie. Hybride elektrificatie vereist uitbreiding van non-firm aansluit- en transportcontracten en aanstuurbaarheid vanuit netbeheerders, zodat bedrijven bij piekmomenten kunnen terugschakelen naar aardgas. Transparantie over de ontwikkeling van de energiebelastingtarieven zou bedrijven kunnen helpen om de business cases voor verduurzaming tijdig door te rekenen. Een CO₂-minumprijs (voor ETS2 en tot het niveau van de KEV-middenraming, zodat deze bij een geraamd verloop van ETS2 niet wordt geïnd) zou daarbij extra zekerheid kunnen bieden. Daarnaast is het zaak om belemmeringen in de uitvoering te minimaliseren, zoals bij het verlenen van vergunningen.

Voor volledige klimaatneutraliteit na 2030 zou theoretisch een veel hogere CO₂-prijs (tot 550 €/ton) nodig zijn, wat aangeeft dat prijsprikkels alléén waarschijnlijk niet voldoende zullen zijn voor het behalen van de langetermijndoelstelling van klimaatneutraliteit.

Resultaten voor de dienstensector

De dienstensector zal met het huidige beleid niet genoeg uitstoot reduceren, omdat verduurzaming onvoldoende rendabel is. Het doel is 3,0 Mton restemissies in 2030 ten opzichte van 5,5 Mton in 2023 (temperatuurgecorrigeerd en exclusief overige broeikasgassen). Met huidige maatregelen wordt slechts 1,9 Mton reductie rendabel, terwijl 2,5 Mton reductie nodig is. Door netcongestie wordt het rendabel reductiepotentieel nog kleiner. Ter vergelijking: in het KEV2024-basispad wordt ook een reductie van 1,9 Mton verwacht. Het is niet duidelijk welke aannames en modelleringstechnieken precies ten grondslag liggen aan de KEV2024-raming. We weten daarom niet hoe factoren als netcongestie zijn meegenomen door het PBL.

Voor het rendabel maken van voldoende emissiereductie in de dienstensector is een aanvullende CO₂-heffing nodig. Deze heffing bedraagt 100 €/ton boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton, waarbij nog geen rekening wordt gehouden met netcongestie. Deze berekening geldt bij een terugverdientijd van 15 jaar; als bedrijven een kortere terugverdientijd van 7 jaar hanteren, zou de benodigde extra CO₂-heffing oplopen tot ongeveer 400 €/ton.

Als alternatief zou de energiebelasting op aardgas en elektriciteit kunnen worden bijgesteld. Beprijzen gericht op de dienstensector via de energiebelasting kan doelmatiger zijn dan via ETS2, aangezien ETS2-industrie en de dienstensector deels in verschillende belastingschijven vallen. Dit vereist echter wel aanvullend onderzoek om de impact op andere sectoren, zoals woningen, glastuinbouw en ETS2-industrie, vast te stellen.

Wanneer we rekening houden met netcongestie, is een aanvullende CO₂-heffing van 120 tot 330 €/ton nodig – boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton – om voldoende emissiereductiepotentieel rendabel te maken. Deze relatief hoge heffing is nodig omdat netcongestie veel elektrificatiemaatregelen onmogelijk maakt, waardoor bedrijven moeten uitwijken naar duurdere alternatieven met een hogere CO₂-vermijdingsprijs.

Naast beprijzend beleid is **het cruciaal om hybride elektrificatie in congestiegebieden mogelijk te maken door grootschalige beschikbaarheid van non-firm aansluit- en transportovereenkomsten mogelijk te maken**. Ook moeten warmtepompen technisch in staat zijn te reageren op signalen van de netbeheerder. Aanscherping van de Energiebesparingsplicht zal beperkt effect hebben door de lange terugverdientijden van emissiereductiemaatregelen in de dienstensector.

In dit onderzoek is de verwachte verdubbeling van warmtenetten volgens het KEV2024-basispad scenario meegenomen. Warmtenetaansluitingen zijn echter niet als afzonderlijke verduurzamingsoptie doorgerekend. Dit komt door beperkte data-beschikbaarheid van locatie specifieke investeringskosten. Ook de veranderende tariefreguleringsstructuur maakt het lastiger om een verband te leggen tussen een ETS2-prijs en de uitrol van warmtenetten. Daarnaast leidt een hogere CO₂-prijs niet automatisch tot nieuwe warmtenetten, doordat investeringsbeslissingen in warmtenetten ook worden beïnvloed door factoren zoals vergunningen, stikstofruimte en de verplichting tot een publiek meerderheidsbelang in dergelijke investeringen.

Voor maatschappelijk vastgoed zoals scholen, zorginstellingen en buurthuizen kunnen extra kosten problematisch zijn. Hierbij spelen twee factoren een rol. Ten eerste kunnen veel organisaties in sectoren zoals gezondheidszorg en onderwijs de extra kosten niet gemakkelijk doorberekenen aan gebruikers vanwege tariefregulering. Ten tweede maken bij sommige organisaties, zoals sportverenigingen en buurthuizen, de energiekosten een relatief groot deel uit van de totale kosten doordat ze weinig personeelskosten hebben. Zonder extra financiële middelen zullen zij bij lastenverzwaringen eerder moeten bezuinigen op hun kernactiviteiten, wat direct ten koste gaat van hun maatschappelijke functie.

Voor volledige klimaatneutraliteit na 2030 zou een CO₂-prijs boven de 1000 €/ton nodig zijn, wat aantoont dat naast beprijzing ook additionele normering noodzakelijk zal worden. Ook zal verdere uitrol van warmtenetten helpen voor volledige verduurzaming. **Prijsprikkels alleen zullen dus niet voldoende zijn om broeikasgasemissies geheel te reduceren.**

Voor de dienstensector is verduurzaming duurder dan voor de industrie vanwege de hogere kosten voor na-isolatie en de lagere vastlasten van warmtepompen. Concreet betekent dit laatste dat de dienstensector per ton emissiereductie een grotere installatie nodig heeft en daarmee hogere investeringskosten moet dragen.

De kloof tussen theoretische rendabiliteit en daadwerkelijke implementatie

Hoewel uit de berekeningen naar voren komt welke maatregelen theoretisch rendabel zijn, kan de daadwerkelijke emissiereductie in de praktijk lager uitvallen. Dit komt doordat bedrijven en organisaties niet altijd direct een rendabele investering uitvoeren, of omdat ze met verschillende uitdagingen kampen. Er is sprake van marktonzekerheden (zoals fluctuerende energieprijzen richting 2030), beleidsonzekerheden

(zoals nog niet vastgelegde toekomstige tarieven voor energiebelasting en ETS2-heffing) en van praktische belemmeringen.

De overheid kan meer duidelijkheid verschaffen op het gebied van beleidsonzekerheid. Zo gebruiken we ontwikkelpaden voor toekomstige energiebelastingtarieven die gunstiger zijn voor verduurzaming dan de huidige tarieven. Deze tarieven zijn in principe publiek, bijvoorbeeld omdat ze met de tweede kamer worden gedeeld, maar lastig vindbaar. Tijdige en goed toegankelijke communicatie van de ontwikkeling van de energiebelastingtarieven, en eventueel ander relevant beleid, zou bedrijven helpen beter te plannen.

Daarnaast spelen praktische belemmeringen een belangrijke rol. Zelfs als een maatregel rendabel is, kan een bedrijf of organisatie te maken hebben met infrastructurele beperkingen (netcongestie), vergunningsproblemen of financieringsuitdagingen. Veel bedrijven wachten bovendien op natuurlijke vervangingsmomenten van bestaande installaties. Voor de ETS2-industrie betekent dit dat het emissiereductiedoel waarschijnlijk niet zozeer gebaat is bij extra CO₂-beprijzing, maar eerder bij meer duidelijkheid over toekomstige tarieven en het wegnemen van uitvoeringsobstakels.

In de dienstensector speelt nog een aanvullende factor: gebouwen worden slechts periodiek gerenoveerd, waarbij verduurzaming zelden de primaire drijfveer is. Isolatiemaatregelen en nieuwe verwarmingssystemen worden meestal pas geïmplementeerd als er om andere redenen al een renovatie plaatsvindt. Dit betekent dat zelfs rendabele investeringen vaak worden uitgesteld. We verwachten dat de verduurzaming in deze sector daardoor trager zal verlopen dan onze modelberekeningen suggereren.

Tot slot

Voor bedrijven in beide sectoren is het belangrijk om nu al een helder handelingsperspectief te kunnen ontwikkelen, waarbij ze anticiperen op toekomstige prijsontwikkelingen en regelgeving, en verduurzaming integreren in hun investeringscycli en meerjarenonderhoudsplannen. Bovendien heeft de dienstensector substantiële prijsprikkels nodig. Voor beide sectoren is het faciliteren van hybride elektrificatie essentieel. Hierdoor kan, ondanks netcongestie en beperkte netcapaciteit, toch zoveel mogelijk elektrificatie worden gerealiseerd. **Effectief klimaatbeleid moet dus niet alleen gericht zijn op het rendabel maken van maatregelen via prijsprikkels, maar ook op het wegnemen van onzekerheid en praktische belemmeringen.**

Summary

Motivation for this study

The Climate and Energy Outlook 2024 (KEV2024) shows that the Netherlands is unlikely to achieve both its overarching climate target of 55% emission reduction by 2030 and some individual sector targets with current policies. This research examines two specific sectors: smaller industry (ETS2 industry) and buildings within the service sector (such as offices, shops, schools, and hospitals). From 2027, both sectors will have to pay for their CO₂ emissions through the European ETS2 system. The question is whether this CO₂ price helps sufficiently to reduce emissions adequately, or whether additional measures are needed.

This research is based on policy measures known before March 2025. New choices and measures from the 'voorjaarsbesluitvorming' of April 2025 are not included in the analyses. Additionally, the client has requested Kalavasta to exclusively investigate additional pricing and regulatory measures, not additional subsidies.

Approach

For both sectors, the research first derived emission reduction targets from the overarching sector goals. Subsequently, the current energy demand and CO₂ emissions were mapped, distinguishing between industrial subsector and heat demand per company for the ETS2 industry, and by building function, energy label, and usable floor area for the service sector.

For each possible sustainability measure (such as insulation, electrification, or alternative fuels), calculations were made to determine at which CO₂ price these become profitable – this is the CO₂-avoidance price. CO₂ avoidance prices were calculated by dividing the difference in annual costs by the achieved emission reduction. This analysis was conducted in various variants: with bare costs only, including energy tax, including subsidies, and including limitations due to grid congestion. This results in graphs showing which emission reduction potential becomes profitable at which CO₂ price.

Results for smaller industry

The industry that falls under ETS2 emitted approximately 2.9 Mton in 2023. The required reduction amounts to 1.1 Mton in 2030, bringing residual emissions to 1.8 Mton. **According to the KEV24, the ETS2 industry will have approximately 1.8 Mton of residual emissions in 2030, thus achieving the reduction target.** According to this study, **for the ETS2 industry, sufficient emission reduction can already be profitably achieved for 2030 without an additional CO₂ levy.** This is mainly due to current subsidies for sustainability and the rising energy tax on natural gas until 2030. Particularly for larger companies that can qualify for SDE++ subsidies, investments in mechanical vapor recompression, heat pumps, and biomass are profitable. Even without SDE++, sufficient emission reduction potential would still be profitable, but many business cases would be less favourable.

However, this does not automatically mean that companies will actually implement sustainability improvements quickly enough. **Companies do not immediately switch to more sustainable production, even if it is profitable.** This may be because companies simply do not investigate the option, but even when

companies want to become more sustainable, they sometimes don't have that opportunity: **problems with the electricity grid, permits, and the lifespan of existing installations can cause delays**. When accounting for grid congestion, electrification in hybrid form is the most favorable way to achieve sufficient emission reduction despite the limitations.

It is essential to facilitate electrification, despite grid congestion. This requires expansion of non-firm connection and transport contracts and controllability from grid operators, so companies can switch back to natural gas during peak moments. Transparency about the development of energy tax rates could help companies calculate business cases for sustainability in a timely manner. A CO₂ minimum price (alongside ETS2 and at the level of the KEV2024 mid-range forecast) could provide extra certainty. Additionally, it is important to minimize implementation barriers, such as in granting permits. For complete climate neutrality after 2030, a much higher CO₂ price (up to €600/ton) would theoretically be needed, indicating that price incentives alone will probably not be sufficient for achieving the long-term goal of climate neutrality.

Results for the service sector

The service sector will not reduce emissions sufficiently with current policy because not enough emission reduction is profitable. The target is 3.0 Mton residual emissions in 2030 compared to 5.5 Mton in 2023 (temperature-corrected and excluding other greenhouse gases). With current measures, only 1.9 Mton reduction becomes profitable, while 2.5 Mton reduction is needed. Grid congestion further reduces the profitable reduction potential. For comparison: in the KEV2024 baseline path, a reduction of 1.9 Mton is expected. Due to the incomplete overview of assumptions and modeling techniques underlying the KEV2024 projection, we cannot state with certainty how factors such as grid congestion have been included by the PBL.

To make sufficient emission reduction profitable in the service sector, an additional CO₂ levy of 100 €/ton is needed on top of the expected ETS2 price of 55 €/ton. This calculation applies with a payback period of 15 years; if companies maintain a shorter payback period of 7 years, the required additional CO₂ levy would increase to roughly 400 €/ton.

As an alternative, the energy tax on natural gas and electricity could be adjusted. Pricing through energy tax aimed at the service sector can be more effective than through ETS2, as ETS2 industry and the service sector partly fall under different tax brackets. However, this requires additional research to determine the impact of changing energy tax on other sectors, such as housing, greenhouse horticulture, and ETS2 industry.

When accounting for grid congestion, an increase in CO₂ price of 120 to 330 €/ton is needed (on top of the expected ETS2 price of 55 €/ton) to make sufficient emission reduction potential financially attractive. This substantial levy is necessary because grid congestion makes many electrification measures impossible, requiring companies to choose more expensive alternatives with a higher CO₂ avoidance price.

In addition to pricing policy, **it is crucial to enable hybrid electrification in congestion areas through widespread availability of non-firm connection and transport agreements**. Heat pumps must also be technically capable of responding to signals from the grid operator. Tightening the Energy Saving Obligation will have limited effect due to the long payback periods of emission reduction measures in the service sector.

This research includes the expected doubling of heat delivered through heat networks according to the KEV2024 scenario. However, heat network connections have not been calculated as a separate sustainability option. This is due to limited data availability on location-specific investment costs. Additionally, the changing tariff regulation structure makes it more difficult to establish a connection between an ETS2 CO₂ price and the deployment of heat networks. Furthermore, a higher CO₂ price does not automatically lead to new heat networks, as investment decisions in heat networks are also influenced by factors such as permits, nitrogen deposition, and the requirement for a public majority interest in such investments.

For public buildings such as schools, healthcare institutions, and community centres, additional costs can be problematic. Two factors play a role here. First, many organizations in sectors such as healthcare and education cannot easily pass on the extra costs to users due to tariff regulation. Second, for some organizations, such as sports clubs and community centres, energy costs constitute a relatively large portion of total costs because they have few personnel costs. Without additional financial resources, they will have to cut back on their core activities, which directly affects their social function.

For complete climate neutrality after 2030, a CO₂ price above 1000 €/ton would be needed, which demonstrates that in addition to pricing, additional normative policies will also become necessary. **Price incentives alone will not be sufficient to completely reduce greenhouse gas emissions.**

The service sector has more difficulty with sustainability than industry because the challenges for the service sector are greater due to the higher costs for insulation and the lower full-load hours of heat pumps. Concretely, this means that the service sector needs larger installations per ton of emission reduction and thus must bear higher investment costs.

The gap between theoretical profitability and actual implementation

Although our CO₂ abatement curves show which measures are theoretically profitable, actual emission reduction in practice may be lower. This is because companies and organizations face various challenges, even when sustainability measures are profitable on paper.

There are market uncertainties (such as fluctuating energy prices towards 2030), policy uncertainties (such as future tariffs for energy tax and ETS2 levy that have not yet been established), and practical barriers.

The government can provide more clarity regarding policy uncertainty. For example, we use development paths for future energy tax rates that are more favorable for sustainability than current rates. These rates can be found in communication with the *Tweede Kamer*, but are rather difficult to find. Timely and easily accessible communication of the development of energy tax rates, and possibly other relevant policy, could help companies plan better.

In addition, practical barriers play a crucial role. Even if a measure is profitable, a company or organization may face infrastructural limitations (grid congestion), permit problems, or financing challenges. Many companies also wait for natural replacement moments of existing installations. For the ETS2 industry, this means that the emission reduction target probably does not benefit from additional CO₂ pricing, but rather from more clarity about future rates and the removal of implementation obstacles.

In the service sector, an additional factor plays a role: buildings are only periodically renovated, with sustainability rarely being the primary driver. Insulation measures and new heating systems are usually only implemented if a renovation is already taking place. This means that even profitable investments are often postponed. We expect that sustainability in this sector will therefore progress more slowly than our model calculations suggest.

Conclusion

For companies in both sectors, it is important to be able to develop a clear action perspective, anticipating future price developments and regulations, and integrating sustainability into their investment cycles and multi-year maintenance plans. Moreover, the service sector needs substantial price incentives. For both sectors, facilitating hybrid electrification is essential. This allows for maximizing electrification despite grid congestion and grid capacity constraints. **Effective climate policy must therefore not only focus on making measures profitable through price incentives, but also on lowering uncertainty and practical barriers.**

Inhoud

Samenvatting	1
Summary	5
Inhoud	9
Introductie	10
Sectorindeling en emissies ETS2-industrie	11
Gebouwtypes en emissies diensten	13
Emissiereductiedoelen	14
Emissiereductiedoel industrie	14
Emissiereductiedoel diensten	15
Methodiek	16
Methodiek industrie	16
Methodiek diensten	20
Netcongestie	27
Vergelijking van de energiebelasting tarieven	28
Resultaten	30
Resultaten industrie	30
Resultaten diensten	55
Conclusies en reflectie	77
Industrie	77
Diensten	78
Vergelijking industrie en diensten	80
Doorrekening beleidspakketten	82
Erratum	83
Bijlagen: data en aannames	84

Introductie

De Klimaat- en Energieverkenning 2024 (KEV2024) van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) laat zien dat het vrijwel zeker is dat de klimaatdoelen voor 2030 niet gehaald worden. Daarbij geldt dat noch de sectoroverstijgende reductie van 55% minder broeikasgasemissies t.o.v. 1990 gehaald wordt, noch de individuele sectordoelen voor de gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie, landbouw en elektriciteitssector gehaald worden.

Het kabinet houdt tegelijkertijd vast aan deze 2030 doelen, wat betekent dat additioneel beleid nodig zal zijn om ze te behalen. Daarbij ligt het voor de hand, gegeven de additioneel te behalen emissiereductie en de beperkte tijd, om meer in te zetten op beprijzend en normerend en minder op subsidiërend beleid, zoals het IBO Klimaatbeleid 2030 uit 2022 ook adviseerde.

Dit onderzoek behelst de vraag of additionele CO₂-beprijzing, mogelijk aangevuld met extra normering, kan helpen om de emissiereductiedoelen voor de industrie en gebouwde omgeving te halen. Specifiek richt het zich op de kleinere industrie (welke onder ETS2 gaat vallen) en de dienstensector. Dit zijn subsectoren binnen respectievelijk de industrie en de gebouwde omgeving. Voor beide geldt dat ze onder het ETS2-systeem gaan vallen vanaf 2027 en op dit moment uitsluitend beprijzing via de energiebelasting kennen.

De opdrachtgever heeft gevraagd om antwoord te geven op drie vragen:

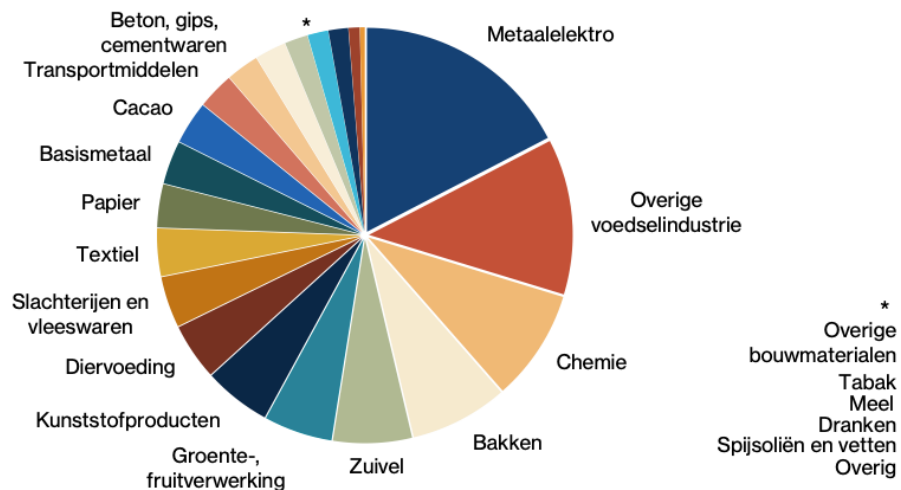
1. Hoeveel moet de CO₂-prijs verhoogd worden om het klimaatdoel voor 2030 te behalen, en wat zijn de bredere effecten van deze verhoging?
2. Welke CO₂-prijsverhoging is nodig om na 2030 alle verduurzamingsmaatregelen rendabel te maken die vereist zijn voor volledige klimaatneutraliteit?
3. Hoe kan een optimale combinatie van CO₂-beprijzing uit pakket 1 met aanvullende normerende maatregelen het klimaatdoel voor 2030 effectiever bereiken?

Dit onderzoek is gebaseerd op beleidsmaatregelen bekend vóór maart 2025. Nieuwe keuzes en maatregelen uit de voorjaarsbesluitvorming van april 2025 zijn *daardoor* niet meegenomen in de analyses. Daarnaast heeft de opdrachtgever Kalavasta verzocht om uitsluitend extra beprijzende en normerende maatregelen te onderzoeken, niet extra subsidies.

We beschrijven in het vervolg eerst de sectorindeling en emissieverdeling van deze subsectoren, beginnend met de ETS2-industrie en daarna de dienstensector. In dezelfde volgorde beschrijven we dan de emissiereductiedoelen die we voor 2030 hanteren, omdat deze een vertaling van het sectordoel naar een subsectordoel vereisen. Vervolgens beschrijven we de gehanteerde methodiek per subsector, welke bestaat uit de ontwikkeling van diverse CO₂-abatementscurves per type bedrijf en toepassing en waarmee bepaald kan worden bij welke CO₂-prijs het subsectoremissiedoel behaald zou worden. De resulterende CO₂-abatementscurves staan in het volgende hoofdstuk met de resultaten en analyse. Hierbij is er ook aandacht voor de effecten van individuele belastingen, subsidies alsook netcongestie en kijken we ook naar de effecten op de financiële lasten van bedrijven. Tot slot presenteren we enkele conclusies op basis van de voorgaande analyses.

Sectorindeling en emissies ETS2-industrie

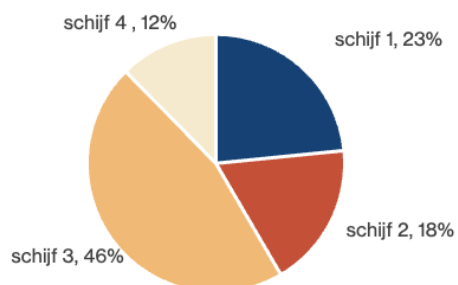
De ETS2-industrie was verantwoordelijk voor 2,9 Mton aan broeikasgasemissies in het jaar 2023, voornamelijk uit aardgas (±52 PJ). Dit is zo'n 6% op het totaal van de industriesector, die 46,1 Mton CO₂-eq. uitstootte in hetzelfde jaar. De ETS2-industrie bestaat uit zo'n 33,5 duizend bedrijven die actief zijn in veel verschillende sectoren. Zoals Figuur 1 laat zien, is er geen grote dominantie van een individuele bedrijfstak, maar zit een groot deel van de emissies bij bedrijven in de voedselsector. De voedselindustrie is in onze analyse opgedeeld in zuivel, bakkerijen, groente en fruit, diervoeding, slachterijen en vleeswaren, cacao en overig.



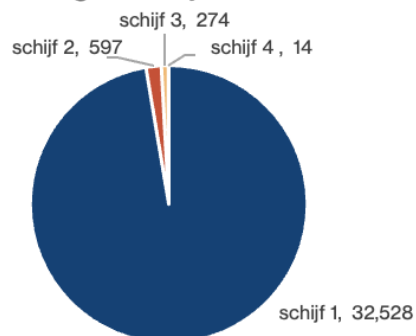
Figuur 1. Sectorindeling ETS2-industrie naar subsector afhankelijk van de hoeveelheid emissies in 2023.

In Figuur 2, links, is zichtbaar dat binnen de ETS2-industrie in 2023 veel aardgas werd gebruikt door bedrijven wiens aardgas tot de derde belastingschijf werd belast, dus bedrijven met een aardgasvraag tussen de 1 en 10 miljoen m³ per jaar (zie belastingschijven in Tabel 1). Opvallend is dat qua aantal bedrijven, in Figuur 2 rechts, juist veel meer bedrijven belast werden binnen de eerste schijf. Dit betekent dat, binnen de ETS2-industrie, de meeste bedrijven een kleine aardgasvraag hebben van onder de 170.000 m³ per jaar, en een kleiner aantal bedrijven een grotere aardgasvraag hebben. In 2024 is de eerste belastingschijf gesplitst in tweeën, wat schijf 3 in 2023 gelijkstelt aan schijf 4 in 2024 en later.

Aardgasgebruik op basis van gebruik in de hoogste schijf in 2023



Aantal bedrijven met aardgas in de hoogste schijf in 2023



Figuur 2. Links: een uitsplitsing van het aardgasgebruik binnen de ETS2-industrie naar de hoogste energiebelastingschijf van bedrijven. Rechts: dezelfde uitsplitsing maar dan voor het aantal bedrijven.

Tabel 1. Belastingschijven aardgas en elektriciteit, inclusief nieuwe schijf die in 2024 is toegevoegd

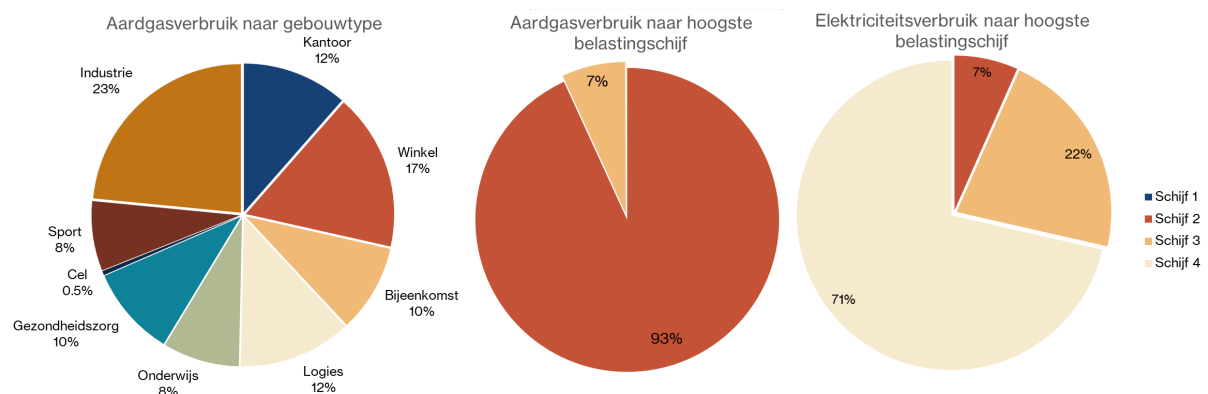
Belastingschijf	Aardgas tot 2023	Aardgas sinds 2024	Elektriciteit
Schijf 1	0 – 170.000 m ³	0 – 1.000 m ³	0 – 2.900 kWh
Schijf 2	170.001 – 1 miljoen m ³	1.001 m ³ – 170.000 m ³	2.901 – 10.000 kWh
Schijf 3	1 – 10 miljoen m ³	170.001 – 1 miljoen m ³	10.001 – 50.000 kWh
Schijf 4	> 10 miljoen m ³	1 – 10 miljoen m ³	50.001 – 10 miljoen kWh
Schijf 5		> 10 miljoen m ³	> 10 miljoen kWh

Gebouwtypes en emissies diensten

De dienstensector was verantwoordelijk voor 5,1 Mton aan CO₂-emissies in 2023, voornamelijk voortkomend uit aardgasverbruik. Op de totale sector gebouwde omgeving is dit ongeveer 30%, bij historische emissies van 17,2 Mton CO₂-eq. in 2023. Wanneer we een temperatuurcorrectie toepassen (zoals ook gedaan voor toekomstverkenningen en we toelichten in het hieropvolgende hoofdstuk Emissiereductiedoelen), zou de uitstoot van de dienstensector 5,5 Mton zijn geweest, wat overeenkomt met ongeveer 98 PJ aardgasverbruik.

De dienstensector is op te delen in 9 gebouwtypen: kantoren, winkels, bijeenkomsten, logies, onderwijs, gezondheidszorg, cellen, sport en industrie. Qua gebruiksoppervlakte vertegenwoordigen bedrijfshallen binnen de dienstensector ongeveer 40% van het totale gebruiksoppervlak. Ze zijn echter verantwoordelijk voor minder dan een kwart van het totale aardgasgebruik. Dit komt doordat het aardgasverbruik per m² gebruiksoppervlak sterk verschilt tussen verschillende gebouwtypen.

In de onderstaande figuur staat zowel de verdeling van het aardgasverbruik naar gebouwtipe als naar energiebelastingschijf. Ook het elektriciteitsverbruik is verdeeld naar energiebelastingschijf. In 2024 is de eerste belastingschijf gesplitst in tweeën, wat schijf 3 in 2023 gelijk stelt aan schijf 4 in 2024 en later. Gebouwen waarvan het energieverbruik volledig in de eerste schijf valt is dermate laag dat deze niet terug te zien is in de grafieken.



Figuur 3. Uitsplitsing van energiegebruik gebouwen in de dienstensector o.b.v. gebouwtipe en energiebelastingschijf.

Emissiereductiedoelen

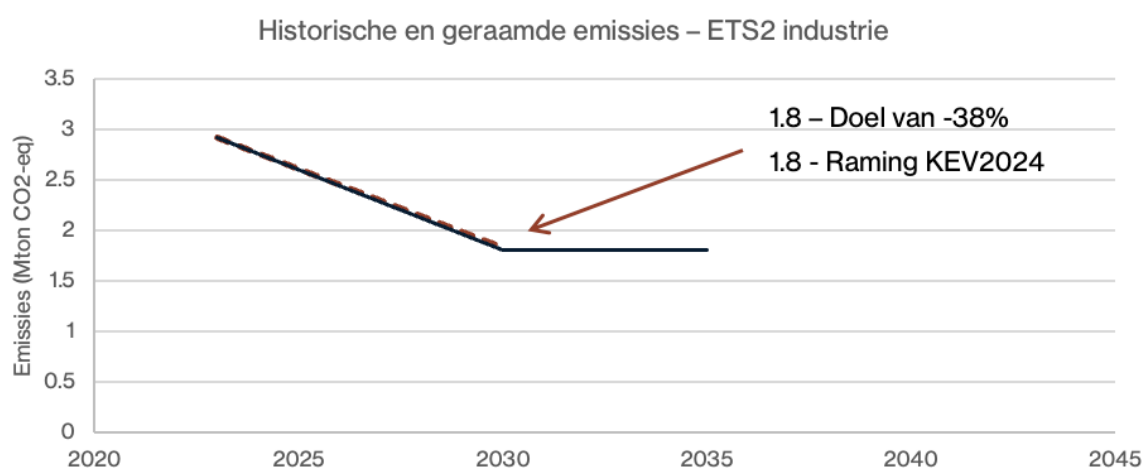
Niet alleen hanteert Nederland een emissiereductiedoelstelling van 55% t.o.v. 1990 voor 2030, maar ook zijn er indicatieve restemissiedoelen per sector gedefinieerd. Ons onderzoek richt zich echter op subsectoren hierbinnen, waarvoor geen concrete doelen vastgesteld zijn. Wij zullen daarom de sectordoelen vertalen naar subsectordoelen daarbinnen. Het idee daarbij is dat de optelsom van individuele subsectoren ten minste genoeg emissiereductie geeft voor het sectoremmissiereductiedoel. We kiezen ervoor om voor zowel de ETS2-industrie als de dienstensector de sectoropgave te verdelen naar rato van het subsector aandeel in de emissies in 2023. Deze berekening wordt hieronder toegelicht.

Emissiereductiedoel industrie

Voor de industrie geldt voor 2030 een indicatief restemissiedoel van 29,1 Mton CO₂-eq. De industrie was in 2023 verantwoordelijk voor 46,1 Mton CO₂-eq. aan emissies en de ETS2-industrie daarbinnen 2,9 Mton. Indien de emissiereductie naar rato verdeeld wordt op basis van de oorspronkelijk volume in 2023, zouden de restemissies in 2030 voor de ETS2-industrie 1,8 Mton CO₂-eq. bedragen. Dit geeft dan een opgave van 1,1 Mton emissiereductie tussen 2023 en 2030 voor de ETS2-industrie.

Tabel 2. Historische CO₂-emissies, geraamde emissies en doelstelling 2030 voor ETS2-industrie.

	Emissies 2023 (Mton)	Raming 2030 (Mton)	Doelstelling 2030 (Mton)	Opgave 2030 (Mton) t.o.v. emissies 2023
Industrie	46,1	38,6	29,1	17,0
Wv niet-ETS2	43,2	36,6	$43,2 / 46,1 \times 29,1 = 27,3$	$43,2 - 27,3 = 15,9$
Wv ETS2-industrie	2,9	1,8 ¹	$2,9 / 46,1 \times 29,1 = 1,8$	$2,9 - 1,8 = 1,1$



Figuur 4. Visualisatie emissiereductiedoelstelling 2030 voor de ETS2-industrie.

¹ Hierin is de afvalsector van 0,2 Mton uitgesloten, gebaseerd op correspondentie met PBL.

Emissiereductiedoel diensten

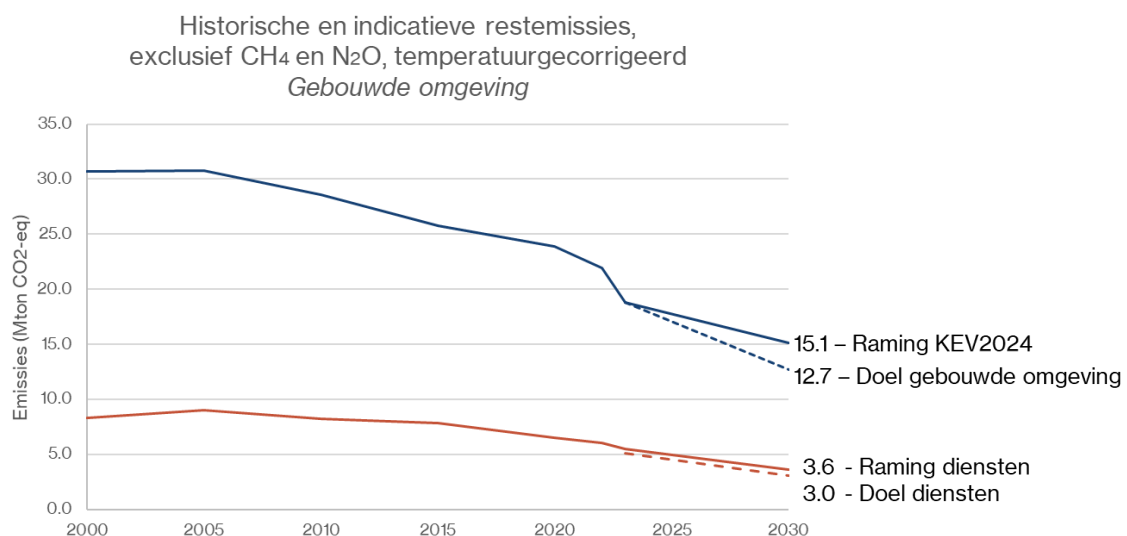
Er is vanuit het kabinet geen emissiereductiedoelstelling voor alleen de dienstensector opgesteld. Voor de gebouwde omgeving als geheel worden in de KEV2024 wel indicatieve restemissies getoond (13,2 Mton incl. overige broeikasgassen en 12,7 Mton excl.), die gebaseerd zijn op de 60% emissiereductiedoelstelling in 2030.

Het PBL raamt emissies van de gebouwde omgeving in 2030, op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid, op 15,1 Mton exclusief overige broeikasgassen. Dat betekent dat er een extra opgave ligt van $15,1 - 12,7 = 2,4$ Mton. We verdelen dit evenredig over woningen en diensten op basis van de geraamde emissies in 2030. Volgens het PBL zal de dienstensector namelijk relatief meer emissies reduceren dan woningen

De temperatuurgecorrigeerde historische emissies worden weergegeven in onderstaande tabel en figuur. Een temperatuurcorrectie is noodzakelijk omdat jaarlijkse weersomstandigheden variëren. In koude winters wordt beduidend meer aardgas verstoekt dan in milde winters. Bij een temperatuurcorrectie wordt berekend wat het aardgasverbruik en de daaruit volgende emissies in een bepaald jaar zouden zijn geweest indien de weersomstandigheden dat jaar 'gemiddeld' waren geweest in vergelijking met historische jaren.

Tabel 3. Historische CO₂-emissies, geraamde emissies en doelstelling 2030 voor diensten.

	Emissies 2023 (Mton CO ₂ excl. CH ₄ en N ₂ O)	Emissies 2023 temperatuurgecor- rigeerd (Mton CO ₂ excl. CH ₄ en N ₂ O)	Raming 2030 (Mton CO ₂ excl. CH ₄ en N ₂ O)	Doelstelling 2030 (Mton CO ₂ excl. CH ₄ en N ₂ O)	Opgave 2030 t.o.v. temperatuurgecor- rigeerde emissies 2023 (Mton CO ₂ excl. CH ₄ en N ₂ O)
Gebouwde omgeving	16,8	18,3	15,1	12,7	5,6
Woningen	11,7	12,8	11,5	$11,5 / 15,1 \times 12,7 = 9,7$	$12,8 - 9,7 = 3,1$
Diensten	5,1	5,5	3,6	$3,6 / 15,1 \times 12,7 = 3,0$	$5,5 - 3,0 = 2,5$



Figuur 5. Visualisatie historische emissies en emissiereductiedoelstelling 2030 voor de dienstensector, temperatuurgecorrigeerd en exclusief CH₄ en N₂O.

Methodiek

Methodiek industrie

Energievraag per subsector

Om de CO₂-abatementscurves voor de ETS2-industrie op te stellen, hebben we de industrie eerst opgedeeld in subsectoren en bedrijfsgroottes. Om de emissies en het energieverbruik per subsector in de ETS2-industrie vast te stellen is gebruik gemaakt van datasets van het CBS, de Emissieregistratie en de Nederlandse Emissieautoriteit. Alle data over energie en emissies op sectorniveau is gesplitst in ETS1 en ETS2.

Wanneer de activiteiten – en dus de energievraag – tussen bedrijven per subsector sterk kunnen verschillen, is ervoor gekozen om de subsector verder op te splitsen. Bijvoorbeeld: binnen de zuivelindustrie wordt melk- en weipoeders geproduceerd, wat erg energie-intensief is omdat grote volumes water verdampt moeten worden. In de overige zuivelindustrie, bijvoorbeeld de productie van kaas, boter of melk voor consumptie, wordt op lagere temperatuur verwarmd en is de energievraag per product lager. De subsector “zuivel” hebben we daarom gesplitst in 2 activiteiten: “melk- en weipoeders” en “overig”. Op deze manier is de ETS2-industrie gesplitst in de subsectoren/ activiteiten zoals weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Categorisering subsector en activiteiten binnen ETS2-industrie.

Sector	Activiteit	Sector	Activiteit
Slachterijen en vleeswaren		Dranken	Malt
Groente-, fruitverwerking	Stoompellen	Dranken	Bierbrouwerijen
Groente-, fruitverwerking	Blancheren	Tabak	
Groente-, fruitverwerking	Frituren	Textiel	
Spijsoliën en vetten	Vermalen en extractie	Papier	
Spijsoliën en vetten	Verfijnen en modificatie	Chemie	Farmacie
Zuivel	Melk- en weipoeder	Chemie	Chemie hoog
Zuivel	Overige zuivel producten	Chemie	Chemie laag
Meel	Aardappelzetmeel	Kunststofproducten	
Meel	Tarwezetmeel	Beton, gips, cementwaren	
Diervoeding		Overige bouwmaterialen	
Overige voedselindustrie	Overig	Basismetale	
Overige voedselindustrie	Bakken	Metaalelektro	Metaalbewerking
Overige voedselindustrie	Cacao	Metaalelektro	Anders dan metaalbewerking
		Transportmiddelen	
		Overig	

Indeling bedrijven naar warmtebehoefte

Vervolgens is de energievraag per subsector binnen ETS2 gesplitst in verschillende groottes wat betreft de warmtevraag. Dit is gebaseerd op de CBS dataset die de hoeveelheid energie en het aantal bedrijven per

energiebelastingsschijf in 2022 bevat (Aardgasverbruik bedrijven; belastingschijf, SBI2008). Gecombineerd met de splitsing in ETS1 en ETS2-industrie gaf ons dit een gemiddeld aardgasverbruik per bedrijf voor 4 warmtevraag groottes, respectievelijk met gebruik eindigend in belastingschijf 1 t/m 4 in 2022. Dit is vervolgens gecorrigeerd naar 2023 op basis van de emissies in deze ETS2 subsector. In de rest van dit rapport hanteren we de volgende benaming voor warmtebehoefte: warmtevraag klein, middel, groot, zeer groot, waarmee we refereren naar bedrijven wiens aardgasvraag in 2023 in respectievelijk schijf 1 t/m 4 werd belast, zie onderstaande tabel. Dit onderscheid is relevant omdat de marginale kostenbesparing bij een lagere aardgasvraag door de verschillende energiebelastingtarieven verschilt.

Tabel 5. Categorisering van industriebedrijven naar netwerkgasvraag in 2023.

Warmtebehoefte categorie	Gasvraag 2023
Klein	< 170.000 m ³
Middel	170.000 – 1 miljoen m ³
Groot	1 – 10 miljoen m ³
Zeer groot	> 10 miljoen m ³

Alle volgende analyses zijn uitgevoerd per subsector en bedrijfsgrootte op basis van de warmtebehoefte.

Business as usual

Per subsector en warmtebehoefte hebben we vastgesteld op welke manier de warmte nu wordt opgewekt. Een gasgestookte boiler is over het algemeen de meest gebruikte methode. Vervolgens nemen we aan dat de huidige aardgasvraag daalt vanwege de bijmengverplichting groengas. In 2030 nemen we aan dat het percentage bijgemengd groengas is toegenomen van 1% in 2023 naar ongeveer 2%. Dit is gebaseerd op de totale vraag naar netwerkgas volgens het II3050 editie 3 KM scenario en de verwachte productie in 2030 volgens de KEV2024.

De energievraag van de industrie zal dalen door toegenomen efficiëntie². Er is echter geen generieke energie-efficiëntiewinst meegenomen, omdat een belangrijk deel van de verwachte besparing in de ETS2 sectoren voortkomt uit het hergebruik van warmte, voornamelijk via warmtepompen of Mechanical Vapour Recompression (MVR's). Deze technologieën zijn in het model specifiek gemodelleerd en daarom is ervoor gekozen om geen generieke efficiëntiewinst aan te nemen.

Emissiereductie technologieën

Per subsector (en soms activiteit binnen een subsector) is op basis van publieke gegevens geïdentificeerd welke technologieën kunnen worden ingezet als vervanging voor de huidige gasgestookte installaties. Hierbij is de meest energie-intensieve activiteit per subsector geïdentificeerd, met de aanname dat de volledige aardgasvraag hieraan kan worden toegeschreven.

² PBL, 2023, Energy Efficiency Options in the Dutch Manufacturing Industry en Royal haskoning, 2020, Project 6-25 Technology Validation

Dit is een sterke versimpeling van de werkelijkheid. Echter, een volledige modellering van elk individueel bedrijf valt buiten de scope van dit onderzoek en de hiervoor benodigde bedrijfsspecifieke data is ook niet beschikbaar. Desondanks biedt deze methodiek een adequate schatting van het grootste deel van de energievraag. De gepresenteerde resultaten dienen als indicatie van de primaire verduurzamingsmogelijkheden binnen de ETS2-industrie bedrijven.

De volgende technologieën zijn meegenomen:

- (Hybride) gesloten warmtepomp tot 200 °C
- (Hybride) E-boiler
- Mechanical Vapour Recompression
- Elektrische kunststofbewerking (spuitgieten / extruderen)
- Elektrische metaalbewerking
- Elektrische oven
- Waterstof
- Biomassa (boiler op houtpellets)

Voor de CAPEX en OPEX is gebruik gemaakt van de kengetallen in het SDE++ OT-model2025 of anders van de MIDDEN database. Voor een aantal specifieke technologieën (Elektrische metaalbewerking en elektrische oven) zijn geen betrouwbare kostenkengetallen gevonden. In dat geval zijn CAPEX en OPEX niet meegenomen in het vaststellen van de CO₂-vermijdingsprijs, maar enkel de verschillen in energiekosten.

We rekenen met 8000 draaiuren per jaar in de hele ETS2-industrie. Dit is een versimpeling van de werkelijkheid, waar sommige sectoren inderdaad jaarrond werken en enkele sectoren of kleinere bedrijven gewoon zijn om gedurende kantooruren te werken. Bovendien kan dit ook gerelateerd zijn aan de vraag vanuit de markt of eventueel seizoensgebonden productie. Over het algemeen zal het grootste deel van de industrie echter rond de 8000 uur per jaar werken en corrigeren we niet voor afwijkingen hiervan. Mocht een bedrijf inderdaad minder uren werken, dan betekent dat dat dezelfde warmtevraag in minder uren geleverd moet worden en dus een grotere installatie nodig is. Hierdoor zouden CAPEX en OPEX en soms ook de nettarieven stijgen. De CO₂-vermijdingsprijs zou hierdoor toenemen in een deel van de bedrijven.

We hebben geen rekening gehouden met de uurlijks fluctuerende elektriciteitsprijs en de invloed hiervan op de business case voor een hybride opstelling. In realiteit zullen bedrijven de mogelijkheid hebben om bij het hybride installatie op een deel van de uren met hoge elektriciteitsprijzen de warmtepomp of e-boiler af te stakelen en over te stappen op een gasgestookt alternatief om hiermee de gemiddeld betaalde elektriciteitsprijs te dempen. Dit kan de business case voor een hybride opzet beïnvloeden. Tegelijkertijd kan een hybride installatie ook het gevolg zijn van beperkte netcapaciteit en moet er op verzoek van de netbeheerders een deel van het jaar worden teruggeschakeld, op uren waar het bedrijf geen invloed op heeft. We hebben er daarom voor gekozen om te werken met de versimpelde aanname dat bedrijven altijd de gemiddelde elektriciteitsprijs per jaar betalen.

CO₂-vermijdingsprijs

De economische parameters die zijn meegenomen in het bepalen van de CO₂-vermijdingsprijs in de ETS2-industrie zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6. Economische parameters meegenomen in het bepalen van de CO₂-vermijdingsprijs in de ETS2-industrie.

Economische parameters	Toelichting
CAPEX	Voor de CAPEX en OPEX is gebruik gemaakt van de kengetallen in het SDE++ OT-model2025 of anders van de MIDDEN database. Voor een aantal specifieke technologieën (Elektrische metaalbewerking en elektrische oven) zijn geen betrouwbare kostenkengetallen gevonden. In dat geval zijn CAPEX en OPEX niet meegenomen in het vaststellen van de CO ₂ -vermijdingsprijs
OPEX	
Nettarieven en aansluiting	Hierbij is uitgegaan van de huidige gemiddelde tarieven van de drie regionale netbeheerders, gecorrigeerd voor de kostenstijging voor Klein zakelijk en Huishoudens (LS) en voor Groot MKB (MS) en Klein MKB volgens het FIEN+ rapport ³ .
Energie	Kostenraming volgens de KEV2024 voor elektriciteit en aardgas. Netwerkgas gecorrigeerd voor een bijmenging groengas. Kosten groengas en waterstof gebaseerd op II3050editie 3 scenario's. Kosten houtpellets gebaseerd op het SDE++ OT model, gecorrigeerd voor een verwachte stijging van 3,6% per jaar.
Energiebelasting	Tarieven ontvangen van het ministerie van Financiën
Subsidie	SDE++, VEKI, EIA. Indien bedrijven in theorie aanspraak kunnen maken op meerdere subsidies, gaan we ervan uit dat zij de subsidie aanvragen die de grootste jaarlijkse opbrengst oplevert. Omdat deze analyse alleen de ETS2-industrie omvat, kan er geen rekening worden gehouden met budgetmaxima van de gehele subsidie, aangezien die ook aan de ETS1 industrie kan worden toegekend.
WACC	6%
Economische levensduur	15 jaar, dit zal worden gevarieerd in de analyse

³ 2024, PWC Strategy&, Financiële Impact Energietransitie voor Netbeheerders

Methodiek diensten

Categorisering van gebouwen

Voor de analyse van CO₂-beprijzing in de dienstensector is gebruik gemaakt van verschillende datasets en rekenstappen.

Allereerst gebruiken we de door TNO bewerkte dataset van alle Nederlandse utiliteitsgebouwen⁴ om het aantal gebouwen en dimensies van de gebouwen per gebouwtype te bepalen, alsmede het bouwjaar en het energielabel. We categoriseren deze gebouwen op basis van vier hoofdkenmerken: gebouwtype, bouwjaar, gebruiksoppervlak en energielabel (zie onderstaande tabel).

Tabel 7. Categorisering utiliteitsgebouwen naar vier hoofdkenmerken.

Gebouwtype	Bouwjaar	Gebruiksoppervlak	Energielabel
Kantoor	t/m 1964	< 500m ²	A5+
Bijeenkomst	1965 t/m 1974	500 - 1000 m ²	A4+
<i>Café, restaurant</i>	1975 t/m 1991	1000 - 5000 m ²	A3+
Onderwijs	1992 t/m 2012	> 5000 m ²	A2+
Winkel	v.a. 2013		A+
Sport			A
<i>Zwembad/Sauna</i>			B
Logies			C
Gezondheidszorg			D
Ziekenhuis			E
Industrie			F
Cel			G

De categorieën 'Café, restaurant' en 'Zwembad/Sauna' hebben we zelf toegevoegd, en vallen respectievelijk onder 'Bijeenkomst' en 'Sport'. Deze subtypes hebben namelijk een hoger energiegebruik binnen de betreffende gebouwtypes. Het energieverbruik van overige 'Bijeenkomst' en overige 'Sport' is vervolgens naar beneden bijgesteld. We hebben de bijstellingen zo uitgevoerd dat het energieverbruik van de subtypes overeenkomt met energiekentallen van Sipma & Rietkerk (2016)⁵.

We zullen de categorieën bestaande uit gebouwtype, gebruiksoppervlak en energielabel vanaf nu 'gebouwsoort' noemen. Sipma (2023)⁴ geeft per gebouwsoort elektriciteits- en aardgasverbruik per m². We hebben deze enigszins bijgesteld om het hoge energieverbruik van 'Café, restaurant' en 'Zwembad/sauna' uit te splitsen. Ook hebben we het gasverbruik van industrie met 17,5% naar beneden bijgesteld om het

⁴ Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/Single-Doc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

⁵ ECN (2016). Ontwikkeling energiekentallen utiliteitsgebouwen. Via: <https://publications.tno.nl/publication/34629352/3W9M2V/e15068.pdf>

totale aardgasverbruik te laten aansluiten op de temperatuurgecorrigeerde emissies in 2023 o.b.v. de KEV2024⁶ (tabel 33c). Zie de bijlagen voor de gebruikte kentallen per gebouwsoort.

Het totale gebruiksoppervlak per gebouwtype is bepaald met de CBS gebouwenmatrix van 2021⁷. We hebben enkele aanpassingen aan deze gebouwenmatrix gedaan. Eerst zijn woningen binnen de dienstensector verdeeld over corresponderende gebouwtypes op basis van SBI code. Hierbij volgen we de verdeling omschreven door Menkveld (2020)⁸. Voor toekomstprognoses richting 2030, 2035 en 2040 is uitgegaan van de groeiprojecties, ook gebaseerd op de notitie van Menkveld (2020)⁸. Corrigerend voor leegstand resulteert dit in een totaal geprognoseerd gebruiksoppervlak voor utiliteitsgebouwen binnen de dienstensector van 431 miljoen m² in 2030.

Echter nemen we in de analyse alleen gebouwen met een eigen gasgestookte verwarmingsinstallatie mee. Buiten scope zijn;

- gebouwen aangesloten aan een warmtenet (pandendataset TNO),
- gebouwen met een warmtepomp (ingeschat o.b.v. Panteia⁹ en CBS-data¹⁰), en
- niet-verwarmde bedrijfshallen volgens Panteia (2023)⁹.

Er blijft op deze manier 274 miljoen m² gebruiksoppervlak in 2030 aan gebouwen over binnen scope, ofwel bijna twee derde van het totaal. De uitgesloten oppervlakte is niet direct relevant omdat deze ofwel reeds verduurzaamd is en geen directe emissies meer kent, of geen wezenlijke warmtevraag kent (niet-verwarmde bedrijfshallen). Daarmee is hier dus ook geen directe emissiereductiepotentie.

Business as usual

De business as usual (BAU) situatie gebruiken wij als referentiesituatie. We houden hierbij rekening met:

- Bijmengverplichting groengas.
- Label C verplichting voor kantoren.
- Energy Performance of Buildings Directive (EPBD IV).
- Uitrol van warmtenetten.

De bijmengverplichting voor groengas is meegenomen in de BAU situatie op basis van de verwachte hoeveelheid groengas dat beschikbaar zal zijn volgens de KEV2024. Dit delen we door de totale aardgasvraag in 2030 o.b.v. het IP2024 Nationaal Leiderschap scenario¹¹. Dit levert een verwacht bijmengpercentage van 2% op. Dit zorgt voor zowel een emissiereductie als een stijging van de aardgasprijs.

⁶ PBL (2024). Klimaat- en Energieverkenning 2024

⁷ Via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/13/gebouwenmatrix-energie-2020-op-1-januari-2020-en-1-januari-2021>

⁸ Menkveld (2020). Kentallen notitie Utiliteitsbouw. Via: <https://publications.tno.nl/publication/34636532/xTLK0A/TNO-2020-M10561.pdf>

⁹ Panteia (2023). Renovaties in de Utiliteit. Via: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-12/renovaties-in-de-utiliteit-2024.pdf>

¹⁰ CBS (2024). Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen. Via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/de-tail/85523NED>

¹¹ Netbeheer Nederland (2023). Scenario's investeringsplannen 2024. Via: https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/2024-02/20230220_ip2024_scenario_rapportage_nbnl.pdf

Voor de label C verplichting voor kantoren nemen we aan dat 70% van de kantoorgebouwen die op dit moment een label lager dan label C heeft, in 2030 alsnog zullen voldoen aan deze verplichting.

Ook nemen we het geagendeerd beleid mee om te voldoen aan de EPBD IV. Hierbij volgen we de aannames van het PBL gebruikt voor de KEV2024¹². Het PBL neemt aan dat hierdoor in 2030 16% van de utiliteitsbouwen met de slechtste energieprestatie is gerenoveerd. Na renovatie wordt aangenomen dat label A wordt bereikt.

Voor warmtenetten volgen we de door het PBL geraamde uitrol, wat neer komt op een toename van 100% ten opzichte van 2023 (KEV2024, tabel 35b, netto levering warmte). Hoewel nieuwe warmtenetaansluitingen theoretisch als emissiereductieoptie voor gebouwen kunnen worden beschouwd, houden we wel rekening met de KEV-ramingen voor warmtenetuitrol, maar behandelen deze niet als aparte emissiereductieoptie in onze analyse. We doen dit om drie redenen:

- Er is beperkte data beschikbaar voor de investeringskosten van warmtenetten, ook zijn investeringskosten zeer locatiegebonden.
- Het verband tussen kosten voor de exploitant en kosten voor de eindverbruiker is niet triviaal en hangt af van het tariefreguleringsregime. Onder de huidige NMDA (Niet Meer Dan Anders) tariefregulering zal extra beprijzing mogelijk maar beperkt verschil kunnen maken. De extra kosten voor aardgasgebruik door een hogere CO₂-prijs, kunnen immers verrekend worden in de leveringstarieven in geval van een gasgestookt warmtenet.
- Onder een tariefreguleringsregime dat gebaseerd is op leveringskosten kan een extra CO₂-heffing die geldt voor de gebouwde omgeving - maar niet voor centrale warmteproductie - mogelijk wel impact hebben. Een zeer hoge CO₂-prijs kan er immers toe leiden dat een aansluiting aan een warmtenet waarvoor deze beprijzing niet geldt aantrekkelijker wordt. Dit kan zorgen voor een hogere bezettingsgraad van een warmtenet en dus een betere businesscase. Echter hangen investeringsbeslissingen voor de aanleg van nieuwe warmtenetten ook van andere aspecten af. Zo spelen investeringskosten, vergunningen en stikstofruimte ook een zeer grote rol. Daarnaast kan de verplichting tot een publiek meerderheidsbelang investeringsbeslissingen in nieuwe warmtenetten (negatief) beïnvloeden¹³. Het is dus niet zo dat wanneer een bedrijf een aansluiting zou willen op een warmtenet, de businesscase voor een dergelijk warmtenet gunstig is en deze aansluiting er ook automatisch komt.

Emissiereducerende technologieën

Voor CO₂-emissiereductie zijn twee hoofdtypen maatregelen geanalyseerd:

1. na-isolatie,
2. warmtepompen voor ruimteverwarming.

¹² PBL (2024). Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Via: https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-10/pbl-2024-beleidsoverzicht-en-factsheets-beleidsinstrumenten-achtergronddocument-bij-de-kev-2024_5627.pdf

¹³ Pwc (2024). Publiek meerderheidsbelang in collectieve warmtesystemen. Via: <https://www.energie-nederland.nl/energie-nederland-vreest-verdere-vertraging-warmtetransitie/>

Aanvullend hebben we twee specifieke maatregelen voor zwembaden/sauna's en cafés/restaurants onderzocht:

3. warmtepompen voor zwembaden,
4. elektrificatie van keukens in de horeca.

Na-isolatie

We nemen aan dat gebouwen met label B of hoger geschikt zijn voor een all-electric warmtepomp. Wanneer er wordt gekozen voor een all-electric warmtepomp zal een deel van de gebouwen dus isolatiemaatregelen moeten nemen. Benodigde isolatiemaatregelen per gebouwsoort isolatiekosten, baseren we op methodiek opgesteld door Jonker & Sipma (2023)¹⁴:

1. Allereerst bepalen we op basis van de pandendataset van TNO⁴ wat het gemiddeld gebruiks-, vloer-, gevel- en dakoppervlak is per gebouwsoort. Vervolgens kan met behulp van Jonker & Sipma (2023)¹⁴ worden ingeschat welk deel van het geveloppervlak bestaat uit ramen. Ook kunnen we uit de pandendataset halen wat de bouwjaar zijn van de verschillende gebouwen per gebouwsoort.
2. Deze informatie combineren we vervolgens met de kostendata van Jonker & Sipma (2023)¹⁴ voor isolatiemaatregelen die nodig zijn voor na-isolatie tot label A¹⁵. Welke maatregelen nodig zijn verschilt per bouwjaar, zie Tabel 8. Vloerisolatie wordt volgens Jonker & Sipma (2023) over het algemeen pas toegepast bij na-isolatie naar label A++ . Aangezien wij uitsluitend rekenen met na-isolatie naar label A, omdat dit voldoende is voor een all-electric warmtepomp, rekenen we vloerisolatie niet mee.

Tabel 8. Kosten van na-Isolatie naar label A, verhoogd met 10% om prijsstijging t.o.v. 2024 te weerspiegelen¹⁴.

Bouwjaar	Kierdichting (€/m ² gebruiksopp.)	Vloerisolatie (€/m ² vloeropp.)	Gevelisolatie (€/m ² gevelopp.)	Dakisolatie (€/m ² dakopp.)	Raamisolatie (€/m ² raamopp.)
t/m 1964	24,2	n.v.t.	160,6	184,8	62,5
1965 t/m 1974	24,2	n.v.t.	188,1	184,8	565,4
1975 t/m 1991	24,2	n.v.t.	133,1	108,9	537,9
1992 t/m 2012	24,2	n.v.t.	124,3	97,9	275
v.a. 2013	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Warmtepompen

Voor warmtepompen zijn drie typen geanalyseerd:

1. **Lucht-water warmtepompen:** Onttrekken warmte aan buitenlucht voor het watercircuit; efficiëntie daalt bij lagere buitentemperaturen.
2. **Bodemwarmtepompen:** Onttrekken warmte aan de bodem(water); hogere efficiëntie maar ook hogere investeringskosten. We kiezen voor een open bron bodemwarmtepomp (WKO of

¹⁴ Jonker & Sipma (2023). Kentallen voor na-isolatie utiliteitsbouw Vesta Mais model. Via: <https://publications.tno.nl/publication/34641772/9K8qHi/TNO-2023-P11550.pdf>

¹⁵ Hoewel label B in veel gevallen voldoende kan zijn voor installatie van een all-electric warmtepomp, gaan wij uit van na-isolatie tot label A. Dit komt simpelweg omdat Jonker & Sipma (2023) geen na-isolatiepakket beschrijven naar label B.

aquathermie), omdat deze aanzienlijk goedkoper zijn dan een gesloten bodemwarmtepomp met warmtelussen.

3. **Lucht-lucht warmtepompen:** Onttrekken van warmte aan buitenlucht voor ruimtes zonder water-circuit.

De lucht-water en bodemwarmtepomp is doorgerekend in zowel hybride als all-electric configuratie. We nemen aan dat gebouwen met minimaal energielabel B voldoende geïsoleerd zijn om gebruik te maken van een all-electric warmtepompen. Hybride warmtepompen werken samen met een gasketel en zijn in principe toepasbaar bij elk energielabel. Bij lagere labels kan de warmtepomp echter maar een beperkt deel van de totale warmtevraag leveren (Tabel 9¹⁶). Het piekvermogen van de warmtevraag is bepaald op basis van het gebruiksoppervlak (Tabel 10¹⁷).

Voor de efficiëntie van warmtepompen gebruiken we kentallen weergegeven in Tabel 11. Voor de investeringskosten van warmtepompen baseren wij ons op RVO (2024)¹⁷, zie Tabel 12. Als operationele kosten hanteren we 3%/CAPEX/jaar¹⁸.

Tabel 9. Jaargemiddeld aandeel elektrische verwarming met een hybride warmtepomp per label¹⁶.

Label	Aandeel elektrisch	Label	Aandeel elektrisch
A5+	65%	B	59%
A4+	65%	C	52%
A3+	65%	D	47%
A2+	65%	E	43%
A+	63%	F	42%
A	63%	G	42%

Tabel 10. Vereist piekvermogen (hybride) warmtepomp per gebouwtype¹⁷.

Gebouwtype	W/m2 gebruiksoppervlak	Gebouwtype	W/m2 gebruiksoppervlak
Kantoor	78	Zwembad/Sauna	65
Bijeenkomst	78	Logies	78
Cafe, restaurant	65	Gezondheidszorg	100
Onderwijs	85	Industrie	50
Winkel	50	Cel	65
Sport	65		

¹⁶ CE Delft (2021). Hybride warmtepomp. Via: https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/04/06_Factsheet-Hybride-warmtepomp_DEF.pdf

¹⁷ RVO (2024). Kostenkentallen. Via: <https://regelhulpenvoorbedrijven.nl/kostenkentallen/>

¹⁸ Aanname

Tabel 11. Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) per warmtepomp¹⁹.

SCOP	
Lucht-water warmtepomp	4,25
Bodemwarmtepomp	5,5
Lucht-lucht warmtepomp	4,25

 Tabel 12. Kostenkenticallen voor warmtepompen¹⁷.

kW	€/kW	Opmerking
Lucht/lucht warmtepomp		
5	€ 728	
10	€ 554	
20	€ 609	
Hybride bodemwarmtepomp (open bron)		
154	€ 1778	Zelf toegevoegd o.b.v. achterliggende kostendata RVO
308	€ 1100	
616	€ 981	
963	€ 826	
1287	€ 825	
2142	€ 752	
Bodemwarmtepomp (open bron)		
108	€ 3062	
216	€ 1428	
324	€ 1418	
432	€ 1272	
756	€ 1047	
1080	€ 940	
Hybride luchtwarmtepomp		
75	€ 1109	Dezelfde schaling gebruikt als luchtwarmtepomp
115	€ 958	Dezelfde schaling gebruikt als luchtwarmtepomp
152	€ 907	Dezelfde schaling gebruikt als luchtwarmtepomp
274	€ 854	Dezelfde schaling gebruikt als luchtwarmtepomp
516	€ 851	Dezelfde schaling gebruikt als luchtwarmtepomp
1311	€ 838	Dezelfde schaling gebruikt als luchtwarmtepomp
Luchtwarmtepomp		
45	€ 1,544	Naar beneden geschaald zodat kleinste variant beter overeenkomt met data van ISDE ²⁰ . Grotere varianten bewegen verhoudingsge- wijs naar de originele RVO kostenkenticallen
67	€ 1,425	
134	€ 1,370	
201	€ 1,351	
492	€ 1,296	
641	€ 1,282	

¹⁹ Topsector Energie (2020). De ontwikkelingen en kansen voor warmtepompen. Via: <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/de-ontwikkelingen-en-kansen-voor-warmtepompen/>

²⁰ BDH (2022). Kostenonderzoek warmtepompen. Via: https://topsectorenergie.nl/documents/232/20220912_Eindresultaten_Kostenonderzoek_warmtepompen.pdf

Bij de toewijzing van warmtepomptypen per gebouwsoort maken we enkele belangrijke aannames, gebaseerd op eigen inschattingen vanwege het ontbreken van specifieke data op dit gebied.

- Gebouwen tot 1000 m² kiezen voor een (hybride) lucht-water warmtepomp. Dit komt doordat er geen RVO kostenkanten beschikbaar zijn voor kleine open bodemwarmtepompen. Deze systemen worden in de praktijk niet vaak kleinschalig toegepast.
- Voor grotere gebouwen (>1000m²) nemen we aan dat 50% kiest voor een (hybride) lucht-water warmtepomp en 50% (hybride) bodemwarmtepomp. Per gebouw zal deze keuze voornamelijk afhangen van de beschikbaarheid van (oppervlakte)water voor aquathermie of geschikte geohydrologische omstandigheden voor een WKO.
- Een uitzondering op de bovenstaande aanname wordt gemaakt voor winkels en bedrijfshallen >1000m², deze krijgen een lucht-lucht warmtepomp. Grotere winkels en bedrijfshallen worden vaak verwarmd met luchtcirculatiesystemen, waardoor een lucht-lucht warmtepomp goed inpasbaar is.

Dit leidt ertoe dat 56% van de gebouwen (in termen van aardgasvraag) kunnen kiezen voor een lucht-warmtepomp, 18% voor een bodemwarmtepomp en 25% voor een lucht-lucht warmtepomp.

Warmtepomp zwembad en elektrificatie horeca

Zwembaden en cafés/restaurants hebben een afwijkend energieverbruik in vergelijking met overige sectoren. Zo is de warmtevraag voor zwembaden voornamelijk voor het verwarmen van water in plaats van ruimteverwarming, en gaat een aanzienlijk deel van de aardgasvraag van cafés/restaurants naar de keuken.

Warmtepomp zwembad

Voor zwembaden is geen gebruiksoppervlakte data beschikbaar zoals voor andere gebouwsoorten in de pandendataset van TNO. Met behulp van CBS data²¹ schatten we in hoeveel zwembaden er zijn en hoeveel zwembadoppervlak ieder zwembad heeft. Dit combineren we met het totale aardgasgebruik van zwembaden in Nederland, wat we inschatten op basis van een combinatie van de gebouwenmatrix⁷ en de aardgasintensiteit uit Sipma & Rietkerk (2016)²². Voor het elektriciteitsgebruik baseren we ons ook op data van het CBS²³. Tenslotte gaan we voor zwembaden we uit van een bedrijfstijd van 6000 uur per jaar voor de warmtevraag.

We gaan uit van een bodemwarmtepomp voor zwembaden. Op basis van deze informatie kunnen we uitrekenen hoeveel kW warmtepomp er nodig is voor ieder zwembad.

Elektrificatie horeca

Voor de aardgasvraag van keukens in de horeca is geen goede data beschikbaar. We schatten dit in door te berekenen hoeveel de aardgasintensiteit van cafés en restaurants hoger ligt dan die van andere gebouwen met een bijeenkomstfunctie. Hierbij baseren wij ons op de energiekentallen van Sipma & Rietkerk

²¹ CBS (2018). Zwembaden; oppervlakte zwemwater per type bad 2000 – 2009. Via: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70235NED/table>

²² Sipma & Rietkerk (2016). Ontwikkeling energiekentalle nutiliteitsgebouwen. Via: <https://publications.tno.nl/publication/34629352/3W9M2V/e15068.pdf>

²³ CBS. Energieverbruik van sportvastgoed. Via: https://dashboards.cbs.nl/v2/energieverbruik_sportvastgoed/

(2016)²². We nemen vervolgens aan dat het verschil in energieverbruik hoofdzakelijk komt door aardgasverbruik in keukens. Op basis van deze methode zou 47% van het totale aardgasverbruik in van restaurants/cafés worden gebruikt in de keuken.

Vervolgens nemen we aan dat elektrische keukenapparatuur niet duurder is dan aardgasgestookte apparatuur, en dat een eventuele vervangingsinvestering plaatsvindt op een natuurlijk vervangingsmoment. Ook nemen we aan dat elektrische keukenapparatuur 10% efficiënter is dan gasgestookt.

CO₂-vermijdingsprijs

De economische parameters die zijn meegenomen in het bepalen van de CO₂-vermijdingsprijs in de ETS2-industrie zijn weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13. Economische parameters meegenomen in het bepalen van de CO₂-vermijdingsprijs in de dienstensector.

Economische parameters	Toelichting
CAPEX	Investeringskosten voor warmtepompen, na-isolatie en elektrificatie horeca
OPEX	Vaste operationele kosten voor warmtepompen
Nettarieven en aansluiting	Hierbij is uitgegaan van de huidige gemiddelde tarieven van de drie regionale netbeheerders, gecorrigeerd voor de kostenstijging voor Klein zakelijk en Huishoudens (LS) en voor Groot MKB (MS) en Klein MKB volgens het FIEN+ rapport ²⁴ .
Energie	Kostenraming volgens de KEV2024 voor elektriciteit en aardgas. Netwerkgas gecorrigeerd voor een bijmenging groengas. Kosten groengas en waterstof gebaseerd op II3050editie 3 scenario's.
Energiebelasting	Tarieven ontvangen van het ministerie van Financiën
Subsidie	ISDE, DUMAVA, EIA & SDE++. Per gebouwtype en maatregel is de meest gunstige subsidie geselecteerd.
WACC	6%
Economische levensduur	15 jaar, dit zal worden gevarieerd in de analyse

Netcongestie

Om het effect van netcongestie mee te nemen in de berekeningen hebben we geprobeerd om een inschatting te maken van het aandeel elektrificatieprojecten wat hierdoor vertraging zou kunnen gaan ondervinden. We doen de volgende aannames:

1. Voor bestaande aansluitingen op het laagspanningsnet (LS-net) (<55 kW) die geen zwaardere aansluiting nodig hebben congestie voor geen beperkingen zorgt. LS aansluitingen mogen namelijk het gehele piekvermogen van de aansluiting gebruiken zonder dat een transportcontract hoeft te worden gewijzigd.

²⁴ 2024, PWC Strategy&, Financiële Impact Energietransitie voor Netbeheerders

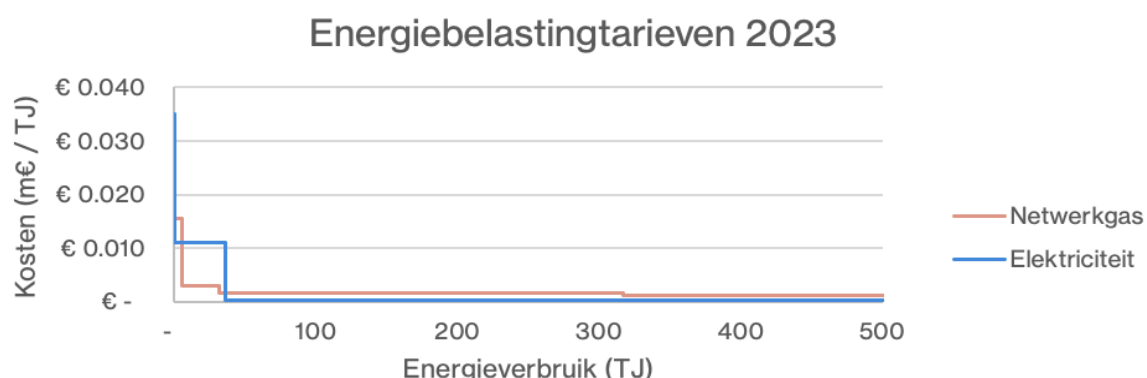
2. Voor bestaande aansluitingen op het laagspanningsnet (<55 kW) die wel een verzwaaard moeten worden hebben we twee bronnen geraadpleegd. Via stroomnetcheckers van de drie regionale netbeheerders hebben we voor tien willekeurige adressen gecheckt of er op dit moment is van netcongestie. Bij vier van de tien adressen was de status onbekend, bij de overige adressen was er voldoende ruimte op het net. In het document 'Actieagenda netcongestie laagspanningsnetten' (2024) wordt ingeschat dat er circa 350.000 laagspanningsaansluitingen zullen kampen met onderspanning in 2030. Dit is ongeveer 4% van het totaal aantal laagspanningsaansluitingen. Welk percentage geldt voor utiliteitsgebouwen, die doorgaans een grotere warmtevraag hebben dan huishoudens, is niet bekend. We doen een conservatieve aanname dat 20% van de bedrijven op het laagspanningsnet met een te kleine aansluiting voor verduurzaming richting 2030 te maken zullen krijgen met netcongestie.
3. Voor bestaande aansluitingen aan LS/MS, MS of MS/HS (>55 kW) hebben we de capaciteitskaart van Netbeheer Nederland geraadpleegd²⁵. Bijna heel Nederland is rood ('tekort aan transportcapaciteit met wachtrij') of oranje ('gebied is in onderzoek met wachtrij') gekleurd. Een deel van de aanvragen die in de wachtrij staan zullen echter voor 2030 al kunnen worden aangesloten doordat de netbeheerders de netten in hoog tempo verzwaren. Toch gaan we er in dit rapport van uit dat 80% van de bedrijven met een grootverbruikaansluiting richting 2030 te maken zullen krijgen met netcongestie.

Deze aannames zijn gemaakt door Kalavasta. We hebben geprobeerd om deze aannames te toetsen bij netbeheerders, maar deze waren niet in staat om hierop te reageren.

Vergelijking van de energiebelasting tarieven

Tussen 2023 en 2030 zullen stapsgewijs tariefwijzigingen in de energiebelasting plaatsvinden. We baseren ons in dit onderzoek op de tarieven die we van de opdrachtgever hebben ontvangen.

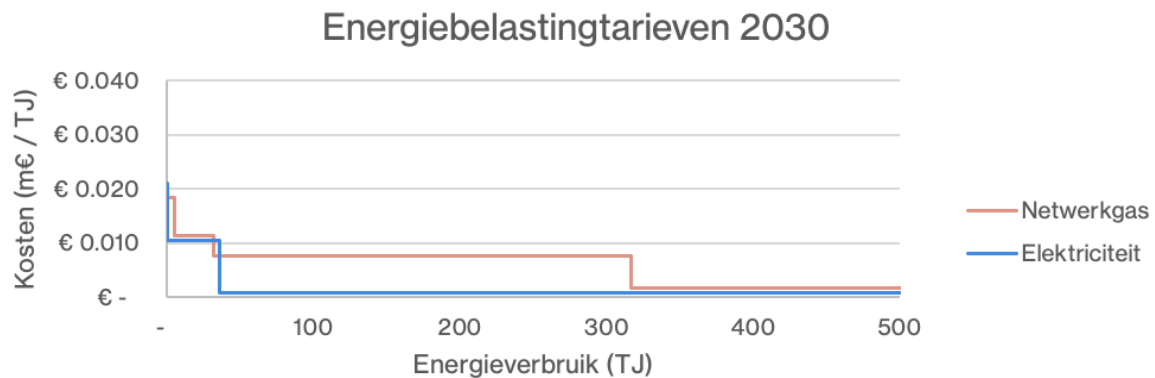
Noemenswaardig is dat de verhouding tussen de tarieven op netwerkgas en elektriciteit gaat verschuiven. In 2023 was het tarief op aardgas per eenheid energie lager voor energievolumes tussen de ~5 en ~32 TJ en hoger vanaf 32 TJ, zie Figuur 6.



Figuur 6. Een vergelijking van het energiebelastingtarief voor netwerkgas en elektriciteit per eenheid energie in 2023.

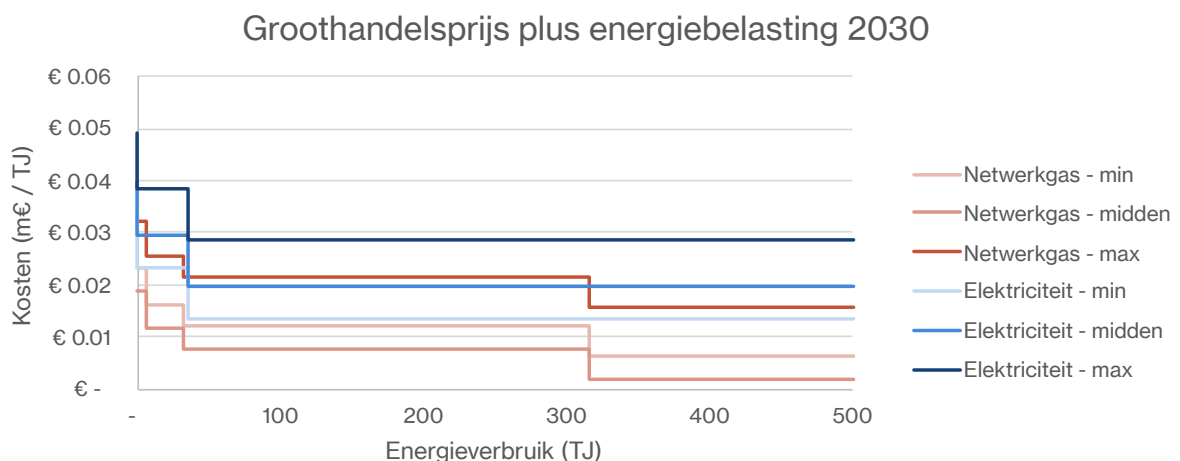
²⁵ <https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>

In 2030 zal het tarief voor vrijwel alle energievolumes hoger zijn voor netwerkgas dan elektriciteit, zie Figuur 7. Vooral tussen een energievolume van 32 en 317 TJ is het tarief voor netwerkgas vele malen hoger: bijna een factor 10. Dit tariefverschil stimuleert elektrificatie, of het overstappen op een energiedrager zonder energiebelasting (biomassa) of met een veel lager tarief per eenheid energie (waterstof).



Figuur 7. Een vergelijking van het energiebelastingtarief voor netwerkgas en elektriciteit per eenheid energie in 2030.

Echter is de groothandelsprijs van elektriciteit volgens de KEV2024 per eenheid energie aanzienlijk hoger dan die voor netwerkgas in 2030: in de middenraming kost elektriciteit 68 €/MWh en aardgas 0,23 €/m³, gelijk aan respectievelijk ongeveer 7,27 en 18,89 €/GJ. Als we de prijs voor netwerkgas corrigeren voor de bijmenging van het duurdere groengas zouden de kosten voor netwerkgas in 2030 zo'n 7,48 €/GJ zijn. Dit betekent dat, ondanks de lagere energiebelastingtarieven voor elektriciteit, de totale kosten door een verschuiven van aardgas naar elektriciteit bij een gelijkblijvende energievraag niet afnemen, zie Figuur 8. Bovendien is dan nog geen rekening gehouden met de nettarieven en kosten voor een nieuwe of verzwaarde netaansluiting. Dat betekent dat, binnen de geraamde energieprijzen, elektrificatie zonder energiewinst/efficiencyverbetering niet snel loont, als alleen naar de energiekosten wordt gekeken. Wanneer er wel efficiencyverbeteringen door gebruik te maken van een warmtepomp, zal elektrificatie wel kunnen lonen, uiteraard afhankelijk van kosten van elektrificatie.



Figuur 8. Een vergelijking van de kosten per eenheid energie voor netwerkgas en elektriciteit. De grafiek toont de som van de groothandelsprijs en energiebelasting.

Resultaten

Resultaten industrie

Kanttekeningen vooraf

Hieronder zullen we met verschillende aannames de CO₂-abatementscurves laten zien voor de ETS2-industrie. We willen vooraf een aantal kanttekeningen bij deze resultaten plaatsen.

- Hoewel onze berekeningen in sommige gevallen een negatieve CO₂-vermijdingsprijs laten zien, betekent dit niet dat bedrijven voor 2030 tot investeringen zullen overgaan. De besluitvorming rond verduurzamingsinvesteringen wordt door meer factoren beïnvloed dan alleen de kosteneffectiviteit van CO₂-reductie. Bedrijven kiezen doorgaans voor natuurlijke investeringsmomenten om dergelijke aanpassingen door te voeren, zoals het einde van de technische levensduur van bestaande installaties of gepland grootschalig onderhoud. Bovendien spelen ook andere factoren een rol, zoals beschikbaarheid van infrastructuur, financiering of het rondkrijgen van vergunningen. Daarnaast zullen er altijd bedrijven zijn die om eigen redenen niet de meest gunstige business case volgen. Dat betekent dat de grafiek niet gebruikt kan worden om af te lezen hoeveel emissiereductie in 2030 gehaald gaat worden. De gerealiseerde emissiereductie ligt hoogstwaarschijnlijk lager dan het rendabele potentieel.
- Hoewel we de analyse op redelijk hoog detailniveau hebben uitgevoerd, blijven de resultaten een indicatie van de werkelijkheid. Er zijn meerdere factoren die de nauwkeurigheid van onze bevindingen beïnvloeden:
 - De energieprijzen kennen een aanzienlijke mate van onzekerheid en fluctuaties. Daarnaast kunnen de tarieven voor netaansluiting, nettransport en de energielasting in de toekomst nog worden aangepast, wat impact heeft op de totale kostenstructuur.
 - In onze modellering hebben we specifieke aannames moeten doen over de meest significante activiteiten binnen elke sector. We beschikken echter niet over gedetailleerde informatie over alle activiteiten die plaatsvinden op alle bedrijfslocaties. Deze methodologische benadering vormt daardoor een vereenvoudiging van de meer complexe situatie binnen ieder bedrijf. Hoewel de kostenkengetallen waar mogelijk ook installatiekosten zijn meegenomen, kan dit per bedrijf sterk verschillen en zwaar meewegen in de totale investeringen.
 - Voor de classificatie van warmtebehoefte hebben we gewerkt met vier categorieën van warmtebehoefte. In werkelijkheid bestaat er natuurlijk een veel meer gedifferentieerde en continue verdeling van bedrijfsgroottes en bijbehorende energiebehoeften.

De gepresenteerde resultaten bieden daarom een waardevolle indicatie binnen de gestelde uitgangspunten, maar dienen niet als exacte voorspelling te worden geïnterpreteerd of toegepast.

Lezing van CO₂-abatementscurve

Een CO₂-abatementscurve kan gebruikt worden om vast te stellen tegen welke CO₂-prijs bepaalde emissies kosteneffectief kunnen worden gereduceerd.

De CO₂-abatementscurves tonen een de CO₂-kostencurve voor de emissies van 2023, die in totaal ongeveer 2,9 Mton bedragen. De emissiereductiedoelstelling is 1,8 Mton, wat een reductie van 1,1 Mton vereist, aangegeven door de verticale stippellijn op 1,1 Mton. Emissies links van deze lijn moeten tegen 2030 worden gereduceerd, terwijl die aan de rechterkant mogen blijven bestaan tot 2030.

Elke balk vertegenwoordigt een deel van de emissies uit 2023 (x-as) die kunnen worden verminderd tegen een specifieke CO₂-vermijdingsprijs (y-as). Voor elke subsector en bedrijfstype berekenen we voor elke technisch mogelijke verduurzamingsoptie de CO₂-vermijdingsprijs. In de microprofielen, die later in dit rapport aan bod komen, geven we hier een paar voorbeelden van. In de CO₂-abatementscurve tonen we alleen die techniek met de laagste CO₂-vermijdingsprijs.

Balken met een negatieve CO₂-vermijdingsprijs zijn binnen het gestelde kader al rendabel, wat betekent dat de jaarlijkse kosten van deze emissiereductietechnologieën lager zijn dan doorgaan met de gasgestookte business as usual. Deze kosteneffectiviteit betekent echter niet automatisch dat bedrijven deze veranderingen ook zullen doorvoeren, zoals hierboven ook is uitgelegd.

In de CO₂-abatementscurves tonen we de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton in 2030 als een gestippelde lijn. Alle emissiereductie met een CO₂-vermijdingsprijs onder deze lijn zou onder de aannames in de getoonde analyse rendabel zijn.

Onder de hoofdgrafiek staat een tweede plot die de warmtebehoefte per bedrijfstype weergeeft. Zoals in de methodiek is beschreven, is elke subsector verdeeld in vier groottes wat betreft warmtevraag in het basisjaar 2023. Deze worden weergegeven in grijsblokken, waarbij elk grijs blokje de relatieve warmtebehoefte aangeeft van het bedrijfstype dat door de balk er direct boven wordt vertegenwoordigd. Deze balk kan worden afgelezen om te zien of bepaalde maatregelen een relatief grotere invloed hebben op bedrijven met een grote of kleine warmtevraag. Het is hierbij belangrijk om te realiseren dat de data voor de ETS2 industrie wordt getoond en is geschaald. De benoeming van een "zeer grote" warmtevraag, is in verhouding nog steeds klein vergeleken met de warmtevraag van veel ETS1 bedrijven. De warmtebehoefte zoals hier benoemd is, is niet gerelateerd aan de temperatuurvraag van een bedrijf.

Macroresultaten: CO₂-abatementscurves ETS2-industrie

Hieronder volgen de CO₂-abatementscurve die we in dit onderzoek hebben opgesteld. Deze curve kan worden gebruikt om af te lezen hoeveel reductiepotentieel tegen welke CO₂-prijs rendabel zou zijn onder de gestelde aannames. Het is geen voorspelling van de gerealiseerde reductie.

We tonen hier in totaal 9 CO₂-abatementscurves:

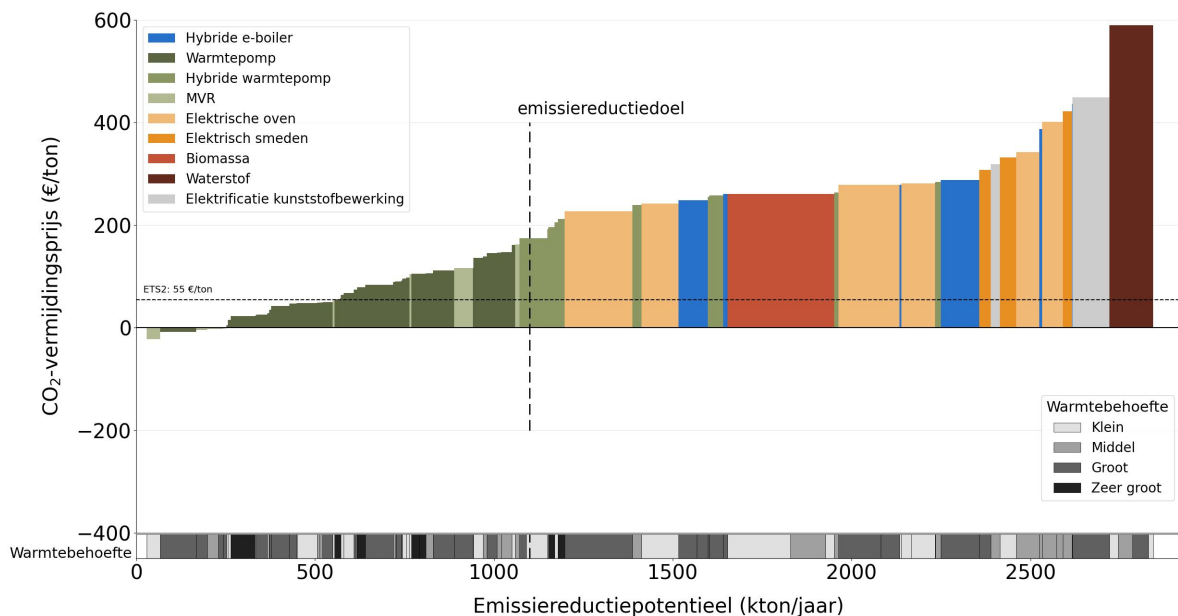
- **Figuur 9:** 2030 exclusief energiebelasting, exclusief subsidies,
- **Figuur 10:** 2030 inclusief energiebelasting, exclusief subsidies,
- **Figuur 11:** 2023 inclusief energiebelasting, exclusief subsidies,
- **Figuur 12:** 2030 inclusief energiebelasting, inclusief subsidies,
- **Figuur 13:** 2030 inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, exclusief SDE++,
- **Figuur 14:** 2030 inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, inclusief netcongestie, inclusief hybride elektrificatie,
- **Figuur 15:** 2030 inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, inclusief netcongestie, exclusief hybride elektrificatie,

- **Figuur 16:** 2030 inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, met een terugverdientijd van 7 jaar in plaats van 15 jaar,
- **Figuur 17:** 2035-2040 inclusief energiebelasting, inclusief subsidies.

De centrale grafiek is Figuur 12, waarin de CO₂-abatement curve voor 2030 wordt getoond inclusief energiebelasting en subsidies. De voorgaande grafieken worden getoond om het desbetreffende effect van diversie beleidsmaatregelen (energiebelasting, subsidies) te tonen. Vervolgens onderzoeken we in Figuur 14 tot Figuur 16 de impact van netcongestie of een kortere terugverdientijd. Figuur 17 toont de CO₂-abatement curve in na 2030, wanneer op termijn alle ETS2-rechten zouden moeten zijn afgebouwd.

2030, exclusief energiebelasting, exclusief subsidies

Als alleen CAPEX, OPEX, inkoop van energie en nettarieven/-aansluiting wordt meegenomen, en dus geen beprijzend of subsidiërend beleid, is slechts een klein deel van de verduurzamingstechnologie rendabel, ongeveer 500 kton, zie Figuur 9.



Figuur 9. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2030, zonder energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie en nettarieven.

Links in de curve zien we technieken die energie besparen: warmtepompen en MVR's. In het midden van de curve zien we elektrificatie zonder energiebesparing, zoals een e-boiler, elektrische oven. Omdat aardgas per eenheid energie goedkoper is dan elektriciteit is in deze abatement curve (zonder beprijzing en subsidie) een hybride e-boiler iets goedkoper dan een e-boiler.

In het midden van de curve zien we ook de inzet van biomassa. We hebben in dit onderzoek geen beperkingen aangenomen voor de inzet van biomassa, hoewel die zowel wat betreft stikstofuitstoot als wat betreft duurzaamheid misschien wel aanwezig kunnen zijn. Bovendien vergt de inzet van biomassa opslag op de bedrijfslocatie en het zekerstellen van de aanvoer. Bedrijven zouden dus ook om praktische redenen de voorkeur aan een alternatieve, maar iets duurdere technologie, zoals een e-boiler, kunnen geven.

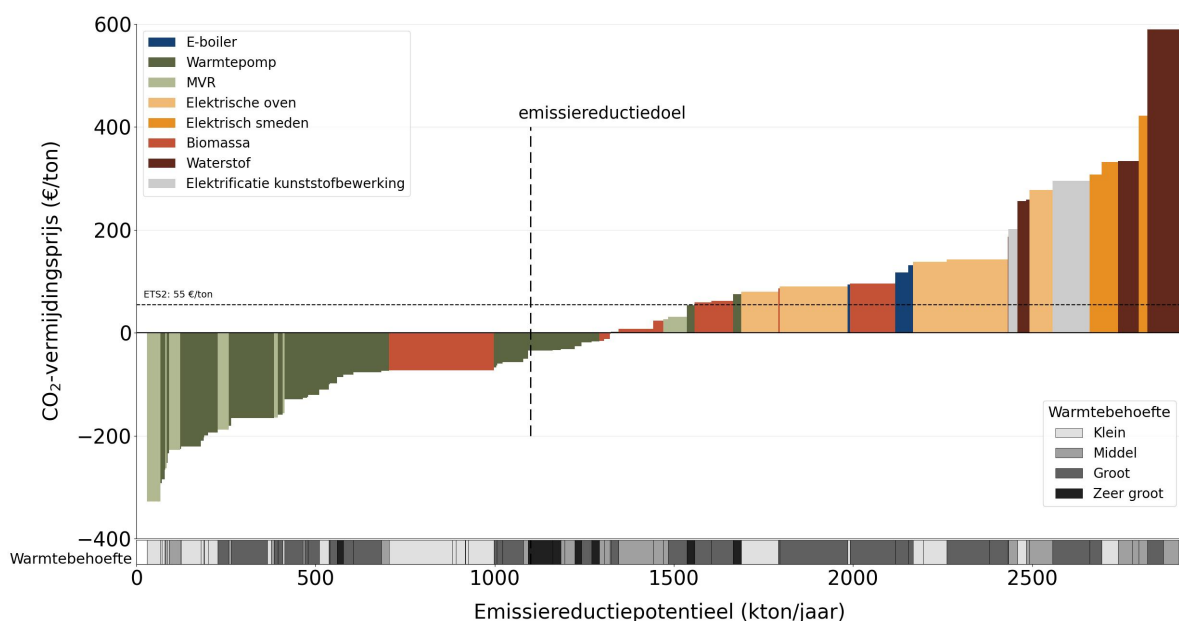
Helemaal rechts in de curve zien we waterstof. Dit is de meeste kostbare manier om emissies te reduceren, omdat de geraamde prijs van waterstof hoog is. Belangrijk hierbij is om aan te geven dat deze prijs uiterst onzeker is. De prijs van waterstof kan lager uitvallen, maar ook nog hoger. Dat betekent dat voorzichtigheid nodig is wanneer de curve gebruikt wordt om een CO₂-prijs te bepalen waartegen alle emissies gereduceerd zouden worden.

In de CO₂-abatements curve zonder beprijzing en subsidiering zien we een redelijk gelijke verdeling van warmtebehoefte over de curve, zichtbaar in de grijze bar onder de plot. Dit betekent dat er geen sterke relatie is de warmtevraag en de CO₂-vermijdingsprijs, oftewel voor bedrijven met een grote of kleine warmtevraag is het niet meer of minder aantrekkelijk om te verduurzamen.

2030, inclusief energiebelasting, exclusief subsidie

Als energiebelasting wordt meegewogen, verandert de CO₂-abatements curve aanzienlijk, zie Figuur 10. Zoals eerder toegelicht (zie pagina 28) is de energiebelasting op netwerkgas in 2030 voor bepaalde energievolumes vele malen hoger dan op elektriciteit. Door af te stappen van een gasgestookte installatie kunnen bedrijven hierdoor een kostenbesparing realiseren.

In de CO₂-abatements curve is te zien dat er, als de energiebelasting wordt meegenomen, in 2030 meer emissiereductie rendabel zou zijn dan nodig is om het reductiedoel te halen. Specifiek zou er voor ongeveer 1,6 Mton emissiereductie rendabel zijn. Dit is 0,5 Mton meer dan het reductiedoel van 1,1 Mton. Dit suggereert dat er geen additioneel beprijzend beleid nodig is om voldoende emissiereductiepotentieel rendabel te maken. Er kan niet worden aangenomen dat alle rendabele emissiereductie daadwerkelijk gerealiseerd wordt. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat de benodigde infrastructuur voor elektrificatie niet aanwezig is of omdat een bedrijf de huidige installatie wil afschrijven voordat in een nieuwe installatie wordt geïnvesteerd.



Figuur 10. De CO₂-abatements curve voor de ETS2-industrie in 2030, inclusief energiebelasting, zonder subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven en de energiebelasting.

We zien een paar opvallende verschuivingen. Elektrificatie met energiebesparing (warmtepomp en MVR) krijgt door de energiebelasting een lagere, vaak negatieve, CO₂-vermijdingsprijs. Dit komt doordat de energiebelasting op aardgas wegvalt en de energiebelasting op elektriciteit voor een lager volume elektriciteit terugkomt. Het netto-effect is dat er een kostenbesparing kan worden gerealiseerd als wordt overstapt op deze techniek, gegeven de gebruikte aannames en ramingen.

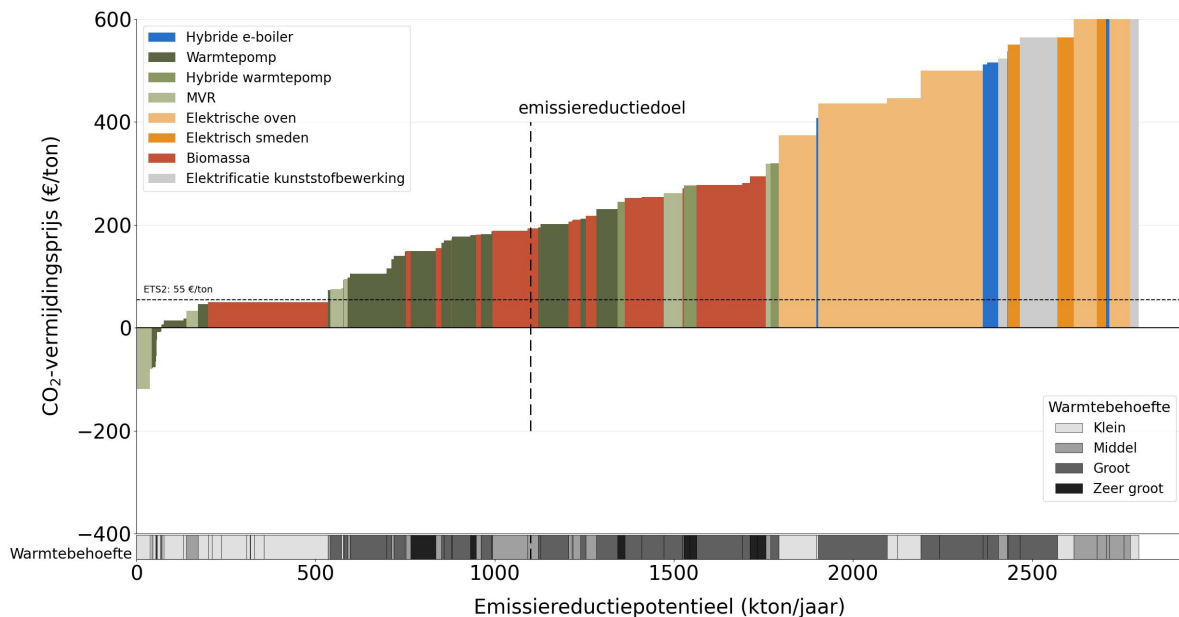
Ook wat betreft de inzet van biomassa zien we een duidelijke verlaging van de CO₂-vermijdingsprijs. Dit komt doordat er op deze energiedrager geen energiebelasting wordt geheven, waardoor puur de energiebelasting op aardgas wordt bespaard.

De technieken die gebruik maken van directe elektrificatie zonder energiebesparing krijgen door de energiebelasting veelal een lagere CO₂-vermijdingsprijs. In sommige gevallen zien we dat een overstap naar bijvoorbeeld biomassa echter meer loont, omdat hier geen energiebelasting voor terugkomt. Dit verklaart het verschil in de inzet van technieken in de abatement curve zonder en met energiebelasting.

De CO₂-vermijdingsprijs van waterstof neemt iets af, maar het effect is beperkt. De inkoopkosten van waterstof wegen hier zeer zwaar mee in het bepalen van de CO₂-vermijdingsprijs. We zien geen opvallende relatie tussen de CO₂-vermijdingsprijs en de warmtebehoefte van een bedrijf, wat suggereert dat door de energiebelasting bedrijven met een grote of kleine warmtebehoefte niet meer of minder worden gestimuleerd om te verduurzamen.

2023, inclusief energiebelasting, exclusief subsidie

De energiebelastingtarieven zijn de afgelopen jaren gewijzigd en zullen tussen nu en 2030 verder veranderen. Om de impact van deze tariefwijzigingen aan te geven hebben we in Figuur 11 de CO₂-abatement curve getoond voor de situatie in 2023. De grafiek toont een aanzienlijk lager rendabel emissiereductiepotentieel van rond de 550 kton. Het verschil tussen deze grafiek en de versie uit 2030 wordt met name veroorzaakt door de veranderingen in de energiebelastingtarieven in schijf 3 en 4 (in het huidige tariefstelsel van 5 schijven). Zonder deze aanpassingen is de CO₂-vermijdingsprijs dus over het algemeen aanzienlijk hoger. We kunnen hieruit concluderen dat de recente aanpassingen aan de energiebelastingtarieven verduurzaming meer rendabel hebben gemaakt.



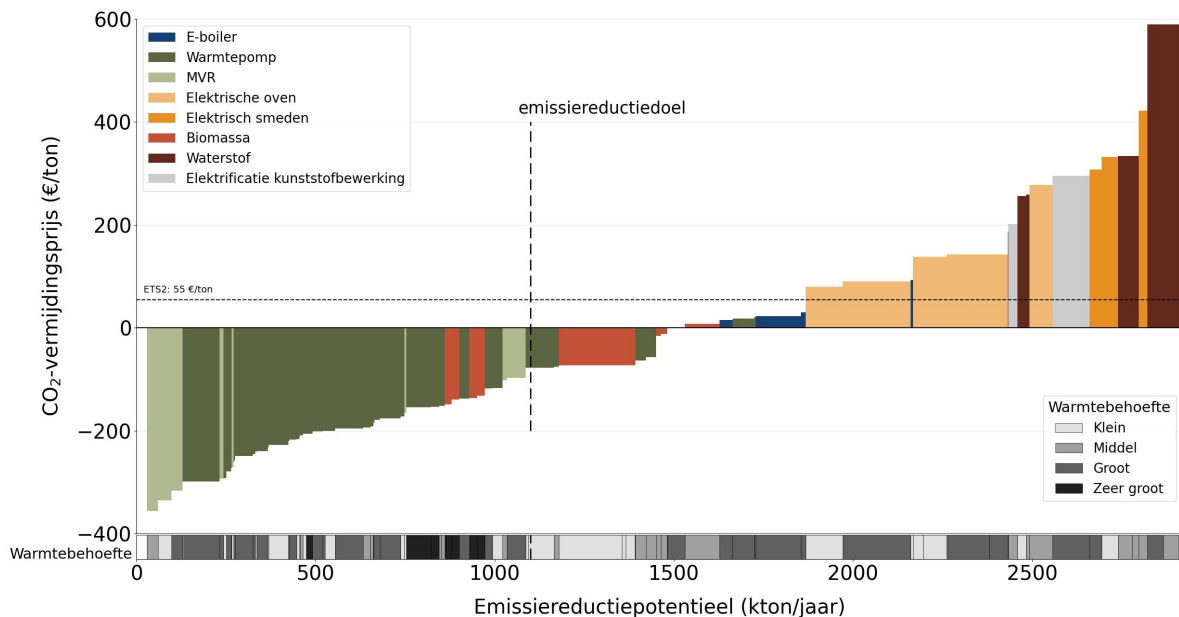
Figuur 11. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2023, inclusief energiebelasting, zonder subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven en de energiebelasting.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies

We hebben voor elke techniek berekend welke subsidies zouden kunnen worden aangevraagd. De subsidies die in deze analyse zijn meegenomen, SDE++, VEKI en EIA, kunnen voor een deel van de technieken worden aangevraagd. We hebben aangenomen dat bedrijven de subsidie aanvragen die de grootste jaarlijkse opbrengsten geeft. In veel gevallen is dit de SDE++. Echter geldt voor de SDE++ een techniekafhankelijke minimumeis: bijvoorbeeld voor warmtepompen een thermisch vermogen van 500 kWth. Dat betekent dat bedrijven met een warmtevraag beneden die grens sowieso geen SDE++ kunnen aanvragen. Ook de VEKI subsidie kent een ondergrens, maar dan wat betreft investering. In de praktijk komt dit erop neer dan de SDE++ subsidie vooral bedrijven met een relatief grote warmtevraag ondersteunt en dat voor de bedrijven met de kleinste warmtevraag alleen de EIA aan te vragen is.

In de volgende CO₂-abatement curve tonen we de CO₂-vermijdingsprijs inclusief de volgende subsidies: SDE++, VEKI en EIA, zie Figuur 12. We zien een verschuiving in het rendabele emissiereductiepotentieel tot ongeveer 1,8 Mton, dus 0,7 Mton meer dan het reductiedoel. Aansluitend bij de vorige grafiek suggereert dit dat er voldoende emissiereductie rendabel is in de ETS2-industrie. We herhalen hier dat dit niet betekent dat al deze emissiereductie ook gerealiseerd wordt, omdat bedrijven om uiteenlopende redenen niet altijd verduurzamen, ondanks een gunstige business case.

De KEV2024 raamde de emissies in de ETS2-industrie in 2030 op ongeveer 1,8 Mton, gelijk aan het reductiedoel. Zie voor meer toelichting de beschrijving van het emissiereductiedoel in de ETS2-industrie op pagina 14. Het PBL gebruikt bij het vaststellen van de emissiereductie geen CO₂-abatement curve en houdt bij de meeste technieken wel rekening met de levensduur van de installaties, iets wat in een CO₂-abatement curve juist niet wordt weergegeven. Het is daarom te verwachten dat de geraamde emissiereductie uit de KEV2024 en de rendabele emissiereductie volgens de CO₂-abatement curve verschillen.



Figuur 12. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies SDE++, VEKI en EIA.

Van de onderzochte subsidies is het meest opvallende effect de verlaging van de CO₂-vermijdingsprijs voor warmtepompen en MVR's door de SDE++. Als we kijken naar de relatie tussen de CO₂-vermijdingsprijs en de warmtevraag in de grijze bar, zien we nu een verschuiving van bedrijven met een relatief grote warmtevraag (donkerder grijs in de bar) naar links in de curve. Dit zijn de bedrijven met een warmtevraag boven de 500 kW thermisch, die de SDE++ subsidie kunnen aanvragen.

De SDE++ subsidie kan ook worden aangevraagd voor een stoomketel op houtpellets, maar de ondergrens hiervoor is hoger dan bij een warmtepomp (5 MWth). Concreet betekent dat de CO₂-vermijdingsprijs voor bedrijven met een grotere warmtebehoefte kan verlagen, maar dat de CO₂-vermijdingsprijs voor een biomassaketel bij andere bedrijven niet door de SDE++ wordt beïnvloedt.

De berekende CO₂-vermijdingsprijs van een e-boiler daalt aanzienlijk door subsidies, zoals goed te zien is in de hoogte van de donkerblauwe vakjes in Figuur 10 en Figuur 12: door de SDE++ subsidie daalt de CO₂-vermijdingsprijs voor een voorbeeld chemiebedrijf van 117 €/ton tot 15 €/ton. Met de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton leidt dit ertoe dat een e-boiler mét SDE++ subsidie wel rendabel is, en zonder SDE++ subsidie niet.

Desondanks zien we e-boilers niet op grote schaal in de CO₂-abatement curve. Ten eerste komt dat doordat de ETS2-industrie veel lage temperatuur warmtevraag heeft, welke met een meer rendabele warmtepomp kan worden ingevuld. Bovendien is de CO₂-vermijdingsprijs voor een e-boiler vaak hoger dan bijvoorbeeld de overstap op een stoomketel op biomassa, omdat deze energiedrager goedkoper is en omdat er geen meerkosten voor de netaansluiting en -transport bijkomen. Voor veel bedrijven waar nu biomassa als goedkoopste optie in de CO₂-abatement curve is weergegeven, zou een e-boiler ook een optie kunnen zijn. Vanwege praktische en duurzaamheidsbezwaren omtrent biomassa, zoals eerder

toegelicht, zouden bedrijven dan ook de voorkeur kunnen geven aan de iets duurdere e-boiler. Deze overstap wordt sterk bevorderd door de SDE++ subsidie.

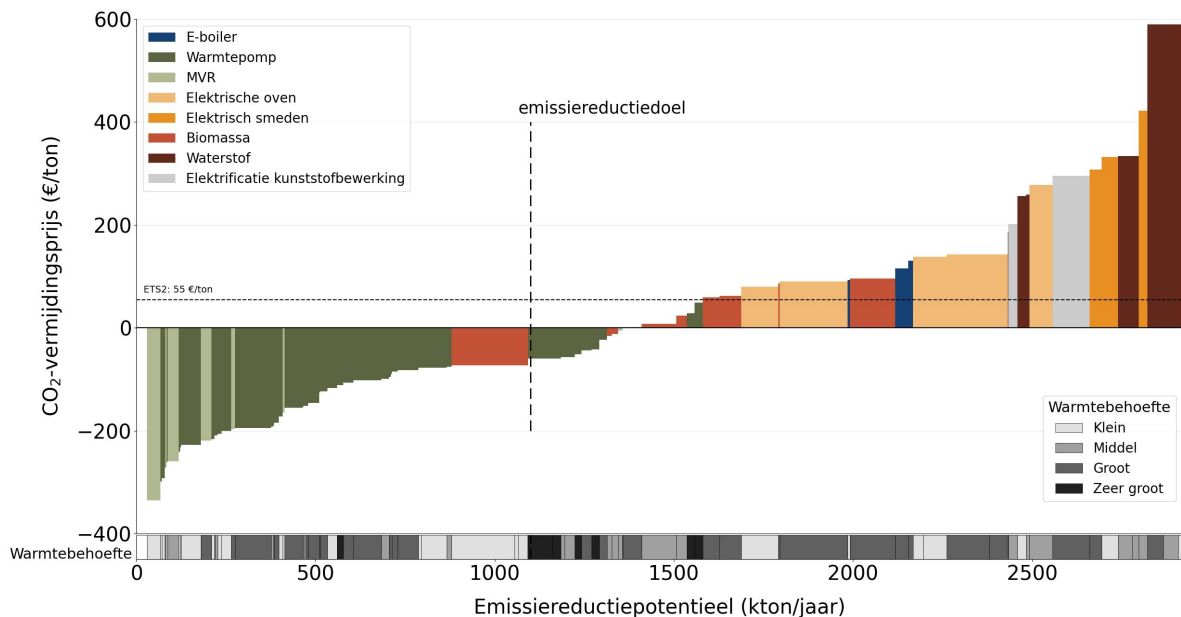
2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies VEKI en EIA, exclusief SDE++

Op 21 februari 2025 informeerde minister Hermans de tweede kamer dat er geen zekerheid is dat de SDE++ subsidie vanaf 2026 kan worden opengesteld. In de voorjaarsbesluitvorming is toch budget beschikbaar gesteld voor 2026. Of er in de jaren daarna structureel budget beschikbaar komt voor SDE++ subsidie is nog onzeker. We hebben daarom ook een analyse uitgevoerd waarin alleen de VEKI en EIA subsidies kunnen worden aangevraagd. De bijbehorende CO₂-abatementscurve is weergegeven in Figuur 13. We zien dat de SDE++ van de subsidies de grootste impact had op de CO₂-abatementscurve: vooral voor warmtepompen zien we dat de CO₂-vermijdingsprijs zonder SDE++ minder laag is. Dat betekent dat, door het wegvallen van de SDE++ subsidie, de business case voor verduurzaming voor een aanzienlijk deel van de bedrijven minder aantrekkelijk wordt.

Ook op de CO₂-vermijdingsprijs van e-boilers zien we een duidelijk effect van het wegvallen van de SDE++ subsidie. Hoewel de EIA de CO₂-vermijdingsprijs verlaagd, is de impact op de jaarlijkse kosten minder groot dan die van de SDE++. Voor een voorbeeld chemiebedrijf zien we dat de CO₂-vermijdingsprijs zonder subsidies 117 €/ton is, met de SDE++ subsidie 15 €/ton is en met de EIA subsidie 115 €/ton is. Het bedrijf kan, als de SDE++ wegvalt, dus nog wel een EIA subsidie aanvragen om een deel van de investeringskosten gesubsidieerd te krijgen, maar de impact op de jaarlijkse kosten van deze subsidie is aanzienlijk lager dan die van de SDE++. Het wegvallen van de SDE++ leidt er dus toe dat e-boilers niet meer rendabel zijn onder de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton, terwijl deze met SDE++ subsidie wel rendabel zijn.

Voor de totale hoeveelheid rendabel emissiereductiepotentieel heeft het wegvallen van de SDE++ subsidie een effect van ongeveer 200 kton tot 1,6 Mton. Echter kan daaruit niet geconcludeerd worden dat het wegvallen van de SDE++ de verduurzaming in de ETS2-industrie beperkt zal schaden. We verwachten dat het effect van de SDE++ subsidie op de business case van verduurzamen wel degelijk bedrijven kan overhalen om sneller de aanpassingen te maken en dus dat de kans dat het reductiedoel in 2030 gehaald wordt aanzienlijk wordt verbeterd als de SDE++ subsidie beschikbaar blijft. Immers hoe gunstiger een business case, hoe eerder een bedrijf over het algemeen de overstap zal willen maken.

Het is cruciaal om te realiseren dat deze analyse alleen de CO₂-vermijdingsprijs van de ETS2-industrie betreft en niet die in de ETS1 industrie. De ETS1 industrie is zowel qua energievraag als emissies vele malen groter, en bestaat over het algemeen uit complexere bedrijven met een hoge temperatuurvraag. De resultaten van de ETS2-industrie zijn dus niet te generaliseren naar de ETS1 industrie.



Figuur 13. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies, maar zonder de SDE++. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies VEKI en EIA.

We gaan er in de het vervolg van de analyses vanuit dat de SDE++ subsidie wel kan worden aangevraagd, omdat er geen zekerheid is gegeven over de toekomst van de SDE++. Over het algemeen kan gesteld worden dat, indien SDE++ niet wordt opengesteld, de CO₂-vermijdingsprijs voor verschillende technieken verhoogt en het rendabele reductiepotentieel verlaagt.

De impact van netcongestie op de CO₂-abatement curve

Netcongestie speelt in vrijwel het gehele land. Veel bedrijven moeten wachten op een uitbreiding van hun netaansluiting voordat zij kunnen elektrificeren. Ter illustratie hebben we de situatie doorgerekend waarin bedrijven door netcongestie geen mogelijkheid hebben om volledig te elektrificeren. We werken hier met verschillende percentages van projecten die door netcongestie geen doorgang kunnen vinden per netvlak, zie de beschrijving in de Methodiek (op pagina 27).

We rekenen twee situaties door:

- We nemen aan dat de fysieke aansluiting voor verzwaring wel aanwezig is, maar dat de capaciteit op het net beperkt is. In dat geval kunnen bedrijven wel elektrificeren, maar moet op verzoek van de netbeheerder gedurende piekuren overgeschakeld moet worden op een gasgestookt alternatief. Dit kan bijvoorbeeld als tussen het bedrijf en de netbeheerder een non-firm aansluit- en transport overeenkomst (non-firm ATO) is afgesloten. Dit is een transportovereenkomst waarbij de netbeheerder gedurende piekuren het recht van transport kan beperken. Op deze momenten moet de warmtepomp afschakelen en de gasgestookte opwek het overnemen. Hiermee zou de wachtrij voor meer transportcapaciteit mogelijk kunnen worden overgeslagen. Deze hybride opstelling vergt dus 2 installaties. We hebben aangenomen dat 15% van de tijd de elektriciteitsvraag moet worden afgeschakeld. In deze situatie hebben de bedrijven dus nog wel de mogelijkheid om hybride te elektrificeren, maar niet volledig.

- We nemen aan dat elektrificatie in het geheel niet mogelijk is. Bedrijven die door congestie niet kunnen elektrificeren, zouden dan alleen op biomassa of waterstof over kunnen stappen.

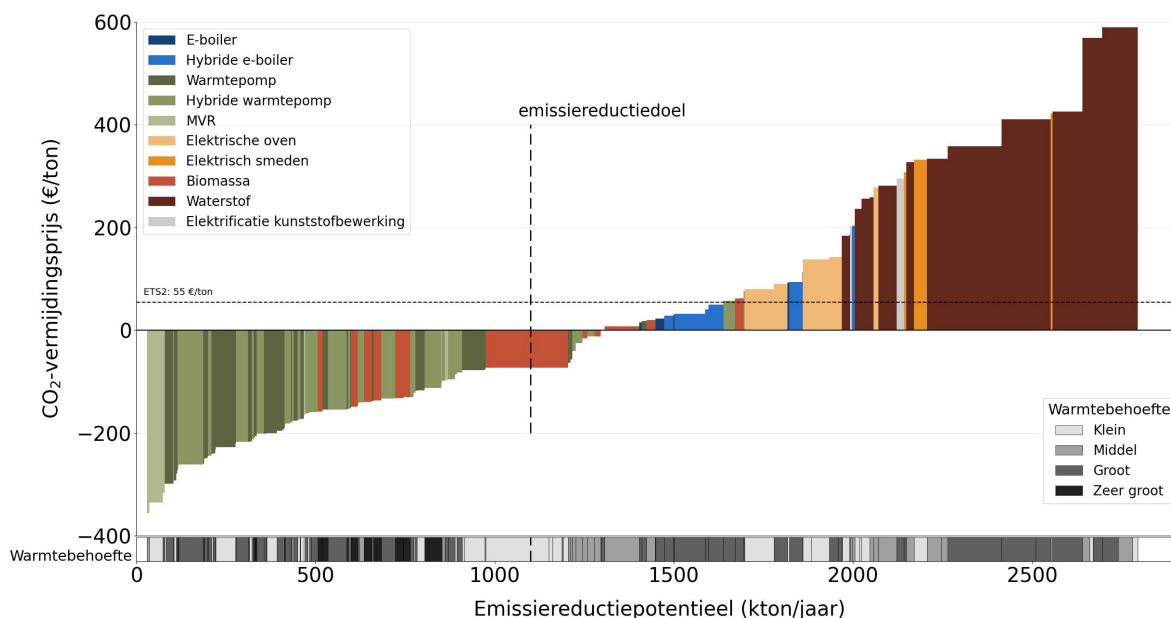
2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, door netcongestie is alleen hybride elektrificatie mogelijk

Indien bedrijven in congestiegebieden wel met hybride elektrificatie zouden kunnen werken, zou bij veel bedrijven waar zonder congestie een warmtepomp de meest gunstige keuze was, nu een hybride warmtepomp de techniek met de laagste CO₂-vermijdingsprijs zijn, zie Figuur 14. Als wordt overgestapt op een hybride situatie stijgen de kosten, omdat er 2 installaties moeten worden afgeschreven en onderhouden en omdat er energiebelasting op netwerkgas moet worden betaald.

Daarnaast zien we dat veel bedrijven voor wie directe elektrificatie zonder congestie de meest gunstige optie was, na congestie alleen uit kunnen wijken naar waterstof. Deze brandstofwissel zou een sterke kostenstijging betekenen.

Voor verschillende bedrijfstypen kan verduurzamen binnen de beperkingen van netcongestie dus een kostenstijging betekenen. Ook als er een negatieve CO₂-vermijdingsprijs geldt, kunnen de jaarlijkse kosten nog steeds stijgen ten opzichte van de volledig geëlektrificeerde situatie. Bedrijven kunnen er daardoor voor kiezen om te wachten met investeren tot de netcapaciteit beschikbaar is.

In deze situatie, waar hybride installaties ondanks netcongestie wel mogelijk zijn, zien we een verschuiving van het rendabele emissiereductiepotentieel tot 1,7 Mton.

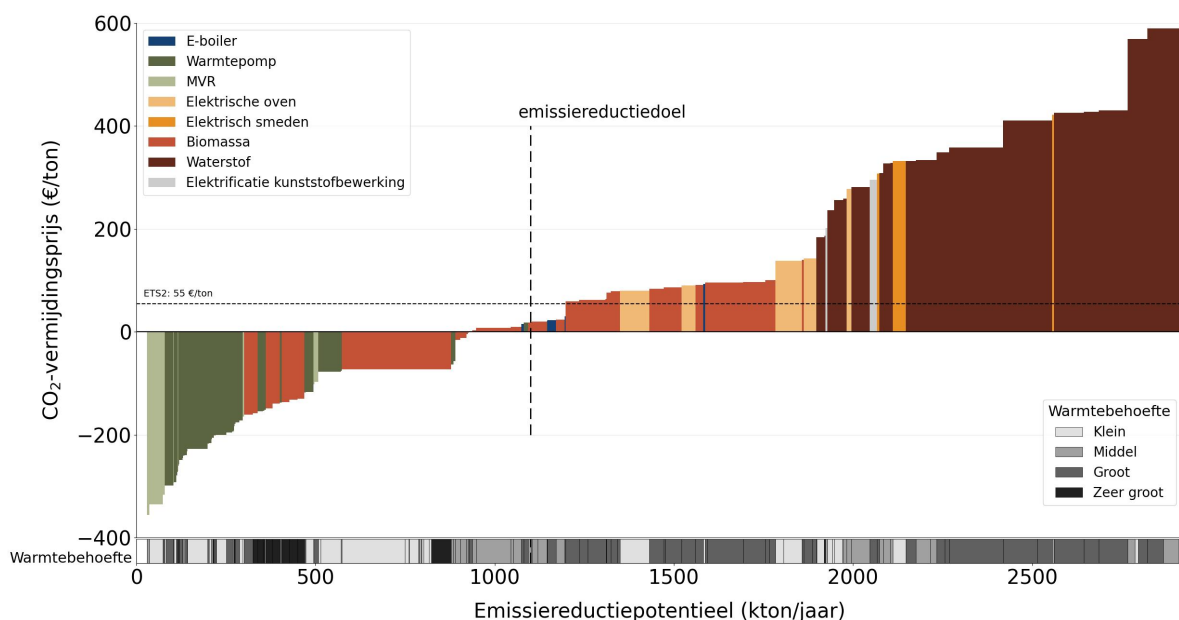


Figuur 14. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies. Door netcongestie is volledige elektrificatie voor een deel van de projecten geen optie. Bij deze curve is aangenomen dat hybride elektrificatie wel mogelijk is, ondanks netcongestie.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, door netcongestie is geen elektrificatie mogelijk

We rekenen vervolgens de situatie door waarin door netcongestie bij de bedrijven in congestiegebied helemaal niet geëlektrificeerd zou kunnen worden. Het belangrijkste resultaat is dat een deel van de bedrijven voor wie warmtepompen, MVR's of andere elektrificatie de meest goedkope reductietechniek was, deze optie niet meer hebben en slechts kunnen uitwijken naar biomassa of waterstof. Deze uitwijking gaat gepaard met een hogere CO₂-vermijdingsprijs. Ook als de CO₂-vermijdingsprijs negatief is, kan deze wel hoger zijn dan bij de gunstigere elektrificatie opties en betalen bedrijven op termijn dus hogere jaarlijkse lasten. Bedrijven in deze situatie forceren om de minder gunstige optie te kiezen leidt dus tot hogere lasten op de lange termijn en een duidelijke wijziging van de energiemix richting biomassa en waterstof. Op dit laatste punt wordt verder in het rapport dieper ingegaan. Deze kostenstijging benadrukt het belang van elektrificatie, zelfs binnen de belemmeringen van netcongestie. Hybride elektrificatie is voor de meeste bedrijven een gunstigere optie dan alternatieve brandstoffen en bovendien kan dan op termijn alsnog op het meeste gunstige optie worden overgestapt: volledige elektrificatie.

Het rendabel emissiereductiepotentieel is onder deze aannames rond 1,2 Mton, dus nog steeds voorbij het emissiereductiedoel van 1,1 Mton in 2030. Dat suggereert dat onder deze aannames –elektrificatie is door netcongestie in veel gebieden niet mogelijk – geen aanvullende beprijzing nodig zou zijn om voldoende emissiereductiepotentieel rendabel te maken in de ETS2-industrie. Een additionele heffing zou er in dit geval wel toe kunnen leiden dat bedrijven verduurzamingskeuzes maken die op termijn niet de meest gunstige zijn, of een lastenverzwaring voor bedrijven geven zonder gevolgen voor de emissies.



Figuur 15. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies, maar zonder de SDE++. Door netcongestie is volledige elektrificatie voor een deel van de projecten geen optie. Bij deze curve is aangenomen dat hybride elektrificatie niet mogelijk is.

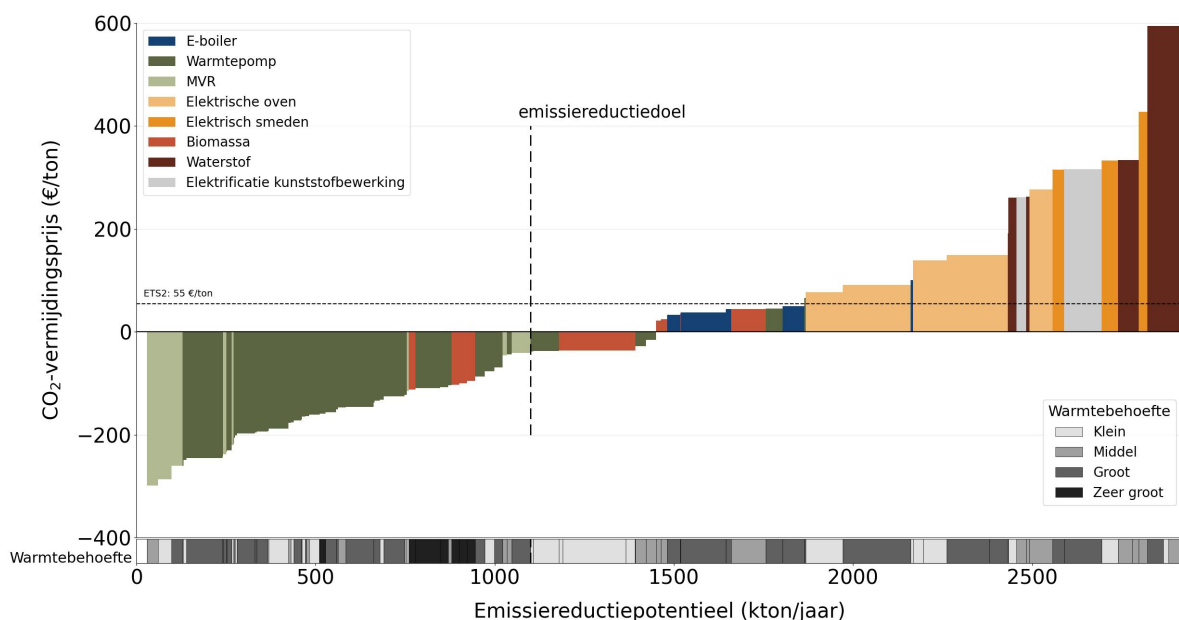
De voorgaande analyses laten zien dat het voor veel bedrijven volledige elektrificatie de laagste CO₂-vermijdingsprijs heeft, maar dat, wanneer volledige elektrificatie door netcongestie belemmerd is, hybride

elektrificatie een beter alternatief is dan overstappen op een andere brandstof. Dit brengt op lange termijn lagere kosten met zich mee. Bovendien is het een voorbereiding op een toekomstige volledige elektrische situatie. Indien op termijn de netcapaciteit volstaat, kan de gasgestookte installatie afgeschakeld worden. Hybride elektrificatie kan op deze manier als een tussenoplossing fungeren. Hiervoor is het wel cruciaal dat de netbeheerders en bedrijven in staat zijn om een dergelijke overeenkomst te sluiten (bijvoorbeeld in de vorm van een non-firm ATO) en dat de fysieke netcapaciteit toereikend is.

Om binnen de beperkingen van netcongestie toch zo veel mogelijk emissies te reduceren en tegelijkertijd niet bedrijven te stimuleren om de keuze voor een brandstofwissel te maken, zou het ondersteunen van hybride opstellingen daarom overwogen kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld door de (tijdelijke) meer-kosten van de hybride opstelling (deels) weg te nemen.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, terugverdientijd 7 jaar

Bedrijven zullen eerder geneigd zijn om een investering te nemen, wanneer deze zich op korte termijn terugbetaald. We hebben daarom ook berekend wat de CO₂-vermijdingsprijs is als de emissiereductie-techniek zich al in 7 jaar tijd zou moeten terugverdienen, zie Figuur 16. In de meeste gevallen zien we dat de technieken die zich binnen 15 jaar terugverdienen dat ook al binnen 7 jaar zouden doen. Het rendabel emissiereductiepotentieel is 100 kton lager dan bij een terugverdientijd van 15 jaar, maar er blijft voldoende emissiereductiepotentieel rendabel ten opzichte van de doelstelling, zie Figuur 12. De reden hiervoor is dat de CAPEX afschrijving een relatief klein aandeel heeft in de jaarlijkse kosten. Dit zullen we verderop in de microprofielen voor een aantal bedrijven ook illustreren. Het is wel belangrijk om te vermelden dat, hoewel CAPEX op jaarbasis een relatief klein aandeel in de kosten kunnen hebben, de investering vooraf wel een obstakel voor een bedrijf kan zijn.

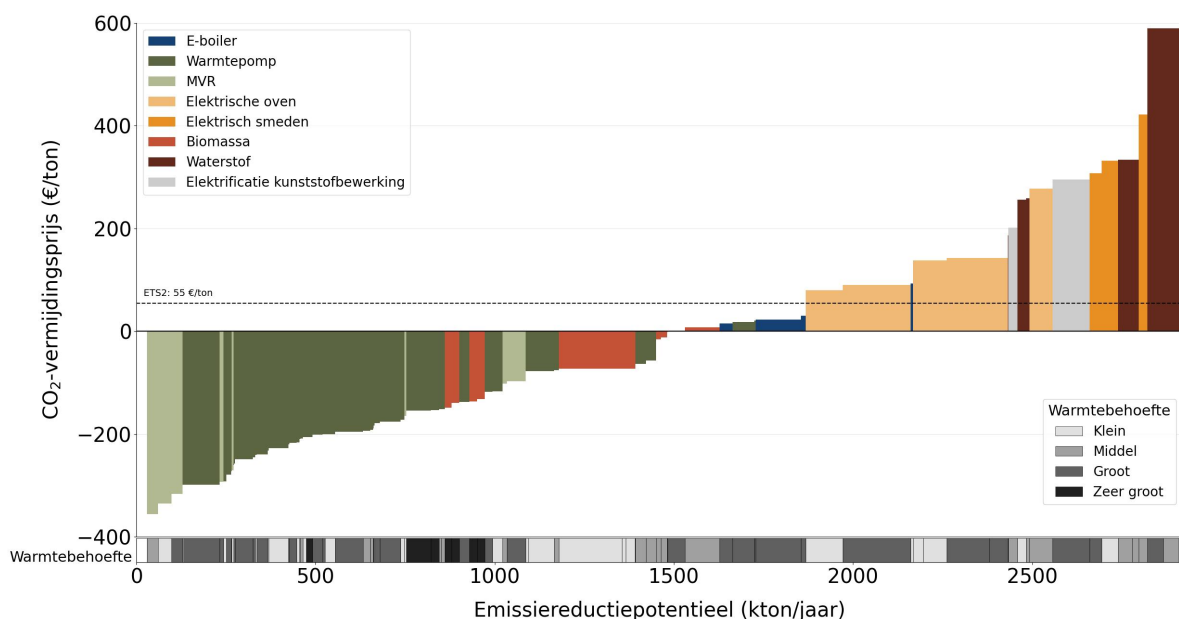


Figuur 16. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies. We rekenen hier met een terugverdientijd van 7 jaar, in plaats van de standaard 15 jaar in de andere grafieken.

2035-2040, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies VEKI en EIA

Tot slot geven we de CO₂-abatement curve weer voor 2035 en 2040, Figuur 17. De KEV2024-ramingen van de energieprijzen zijn voor 2035 en 2040 gelijk, en ook de energiebelastingtarieven die we hanteren veranderen vanaf 2030 niet, daarom is de CO₂-abatement curve voor 2035 en 2040 gelijk. We rekenen hier met energiebelasting en subsidies. We gaan ervan uit dat netcongestie geen rol speelt.

De CO₂-abatement curve voor 2035 en 2040 verschilt niet veel van het evenbeeld in 2030, Figuur 13. Dit is te verklaren door het feit dat de kostenkanten waar mee is gerekend nauwelijks veranderen. We kunnen de grafiek gebruiken om vast te stellen tegen welke CO₂-prijs alle emissies kosteneffectief kunnen worden gereduceerd. Met de gebruikte parameters ligt deze prijs rond de 600 €/ton, na correctie voor de ETS2 prijs (geraamd op 55 €/ton in 2040 in de KEV2024), dus rond de 550 €/ton. Hierbij zijn drie belangrijke opmerkingen te maken. Ten eerste: de CO₂-vermijdingsprijs voor de overstap naar hangt in hoge mate af van de inkoopprijs van waterstof, welke zeer onzeker is. De CO₂-prijs waarvoor alle emissiereductie rendabel is zou dus zowel hoger als lager uit kunnen vallen. Ten tweede zien we hier de CO₂-vermijdingsprijs voor de overstap naar waterstof in de metaalbewerkingindustrie. Momenteel is de energiebelasting op aardgas voor metallurgische (en mineralogische) industrie vrijgesteld. Dit maakt de totaalkosten van de huidige gasgestookte installatie relatief laag en de overstap naar een emissievrije techniek relatief duur. Tot slot is de benodigde extra CO₂-prijs sterk afhankelijk van de ETS2 marktprijs. Bij een stijging van de ETS2 prijs, is een lagere extra nationale CO₂-prijs nodig en vice versa. De KEV24 raamt de ETS2 prijs in 2040 op 55 €/ton, bandbreedte 55-110 €/ton.



Figuur 17. De CO₂-abatement curve voor de ETS2-industrie in 2035-2040, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies.

Tabel 14. Deze tabel toont het rendabele emissiereductiepotentieel voor verschillende scenario's voor de ETS2 industrie en de extra CO₂-heffing die nodig zou boven op de geraamde ETS2-prijs om voldoende emissiereductiepotentieel rendabel te maken.

	<i>Rendabel emissiereductiepotentieel bij 55 €/ton</i>	<i>Extra CO₂-heffing Kalavasta raming</i>
Doelstelling: 1,1 Mton emissiereductie in 2030		
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder congestie	1,8 Mton , dus meer dan de doelstelling	<i>Extra CO₂-beprijzing is niet nodig om voldoende emissiereductiepotentieel rendabel te maken. Er kan niet worden aangenomen dat het gehele rendabele reductiepotentieel daadwerkelijk tijdig wordt gerealiseerd.</i>
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder SDE++, zonder congestie	1,6 Mton , dus meer dan de doelstelling	
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, met netcongestie hybride mogelijk	1,7 Mton , dus meer dan de doelstelling	
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, met netcongestie hybride niet mogelijk	1,2 Mton , dus meer dan de doelstelling	
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder congestie, terugverdiensijd 7 jaar	1,7 Mton , dus meer dan de doelstelling	
Doelstelling: volledige emissiereductie na 2040		
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder congestie		~ 550 €/ton

Macroresultaten: invloed van de CO₂-prijs op de energiemix

We hebben onderzocht hoe de energiemix van de ETS2-industrie verandert als alle rendabele emissiereductiemaatregelen zouden worden genomen en hoe netcongestie deze mix kan beïnvloeden. We gebruiken als basis de CO₂-abatements curve waar energiebelasting en subsidies zijn meegenomen. Met betrekking tot netcongestie hebben we aannames gemaakt, welke zijn beschreven op pagina 27. We maken drie varianten:

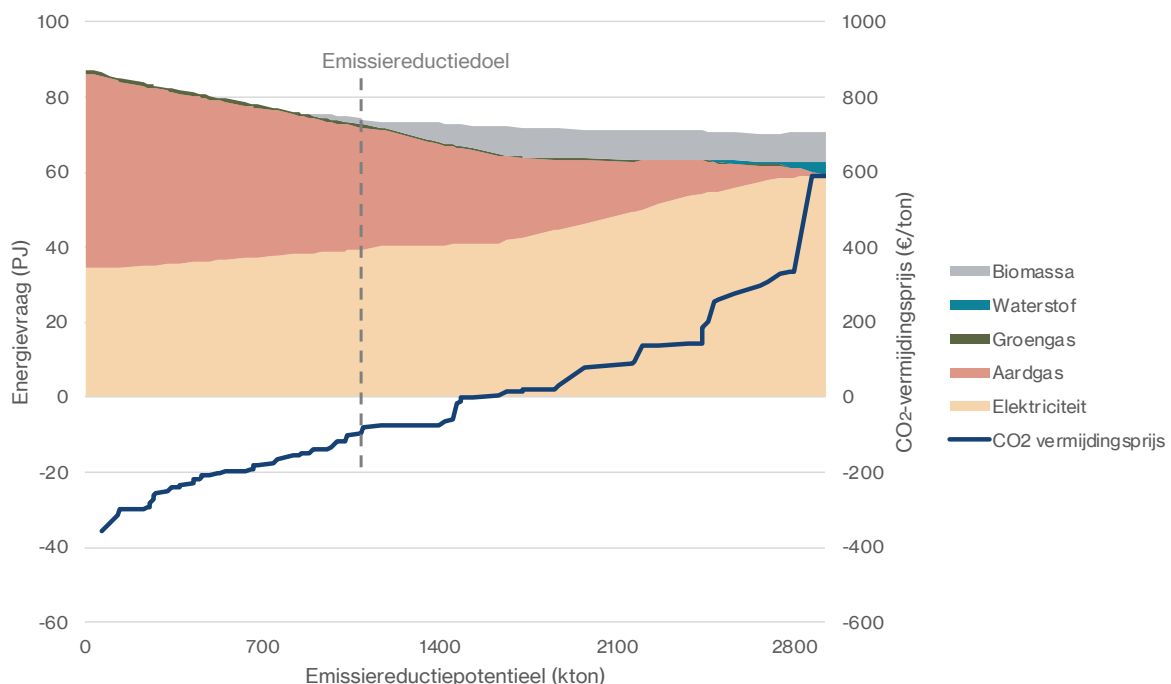
- Netcongestie is niet beperkend
- Volledige elektrificatie kan in netcongestiegebieden geen doorgang vinden en daarom moet worden uitgeweken naar de volgende goedkoopste techniek. Hybride is hierbij wel een optie.
- Elektrificatie kan in netcongestiegebieden geen doorgang vinden en daarom moet worden uitgeweken naar de volgende goedkoopste techniek: alleen biomassa en waterstof zijn hiervoor mogelijkheden.

In de volgende figuren tonen we de volumes aardgas, groengas, elektriciteit, waterstof en biomassa die door de hele ETS2-industrie worden gebruikt. Helemaal links in de grafiek is de verdeling in 2023 getoond: toen werd ongeveer 50 PJ netwerkgas en 35 PJ elektriciteit gebruikt. Bij alle emissiereductie op de x-as nemen we aan dat de goedkoopste reductietechniek is ingezet en verandert de energiemix naar gelang de energievraag van die techniek. Als voor een emissiereductie bijvoorbeeld een warmtepomp wordt ingezet, verlaagt de vraag naar aardgas en neemt de vraag naar elektriciteit in mindere mate toe (vanwege de efficiencywinst van een warmtepomp). Bij de inzet van een biomassa-boiler, zien we aardgas afnemen en biomassa toenemen. Volledig rechts zien we de energiemix indien alle emissies zijn gereduceerd. Over de grafiek heen is ook de bijbehorende CO₂-vermijdingsprijs getoond.

Zonder congestie

In Figuur 18 is de energiemix in 2030 getoond voor het reduceren van alle emissies bij de getoonde CO₂-prijs. We kunnen hier aflezen dat, om het emissiereductiedoel van 1,1 Mton te halen, er voornamelijk een afbouw van aardgas en een stijging van elektriciteit zal plaatsvinden. Daarnaast zien we ook dat de inzet van biomassa toeneemt. De totale energievraag neemt af.

Rechts in de curve is de energiemix te zien wanneer alle emissies op de onderzochte wijze zouden zijn gereduceerd. Aardgasgebruik is volledig afgebouwd en met name vervangen door elektriciteit. Daarnaast wordt ingezet op biomassa en in mindere mate waterstof. Dit zou de energiemix in de ETS2-industrie zijn als overal de goedkoopste emissiereductietechniek zou kunnen worden ingezet.



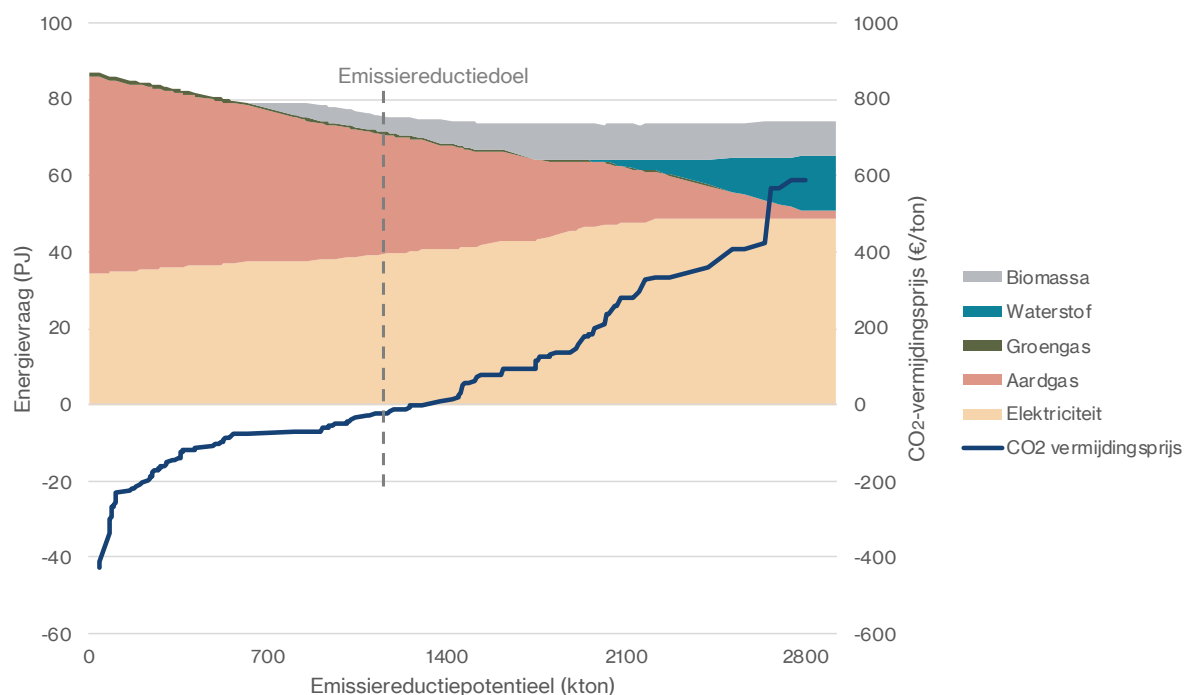
Figuur 18. De energiemix indien alle rendabele emissiereductie bij de aangegeven CO₂-prijs (blauwe lijn) genomen zou worden in 2030, indien netcongestie geen rol zou spelen.

Hybride wel mogelijk

Figuur 19 toont de energiemix indien door netcongestie een deel van de elektrificatie projecten geen doorgang kan vinden. In het linkerdeel van de grafiek, tot het emissiereductiedoel van 1,1 Mton, is de

belangrijkste aanpassing dat er meer biomassa zou moeten worden ingezet om een deel van de geblokkeerde elektrificatieprojecten op te vangen. Voor de afbouw van netwerkgas en stijging van elektriciteit is er in dit deel van de grafiek redelijk weinig invloed, omdat over het algemeen gebruik wordt gemaakt van hybride elektrificatie en het grootste deel van de emissies dus op gelijke wijze reduceert.

Het is niet realistisch dat alle emissies worden afgebouwd binnen de beperkingen van netcongestie, dus het is hier niet zinvol om naar de eindmix rechts in de curve te kijken.



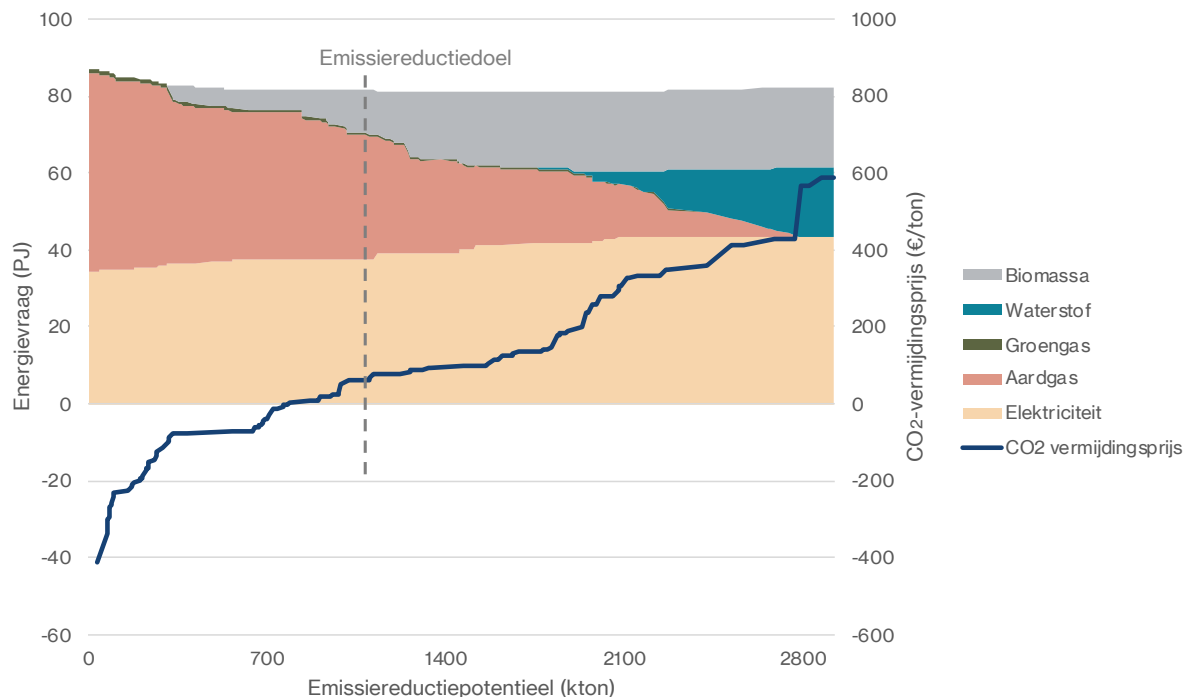
Figuur 19. De energiemix indien alle rendabele emissiereductie bij de aangegeven CO₂-prijs (blauwe lijn) genomen zou worden in 2030, indien door netcongestie in een deel van de projecten volledige elektrificatie geen optie is. Er moet dan worden uitgeweken naar de meest gunstige terugvaloptie. In deze figuur is hybride elektrificatie wel een optie.

Hybride niet mogelijk

Figuur 20 toont de energiemix indien door netcongestie een deel van de elektrificatie projecten geen doorgang kan vinden en hybride elektrificatie in deze gevallen ook geen optie zou zijn. In het linkerdeel van de grafiek, tot het emissiereductiedoel van 1,1 Mton, is te zien dat er nóg meer biomassa zou moeten worden ingezet om de geblokkeerde elektrificatieprojecten te vervangen. De toename in elektriciteit is beperkt ten opzichte van de situatie zonder congestie.

Het is niet realistisch dat alle emissies worden afgebouwd binnen de beperkingen van netcongestie, dus het is hier niet zinvol om naar de eindmix rechts in de curve te kijken.

Uit deze en de vorige grafiek kunnen we opmaken dat als bedrijven door netcongestie niet kunnen elektrificeren maar er wel voor kiezen om te verduurzamen, bijvoorbeeld vanwege beprijzend beleid, dit een significant effect kan hebben op de energiemix van de industrie. We achten het waarschijnlijk dat in deze situatie de inzet van biomassa zal toenemen. Uiteraard is het ook mogelijk dat bedrijven deze keuze niet maken, maar de beprijzing betalen totdat netcapaciteit toereikend is. Verder valt op dat energievraag vrijwel niet daalt als elektrificatie niet mogelijk is.



Figuur 20. De energiemix indien alle rendabele emissiereductie bij de aangegeven CO₂-prijs (blauwe lijn) genomen zou worden in 2030, indien door netcongestie in een deel van de projecten volledige elektrificatie geen optie is. Er moet dan worden uitgeweken naar de meest gunstige terugvaloptie. In deze figuur is bij netcongestie elektrificatie in het geheel geen optie en moet naar waterstof of biomassa worden uitgeweken.

Macroresultaten: invloed van de CO₂-prijs op de bedrijfskosten

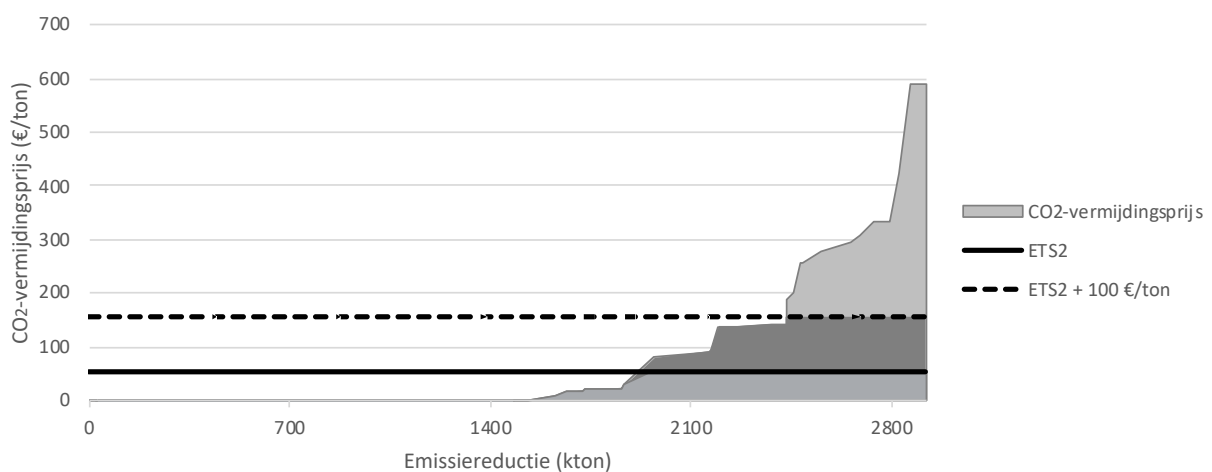
Tot nu toe hebben we de impact van de CO₂-prijs op emissiereductie en op de energiemix behandeld. Echter heeft een eventuele verhoging van de CO₂-prijs ook impact op de kosten van een bedrijf. Er kunnen op twee manieren meerkosten worden gemaakt:

1. De CO₂-prijs geeft onvoldoende financiële prikkel om tot verduurzaming over te laten gaan. Er worden extra kosten gemaakt om de CO₂-prijs te betalen.
2. De CO₂-prijs geeft voldoende financiële prikkel om tot verduurzaming over te gaan. Verduurzaming kan echter meerkosten met zich mee brengen ten opzichte van de business as usual referentiesituatie.

Stel dat we de meerkosten willen berekenen voor een hypothetisch bedrijf met 100 ton emissies en een CO₂-vermijdingsprijs (verduurzamingskosten) van 150 €/ton. De ETS2-prijs is 55 €/ton. De extra CO₂-heffing die nodig zou zijn om emissiereductie rendabel te maken, is dus $150 - 55 = 95$ €/ton. Als we aannemen dat de organisatie zal verduurzamen wanneer dit rendabel wordt, kunnen de jaarlijkse kosten op de volgende manier worden berekend:

- Bij een CO₂-prijs van 55 €/ton, zonder additionele heffing, zal verduurzaming niet rendabel zijn voor het bedrijf. Er zal in plaats daarvan worden gekozen om simpelweg de 55 €/ton te betalen. De kosten bedragen $55 \times 100 = 5.500$ €/jaar.
- Bij een CO₂-heffing + CO₂-prijs van 100 €/ton zal verduurzaming niet rendabel zijn voor het bedrijf. Ook nu zal gekozen worden om simpelweg de 100 €/ton te betalen. Kosten bedragen $100 \times 100 = 10.000$ €/jaar. De meerkosten zijn 4.500 €/jaar.
- Bij een CO₂-heffing + CO₂-prijs van precies 150 €/ton zal verduurzaming net zo duur zijn als het betalen van de CO₂-kosten. De kosten bedragen $100 \times 150 = 15.000$ €/jaar. De meerkosten zijn 9.500 €/jaar.
- Bij een CO₂-heffing + CO₂-prijs van 200 €/ton zal verduurzaming rendabel zijn. Verduurzamen kost voor dit bedrijf bedragen 150 €/ton en jaarlijkse kosten dus $100 \times 150 = 15.000$ €/jaar. Ook nu zijn de meerkosten 9.500 €/jaar.

De maximale meerkosten zijn dus afhankelijk van de CO₂-vermijdingsprijs per bedrijf. De kosten vallen lager uit wanneer de CO₂-heffing + CO₂-prijs lager is dan deze vermijdingsprijs. Op basis van de CO₂-abatementscurves kunnen we nu uitrekenen wat in theorie de kosten zullen zijn voor de gehele ETS2-industrie. De jaarlijkse kosten zijn gelijk aan de oppervlakte onder de abatementscurve (vermijdingsprijs x emissiereductiepotentieel) voor een bepaalde CO₂-prijs. Om tot de meerkosten te komen trekken we hier de kosten bij de KEV2024-referentieprij (55 €/ton) vanaf, omdat dit binnen de business as usual referentiesituatie valt.



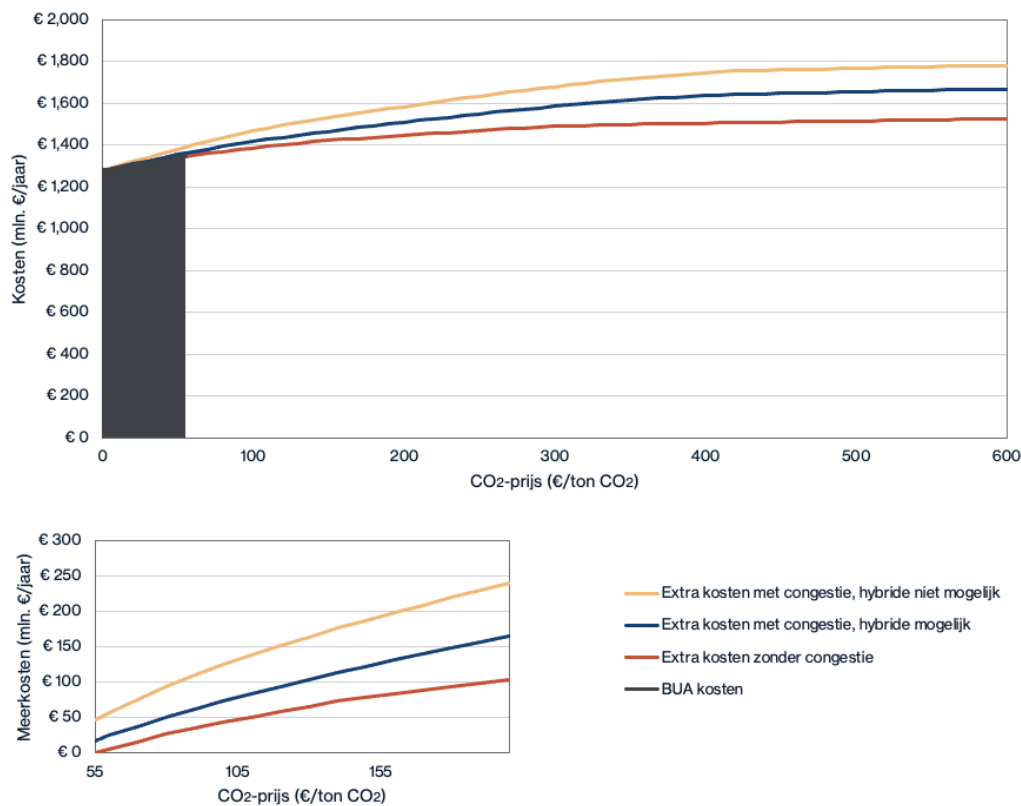
Figuur 21. Illustratief voorbeeld van de berekening meerprijsberekening op basis van een verhoogde CO₂-prijs.

Als voorbeeld rekenen we de jaarlijkse kosten uit voor een additionele CO₂-heffing van 100 €/ton, zie Figuur 21. De meerkosten zijn dan gelijk aan het oppervlak van de abatementscurve tussen 55 en 155 €/ton. In dit voorbeeld bedraagt dit oppervlak (vermijdingsprijs x emissiereductiepotentieel) 80 mln €/jaar (donkergrijze vlak in de figuur).

Wanneer we de CO₂-prijs variëren zullen ook de kosten variëren. Wat de meerkosten voor de ETS2-industrie zijn voor verschillende CO₂-prijzen wordt geïllustreerd in Figuur 22.

Hierbij laten we de meerkosten zien in verhouding tot de BAU referentiekosten. We houden in deze figuur dus geen rekening met eventueel bespaarde kosten door het nemen van rendabele verduurzaming, omdat

deze besparing bij andere bedrijven valt dan de meerkosten die we hier berekenen. Deze kosten nemen toe met 3% bij een CO₂-prijs van 100 €/ton, 6% bij 150 €/ton en met 8% bij 200 €/ton.



Figuur 22. Toename van (verduurzamings-, energie-, netbeheer- en CO₂-kosten (inclusief energiebelasting en subsidies) bij een verhoging van de CO₂-prijs voor de hele ETS2-industrie.

Wanneer we ook rekening houden met congestiebeperkingen zullen de meerkosten sterker toenemen. Een deel van de meer aantrekkelijke maatregelen is immers niet meer beschikbaar. Hoe de meerkosten veranderen door congestiebeperkingen wordt ook in de figuur getoond.

De impact van deze kostenverhoging zal sterk verschillen per sector. Over het algemeen zien we dat bedrijven met een lage temperatuur warmtevraag rendabel kunnen verduurzamen. De meerkosten zullen dus relatief sterk vallen bij bedrijven met een hogere temperatuurvraag. Bedrijven kunnen de kosten wellicht (deels) doorberekenen aan de klant. Wat de impact is per sector en per bedrijf zal sterk variëren. We zullen daarom in de volgende sectie voor een vijftal representatieve ETS2-industriebedrijven de impact van verduurzamingsmaatregelen in meer detail doornemen.

Microprofielen: de verduurzamingsopties voor individuele bedrijven

De voorgaande analyses waren allen op het niveau van de volledige ETS2-industrie. Om een beeld te krijgen wat de keuzes van een individueel bedrijf zijn, laten we hier voor 5 representatieve bedrijven de business cases zien die we hebben berekend.

We laten de kosten zien voor 2030 en nemen alle subsidies mee. Indien de SDE++ in een business case wordt gebruikt, zullen we in de tekst aangeven wat de gevolgen zouden zijn indien deze niet beschikbaar

zou zijn. We laten in de figuren de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton zien en tekenen in wat de jaarlijkse kosten zouden zijn bij een hogere CO₂-prijs. Zoals in de methodiek ook is beschreven werken we met de gesimplificeerde aanname dat de huidige aardgasvraag door 1 type warmte installatie wordt gebruikt en dus volledig wordt vervangen door een nieuwe techniek. Dat betekent dat in deze versimpelde berekening de emissies volledig verdwijnen, of met 85% reduceren indien er een hybride installatie wordt gebruikt.

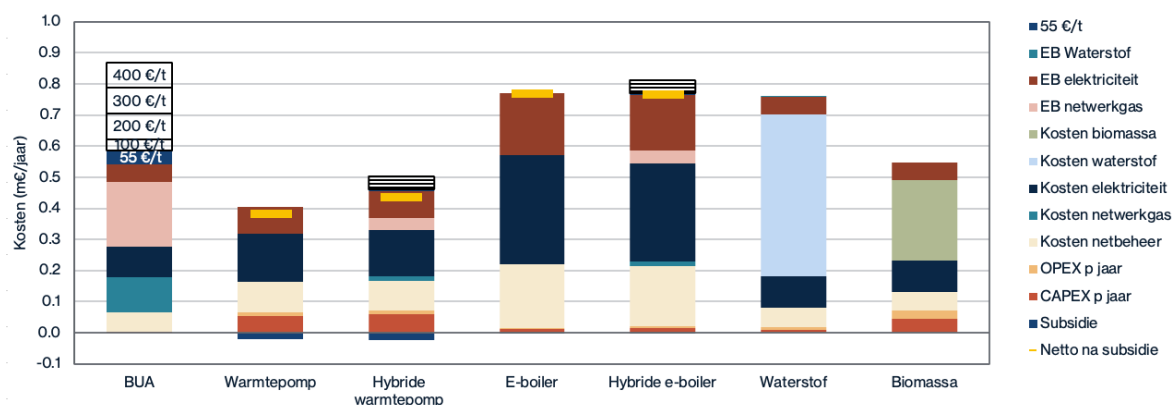
Alle microprofielen zijn hypothetische bedrijven gebaseerd op standaard bedrijven gebruikt binnen de analyses. Er is niet met individuele bedrijven gesproken.

Zuivel

We tonen hieronder de business cases voor een hypothetisch zuivelbedrijf wat kaas, boter of melkproducten maakt, anders dan poeders (omdat dit een hogere temperatuurvraag heeft, is dit als een aparte subsector meegenomen in de analyse). Het bedrijf had in 2023 een gasvraag van zo'n 500.000 m³ en een elektriciteitsvraag van ~1500 MWh. De uitstoot was in 2023 ~800 ton CO₂.

Het bedrijf heeft warmte nodig op een temperatuur rond de 100°C om producten te pasteuriseren, steriliseren of om de apparatuur schoon te maken.

Warmte wordt nu gegenereerd met een gasgestookte boiler(s). De verduurzamingsopties voor dit bedrijf zijn een (hybride) warmtepomp, een (hybride) e-boiler of een ketel op waterstof of biomassa. Figuur 23 toont de jaarlijkse kosten voor business as usual en de verschillende verduurzamingsopties.



Figuur 23. De jaarlijkse kosten voor een representatief bedrijf in de zuivelindustrie met een middelgrote warmtevraag.

Bij BAU valt op dat een significant deel van de jaarlijkse kosten de energiebelasting op aardgas zijn. Bij alle verduurzamingsopties verdwijnt deze kostenpost, of in het geval van een hybride opstelling valt deze grotendeels weg.

Bij overstap op een (hybride) warmtepomp zouden de jaarlijkse kosten verlagen. We zien een stijging in de CAPEX, OPEX, nettarieven, kosten voor elektriciteit en de energiebelasting op elektriciteit, maar door het wegvallen van de kosten voor aardgas en de energiebelasting vallen de netto kosten lager uit. We tonen hier alleen de jaarlijkse kosten, maar de investering vooraf zou ongeveer een half miljoen euro zijn. De installatie heeft een te laag thermisch vermogen om de SDE++ subsidies aan te vragen, maar het bedrijf zou wel een deel van de investeringskosten gesubsidieerd kunnen krijgen via de VEKI.

Overstap op een (hybride) e-boiler is volgens onze analyse niet rendabel. Hoewel de investeringskosten vooraf aanzienlijk lager zijn, komen de jaarlijkse kosten fors hoger uit vanwege de stijging van de kosten

voor elektriciteit en de nettarieven. Pas bij een CO₂-prijs van zo'n 300 €/ton zou deze overstap rendabel zijn.

Ook een overstap op waterstof is volgens onze analyse niet rendabel, omdat de inkoopkosten voor waterstof per eenheid energie aanzienlijk hoger zijn dan de andere dragers die zijn onderzocht.

Een overstap op een stoomketel op houtpellets is volgens onze analyse rendabel, maar minder gunstig dan overstappen op een (hybride) warmtepomp. Houtpellets zijn per eenheid energie iets duurder dan aardgas en goedkoper dan elektriciteit, maar er is geen energiebelasting en ook hoeven er geen additionele nettarieven betaald worden. In de praktijk zijn er wel nadelen aan een ketel op biomassa: de onderhoudskosten zijn relatief hoog (zoals ook te zien is in de figuur) en de houtpellets moeten worden getransporteerd en opgeslagen.

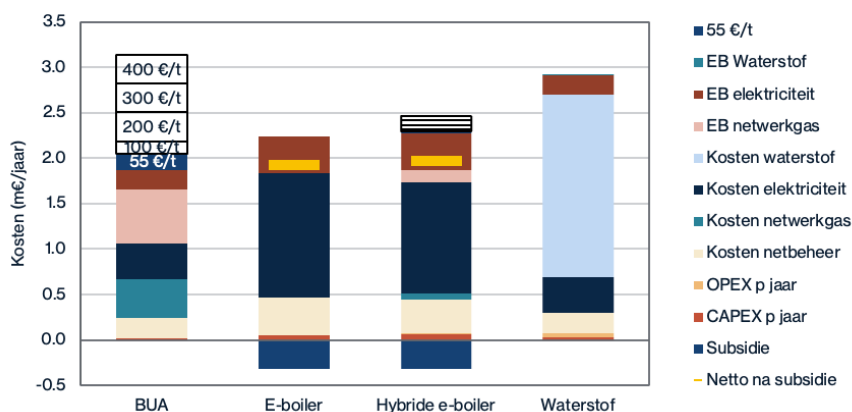
Op basis van deze analyse kunnen we concluderen dat dit bedrijf verschillende rendabele verduurzamingsopties heeft. Elektrificatie via een warmtepomp is het meest gunstig, maar vereist wel een verzwaring van de aansluiting, wat door netcongestie mogelijk vertraagd zou kunnen worden. Bovendien is de investering vooraf relatief groot.

Een aanzienlijk deel van de ETS2-industrie gebruikt warmte van een lage temperatuur (<200 °C). Dit microprofiel is daarom het meest representatief voor een groot deel van de ETS2-industrie.

Chemie hoge temperatuur

We tonen hieronder de business cases voor een hypothetisch chemiebedrijf wat op hoge temperatuur (500°C) werkt. Het bedrijf had in 2023 een gasvraag van zo'n 1,8 miljoen m³ en een elektriciteitsvraag van ~6 GWh. De uitstoot was zo'n 3,2 kton CO₂.

Warmte wordt nu gegenereerd met een gasgestookte boiler(s). De verduurzamingsopties voor dit bedrijf zijn een (hybride) e-boiler of een ketel op waterstof. Figuur 24 toont de jaarlijkse kosten voor business as usual en de verschillende verduurzamingsopties.



Figuur 24. De jaarlijkse kosten voor een representatief bedrijf in de ETS2-chemie-industrie, welke gebruik maakt van hoge temperatuur warmte en een grote warmtevraag heeft.

In 2030 heeft het bedrijf volgens onze analyse rendabele verduurzamingsopties, namelijk het overstappen op een (hybride) e-boiler. Het is wel essentieel dat een bedrijf de benodigde netcapaciteit voor deze elektrificatie heeft, voordat zal worden geïnvesteerd in een e-boiler. De rendabiliteit van deze overstap is sterk afhankelijk van de SDE++ subsidie, waar in deze figuur vanuit wordt gegaan en waardoor de jaarlijkse

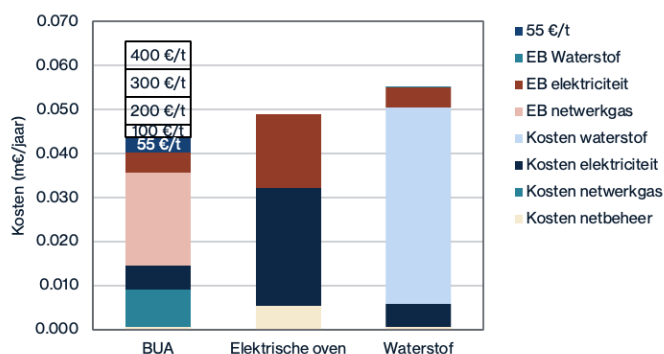
kosten met ~300.000 €/jaar worden verlaagd. Indien deze subsidie niet kan worden aangevraagd, zou het overstappen op een (hybride) e-boiler niet rendabel zijn. Er kan dan worden teruggevallen op de EIA subsidie, waardoor de investering voor 10% wordt gesubsidieerd. Het effect van deze subsidie op de jaarlijkse kosten is beperkt, mede omdat de CAPEX van een e-boiler (bijvoorbeeld vergeleken met een warmtepomp) relatief klein is. Maar een subsidiering van de investeringskosten kunnen vanzelfsprekend wel bijdragen aan de keuze voor een bedrijf om in verduurzaming te investeren.

De jaarlijkse kosten stijgen verder bij overstap op een ketel op waterstof. Voor een overstap op waterstof is het nodig dat het bedrijf is aangesloten op waterstofinfrastructuur.

Bakkerij

We tonen hieronder de business cases voor een hypothetische bakkerij met een kleine warmtevraag. Het bedrijf had in 2023 een gasvraag van zo'n 36.000 m³ en een elektriciteitsvraag van ~78 MWh. De uitstoot in 2023 was 64 ton CO₂.

Warmte wordt nu gegenereerd met een gasgestookte oven(s). De verduurzamingsopties voor dit bedrijf zijn een elektrische oven of een installatie op waterstof. Figuur 25 toont de jaarlijkse kosten voor business as usual en de verschillende verduurzamingsopties.



Figuur 25. De jaarlijkse kosten voor een representatieve industriële bakker met een kleine warmtevraag.

Omdat we geen kostenkengetallen hebben kunnen vinden voor de huidige gasgestookte ovens, hebben we de CAPEX en OPEX niet meegenomen in de vergelijking. Het is aannemelijk dat CAPEX en OPEX vergelijkbaar of hoger zijn dan BAU, en dus niet lager. Dat maakt de kosten per jaar van de verduurzamingsopties mogelijk een onderschatting.

In 2030 heeft het bedrijf volgens onze analyse geen rendabele verduurzamingsopties. Overstappen op een elektrische oven zou leiden tot een kostenstijging vanwege de hogere prijs met eenheid energie van elektriciteit en de toegenomen nettarieven. Pas bij een CO₂-prijs richting de 150 €/ton zou een elektrische oven rendabel zijn.

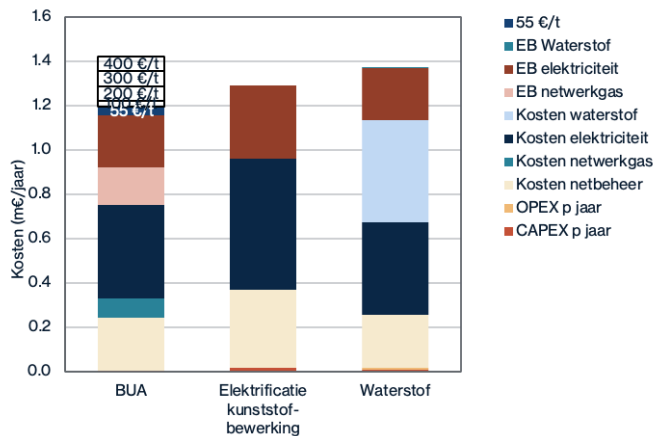
Overstappen op een waterstof gestookte installatie is niet aannemelijk in deze sector maar in theorie wel mogelijk. Volgens onze analyse zijn de jaarlijkse kosten hoger dan overstappen op directe elektrificatie.

Vervaardiging van producten van kunststof

We tonen hieronder de business cases voor een hypothetische producent van kunststofproducten, zoals bijvoorbeeld plastic verpakkingen, met een middelgrote warmtevraag. Het bedrijf had in 2023 een

gasvraag van zo'n 380.000 m³ en een elektriciteitsvraag van ~6 GWh. Deze sector heeft in verhouding tot de warmtevraag een relatief grote elektriciteitsvraag. De uitstoot in 2023 was 660 ton CO₂.

Warmte wordt nu gegenereerd met een gasgestookte ketel(s). De verduurzamingsopties voor dit bedrijf zijn directe elektrificatie van de warmtevraag of een installatie op waterstof. Figuur 26 toont de jaarlijkse kosten voor business as usual en de verschillende verduurzamingsopties.



Figuur 26. De jaarlijkse kosten voor een representatief bedrijf welke producten van kunststof vervaardigd en een middelgrote warmtevraag heeft.

Omdat we geen kostenkengetallen hebben kunnen vinden voor de huidige gasgestookte installaties, hebben we de CAPEX en OPEX niet meegenomen in de vergelijking. Het is aannemelijk dat CAPEX en OPEX vergelijkbaar of hoger zijn dan BAU, en dus niet lager. Dat maakt de kosten per jaar van de verduurzamingsopties mogelijk een onderschatting.

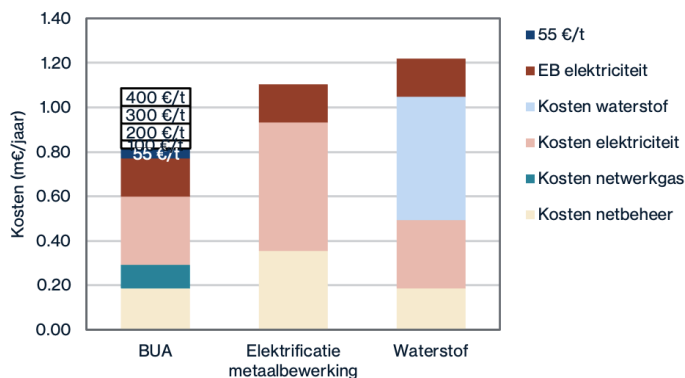
In 2030 heeft het bedrijf volgens onze analyse geen rendabele verduurzamingsopties. Overstappen op directe elektrificatie zou leiden tot een kostenstijging vanwege de hogere prijs per eenheid energie van elektriciteit en de toegenomen nettarieven. De energiebelasting neemt beperkt toe, omdat het gebruik van het bedrijf voor elektrificatie al groot was en de extra elektriciteit dus in de hoogste schijf wordt belast. Pas bij een CO₂-prijs rond 200 €/ton zou directe elektrificatie rendabel zijn.

Overstappen op waterstof mogelijk in deze sector, maar zal in de praktijk waarschijnlijk niet veel voorkomen. Volgens onze analyse zijn de jaarlijkse kosten ook hoger dan overstappen op directe elektrificatie.

Metaalproducten

We tonen hieronder de business cases voor een hypothetische producent van metaalproducten, met een middelgrote warmtevraag. Het bedrijf had in 2023 een gasvraag van zo'n 440.000 m³ en een elektriciteitsvraag van ~4 GWh. De uitstoot in 2023 was 800 ton CO₂.

Warmte wordt nu gegenereerd met gasbranders in de smeedovens of voor het gloeien en harden van de metalen. De verduurzamingsopties voor dit bedrijf zijn directe elektrificatie van de warmtevraag of een overstap op waterstof. Figuur 27 toont de jaarlijkse kosten voor business as usual en de verschillende verduurzamingsopties.



Figuur 27. De jaarlijkse kosten voor een representatief bedrijf welke producten van metaal vervaardigd en een middel-grote warmtevraag heeft.

Omdat we geen kostenkengetallen hebben kunnen vinden voor de huidige gasgestookte installaties, hebben we de CAPEX en OPEX niet meegenomen in de vergelijking. Het is aannemelijk dat CAPEX en OPEX vergelijkbaar of hoger zijn dan BAU, en niet lager. Dat maakt de kosten per jaar van de verduurzamings-opties mogelijk een onderschatting.

Bedrijven die producten van metaal maken (SBI code 25) kunnen een vrijstelling krijgen van de energiebelasting op aardgas. We hebben aangenomen dat indien er wordt geëlektrificeerd of overgestapt op waterstof, die vrijstelling nog geldt. We hebben voor dit bedrijf aangenomen dat het huidige elektriciteitsgebruik wel wordt belast, omdat het niet direct voor de metaalproductie wordt gebruikt.

In 2030 heeft het bedrijf volgens onze analyse geen rendabele verduurzamingsopties. Overstappen op directe elektrificatie zou leiden tot een kostenstijging vanwege de hogere prijs per eenheid energie van elektriciteit en de toegenomen nettarieven. Pas bij een CO₂-prijs rond 400 €/ton zou directe elektrificatie rendabel zijn.

Overstappen op waterstof is een technisch goed mogelijke optie in deze sector. Volgens onze analyse zijn de jaarlijkse kosten hoger dan overstappen op directe elektrificatie. Verduurzaming voor dit bedrijf wordt door de vrijstelling van de energiebelasting minder gestimuleerd dan in andere sectoren.

Financiële impact op bedrijfsniveau

Tot slot maken we een inschatting van de financiële impact op de representatieve bedrijven van een eventuele verhoging van de CO₂-prijs. We berekenen hiervoor welke extra kosten die zij zouden maken, indien er boven op de bestaande ETS2-prijs van 55 €/ton een additionele heffing van 100 €/ton zou worden geheven. Dit bedrag is gebaseerd op de resultaten in de dienstensector, welke verderop in het rapport uitgebreid worden toegelicht. Deze berekening is puur bedoeld om de lezer een indicatie te geven van de impact van een heffing op bedrijfsniveau. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 15.

We hebben ook een grove inschatting van de gemiddelde bedrijfskosten en het resultaat voor belasting per jaar gemaakt voor de voorbeeldbedrijven. We hebben hiervoor gebruik gemaakt van CBS data en zijn uitgegaan van de gemiddelde verhouding tussen energiekosten en totale bedrijfskosten en het resultaat en de totale kosten binnen een industriesector. Dit geeft een indicatie van de bedrijfskosten voor een gemiddeld bedrijf, maar het is belangrijk om te realiseren dat de bandbreedte hier groot kan zijn, vanwege grote verschillen tussen bedrijven. Deze bedragen dienen slechts illustratief.

We zien dat het effect van een dergelijke heffing sterk afhankelijk is van de verduurzamingsopties van een bedrijf. In sommige gevallen heeft een heffing in principe geen effect, omdat er al voldoende rendabel emissiereductiepotentieel is (zoals bij het voorbeeld zuivelbedrijf). Bij andere voorbeeldbedrijven zou de additionele heffing verduurzamen wel lonend kunnen maken, zoals bij de voorbeeld bakkerij. De heffing veroorzaakt in dat geval hogere kosten, maar per ton CO₂ niet zo hoog als de heffing zelf. Er zullen ook bedrijven zijn die ondanks de heffing geen rendabele verduurzamingsoptie hebben, zoals de kunststof-producten en metaalproducten. Deze bedrijven zullen geen andere optie hebben dan de heffing te betalen en de kosten te absorberen. In deze gevallen heeft de heffing dus niet tot additionele emissiereductie geleid, maar wel tot extra kosten voor de sector. Het deel van de sector waarvoor dit geldt is af te lezen op een CO₂-abatements curve. Alle bedrijven met een CO₂-vermijdingsprijs boven de hypothetische CO₂-prijs zullen de heffing betalen, maar niet verduurzamen. De heffing zou zorgen voor een toename van de bedrijfskosten van 0 – 0,75% bij deze hypothetische bedrijven.

Tabel 15. De meerkosten per bedrijf indien naast ETS2 nog een additionele CO₂-heffing zou worden geheven.

Voorbeeld-bedrijf	Meerkosten voor het bedrijf bij een additionele heffing van 100 €/ton (€/jaar)	Bedrijfskosten voor belasting bij voorbeeldbedrijf illustratief (€/jaar)	Toelichting
Zuivel	0 €	25 miljoen €	In principe is bij de ETS2-heffing al voldoende emissiereductie rendabel. Indien deze opties geen doorgang kunnen vinden en de additionele CO ₂ -prijs betaald zou moeten worden, bedragen de kosten 80.000 € per jaar.
Chemie	Met SDE++ 0 € Zonder SDE++: 200.000 €	42 miljoen €	Indien de SDE++ subsidie kan worden aangevraagd, zou investeren in een e-boiler rendabel zijn. Zonder de SDE++ subsidie zou de CO ₂ -vermijdingsprijs van een e-boiler 116 €/ton zijn en zou deze overstap dus rendabel zijn. De meerkosten bedragen dan ongeveer 2 ton.
Bakkerij	6.000 €	800.000 €	Met deze additionele heffing zou investeren in elektrificatie rendabel zijn tegen een CO ₂ -vermijdingsprijs van ongeveer 80 €/ton
Kunststof-producten	65.000 €	33 miljoen €	Ook na deze heffing zou emissiereductie niet lonen, dus de heffing zou worden betaald.
Metaal-producten	79.000 €	31 miljoen €	Ook na deze heffing zou emissiereductie niet lonen, dus de heffing zou worden betaald.

Resultaten diensten

Kanttekeningen vooraf

Hieronder zullen we met verschillende aannames de CO₂-abatementscurves laten zien voor de dienstensector. We willen vooraf een aantal kanttekeningen bij deze resultaten plaatsen.

- Hoewel onze berekeningen in een deel van de gevallen een CO₂-vermijdingsprijs lager dan de ETS2-prijs van 55 €/ton CO₂ (raming KEV2024 voor 2030) laten zien, betekent dit niet dat bedrijven/organisaties onmiddellijk tot investeringen zullen overgaan. De besluitvorming rond verduurzamingsinvesteringen wordt door meer factoren beïnvloed dan alleen de kosteneffectiviteit van CO₂-reductie. Bedrijven/organisaties kiezen doorgaans voor natuurlijke investeringsmomenten om dergelijke aanpassingen door te voeren, zoals het einde van de technische levensduur van bestaande verwarmingsinstallaties of bij renovaties. Bovendien spelen ook andere factoren een rol, zoals beschikbaarheid van infrastructuur, financiering of het rondkrijgen van vergunningen.
- Ondanks dat we de analyse op redelijk hoog detailniveau hebben uitgevoerd, blijven de resultaten een indicatie van de werkelijkheid. Er zijn meerdere factoren die de nauwkeurigheid van onze bevindingen beïnvloeden:
 - De energieprijzen kennen een aanzienlijke mate van onzekerheid en fluctuatie. Daarnaast kunnen de tarieven voor netaansluiting, nettransport en de energiebelasting in de toekomst nog worden aangepast, wat impact heeft op de totale kostenstructuur.
 - Gebruikte kengetallen voor bijvoorbeeld energieverbruik en investeringskosten (isolatie en warmtepompen) gaan gepaard met onzekerheid, zijn gebaseerd op aannames en kunnen per gebouw verschillen.
 - De keuze tussen verschillende soorten warmtepompen (lucht-lucht, lucht-water en bodem) per gebouwsoort is lastig te onderbouwen en betreft een inschatting van Kalavasta. Voornamelijk het potentieel van lucht-lucht warmtepompen heeft een grote impact op de resultaten door de relatief lage investeringskosten.
 - De uitrol van warmtenetten en het bijmengen van groengas, zoals geraamd in de KEV2024, is geen gegeven en gaat gepaard met onzekerheid.

De gepresenteerde resultaten bieden daarom een waardevolle indicatie binnen de gestelde uitgangspunten, maar dienen niet als exacte voorspelling te worden geïnterpreteerd of toegepast.

Macroresultaten: CO₂-abatementscurves gebouwen dienstensector

Lezing van CO₂-abatementscurve

De CO₂-abatementscurves tonen de CO₂-kostencurve voor de emissies van 2023, die in totaal ongeveer 5,5 Mton bedragen (temperatuurgecorrigeerd). De emissiereductiedoelstelling is 3,0 Mton, wat een reductie van 2,5 Mton vereist. Dit wordt in de grafiek aangegeven door de verticale stippellijn op 2,5 Mton. Emissies links van deze lijn zouden volgens de doelstelling tegen 2030 worden gereduceerd, terwijl die aan de rechterkant mogen blijven bestaan.

Elke balk vertegenwoordigt een deel van de emissies uit 2023 (x-as) die kunnen worden verminderd tegen een specifieke CO₂-vermijdingsprijs (y-as). Voor elk gebouwsoort berekenen we voor elke technisch-mogelijke verduurzamingsoptie de CO₂-vermijdingsprijs. De emissiereductiebalken zijn optelbaar. Zo is het reductiepotentieel van de all-electric warmtepomp de extra reductie ten opzichte van de hybride warmtepomp. De optelsom van alle balken komt dan ook overeen met de totale temperatuur gecorrigeerde emissies in 2023.

Balken met een negatieve CO₂-vermijdingsprijs zijn binnen het gestelde kader al rendabel zonder CO₂-prijs. Dit betekent dat de jaarlijkse kosten van deze emissiereductietechnologieën lager zijn dan doorgaan met business as usual. Deze kosteneffectiviteit betekent echter niet automatisch dat bedrijven/organisaties deze veranderingen ook zullen doorvoeren, zoals hierboven ook is uitgelegd.

We tonen de CO₂-abatementscurves zowel met als zonder bestaande beprijzende beleidsmaatregelen (energiebelasting en subsidies) om hun impact te demonstreren.

In de CO₂-abatementscurves tonen we de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton als een gestippelde lijn. Alle emissiereductie met een CO₂-vermijdingsprijs onder deze lijn zou onder de aannames in de getoonde analyse rendabel zijn.

Onder de hoofdgrafiek staat een tweede plot die het netvlak per gebouwsoort. Voor elke gebouwsoort is ingeschat welke netaansluiting nodig is ná het toepassen van een emissiereductie maatregel. Deze worden weergegeven in grijs tinnen, waarbij elk grijs blokje de netaansluiting aangeeft van de gebouwsoort dat door de balk er direct boven wordt vertegenwoordigd. Deze balk kan worden afgelezen om te zien of bepaalde maatregelen een relatief grotere invloed hebben op gebouwen die zijn aangesloten op een bepaald netvlak. Hierbij maken we onderscheid tussen aansluitingen op;

- laagspanning (LS - zonder verzwaring van netaansluiting en met verzwaring van netaansluiting),
- distributietransformator (LS/MS),
- middenspanning (MS), en
- vermogenstransformator (MS/HS).

We tonen in totaal acht CO₂-abatementscurves voor de dienstensector;

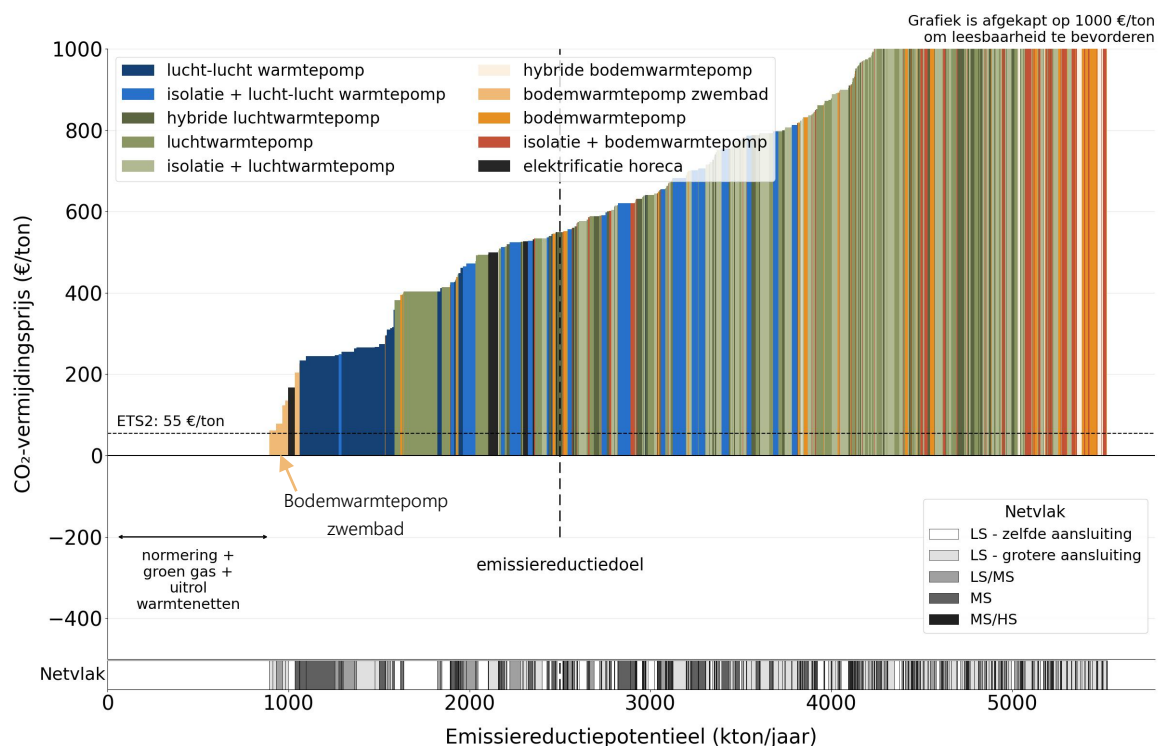
- **Figuur 28:** 2030 zonder energiebelasting, zonder subsidies,
- **Figuur 29:** 2030 met energiebelasting, zonder subsidies,
- **Figuur 30:** 2030 met energiebelasting, met subsidies,
- **Figuur 31:** 2030 met energiebelasting, met subsidies, zonder SDE++ ,
- **Figuur 32:** 2030 met energiebelasting, met subsidies, met netcongestie waar hybride elektrificatie wel mogelijk is,
- **Figuur 33:** 2030 met energiebelasting, met subsidies, met netcongestie waar hybride elektrificatie niet mogelijk is,
- **Figuur 34:** 2030 met energiebelasting, met subsidies, met een terugverdientijd van 7 jaar in plaats van 15 jaar, en
- **Figuur 35:** 2035-2040 met energiebelasting, met subsidies.

De centrale grafiek is Figuur 30, waarin de CO₂-abatementscurve voor 2030 wordt getoond inclusief energiebelasting en de ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++ subsidies. De grafieken die daarop volgen worden getoond om het desbetreffende effect van diverse beleidsmaatregelen (energiebelasting, subsidies) te tonen.

Vervolgens onderzoeken we de impact van netcongestie of het effect van een verkorte terugverdientijd. Tenslotte tonen we de CO₂-abatementscurve op de langere termijn, wanneer alle ETS2-rechten zouden moeten zijn afgebouwd.

2030, exclusief energiebelasting, exclusief subsidies, zonder congestie

Als alleen CAPEX, OPEX, inkoop van energie en nettarieven/-aansluiting wordt meegenomen, en dus geen prijszetting of subsidiërend beleid, is nagenoeg geen van de verduurzamingstechnologieën rendabel, zie Figuur 28. Isolatiemaatregelen die door normeringsmaatregelen (label-C verplichting kantoren en EBPD IV) worden getroffen, bijmenging van groengas en de verdere uitrol van warmtenetten volgens het KEV2024-basispad worden wel als emissiereductie meegenomen. We rekenen hiervoor geen vermijdingsprijs uit (zie methodiek voor nadere toelichting).



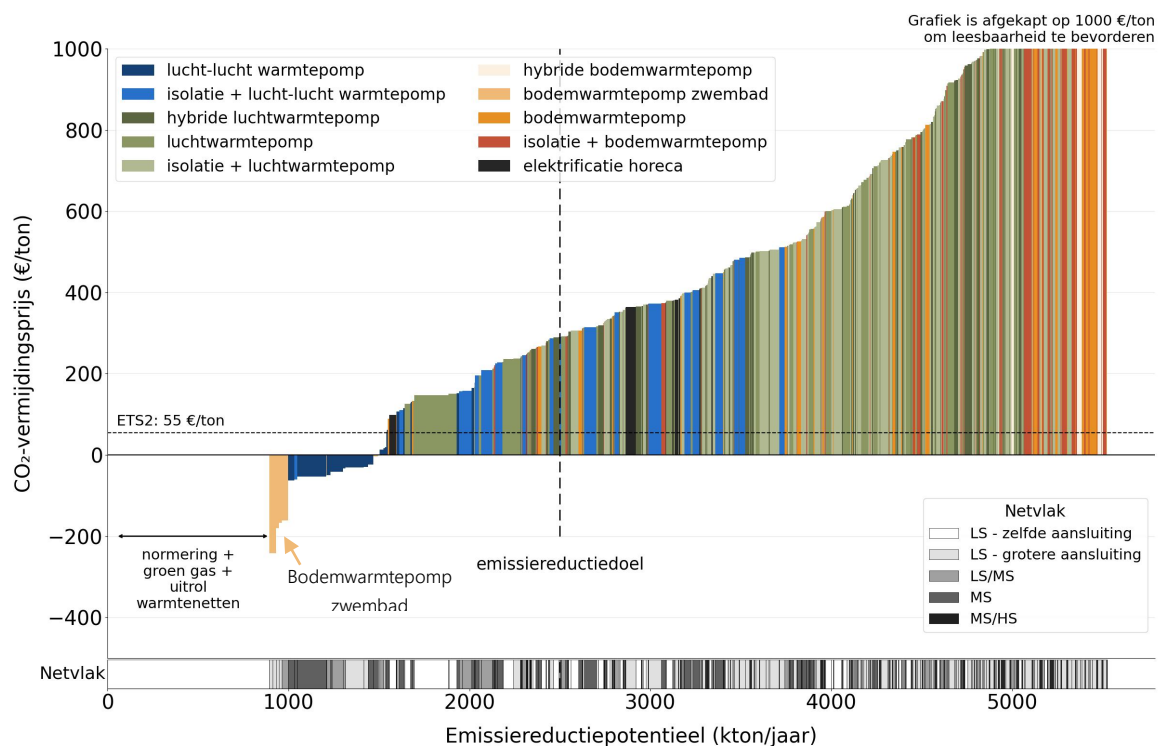
Figuur 28. De CO₂-abatementscurve voor gebouwen in de dienstensector in 2030, exclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie en nettarieven. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorgerekend als maatregelen. Voor warmtenetten is uitsluitend het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen.

In Figuur 28 is te zien bijna geen enkele maatregel kosteneffectief is zonder energiebelasting of subsidies. Ook is te zien dat de bodemwarmtepomp voor zwembaden de laagste vermijdingsprijzen hebben, gevolgd door lucht-lucht warmtepompen voor gebouwen waarbij geen na-isolatie nodig is. In algemene zin hebben de hybride warmtepomp en de all-electric warmtepomp waarbij geen na-isolatie nodig is een lagere vermijdingsprijs dan na-isolatie + een all-electric warmtepomp. Dit komt door de relatief hoge kosten van na-isolatie. Vanuit kostenbesparingsperspectief zal na-isolatie dus voornamelijk moeten worden uitgevoerd om vervolgens een warmtepomp te installeren.

Ook zien we dat de verschillende maatregelen op schijnbaar willekeurige volgorde staan. Dit komt doordat de gebouwsoort een grote impact heeft op zowel kosten en besparingspotentieel van de maatregelen. Voor gebouwen met relatief veel gevel, dak, vloer of raamoppervlak ten opzichte van gebruiksoppervlak is na-isolatie bijvoorbeeld duurder. Daarnaast variëren gebouwsoorten onderling sterk in termen van warmtevraag. Bij gebouwen met relatief lage warmtevraag levert na-isolatie en een warmtepomp minder emissiebesparing op.

2030, inclusief energiebelasting, exclusief subsidies, zonder congestie

Als energiebelasting wordt meegewogen, verandert de CO₂-abatementscurve aanzienlijk, zie Figuur 29. Zoals eerder toegelicht (zie pagina 28) is de energiebelasting op netwerkgas in 2030 voor bepaalde energievolumes vele malen hoger dan op elektriciteit. Door af te stappen van een gasgestookte installatie kunnen bedrijven/organisaties hierdoor een kostenbesparing realiseren. Een deel van de emissiereductie-maatregelen (0,65 Mton) die zonder energiebelasting niet rendabel waren worden met belasting wel rendabel, in totaal is 1,5 Mton rendabel. Echter blijft er nog een groot gat van ongeveer 1,0 Mton ten opzichte van het emissiereductiedoel van 2,5 Mton. Er vinden geen grote veranderingen plaats in de volgorde van emissiereductiemaatregelen.

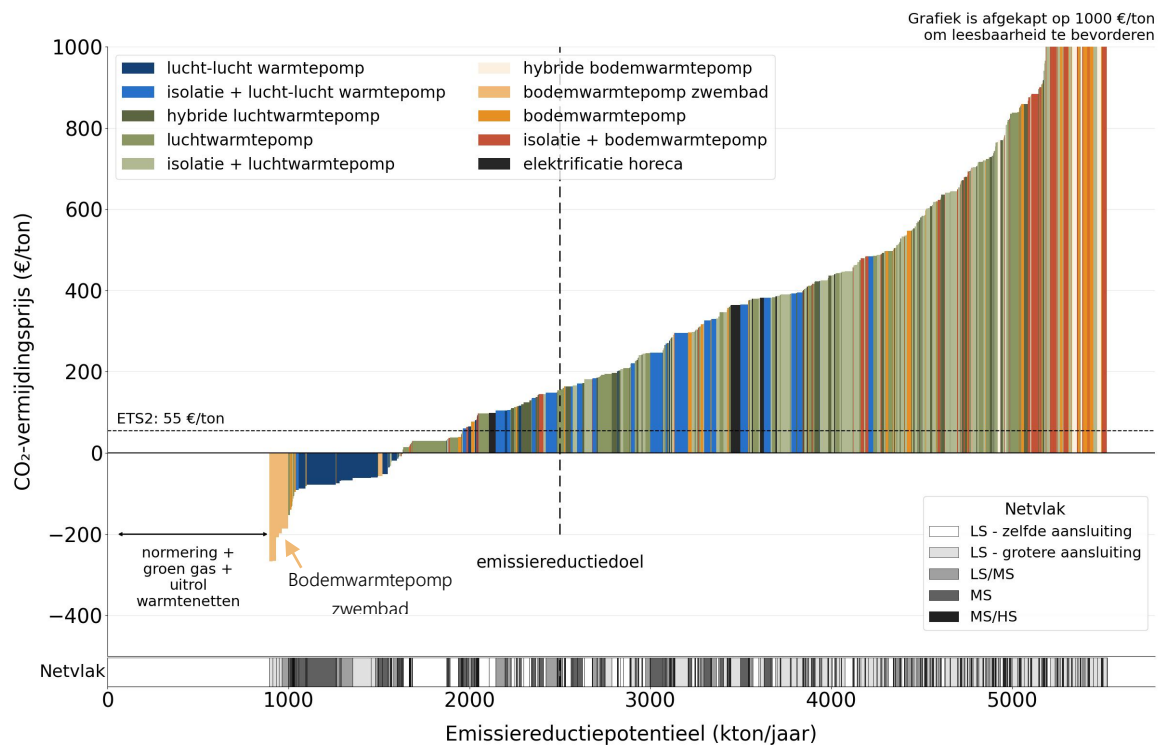


Figuur 29. De CO₂-abatementscurve voor gebouwen in de dienstensector in 2030, inclusief energiebelasting en exclusief subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven en de energiebelasting. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorgerekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, zonder congestie

We hebben voor zowel na-isolatie als de verschillende type warmtepompen bepaald welke subsidies zouden kunnen worden aangevraagd. Verschillende maatregelen komen in aanmerking voor verschillende

subsidies; ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. We hebben aangenomen dat bedrijven/organisaties de subsidie aanvragen die de grootste jaarlijkse opbrengsten geeft. Dit heeft als gevolg dat maatschappelijk vastgoed altijd voor DUMAVA zal kiezen, gegeven het hogere subsidiepercentage. Door bedrijven zal worden gekozen voor ISDE of SDE++ als subsidie voor de warmtepomp, indien ze daarvoor in aanmerking komen. Voor na-isolatie zullen bedrijven aangewezen zijn op EIA, en kan maatschappelijk vastgoed gebruik maken van DUMAVA.



Figuur 30. De CO₂-abatementscurve voor gebouwen in de dienstensector in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorgerekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen.

Inclusief belastingen en subsidies is bijna 1,9 Mton financieel rendabel bij een ETS2-prijs van 55 €/ton, ten opzichte van 1,5 Mton zonder subsidies. Subsidies maken 0,4 Mton extra emissiereductiepotentieel rendabel. Om de emissiereductiedoelstelling van 2,5 Mton te halen is een extra reductie van 0,6 Mton nodig. Volgens de abatementscurve is hiervoor een CO₂-prijs van 155 €/ton nodig. Oftewel een CO₂-heffing van 100 €/ton boven op de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton. In de KEV2024 wordt ook geraamd dat de dienstensector 1,9 Mton aan emissies zal reduceren in 2030.

Aanpassing energiebelasting in plaats van een CO₂-heffing

Er kan ook worden gekozen extra emissiereductie rendabel te maken via veranderingen in de energiebelasting. Het grootste deel van de aardgasvraag van de utiliteitsbouw zit in schijf 2. De elektriciteitsvraag zit voornamelijk in schijven 2, 3 en 4. Emissiereductiepotentieel kan rendabeler worden gemaakt door de belasting op aardgas te verhogen en/of de belasting op elektriciteit te verlagen.

Door energiebelasting te gebruiken in plaats van een generieke CO₂-heffing zou de industrie bijvoorbeeld deels worden ontzien. Het nadeel hiervan is echter dat er naast de utiliteitsbouw van de dienstensector ook andere sectoren in deze schijven. Zo zit een deel van de huishoudens ook in schijf 2 voor zowel aardgas als elektriciteit.

In Tabel 16 tonen we hoe het effect van een extra CO₂-heffing van 100 €/ton voor de dienstensector kan worden nagebootst door aanpassingen in de aardgas- en elektriciteitsbelasting. Deze aanpassingen leiden tot een extra emissiereductie van 0,6 Mton. Bij de elektriciteitsbelasting is de aanpassing zo gekozen dat schijf 4 gelijk wordt gesteld aan schijf 5, terwijl schijven 2, 3 en 4 met hetzelfde bedrag worden aangepast. Er zijn natuurlijk ook andere mogelijkheden, zoals een sterkere verlaging van de elektriciteitsbelasting in schijven 2 en 3.

Tabel 16. Aanpassingen aan de energiebelasting op aardgas en/of elektriciteit die nodig zijn om het effect een additionele CO₂-heffing van 100 €/ton na te bootsen (voor een reductie van respectievelijk 0,6 Mton).

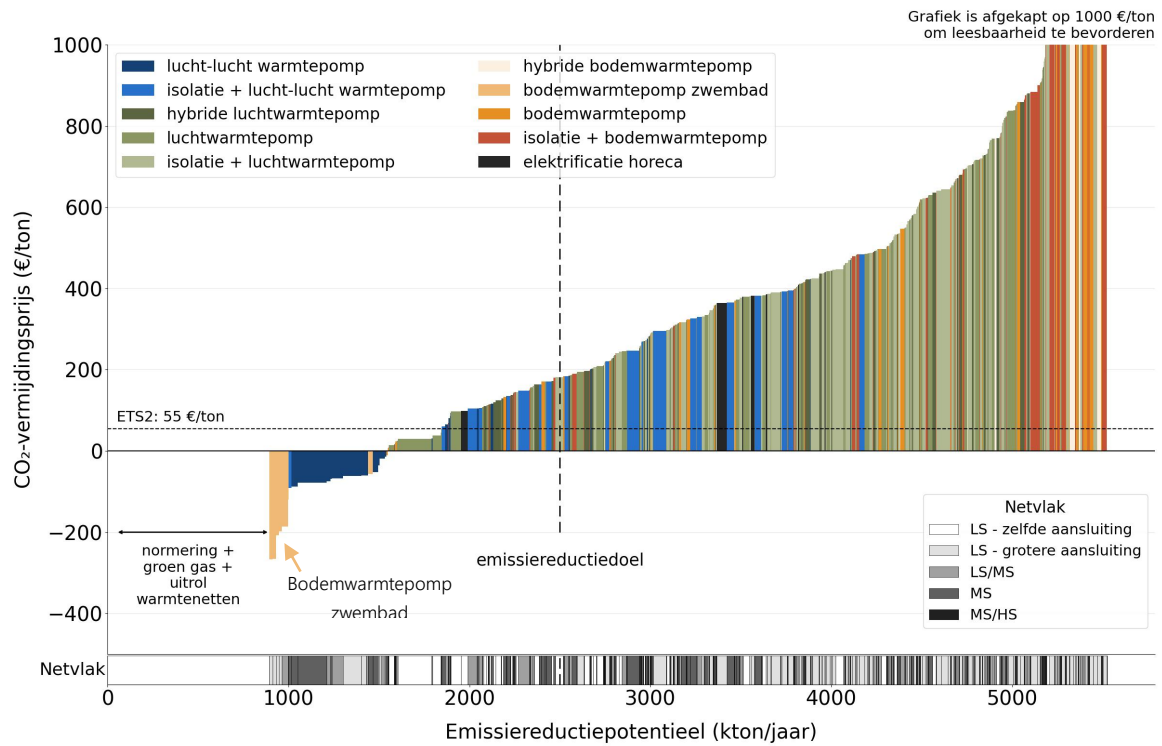
	Energiebelasting aardgas schijf 2 (ct./m ³)	Energiebelasting elektriciteit schijf 2, 3 & 4 (ct./kWh)
Extra reductie 0,6 Mton, alleen aardgas belasten	+21,7 (=80,07)	+0,00 (=7,56 / 7,09 / 3,79)
Extra reductie 0,6 Mton, elektri- citeit minder belasten	+13,30 (=71,67)	-3,51 (=4,05 / 3,59 / 0,29)

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies maar zonder SDE++

Op 21 februari 2025 informeerde minister Hermans de tweede kamer dat er geen zekerheid is dat de SDE++ subsidie vanaf 2026 kan worden opengesteld. In de voorjaarsbesluitvorming is toch budget beschikbaar gesteld voor 2026. Of er in de jaren daarna structureel budget beschikbaar komt voor SDE++ subsidie is nog onzeker. We hebben daarom ook een analyse uitgevoerd waarin alleen de ISDE, DUMAVA en EIA subsidies kunnen worden aangevraagd. De bijbehorende CO₂-abatementscurve is weergegeven in Figuur 31.

We zien dat de SDE++ een relatief kleine maar wel merkbare impact heeft op de CO₂-abatementscurve. Dit komt doordat alleen de allergrootste gebouwen een warmtevraag hebben die groot genoeg is om in aanmerking te komen voor SDE++ subsidie voor een warmtepomp. Grote gebouwen die gebruik maken van een luchtwarmtepomp kunnen geen gebruik maken van ISDE subsidie, terwijl EIA een relatief lage subsidie geeft. SDE++ is voor deze gebouwen het meest gunstige subsidieinstrument. Als SDE++ wegvalt heeft dit voor grote gebouwen zonder toegang tot aquathermie of een WKO dus een relatief grote impact op de kosten. Figuur 31 laat zien dat het emissiereductiepotentieel dat rendabel is bij een CO₂-prijs van 55 €/ton bij het wegvallen van SDE++ daalt van 1,9 Mton naar 1,8 Mton.

We gaan er in de het vervolg van de analyses vanuit dat de SDE++ subsidie wel kan worden aangevraagd, omdat het nog niet zeker is of SDE++ wel of niet zal gaan wegvallen.

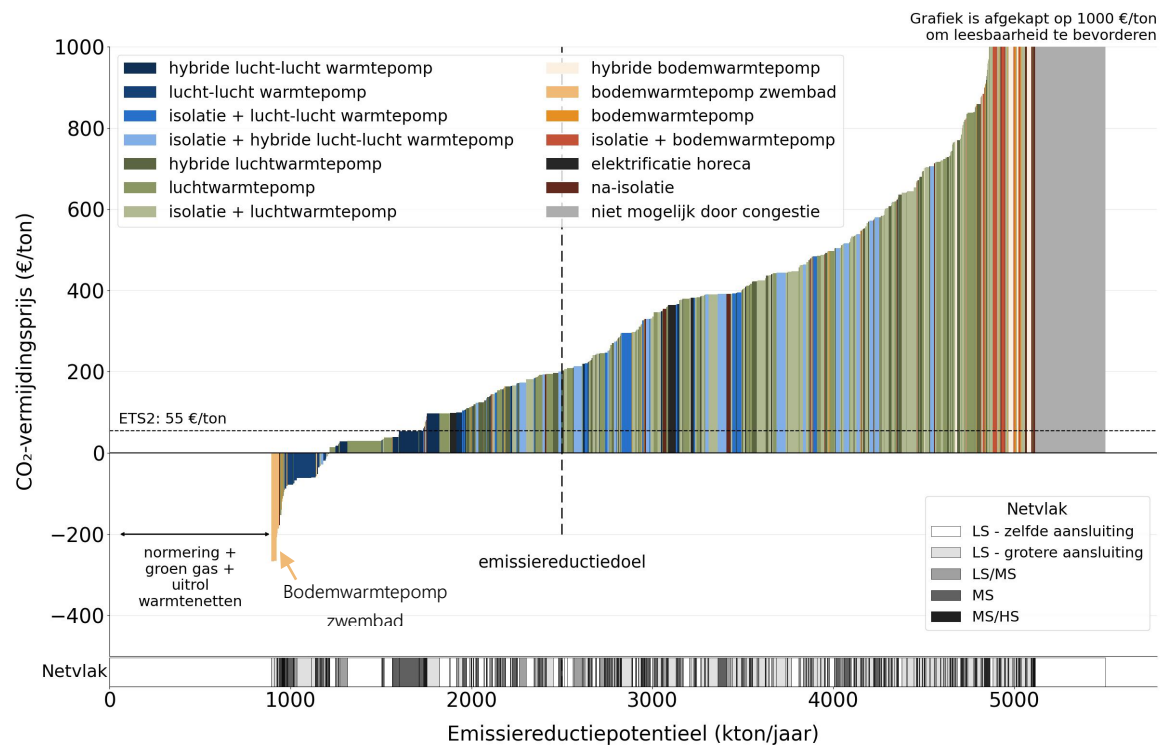


Figuur 31. De CO₂-abatementscurve voor gebouwen in de dienstensector in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies, exclusief SDE++. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorgerekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen.

Tot nu toe hebben we gekeken naar de vermijdingsprijzen afhankelijk van het wel of niet meenemen van belastingen en subsidies. We hebben hierbij nog geen rekening gehouden met de huidige congestieproblematiek waardoor een deel van de maatregelen in de praktijk mogelijk niet kunnen worden uitgevoerd. Hier gaan we in de volgende secties nader op in.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, door netcongestie is soms alleen hybride elektrificatie mogelijk.

Tot nu toe hebben we nog geen rekening gehouden met congestieproblematiek op het elektriciteitsnet. Het zal hierdoor niet altijd mogelijk zijn om tijdig meer transportcapaciteit te krijgen voor gebouwen wanneer de elektriciteitsvraag zou toenemen. In de methodiek hebben we toegelicht welke aannames we doen wat betreft het effect van congestie (80% congestie op MS netten, 20% op LS netten). Nu rekenen we door wat dit betekent voor de CO₂-abatementscurve, zie Figuur 32. We gaan er nu van uit dat het wel altijd mogelijk is om een hybride warmtepomp te installeren. Voor grootverbruikers (>55 kW) zou dit kunnen worden gecombineerd met een non-firm Aansluit- en Transportovereenkomst (ATO). Dit is een transportovereenkomst waarbij de netbeheerder gedurende piekuren het recht van transport kan beperken. Op deze momenten moet de warmtepomp afschakelen en de gasgestookte opwek het overnemen. Hiermee zou de wachtrij voor meer transportcapaciteit mogelijk kunnen worden overgeslagen.



Figuur 32. De CO₂-abatementscurve voor gebouwen in de dienstensector in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorgeerekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen. Door congestieproblemen is voor 80% van de MS aansluitingen en voor 20% van de LS aansluitingen volledige elektrificatie niet mogelijk (aanneme Kalavasta). Hybride warmtepompen zijn wel mogelijk.

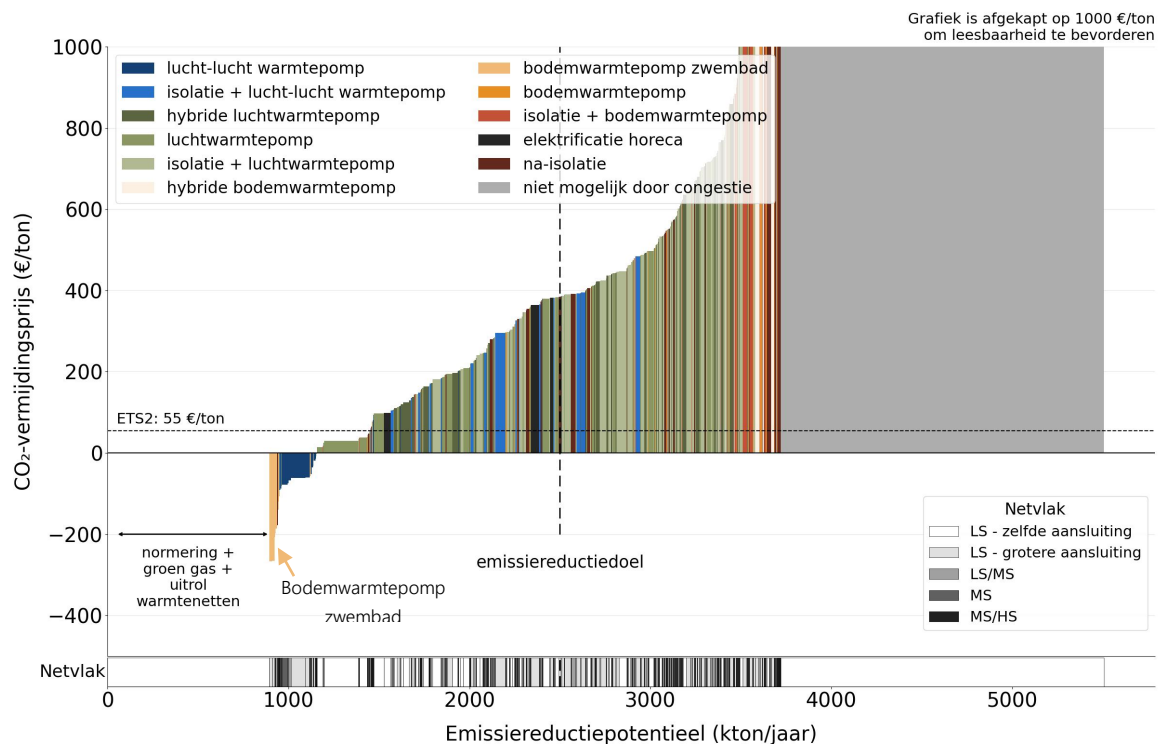
Door congestie neemt het financieel rendabele emissiereductiepotentieel af van 1,9 Mton naar 1,7 Mton bij een ETS2-prijs van 55 €/ton. Om de emissiereductiedoelstelling van 2,5 Mton te halen is een extra reductie van 0,8 Mton nodig. Volgens de abatementscurve is hiervoor een CO₂-prijs van 200 €/ton nodig, dus een CO₂-heffing van 145 €/ton boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton. We houden hierbij geen rekening met het feit dat het niet zeker is dat hybride elektrificatie wél mogelijk is in congestiegebieden. Hier gaan we in de volgende sectie nader op in.

In de KEV2024 wordt echter geraamd dat de dienstensector met bestaand beleid al 1,9 Mton aan emissies zal reduceren in 2030. Dit is 0,2 Mton meer dan het door ons berekende rendabele reductiepotentieel van 1,7 Mton. Kalavasta heeft contact gehad met het PBL, echter bleek het niet mogelijk om voldoende inzicht te krijgen in de door het PBL gebruikte aannames en modelleringstechnieken. We weten daardoor niet welke aannames omtrent congestie door het PBL zijn gehanteerd bij deze raming.

Als we echter uitgaan van de KEV2024-cijfers, dan resteert nog slechts een kloof van 0,6 Mton tussen de verwachte reductie (1,9 Mton) en de doelstelling (2,5 Mton). Om deze kleinere kloof te overbruggen, zou volgens onze abatementscurve een CO₂-prijs van 175 €/ton volstaan. Hiervoor is een CO₂-heffing van 120 €/ton nodig boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, door netcongestie is soms geen elektrificatie mogelijk

Wanneer in congestiegebieden (aannee Kalavasta: 80% congestie op MS netten, 20% op LS netten) ook geen hybride elektrificatie mogelijk is, neemt het emissiereductiepotentieel verder af, zie Figuur 33.



Figuur 33. De CO₂-abatement curve voor gebouwen in de dienstensector in 2030, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorge-rekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen. Door congestie-problemen is voor 80% van de MS aansluitingen en voor 20% van de LS aansluitingen elektrificatie niet mogelijk (aan-name Kalavasta). Ook hybride warmtepompen zijn niet mogelijk.

Door congestie neemt het financieel rendabele emissiereductiepotentieel af van 1,7 Mton naar 1,5 Mton bij een ETS2-prijs van 55 €/ton. Om de emissiereductiedoelstelling van 2,5 Mton te halen is een extra reductie van 1,0 Mton nodig. Volgens de abatement curve is hiervoor een CO₂-prijs van 385 €/ton nodig. Hiervoor is een CO₂-heffing van 330 €/ton nodig boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton.

In de KEV2024 wordt echter geraamd dat de dienstensector met bestaand beleid al 1,9 Mton aan emissies zal reduceren in 2030. Dit is 0,4 Mton meer dan het door ons berekende rendabele reductiepotentieel van 1,5 Mton. Kalavasta heeft contact gehad met het PBL, echter bleek het niet mogelijk om voldoende inzicht te krijgen in de door het PBL gebruikte aannames en modelleringstechnieken. We weten daardoor niet welke aannames omtrent congestie door het PBL zijn gehanteerd bij deze raming.

Als we echter uitgaan van de KEV2024-cijfers, dan resteert nog slechts een kloof van 0,6 Mton tussen de verwachte reductie (1,9 Mton) en de doelstelling (2,5 Mton). Om deze kleinere kloof te overbruggen, zou

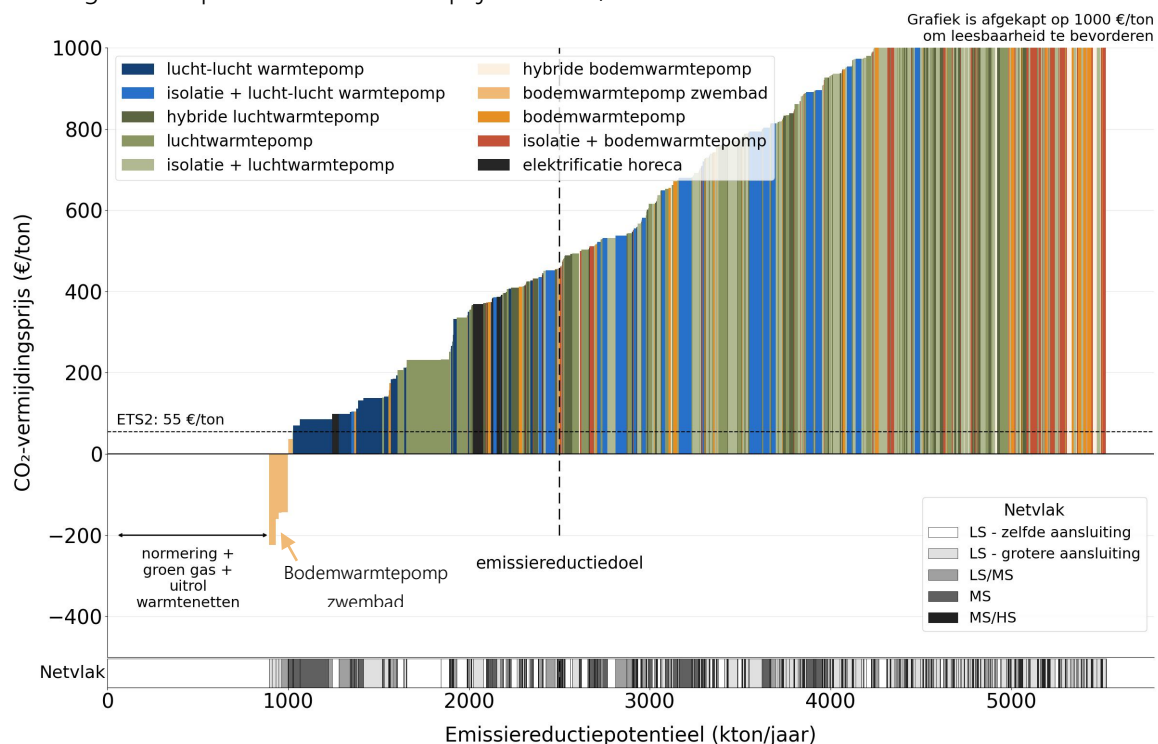
volgens onze abatement curve een CO₂-prijs van 235 €/ton volstaan. Hiervoor is een CO₂-heffing van 180 €/ton nodig boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton.

2030, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies, zonder congestie, terugverdiendtijd 7 jaar

Bedrijven/organisaties zullen eerder geneigd zijn om een investering te doen, wanneer deze zich op korte termijn terugverdiend. Niet alle investeringen worden namelijk als business case met doorlooptijd van 15 jaar doorgerekend. Er is bij investeringen met een langere terugverdiendtijd vaak meer financiering nodig. We hebben daarom ook berekend wat de CO₂-vermijdingsprijs is als de emissiereductietechniek al in 7 jaar tijd zou moeten worden terugverdiend, zie Figuur 34. We hebben gekozen voor deze terugverdiendtijd omdat we hiermee direct verkennen wat het effect zou zijn om de Energiebesparingsplicht te verscherpen van 5 jaar naar 7 jaar.

Bij een terugverdiendtijd van 7 jaar neemt het financieel rendabele emissiereductiepotentieel af van 1,9 Mton (zonder congestie) naar 1,0 Mton bij een ETS2-prijs van 55 €/ton. Bijna 0,9 Mton hiervan komt door normering, groengas bijmenging en de uitrol van warmtenetten. Er zijn dus weinig emissiereductiemaatregelen die zich binnen 7 jaar zullen terugverdienen. Een aanscherping van de Energiebesparingsplicht van 5 jaar naar 7 jaar zal dus nauwelijks effect hebben voor de dienstensector in de gebouwde omgeving.

Om de emissiereductiedoelstelling van 2,5 Mton te halen is een extra reductie van 1,5 Mton nodig. Volgens de abatement curve is hiervoor een CO₂-prijs van 455 €/ton nodig. Hiervoor is een CO₂-heffing van 400 €/ton nodig boven op de verwachte ETS2-prijs van 55 €/ton.



Figuur 34. De CO₂-abatement curve voor gebouwen in de dienstensector in 2030 voor een terugverdiendtijd van 7 in plaats van 15 jaar, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorgerekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad volgens de KEV2024 meegenomen.

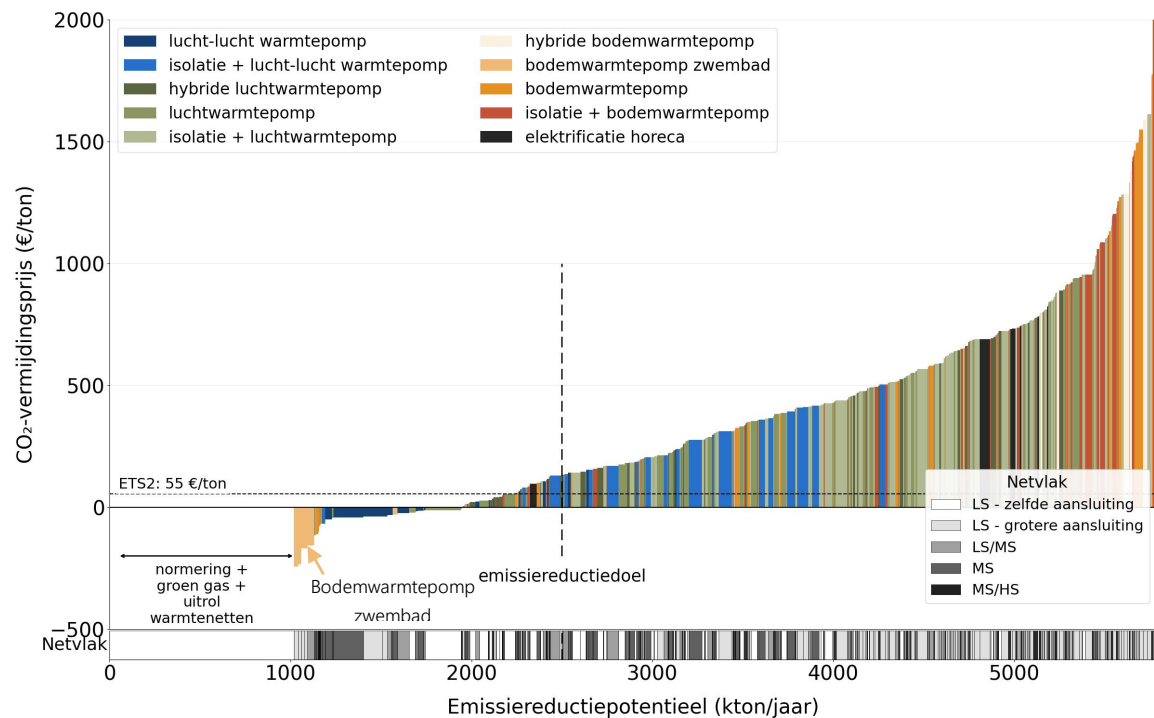
2035-2040, inclusief energiebelasting, inclusief subsidies

Tot slot geven we de CO₂-abatementscurve weer voor de steekjaren 2035 en 2040, Figuur 35. De KEV2024-ramingen van de energieprijzen zijn voor 2035 en 2040 gelijk, en ook de energiebelastingtarieven die we hanteren veranderen vanaf 2030 niet, daarom is de CO₂-abatementscurve voor 2035 en 2040 gelijk. We rekenen hier met energiebelasting en subsidies. We gaan ervan uit dat netcongestie geen rol speelt.

Voor warmtenetten rekenen we met de KEV2024-raming voor 2035, aangezien de er geen raming beschikbaar is voor 2040. Extra warmtenetten, bijvoorbeeld (deels) ten gevolge van extra beprijzing, kunnen voor 2040 worden gerealiseerd en zouden deze resultaten daardoor significant kunnen veranderen. Hier kunnen we echter geen uitspraak over doen, doordat we extra uitrol van warmtenetten boven op het KEV2024-basispad buiten scope hebben geplaatst.

De grafiek verschilt niet zo veel van zijn evenbeeld in 2030, Figuur 30 (pagina 59). Dit is te verklaren door het feit dat de energieramingen volgens de KEV2024 redelijk gelijk blijven tussen 2030 en 2040. Ook rekenen we met dezelfde kostenkengetallen, energiebelastingtarieven en subsidies. We kunnen de grafiek gebruiken om vast te stellen tegen welke CO₂-prijs alle emissies kosteneffectief kunnen worden gereduceerd. Met de gebruikte parameters ligt deze prijs rond de 2000 €/ton. Echter wordt 99% van de emissiereductie bereikt bij een prijs van 1500 €/ton. Uiteraard is dit ook afhankelijk van de marktprijs voor de ETS2 rechten. Indien de prijs hiervan sterk zou stijgen, is een minder hoge nationale extra CO₂-heffing nodig om al het emissiereductiepotentieel rendabel te maken. De KEV2024 raamt de ETS2 prijs in 2040 op 55 €/ton, bandbreedte 55-110 €/ton.

Hierbij moet worden opgemerkt dat vooral de uitschieters in de abatementscurve extra afhankelijk zijn voor aanpassingen in aannames. Het is dus belangrijk de exacte getallen niet letterlijk te nemen. Echter kan wel worden geconcludeerd dat een hele hoge CO₂-prijs nodig is om alle maatregelen financieel rendabel te maken. Dit heeft te maken met de relatief hoge kosten voor na-isolatie en de hoge piekvraag aan warmte in de winter ten opzichte van de totale warmtevraag. Dit laatste zorgt ervoor dat er relatief grote, en dus kostbare, warmtepompen nodig zijn voor een relatief kleine warmtevraag.



Figuur 35. De CO₂-abatementscurve voor gebouwen in de dienstensector in 2035-2040, inclusief energiebelasting en subsidies. Hierin is de CO₂-vermijdingsprijs bepaald op basis van de CAPEX, OPEX, kosten voor energie, nettarieven, de energiebelasting en de subsidies ISDE, DUMAVA, EIA en SDE++. Uitsluitend na-isolatie en warmtepompen zijn doorge-rekend als maatregelen. Voor warmtenetten is slechts het uitrolpad richting 2035 volgens de KEV2024 meegenomen.

In Tabel 17 tonen we welke extra CO₂-heffingen nodig zijn om twee belangrijke doelen te halen: de emissiereductie van 3,0 Mton in 2030 (oftewel 2,5 Mton minder dan in 2023 na temperatuurcorrectie) en de volledige emissiereductie (0 Mton) na 2040.

Een uitdaging bij deze berekening is dat we niet precies weten welke aannames over netcongestie zijn gebruikt in het KEV2024-basispad. Hierdoor is onduidelijk welke van onze berekende scenario's het beste aansluit bij dit basispad. We presenteren daarom twee vergelijkingen:

1. Het verschil tussen het KEV2024-basispad en het emissiereductiedoel
2. Het verschil tussen de Kalavasta-berekeningen en het emissiereductiedoel

We maken deze vergelijkingen voor verschillende aannames over netcongestie, inclusief situaties met energiebelasting en subsidies, zonder congestie, met congestie waarbij hybride oplossingen mogelijk blijven, en met congestie waarbij hybride oplossingen niet mogelijk zijn.

Tabel 17. Deze tabel toont het rendabele emissiereductiepotentieel voor verschillende scenario's en de extra CO₂-heffing die nodig is boven op de vastgestelde ETS2-prijs van 55 €/ton. De benodigde extra heffing is op twee manieren berekend. Allereerst op basis van het verschil tussen het door Kalavasta berekende rendabele emissiereductiepotentieel en het emissiereductiedoel voor 2030. Daarnaast is de heffing ook bepaald op basis van het verschil tussen de in de KEV2024 geraamde emissiereductie en het emissiereductiedoel voor 2030.

	Rendabel emissiereductiepotentieel bij 55 €/ton	Extra CO ₂ -heffing voor halen doelstelling o.b.v. Kalavastaraming	Extra CO ₂ -heffing voor halen doelstelling o.b.v. KEV2024-raming
Doelstelling: 2,5 Mton emissiereductie in 2030, t.o.v. temperatuurgecorrigeerde emissies 2023			
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder congestie	1,9 Mton rendabel emissiereductiepotentieel	100 €/ton voor 0,6 Mton extra reductie	100 €/ton voor 0,6 Mton extra reductie
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder SDE++, zonder congestie	1,8 Mton rendabel emissiereductiepotentieel	125 €/ton voor 0,7 Mton extra reductie	-
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, met netcongestie hybride mogelijk	1,7 Mton rendabel emissiereductiepotentieel	145 €/ton voor 0,8 Mton extra reductie	120 €/ton voor 0,6 Mton extra reductie
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, met netcongestie hybride niet mogelijk	1,5 Mton rendabel emissiereductiepotentieel	330 €/ton voor 1,0 Mton extra reductie	180 €/ton voor 0,6 Mton extra reductie
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder congestie, terugverdiendtijd 7 jaar	1,0 Mton rendabel emissiereductiepotentieel	400 €/ton voor 1,5 Mton extra reductie	-
Doelstelling: volledige emissiereductie na 2040			
Incl. energiebelasting, incl. subsidies, zonder congestie		> 1000 €/ton	> 1000 €/ton

Macroresultaten: invloed van de CO₂-prijs op de energiemix

In de voorgaande CO₂-abatementscurves hebben we laten zien bij welke CO₂-prijs verschillende emissiereductiemaatregelen financieel rendabel worden. Nu laten we zien hoe de energiemix van de gebouwen binnen de dienstensector verandert als emissiereductiemaatregelen worden genomen. We doen dit in volgorde van goedkope naar duurdere maatregel. Ook laten we zien hoe netcongestie deze mix kan beïnvloeden. We gebruiken als basis de CO₂-abatementscurve waar energiebelasting en subsidies zijn meegenomen. Met betrekking tot netcongestie maken we drie varianten:

- Netcongestie is niet beperkend
- Volledige elektrificatie kan in netcongestiegebieden geen doorgang vinden en daarom moet soms worden uitgeweken hybride warmtepompen.
- Elektrificatie kan in netcongestiegebieden geen doorgang vinden. Alleen na-isolatie is in deze gebieden nog mogelijk

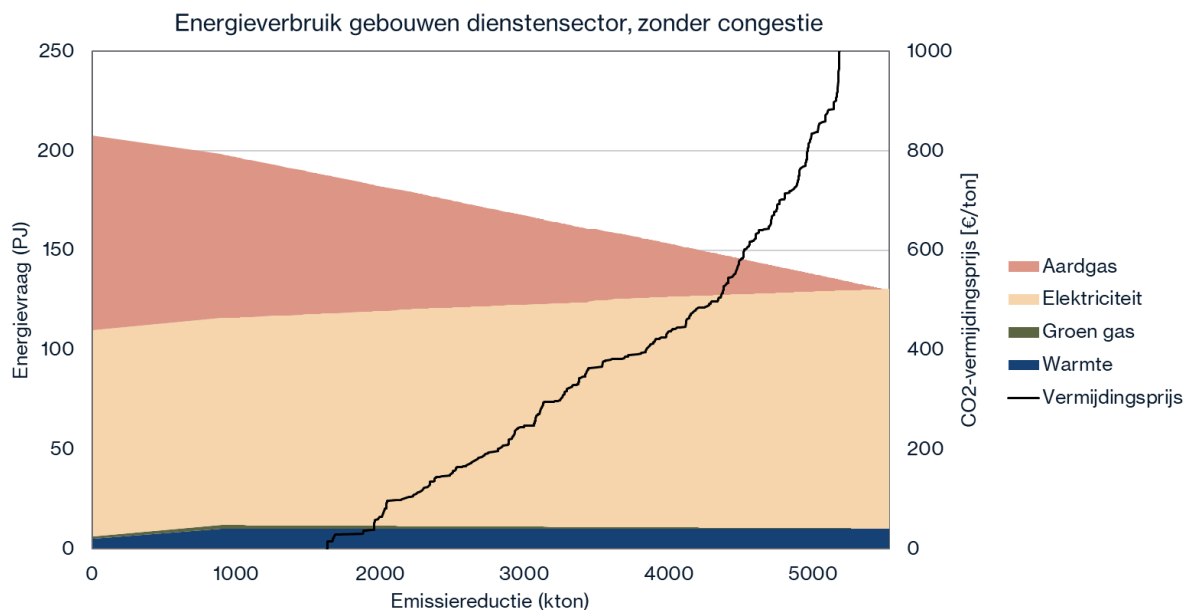
In de volgende figuren tonen we de volumes aardgas, groengas, elektriciteit en warmtevraag die door alle gebouwen in de dienstensector worden gebruikt. Helemaal links in de grafiek is de verdeling voor de situatie in 2023 getoond: warmtelevering via warmtenetten bedraagt ongeveer 5 PJ, aardgasverbruik is 98 PJ (temperatuurgecorrigeerd), groengas verbruik 1 PJ en elektriciteitsverbruik 104 PJ. We houden geen rekening met efficiëntieverbeteringen voor verlichting en overig elektrisch apparatuur.

Als voor een emissiereductie een warmtepomp wordt ingezet, neemt de vraag naar aardgas toe en de vraag naar elektriciteit af, maar wel in mindere mate. Volledig rechts zien we de energiemix indien alle technisch mogelijke maatregelen zijn uitgevoerd. Over de grafiek heen is ook de bijbehorende CO₂-vermijdingsprijs getoond.

Energiemix zonder congestie

Zonder congestie is volledige verduurzaming technisch mogelijk en neemt de vraag naar aardgas en groengas af naar 0 PJ, aangezien de gasmix in 2040 nog aardgas bevat. Alle gebouwen moeten dus elektrificeren (of worden aangesloten op een duurzaam warmtenet) en de elektriciteitsvraag neemt toe van 104 naar 120 PJ. Op langere termijn is het wellicht wel haalbaar om de gasmix grotendeels te verduurzamen. Als volledige klimaatneutraliteit pas later hoeft te worden bereikt ontstaat dan wel de mogelijkheid om gebouwen permanent (deels) met gas te verwarmen. Als alternatief kan er ook worden uitgeweken naar de boekhoudkundige inkoop van extra groen gas, om zo de volledige gasvraag te verduurzamen. Zolang we echter uitgaan van de fysieke gasmix en kijken naar het doeljaar 2040, is er geen ruimte voor gasgebruik in een klimaatneutraal energiesysteem. Daarom toont Figuur 36 bij volledige verduurzaming geen gasverbruik.

De warmtevraag via warmtenetten stijgt niet meer na een initiële toename van 5 naar 10 PJ. Dit komt doordat we het uitrolpad volgens de KEV2024 volgen voor 2030 en warmtenetten verder niet als emissiereductiemaatregel toenemen. Extra warmtenetten, bijvoorbeeld (deels) ten gevolge van extra beprijzing, kunnen voor 2040 worden gerealiseerd en zouden deze resultaten daardoor significant kunnen veranderen. In dat geval zal de warmtevraag toenemen en de aardgas en/of elektriciteitsvraag afnemen. Hier kunnen we echter geen exacte uitspraken over doen, doordat we extra uitrol van warmtenetten boven op het KEV2024-basispad buiten scope hebben geplaatst.

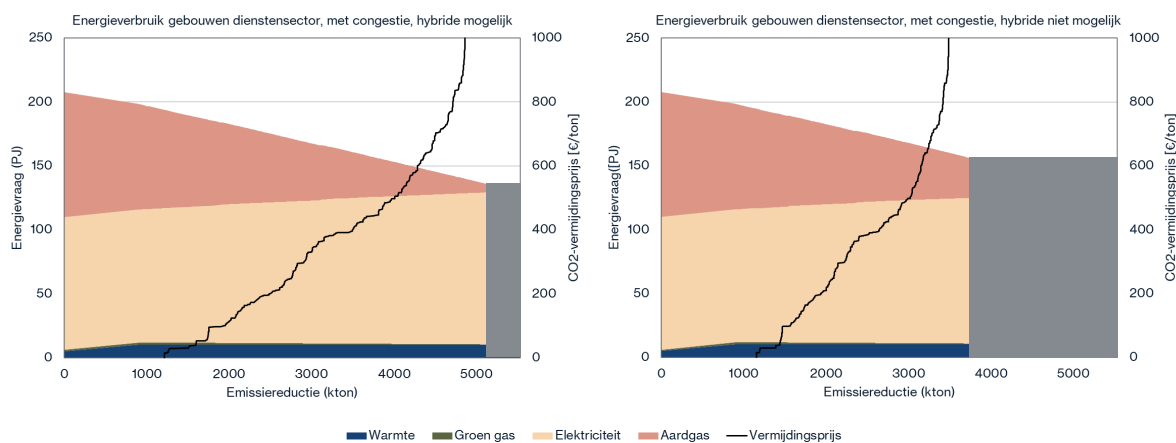


Figuur 36. Veranderende energiemix wanneer verschillende emissiereductiemaatregelen worden getroffen, oplopend van goedkoop naar duur, met belasting en subsidie, zonder congestie.

Energiemix met congestie

Wanneer een deel van de gebouwen niet (volledig) kunnen elektrificeren door congestieproblemen, zal ook een deel van de gasvraag niet kunnen worden vervangen. Figuur 37 laat zien dat slechts een klein deel van de aardgasvraag resteert wanneer hybride elektrificatie nog wel mogelijk is. Wanneer ook dit niet mogelijk zal voor een deel van de gebouwen alleen na-isolatie overblijven als optie, waarmee niet alle aardgasvraag kan worden geëlimineerd. Het is niet realistisch dat alle emissies worden afgebouwd binnen de tijdspanne dat er congestiebeperkingen zijn. Naar verwachting zijn deze ruim voor 2040 verholpen. Het is hier dus niet zinvol om naar de eindmix rechts in de curve te kijken.

Zoals eerder genoemd rekenen we hier warmtenetten niet als afzonderlijke emissiereductie optie door. Alleen het uitrolpad volgens de KEV2024 voor het jaar 2030 is opgenomen in de grafiek.



Figuur 37. Veranderende energiemix wanneer verschillende emissiereductiemaatregelen worden getroffen, oplopend van goedkoop naar duur, met belasting en subsidie, met congestie. Links zijn hybride warmtepompen in congestiegebieden wel mogelijk, rechts niet.

Macroresultaten: invloed van de CO₂-prijs op de kosten

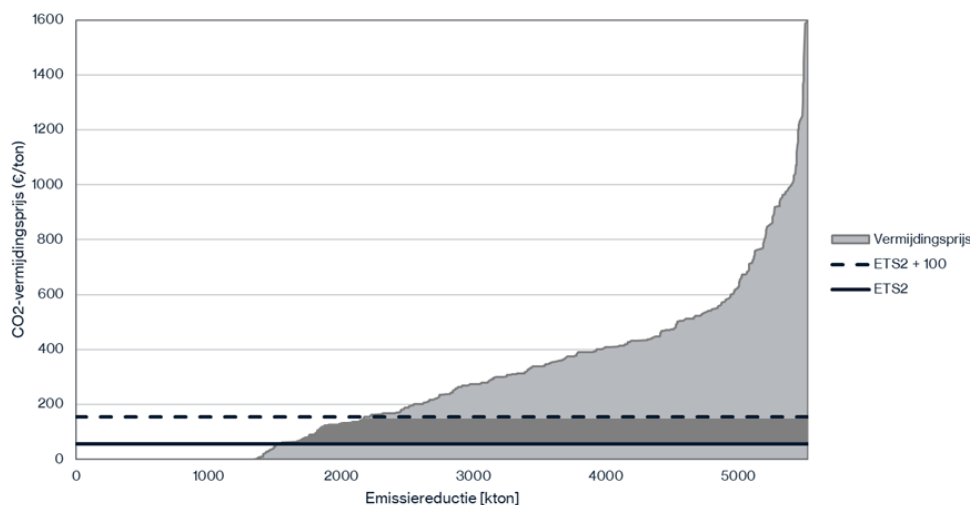
Tot nu toe hebben we de impact van de CO₂-prijs op emissiereductie en op de energiemix behandeld. Echter heeft een eventuele verhoging van de CO₂-prijs ook impact op de gemaakte kosten voor bedrijven en organisaties. Er kunnen op twee manieren meerkosten worden gemaakt:

1. De CO₂-prijs geeft onvoldoende financiële prikkel om tot verduurzaming over te laten gaan. Er worden extra kosten gemaakt om de CO₂-prijs te betalen.
2. De CO₂-prijs geeft voldoende financiële prikkel om tot verduurzaming over te gaan. Verduurzaming brengt echter meerkosten met zich mee ten opzichte van de business as usual referentiesituatie.

Stel dat we de meerkosten willen berekenen voor een hypothetische organisatie met 100 ton emissies en een CO₂-vermijdingsprijs (verduurzamingskosten) van 150 €/ton. De ETS2-prijs is 55 €/ton. De extra CO₂-heffing die nodig zou zijn om emissiereductie rendabel te maken, is dus $150 - 55 = 95$ €/ton. Als we aannemen dat de organisatie zal verduurzamen wanneer dit rendabel wordt, kunnen de jaarlijkse kosten op de volgende manier worden berekend:

- *Bij een CO₂-prijs van 55 €/ton, zonder additionele heffing, zal verduurzaming niet rendabel zijn voor het bedrijf. Er zal in plaats daarvan worden gekozen om simpelweg de 55 €/ton te betalen. De kosten bedragen $55 \times 100 = 5.500$ €/jaar.*
- *Bij een CO₂-heffing + CO₂-prijs van 100 €/ton zal verduurzaming niet rendabel zijn voor het bedrijf. Ook nu zal gekozen worden om simpelweg de 100 €/ton te betalen. Kosten bedragen $100 \times 100 = 10.000$ €/jaar. De meerkosten zijn 4.500 €/jaar.*
- *Bij een CO₂-heffing + CO₂-prijs van precies 150 €/ton zal verduurzaming net zo duur zijn als het betalen van de CO₂-kosten. De kosten bedragen $100 \times 150 = 15.000$ €/jaar. De meerkosten zijn 9.500 €/jaar.*
- *Bij een CO₂-heffing + CO₂-prijs van 200 €/ton zal verduurzaming rendabel zijn. Verduurzamen kost voor dit bedrijf bedragen 150 €/ton en jaarlijkse kosten dus $100 \times 150 = 15.000$ €/jaar. Ook nu zijn de meerkosten 9.500 €/jaar.*

De maximale meerkosten zijn dus afhankelijk van de CO₂-vermijdingsprijs per organisatie. De kosten vallen lager uit wanneer de CO₂-heffing + CO₂-prijs lager is dan deze vermijdingsprijs. Op basis van de CO₂-abatementscurves kunnen we nu uitrekenen wat in theorie de kosten zullen zijn voor de dienstensector als geheel. De jaarlijkse kosten zijn gelijk aan de oppervlakte onder de abatementscurve (vermijdingsprijs x emissiereductiepotentieel) voor een bepaalde CO₂-prijs. Om tot de meerkosten te komen trekken we hier de kosten bij de KEV2024-referentieprijs (55 €/ton) vanaf, omdat dit binnen de business as usual referentiesituatie valt.



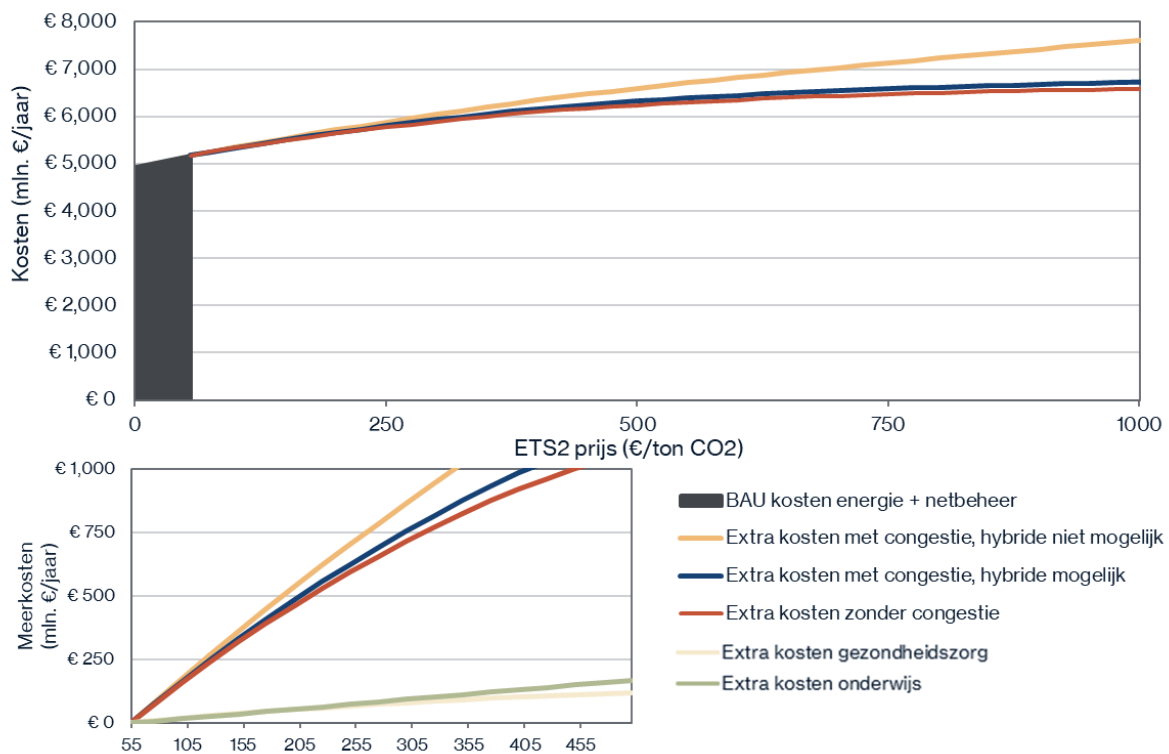
Figuur 38. Illustratief voorbeeld van de berekening meerprijsberekening op basis van een verhoogde CO₂-prijs.

Als voorbeeld rekenen we de jaarlijkse kosten uit voor een additionele CO₂-heffing van 100 €/ton, zie Figuur 38. De meerkosten zijn dan gelijk aan het oppervlak van de abatement curve tussen 55 en 155 €/ton. In dit voorbeeld bedraagt dit oppervlak (vermijdingsprijs x emissiereductiepotentieel) 333 mln €/jaar (donkergrijze vlak in de figuur).

Als alle emissiereductiemaatregelen op termijn moeten worden genomen kost dit in totaal ruim 1500 mln €/jaar extra voor de dienstensector (lichtgrijze vlak boven de stippellijn + donkergrijze vlak). Hiervoor zou een CO₂-heffing nodig zijn van ruim boven de 1000 €/ton.

Wanneer we de CO₂-prijs variëren zullen ook de kosten variëren. Wat de meerkosten zijn voor verschillende CO₂-prijzen wordt geïllustreerd in Figuur 39. Hierbij laten we de meerkosten zien in verhouding tot de business as usual referentiekosten. We nemen hierbij niet de maatregelen mee met een negatieve vermijdingsprijs, omdat deze baten bij andere bedrijven/organisaties vallen dan waar de kosten vallen. We nemen de energie-, netbeheer- en CO₂-kosten (55 €/ton) mee, inclusief energiebelasting en subsidies.

Bij een stijgende CO₂-prijs nemen de kosten voor energie + netbeheer toe met 3% bij een CO₂-prijs van 100 €/ton, 6% bij 150 €/ton en met 9% bij 200 €/ton. Wanneer we ook rekening houden met congestiebeperkingen zullen de meerkosten sterker toenemen. Een deel van de meer aantrekkelijke maatregelen is immers niet meer beschikbaar. Hoe de meerkosten veranderen door congestiebeperkingen wordt ook in de figuur getoond.



Figuur 39. Toename van (verduurzamings-), energie-, netbeheer- en CO₂-kosten (inclusief energiebelasting en subsidies) bij een verhoging van de CO₂-prijs.

De impact van deze kostenverhoging zal sterk verschillen per sector. Bedrijven kunnen de kosten wellicht (deels) doorberekenen aan de klant. Voor maatschappelijke organisaties is dit in mindere mate mogelijk, en zal meer extern geld of interne besparingen nodig zijn. De impact zal per sector en per organisatie/bedrijf sterk variëren. Specifiek voor gezondheidszorg en onderwijs hebben we ook de absolute meerkosten getoond. Deze meerkosten bedragen circa 37 mln €/jaar per sector voor een verhoging van 55 naar 155 €/ton CO₂. We zullen aanvullend in de volgende sectie voor een vijftal gebouwsoorten de impact van verduurzamingsmaatregelen in meer detail doornemen.

Microprofielen: de verduurzamingsopties voor individuele gebouwen

De voorgaande analyses vonden plaats op het niveau van de gehele dienstensector. We analyseren de impact op emissies, energieverbruik en kosten voor vijf gebouwsoorten. Voor iedere gebouwsoort rekenen we vier opties door:

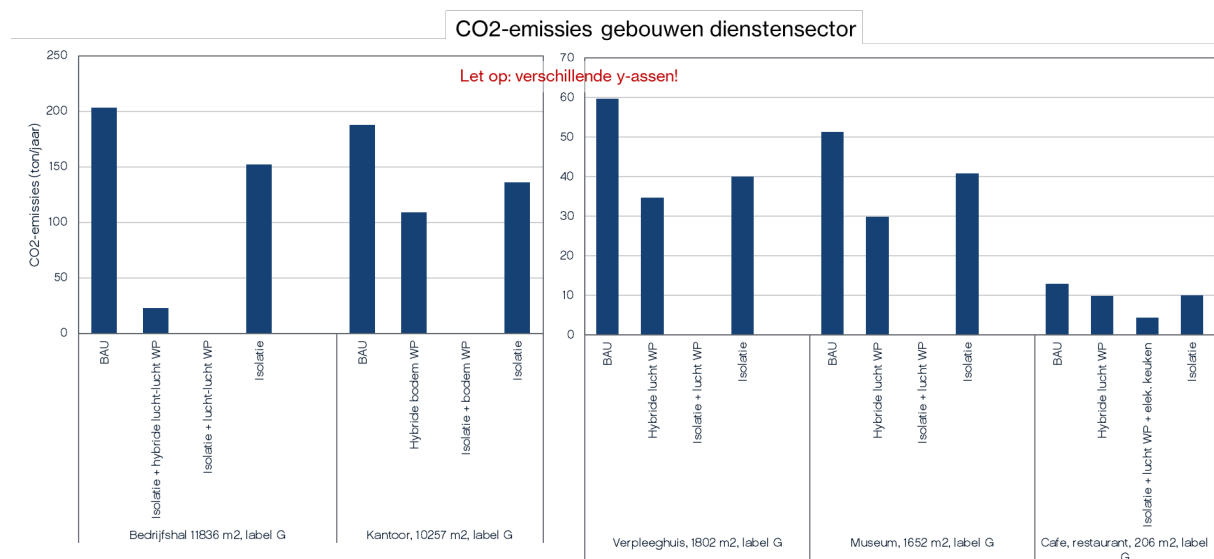
1. Business as usual
2. Hybride warmtepomp
3. Isolatie + all-electric warmtepomp
4. Isolatie

Een overzicht van de gebouwsoorten die we doorrekenen zijn weergegeven in de onderstaande tabel. We hebben bewust gekozen voor slecht geïsoleerde gebouwen, omdat op deze manier de kosten voor na-isolatie ook worden meegenomen. De bouwprofielen zijn gebaseerd op hypothetische gebouwen, maar zijn wel gestoeld op gemiddeldes uit de pandendataset van TNO²⁶.

Tabel 18. Overzicht van vijf verschillende gebouwsoorten die aan de basis staan van de microprofielen.

Gebouwsoort	Gebruiks-opp. (m ²)	Vloeropp. (m ²)	Gevelopp. (m ²)	Dakopp. (m ²)	Raamopp. (m ²)	Bouwjaar	La-bel	Warmtepomp
Bedrijfshal	11836	8889	3392	9064	1633	Voor 1964	G	Lucht-lucht
Kantoor	10257	3114	3048	3298	2015	Voor 1964	G	Bodem
Verpleeghuis	1802	1136	1078	1251	464	Voor 1964	G	Lucht-water
Museum	1652	1074	1178	1307	449	Voor 1964	G	Lucht-water
Restaurant	206	208	245	253	92	Voor 1964	G	Lucht-water

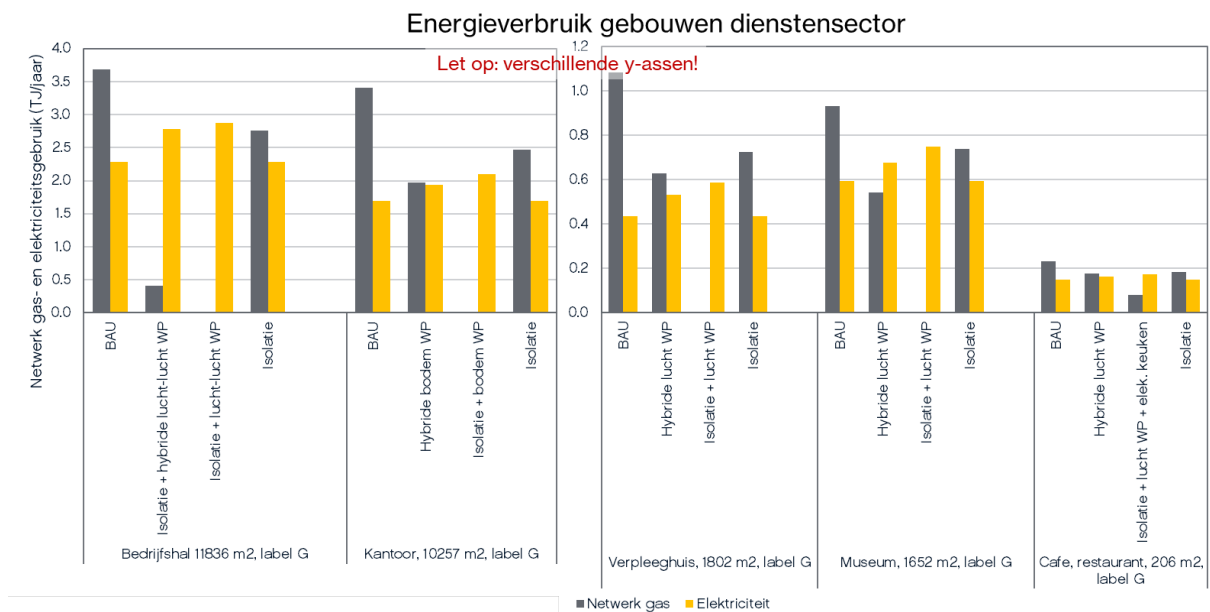
Allereerst tonen we de CO₂-emissies na de vier maatregelpakketten in Figuur 40 en het energieverbruik in Figuur 41. We zien dat emissies en energieverbruik sterk verschillen tussen verschillende gebouwsoorten. Dit komt voornamelijk door grote verschillen in gebruiksoppervlak. Ook zien we dat bij alleen isolatie of alleen een hybride warmtepomp nog veel restemissies overblijven.



Figuur 40. CO₂-emissies bij business as usual en drie emissiereductieopties voor vijf gebouwsoorten.

Voor de bedrijfshal bevat het pakket met hybride warmtepomp ook isolatie. We rekenen voor de lucht-lucht warmtepomp namelijk geen 'standaard' hybride variant door waarbij de warmtepomp en gasketel dagelijks samenwerken om de warmtevraag in te vullen. De hybride variant is uitsluitend bedoeld om transportbeperkingen op te vangen wanneer een gebouw zich in een congestiegebied bevindt. Er is in feite sprake van een all-electric lucht-lucht warmtepomp met een ketel als back-up tijdens congestiementen.

²⁶ Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/Single-Doc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>



Figuur 41. Energiemix bij business as usual en drie emissiereductieopties voor vijf gebouwsoorten.

In onze analyse hebben we ook gekeken naar de financiële gevolgen voor verschillende gebouwtypen. Tabel 19 geeft een overzicht van de kosten bij vier scenario's: business as usual (huidige situatie), installatie van een hybride warmtepomp, een combinatie van isolatie met een all-electric warmtepomp, en alleen isolatie zonder wijziging van het verwarmingssysteem. Voor deze berekeningen hebben we een CO₂-prijs van 155 €/ton vergeleken met een prijs van 55 €/ton. Deze specifieke prijs van 155 €/ton is gekozen omdat bij dit niveau ongeveer 0,6 Mton aan extra emissiereductie financieel rendabel wordt in de dienstensector, wat precies het verschil is tussen de verwachte emissiereductie volgens het KEV2024-basispad en het gestelde emissiereductiedoel.

Ook tonen we de totale jaarlijkse kosten per gebouwtype. Deze schattingen zijn gebaseerd op literatuurdata op sectorniveau en vervolgens teruggerekend naar gebouwniveau op basis van gebruiksoppervlak. Figuur 42 laat de kostenuitsplitsing zien per gebouwsoort.

We doen een paar interessante observaties:

- Geen enkele emissiereductiemaatregel heeft een terugverdientijd van 15 jaar of korter bij een CO₂-prijs van 155 €/ton.
- Kosten voor isolatie en de warmtepomp zijn dermate hoog, waardoor voor deze gebouwsoorten verduurzaming erg kostbaar is. De meeste maatregelen worden pas rendabel bij een CO₂-prijs (ruim) boven de 400 €/ton.
- Energiebelasting en subsidies zijn de voornaamste
- De meerkosten tussen business as usual bij 55 €/ton en de goedkoopste optie bij 155 €/ton maken voor deze bedrijven/organisatie een relatief klein aandeel uit van de totale jaarlijkse kosten.

Hoewel deze kosten in verhouding tot de totale bedrijfskosten beperkt lijken, kunnen ze voor maatschappelijke organisaties mogelijk toch tot financiële knelpunten leiden. Voornamelijk als er op dit moment al weinig financiële speling is, zoals het geval is in bijvoorbeeld de zorg in het onderwijs. Dit komt doordat deze organisaties vaak niet in staat zijn om kostenstijgingen door te berekenen aan hun gebruikers. CE

Delft (2024)²⁷ wijst erop dat zorginstellingen bekostigd worden op basis van zorgverbruik en onderwijsinstellingen zoals basisscholen een vast bedrag per leerling ontvangen, zonder automatische compensatie voor hogere energiekosten. Ook voor culturele instellingen zoals musea is het niet vanzelfsprekend dat zij ticketprijzen kunnen verhogen om deze meerkosten op te vangen.

Tabel 19. Totale kosten, inkomsten en winst per gebouwsoort o.b.v. historische data, en kosten CO₂-beprijzing.

	Totale kosten (k€/jaar)	BAU (55 €/ton) (k€/jaar)	BAU (155 € /ton) (k€/jaar)	Hybride WP (155 € /ton) (k€/jaar)	Isolatie + all- electric WP (155 € /ton) (k€/jaar)	Isolatie (155 € /ton) (k€/jaar)	Meerkosten 155 t.o.v. 55 € /ton als percentage van kosten
Bedrijfshal ^I	€ 32.946	€ 206	€ 227	€ 290	€ 267	€ 305	$(227-206)/32.946=0,06\%$
Kantoor	n/a	€ 172	€ 191	€ 233	€ 295	€ 272	n/a
Verpleeghuis ^{II}	€ 2.519	€ 49	€ 55	€ 65	€ 70	€ 59	$(55-49)/2.519=0,23\%$
Museum ^{III}	€ 3.609	€ 50	€ 55	€ 66	€ 78	€ 69	$(55-50)/3.609=0,14\%$
Restaurant ^{IV}	€ 590	€ 13	€ 14,27	€ 14,28	€ 20	€ 15	$(14,27-13)/590=0,22\%$

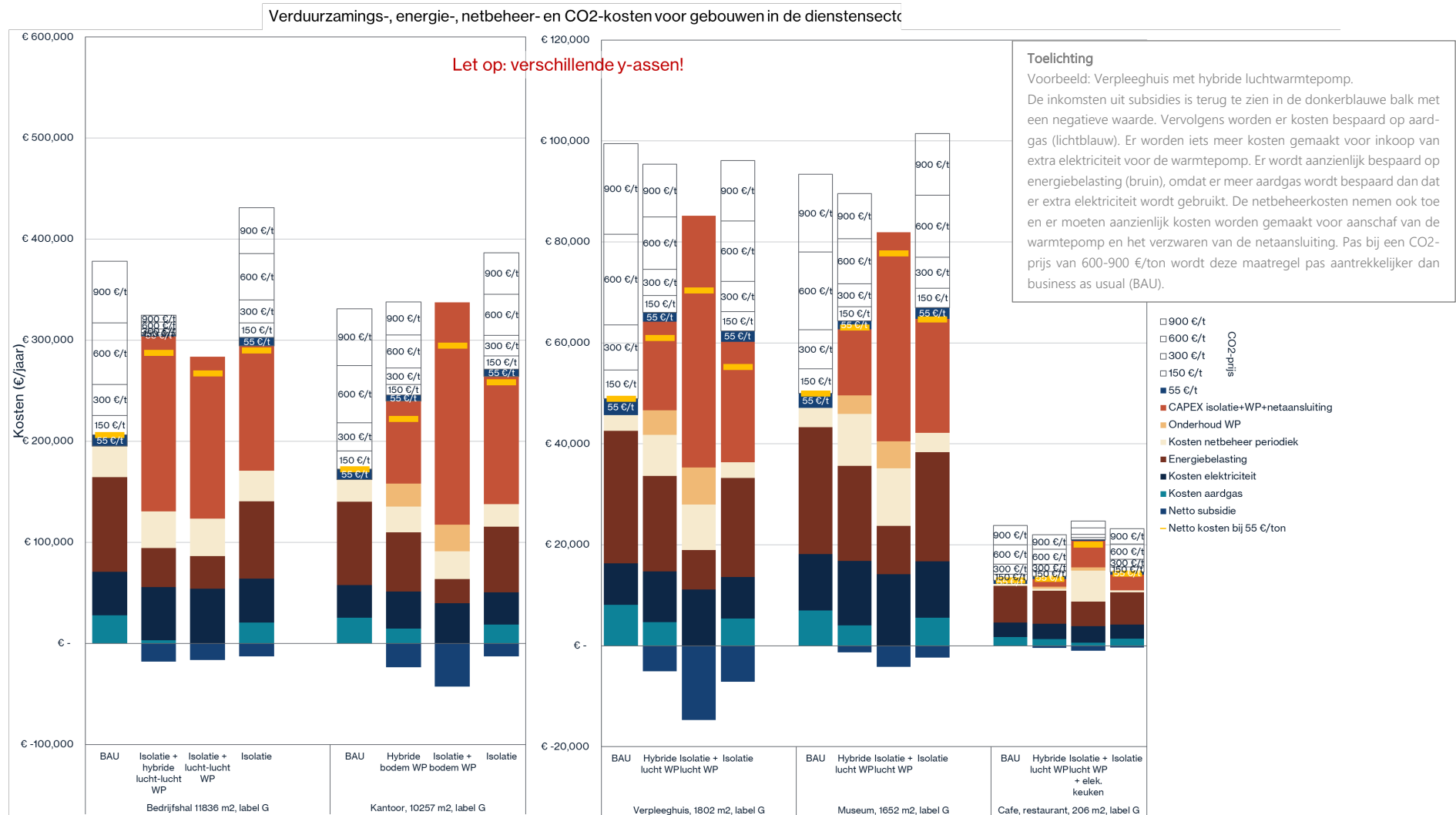
I. SBI sector H. – CBS (2023). Bedrijfsleven; arbeids- en financiële gegevens, per branche, SBI 2008 – CBS gebouwenmatrix (2021)

II. Zorgcijferbank (2023). Totale zorgkosten Wet langdurige zorg – CBS gebouwenmatrix (2021)

III. Bouwstenen (2011). Cijfers maatschappelijk vastgoed 2011 – CBS (2023). Musea; bedrijfsopbrengsten en -kosten

IV. CBS (2023). Bedrijfsleven; arbeids- en financiële gegevens, per branche, SBI 2008 – CBS gebouwenmatrix (2021)

²⁷ CE Delft (2024). Meerkosten en impact bijmengverplichting groengas



Figuur 42. Uitsplitsing van kosten voor business as usual en drie verschillende verduurzamingspakketten voor een bedrijfshal, kantoor, verpleeghuis, museum en restaurant.

Conclusies en reflectie

Industrie

Voldoende rendabel potentieel voor emissiereductie in ETS2-industrie

Dit onderzoek laat zien dat binnen de ETS2-industrie met de huidige belastingen en subsidies (zelfs zonder SDE++) voldoende emissiereductiepotentieel rendabel is. Bij realisatie van dit rendabele potentieel kan het restemissiedoel van 1,8 Mton in 2030 worden gerealiseerd. Ook wanneer netcongestie de elektrificatiemogelijkheden beperkt, blijft er bij hybride elektrificatie of via alternatieve brandstoffen genoeg rendabel reductiepotentieel over. Gezien deze resultaten lijkt additionele CO₂-beprijzing voor de ETS2-industrie niet noodzakelijk om voldoende rendabel reductiepotentieel te hebben.

Rendabele emissiereductie in ETS2-industrie mogelijk, maar onzekerheden en uitvoeringsobstakels belemmeren implementatie

Echter, dat emissiereductiepotentieel rendabel is, betekent niet automatisch dat deze maatregelen ook daadwerkelijk (tijdig, voor 2030) worden uitgevoerd. Dit kan door twee zaken komen: namelijk omdat bedrijven de kennis van deze rendabele maatregel niet hebben of omdat bedrijven hier wel van op de hoogte zijn en willen verduurzamen, maar niet meteen bereid én in staat zijn om deze maatregelen te implementeren. Beide zaken zullen in de praktijk aan de orde zijn, en dit lichten we nader toe.

Wat betreft de kennis over rendabele maatregelen kampen bedrijven met twee soorten onzekerheden. Enerzijds zijn er marktonzekerheden, zoals fluctuerende energieprijzen richting 2030. Anderzijds zijn er beleidsonzekerheden, bijvoorbeeld omdat toekomstige tarieven voor energiebelasting niet bij bedrijven bekend zijn. De overheid kan hier meer duidelijkheid verschaffen. Onze doorrekening maakt gebruik van het pad van de ontwikkeling van de energiebelasting, welke positief bijdraagt aan de business cases voor verduurzaming vergeleken met recent historische tarieven. Deze tarieven zijn in principe openbaar omdat ze eerder met de tweede kamer zijn gedeeld, maar wel lastig vindbaar. Als tariefverschuivingen in de energiebelasting inderdaad bedoeld zijn om verduurzaming te stimuleren, zou heldere communicatie hierover bedrijven helpen om tijdig op emissiereductiemaatregelen te anticiperen.

Dit hangt ook samen met het tweede punt: indien een bedrijf uitrekent dat een maatregel rendabel is, betekent dat nog niet dat deze partij ook in staat is en bereid is deze te nemen. Enerzijds kunnen er beperkingen zijn vanuit infrastructuur (netcongestie) of vergunningen. Ook kan er, afhankelijk van de bedrijfsprocessen, gewacht worden tot een natuurlijk vervangingsmoment. Anderzijds is het ook mogelijk dat het lastig is een (meer)investering te financieren. Al met al betekent dit dat de daadwerkelijke emissiereductie waarschijnlijk lager uitpakt dan het rendabel emissiereductiepotentieel volgens de CO₂-abatementscurve.

Beleidsduidelijkheid en wegnemen obstakels belangrijker dan extra CO₂-prijs

Afgaande op de geschetste problemen – bedrijven zijn niet op de hoogte van de rendabiliteit van verduurzaming of kunnen niet verduurzamen – verwachten wij dat het zeker stellen van de emissiereductiedoelen in de ETS2-industrie niet gebaat is bij een extra CO₂-prijs, maar juist bij het scheppen van duidelijkheid over de toekomstige tarieven en het wegnemen van obstakels in de uitvoering. Meer zicht op de ontwikkeling van energiebelasting- en nettatarieven kan bedrijven helpen hun business cases tijdig door te rekenen. Er kan eventueel overwogen worden om een CO₂-minimumprijs te introduceren om meer zekerheid te bieden, omdat de toekomstige CO₂-prijs van ETS2 onzeker is. Hierbij zou de hoogte van deze minimumprijs kunnen worden gezet op de geraamde ETS2-prijs volgens de KEV2024 en internationale voorspellingen. Deze minimumprijs is dan alleen een middel dat zekerheid biedt en niet bedoeld als additionele heffing.

En tot slot is het van belang om (hybride) elektrificatie maximaal te faciliteren, opdat de meest rendabele elektrificatie opties ook geïmplementeerd kunnen worden.

Diensten

Dienstensector heeft onvoldoende rendabel emissiereductiepotentieel voor 2030-doelen, extra prijsprikkels nodig

Dit onderzoek toont aan dat met het huidige beleid (inclusief belastingen en subsidies) de dienstensector niet over genoeg kosteneffectieve emissiereductieopties beschikt om CO₂-uitstoot te verminderen in lijn met de emissiereductiedoelstellingen. De economisch haalbare emissiereductie bedraagt slechts 1,9 Mton, terwijl een reductie van 2,5 Mton nodig is om het doel van maximaal 3,0 Mton restuitstoot te bereiken in 2030. Wanneer we rekening houden met netcongestie daalt het rendabele potentieel zelfs naar 1,5 Mton. Ter vergelijking: in het KEV2024-basispad wordt een reductie van 1,9 Mton verwacht.²⁸

Om de benodigde emissiereductie rendabel te maken is additioneel beleid noodzakelijk. Bij invoering van een CO₂-heffing zou deze, nog zonder rekening houdend met netcongestieproblematiek, 100 €/ton moeten bedragen boven op de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton.

Een extra heffing van 100 €/ton is alleen voldoende als we rekenen met een terugverdientijd van 15 jaar. Echter zullen veel bedrijven/organisaties pas investeren in verduurzaming als de terugverdientijd korter is. Als we uitgaan van een maximale terugverdientijd van 7 jaar zal een CO₂-heffing van ongeveer 400 €/ton nodig zijn om de emissiereductiedoelstelling te halen.

Als we rekening houden met netcongestie, bij een terugverdientijd van 15 jaar, zou een CO₂-heffing van 120 tot 330 €/ton nodig zijn, boven op de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton. Deze hogere prijzen komen doordat een deel van de gebouwen die tegen relatief lage kosten kan verduurzamen, moeten uitwijken naar een hybride warmtepomp of zelfs helemaal niet kunnen elektrificeren. Om de

²⁸ Vanwege het onvolledige overzicht van aannames en modelleringstechnieken die ten grondslag liggen aan de KEV2024-raming, weten we niet hoe onder andere congestieproblematiek in het KEV2024-basispad is meegenomen.

emissiereductiedoelstelling alsnog te halen moet worden uitgeweken naar duurdere emissiereductiemaatregelen, waardoor een hogere CO₂-heffing nodig zal zijn.

Deze CO₂-prijzen zijn hoger dan bestaande CO₂-prijzen in andere sectoren. Ter vergelijking: de huidige ETS1-prijs voor de industrie bedraagt op het moment van schrijven 65 €/ton, de recordprijs tot nu toe was meer dan 100 €/ton, en de langetermijnverwachting voor 2040 is 184 €/ton (bandbreedte 125-228 €/ton). De glastuinbouw kent een CO₂-prijs die oploopt tot 17,7 €/ton in 2030.

Alternatieve beleidsinstrumenten nodig voor volledige verduurzaming

Op langere termijn zouden voor volledige verduurzaming theoretisch zeer hoge prijzen (>1000 €/ton) nodig zijn. Als alternatief hierop zou kunnen worden uitgeweken naar andere beleidsinstrumenten zoals additionele normering van isolatiemaatregelen en normering voor aanschaf van all-electric warmtepompen. Ook zal verdere uitrol van warmtenetten helpen voor volledige verduurzaming. Aanscherping van de Energiebesparingsplicht zal beperkt effect hebben door de lange terugverdientijden van veel maatregelen.

CO₂-heffingen zullen maatschappelijk vastgoed harder treffen dan bedrijven in de dienstensector

Naast mogelijke emissiereductie zal verhoging van de CO₂-prijs resulteren in een lastenverhoging. Voor de meeste bedrijven/organisaties in de dienstensector zal deze lastenverhoging over het algemeen relatief klein zijn ten opzichte van de totale kosten. Dit komt doordat energieverbruik bij de meeste bedrijven/organisaties maar een klein deel uitmaakt van de totale kosten in de dienstensector.

De impact is echter groter voor maatschappelijk vastgoed. Hierbij spelen twee factoren een rol. Ten eerste kunnen veel organisaties in sectoren zoals gezondheidszorg en onderwijs de extra kosten niet gemakkelijk doorberekenen aan gebruikers vanwege tariefregulering. Ten tweede maken bij sommige organisaties, zoals sportverenigingen en buurthuizen, de energiekosten een relatief groot deel uit van de totale kosten doordat ze weinig personeelskosten hebben. Om lastenverzwaringen door een CO₂-heffing te kunnen dragen, zullen dergelijke organisaties extra financiële middelen nodig hebben. Zonder deze middelen zullen zij moeten bezuinigen op hun kernactiviteiten, wat direct ten koste gaat van hun maatschappelijke functie.

Faciliteren van elektrificatie en warmtenetten belangrijk voor kosteneffectieve verduurzaming

Het is daarom zaak om, net als bij de ETS2-industrie, (hybride) elektrificatie maximaal te faciliteren. Enerzijds zorgt dit voor een grotere reductie van bestaand beleid en anderzijds vergroot het de effectiviteit van additioneel beleid en beperkt het de lastenverhogingen voor de gebouwen waarvoor emissiereductie nog niet rendabel is.

Gezien de hoge verduurzamingskosten voor een deel van de gebouwen en gezien de congestieproblemen, zouden warmtenetten mogelijk ook een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan verdere verduurzaming die verder gaat dan de raming uit de KEV2024. Gezien de lange doorlooptijd voor de ontwikkeling van nieuwe warmtenetten zal dit geen effect hebben op de doelen van 2030. Versnellen van de uitrol van warmtenetten is echter niet als losse emissiereductiemaatregel doorgerekend en vereist nader onderzoek.

Kloof tussen rendabiliteit en implementatie belemmert tijdige verduurzaming

Ook voor gebouwen in de dienstensector is het cruciaal te begrijpen dat de rendabiliteit van verduurzamingsmaatregelen niet automatisch leidt tot implementatie. Naast de marktonzekerheden, beleidsonzekerheden, financieringsbeperkingen, infrastructurele beperkingen en mogelijk vergunningsbelemmeringen, zoals genoemd bij de industrie, speelt er bij gebouwen ook een andere factor mee. Gebouwen worden namelijk van tijd tot tijd gerenoveerd en verduurzaming is lang niet altijd de drijvende factor achter dergelijke keuzes. Isolatiemaatregelen en vervangingsinvesteringen zullen niet strikt worden gebaseerd op economische rendabiliteit maar vaak simpelweg worden meegenomen in een renovatie. In veel gevallen zal dit leiden tot vertraging bij het nemen van wél rendabele investeringen. We verwachten dat verduurzaming hierdoor zal vertragen ten opzichte van de modelmatige berekening via CO₂-abatementscurves.

Vergelijking industrie en diensten

Na-isolatie en minder draaiuren warmtepomp in dienstensector leiden tot hogere kosten per ton emissiereductie

We zien dat er in de ETS2-industrie geen additionele CO₂-beprijzing nodig is voor het behalen van de doelen. In de dienstensector is dit wel nodig en liggen de verduurzamingskosten significant hoger. We zien twee belangrijke verschillen tussen de sectoren die dit grotendeels verklaren. In beide sectoren is er veel aandacht voor warmte-opwek technologieën, maar alleen in de dienstensector is er ook sprake van isolatie als belangrijke maatregel. Deze kent een hoge CAPEX en is voor veel gebouwen randvoorwaardelijk voor de overstap naar een all-electric warmtepomp.

Het tweede aspect is dat het aantal draaiuren van de warmte-opwek in de dienstensector over het algemeen veel lager ligt dan in de industrie. Gebouwen hoeven immers alleen te worden verwarmd wanneer het buiten koud is, terwijl industriële warmteproductie een meer volcontinu karakter kent. Daardoor heeft de dienstensector per ton emissiereductie een hoger thermisch vermogen nodig, en daarmee een hogere CAPEX, OPEX en ook hogere nettarieven.

Ondersteuning van elektrificatie essentieel om duurdere alternatieven te vermijden

Voor beide sectoren geldt verder dat ondersteuning van (hybride) elektrificatie van belang is, zodat er niet hoeft te worden uitgeweken naar duurdere opties, of dat verduurzaming in zijn geheel wordt uitgesteld. Als we aannemen dat bedrijven/organisaties de voorkeur geven aan wachten totdat kan worden geëlektrificeerd boven een brandstofwissel, zal eventuele extra beprijzing tot meer CO₂-reductie leiden indien een hybride route wel mogelijk is.

Gerichte verhoging energiebelasting op aardgas mogelijk doelmatiger dan generieke CO₂-heffing, nader onderzoek nodig

Aangezien de ETS2-industrie geen aanvullende beprijzing nodig heeft om voldoende reductiepotentieel rendabel te maken, terwijl dit voor de dienstensector wel noodzakelijk is, kan een gerichte aanpak via de energiebelasting mogelijk doelmatiger zijn. Door specifiek de tweede belastingschijf voor aardgas te verhogen en dit eventueel te combineren met een verlaging van de belasting op elektriciteit, kan de

prijsprikkel doelgerichter worden ingezet dan middels een generieke CO₂-heffing. Deze aanpak zou de dienstensector zwaarder treffen dan de ETS2-industriesector, omdat beide sectoren overwegend in verschillende belastingschijven opereren. De impact van een dergelijke aanpassing van energiebelastingen op andere sectoren, zoals huishoudens, glastuinbouw maar ook ETS2-industrie, zal wel nader onderzocht moeten worden.

Doorrekening beleidspakketten

We beantwoorden nu de drie onderzoeksvragen die gesteld zijn door de opdrachtgever van dit rapport.

1. Hoeveel moet de CO₂-prijs verhoogd worden om het klimaatdoel voor 2030 te behalen, en wat zijn de bredere effecten van deze verhoging?

Om voldoende maatregelen rendabel te maken voor het klimaatdoel van 2030 is voor de ETS2-industrie geen extra CO₂-beprijzing nodig, maar de dienstensector vereist een CO₂-heffing van 100 €/ton boven op de geraamde ETS2-prijs van 55 €/ton. Rekening houdend met netcongestie stijgt dit zelfs met 120-330 €/ton. Een (schappelijke) verhoging van de CO₂-prijs heeft beperkte financiële impact op de meeste dienstenbedrijven, maar maatschappelijk vastgoed ondervindt grotere gevolgen waardoor extra financiering of bezuinigingen nodig zijn. Deze CO₂-prijzen zijn hoog in vergelijking met prijzen die gelden in andere sectoren. Door beprijzing via energiebelasting te laten lopen kan dit mogelijk gericht worden ingezet voor de dienstensector, al vereist dit aanvullend onderzoek om de impact op andere sectoren in kaart te brengen.

2. Welke CO₂-prijsverhoging is nodig om na 2030 alle verduurzamingsmaatregelen rendabel te maken die vereist zijn voor volledige klimaatneutraliteit?

Voor volledige klimaatneutraliteit na 2030 zouden theoretisch zeer hoge CO₂-prijzen nodig zijn, tot 600 €/ton voor de industrie (dit getal hangt in grote mate af van de prijs van groene waterstof, welke erg onzeker is) en boven de 1000 €/ton voor de dienstensector. Deze waarden gaan gepaard met relatief veel onzekerheid, maar tonen wel aan dat prijsprikkels alleen waarschijnlijk niet zullen volstaan. Aanvullende beleidsinstrumenten, zoals normering (bijv. verplichting isolatie en warmtepompen in de dienstensector), zullen hierdoor waarschijnlijk noodzakelijk worden.

3. Hoe kan een optimale combinatie van CO₂-beprijzing uit pakket 1 met aanvullende normerende maatregelen het klimaatdoel voor 2030 effectiever bereiken?

Extra beprijzing, als CO₂-heffing of via energiebelasting, is nodig voor de dienstensector. En een ETS2-minimumprijs kan meer zekerheid bieden voor de ETS2-industrie. Aanscherping van de Energiebesparingsplicht heeft weinig impact door de lange terugverdientijden van emissiereductiemaatregelen in de dienstensector. Wat wel bij kan dragen aan het halen van de doelstelling is:

- Transparantie over de ontwikkeling beleid, waaronder de energiebelastingtarieven.
- Belemmeringen in de uitvoering waar mogelijk minimaliseren, zoals bij vergunningverlening.
- Hybride elektrificatie faciliteren en waar mogelijk ondersteunen. Enerzijds door te zorgen dat non-firm Aansluit- en transportovereenkomsten (ATOs) grootschalig beschikbaar zijn. Anderzijds door waar mogelijk te ondersteunen, bijvoorbeeld door bedrijven te ondersteunen met de (tijdelijke) meerkosten van een hybride installatie ten opzichte van volledige elektrificatie.
- Ondersteunen van financiering van verduurzamingsinvesteringen bij niet-kapitaalkrachtige partijen.

Erratum

Datum: 14 mei 2025

Aanpassingen:

De doorrekening van het EPBD IV beleid – zoals omschreven in PBL (2024)²⁹ – is gecorrigeerd. Door een modelmatige fout is dit beleid in een eerdere versie van dit rapport uitsluitend toegepast voor kantoorpanden. Dit is aangepast zodat er wordt aangesloten bij de rekenwijze omschreven door in de KEV2024.

De emissiereductie door normering + groen gas + uitrol warmtenetten bij de dienstensector is hierdoor in 2030 bijgesteld van 0,6 Mton naar 1,0 Mton. Een vergelijkbare verandering vindt plaats in 2035-2040. Alle resultaten die hierdoor zijn beïnvloed – waaronder de hoogte van benodigde CO₂-heffingen en rendabel emissiereductiepotentieel – zijn aangepast in het rapport. Ook meerdere tekstpassages zijn gewijzigd, zodat deze beter aansluiten bij de aangepaste resultaten.

Datum: 30 juni 2025

Aanpassingen:

In een eerdere versie stond vermeld dat met vertrouwelijke ontwikkelpaden van de energiebelastingtarieven was gewerkt. Dit was incorrect: ontwikkelpaden voor de energiebelasting zijn publiek, bijvoorbeeld omdat deze met de Tweede Kamer worden gedeeld of wijzigingen aan de tarieven in het belastingplan zijn opgenomen. Ze kunnen dus online worden opgezocht, maar dit is niet erg toegankelijk. De tekst in het rapport is daarom aangepast: hoewel de toekomstige energiebelastingtarieven niet vertrouwelijk zijn, zijn deze wel lastig vindbaar. De toegankelijkheid zou kunnen verbeteren door de toekomstige tarieven duidelijker te communiceren.

²⁹ PBL (2024). Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Via: https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-10/pbl-2024-beleidsoverzicht-en-factsheets-beleidsinstrumenten-achtergronddocument-bij-de-kev-2024_5627.pdf

Bijlagen: data en aannames

Tabel 20. Tarieven energiebelasting aardgas 2030-2040.

Belastingschijven aardgas	Schijfbereik	2030 (€/m ³)	2035 (€/m ³)	2040 (€/m ³)
Schijf 1	0 - 1.000 m ³	€ 0.58373	€ 0.58373	€ 0.58373
Schijf 2	1.000 - 170.000 m ³	€ 0.58373	€ 0.58373	€ 0.58373
Schijf 3	170.000 – 1.000.000 m ³	€ 0.35831	€ 0.35831	€ 0.35831
Schijf 4	1.000.000 - 10.000.000 m ³	€ 0.23743	€ 0.23743	€ 0.23743
Schijf 5	> 10.000.000 m ³	€ 0.05453	€ 0.05453	€ 0.05453

Tabel 21. Tarieven energiebelasting elektriciteit 2030-2040.

Belastingschijven elektriciteit	Schijfbereik	2030 (€/kWh)	2035 (€/kWh)	2040 (€/kWh)
Schijf 1	0 - 2.900 kWh	€ 0.07555	€ 0.07555	€ 0.07555
Schijf 2	2.900-10.000 kWh	€ 0.07555	€ 0.07555	€ 0.07555
Schijf 3	10.000 - 50.000 kWh	€ 0.07094	€ 0.07094	€ 0.07094
Schijf 4	50.000 – 10.000.000 kWh	€ 0.03794	€ 0.03794	€ 0.03794
Schijf 5	>= 10.000.000 kWh	€ 0.00289	€ 0.00289	€ 0.00289

Tabel 22. Energieprijzen 2030-2040.

		2030	2035	2040	Gebaseerd op:
Aardgas	€/m ³	€0,23	€0,23	€0,23	KEV2024
Groen gas	€/MWh	€64	€64	€64	IP2026 editie 3 gelijk in alle verhaallijnen, behalve in 2040 verhaallijn
Netwerk gas	% groen-gas	2,01%	2,01%	2,01%	Bijmengverplichting. 16.9 PJ beschikbaar volgens KEV, som alle sectoren - 16.9 volgens IP2026 2030KM
Biomassa	€/ton	€296,74	€296,74	€296,74	SDE++ OT model 2025
Waterstof	€/MWh	€126	€126	€126	2030 IP2026. Price of imported hydrogen, gelijk in 2030-2040, wel verhaallijn afhankelijk
Elektriciteit	€/MWh	€68	€63	€63	KEV2024
CO2 prijs ETS2	€/ton	€55	€55	€55	KEV2024

Tabel 23. Netbeheerkosten, gebaseerd op gemiddeldes van 2024 tarieven van Stedin, Liander en Enexis. Deze waarden zijn verhoogd op basis van verwachte tariefstijgingen uit pwc (2024). Financiële Impact Energietransitie voor Netbeheerders ("FIEN+").

Capaciteit aansluiting (kVA)	Eenmalige aansluitvergoeding (€)	Periodieke aansluitvergoeding (€/jaar)	kW contract (€/kW/maand)	kW max (€/kW/maand)	kWh hoog/lag (€/kWh)	Capaciteitstarief + vastrecht + meettarief (€/jaar)
< 17						€ 387
17 – 24	€ 339					€ 1.604
24 – 34	€ 339					€ 2.353
34 – 43	€ 550					€ 3.104
43 – 55	€ 550					€ 3.853
55 – 110	€ 7.229	€ 266	€ 3,93	€ 3,42	€ 0,02	€ 441
110 – 172,5	€ 8.764	€ 276	€ 2,23	€ 3,42	€ 0,02	€ 441
172,5 – 630	€ 31.320	€ 1.374	€ 2,23	€ 3,42	€ 0,02	€ 441
630 – 1.000	€ 39.565	€ 1.235	€ 2,12	€ 3,28	€ 0,02	€ 441
1.000 – 1.750	€ 59.699	€ 1.678	€ 2,23	€ 3,42	€ 0,02	€ 1.214
1.750 – 5.000	€ 395.250	€ 6.958	€ 3,70	€ 5,24		€ 2.760
> 5.000	€ 522.294	€ 12.478	€ 3,70	€ 5,24		€ 2.760
Verhoging 2030/2035/ 2040 <55	-	-	-	-	-	+35/110/170%
Verhoging 2030/2035/ 2040 >55	-	-	+33/85/120%	+33/85/120%	+33/85/120%	-

Tabel 24. Overzicht van subsidiebedragen en welke technologieën in aanmerking komen.

Subsidiemaatregel	CAPEX subsidie	Isolatie	Bodem WP	Lucht WP	Lucht-lucht WP	Tap-water WP	Industriële WP gesloten	MVR	E-boiler	E-oven	Ketel hout-pellets
ISDE	30%	-	✓	✓ ^{IV}	-	-	-	-	-	-	-
EIA	10.32%	✓ ^I	✓	Max 1400 €/kWth	✓ ^V	✓	✓	✓	✓	✓	-
DUMAVA	30%	✓ ^{II}	✓	✓	✓ ^{VI}	✓	-	-	-	-	-
VEKI	40%	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-
SDE++		-	>500 kWth ^{III}	>500 kWth	-	-	>500 kWth	>500 kWth	>500 kWth	-	>5000 kWth
Basisbedrag (€/kWh warmteafgifte)		-	0.0734	0.1555	-	-	0.0532	0.0579	0.078	-	0.0911
Subsidiebedrag (€/kWh warmteafgifte)		-	0.04	0.07	-	-	0.03	0.03	0.05	-	0.06
Max vollasturen		-	3850	3850	-	-	8000	8000	3300	-	8500
ETS2 correctie (€/kWh warmteafgifte)			0.010	0.009			0.008	0.011			0.012

I - Minimaal label A en minimaal 3 labels verbeterd. Maximaal investeringsbedrag: €85 per m2 gebruiksooppervlakte per labelsprong

II - Max investeringsbedrag: 600 €/m2 glasoppervlak, 25 €/ m2 isolatie per toename van de R met 1,0 m2 K/W

III - Aquathermie - geen basislast, met WKO en directe levering

IV - Jaarverbruik voor warmtepomp <50.000 kWh/jaar en <25.000 m3/jaar

V - Max 1400 €/kWth, >12 kW

VI - Max 1400 €/kWth, >20 kW

Tabel 25. Overzicht overige data en aannames die niet allemaal in het hoofdrapport zijn toegelicht.

	Waarde	Bron
Terugverdientijd	15 jaar	Aanname, komt overeen met de levensduur van een warmtepomp en de doorlooptijd van veel SDE++ categorieën. Isolatiemaatregelen hebben langere technische levensduur, maar termijn voor financieringen is korter. We kiezen voor 15 jaar maar rekenen ook uit wat er gebeurt bij een terugverdientijd van 7 jaar.
Bedrijfstijd elektriciteitsvraag excl. Warmtepomp in diensten sector	3000 uur/jaar	Aanname, gebruikt om overige elektriciteitsvraag te vertalen naar piekvermogen
Efficiëntie gasketel (referentie)	90%	Aanname.
Aandeel tapwater warmtevraag gebouwen	0%	Aanname, goede data ontbreekt. Is in de praktijk hoger dan 0% maar maakt een relatief klein aandeel uit van de totale warmtevraag.
Aandeel koken aardgasvraag Café, restaurant	47%	Aanname, goede data ontbreekt. Berekend op basis van verschil tussen aardgasintensiteit Café restaurant en overige Bijeenkomst.
Warmtelevering warmtenetten 2023	5,1 PJ	KEV2024
Warmtelevering warmtenetten 2030	10,2 PJ	KEV2024
Warmtelevering warmtenetten 2035	11,2 PJ	KEV2024

Tabel 26. Gebruiksoppervlakte per gebouwfunctie in de dienstensector die binnen de scope van dit onderzoek vallen, gecorrigeerd voor warmtenetten, warmtepompen en niet verwarmde gebouwen. Toekomstige stijging gebruiksoppervlakte op basis van KEV2024 (Tabel 36 in KEV tabellenbijlage) en Menkveld (2020, Kentallen notitie Utiliteitsbouw). 2040 betreft extrapolatie uit periode 2010-2035 van deze getallen op basis 2^e orde polynoom. Percentages warmtepompen en niet-verwarmde gebouwen is afkomstig van Panteia (2023, Renovaties in de Utiliteit. Via: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-12/renovaties-in-de-utiliteit-2024.pdf>) aangevuld met data van CBS (2024, Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen. Via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/85523NED>)

	Opp. Dien- stensector 2022 (mln. m2)	Opp. Dien- stensector 2030 (mln. m2)	Warm- tenet 2022 (%)	Warmte- pomp 2022 (%)	Niet ver- warmd 2022 (%)	Opp. bin- nen scope 2030 (mln. m2)	Opp. bin- nen scope 2035 (mln. m2)	Opp. bin- nen scope 2040 (mln. m2)
Kantoor	65,9	67,5	12,3%	17,7%	0,0%	47,6	49,0	49,9
Bijeenkomst	22,6	23,2	9,6%	21,7%	0,0%	16,0	16,4	16,7
Café, restaurant	7,2	7,4	1,6%	21,7%	0,0%	5,7	5,8	5,9
Onderwijs	34,0	35,9	10,8%	15,7%	0,0%	26,4	27,2	27,6
Winkel	53,8	54,8	3,6%	8,7%	0,0%	48,0	49,4	50,3
Sport	15,3	15,3	4,9%	21,7%	0,0%	11,2	11,5	11,7
Zwembad	0,6	0,6	0,0%	21,7%	0,0%	0,5	0,5	0,5
Logies	18,5	21,4	2,0%	21,7%	0,0%	16,3	16,8	17,1
Gezondheidszorg	30,7	33,9	13,8%	21,7%	0,0%	21,8	22,5	22,9
Industrie	154,3	167,9	2,5%	10,0%	39,7%	80,3	82,7	84,1
Cel	0,8	1,0	3,8%	21,7%	0,0%	0,8	0,8	0,8

Tabel 27. Gasintensiteit per gebouwsoort. Op basis van Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Aanpassingen: Café, restaurant, gebaseerd op Bijeenkomst, Zwembad gebaseerd op Sport, Cel gebaseerd op Logies. Gasintensiteiten van een gebouwsoort met beter label die hoger zijn dan die van dezelfde gebouwsoort met een slechter label zijn handmatig vervangen door een gemiddelde van het hogere en lagere label. Café, restaurant is verhoogd met 5%, Bijeenkomst is verlaagd met 40%, Sport is verlaagd met 30%, Zwembad is verhoogd met 150%, Industrie is verlaagd met 17,5%. Bijstelling is gedaan om subsectoren Café, restaurant en Zwembad beter te laten aansluiten bij Sipma & Rietkerk (2016). Ontwikkeling energiekentallen utiliteitsgebouwen. Bijstelling Industrie is daarnaast ook bijgesteld om aardgasgebruik 2023 aan te laten sluiten op temperatuurgecorrigeerde CBS data.

Label	Oppervlakte	Kan- toor	Bijeen- komst	Café, restau- rant	Onder- wijs	Win- kel	Sport	Zwem- bad	Lo- gies	Gezond- heidszorg	Indus- trie	Cel
A	< 500m ²	7,7	16,0	28,0	8,8	8,1	8,8	31,5	18,4	12,1	10,0	18,4
A+		7,5	15,5	27,1	8,0	7,9	8,6	30,8	17,9	12,1	8,9	17,9
A2+		7,0	14,8	25,9	7,2	7,9	7,0	25,0	17,5	11,0	8,2	17,5
A3+		6,2	14,0	24,5	6,9	7,3	5,6	20,0	15,2	10,9	7,2	15,2
A4+		5,9	13,1	22,9	6,7	6,3	5,5	19,5	15,9	10,3	6,8	15,9
A5+		5,6	12,4	21,7	6,4	6,0	5,2	18,5	15,1	9,8	7,4	15,1
B	500 - 1000 m ²	7,8	16,7	29,2	9,9	9,0	10,2	36,3	19,4	12,5	9,8	19,4
C		9,3	17,2	30,1	9,9	9,9	11,1	39,5	19,9	13,1	11,5	19,9
D		10,3	17,9	31,4	10,7	10,9	12,0	42,8	20,5	13,5	11,6	20,5
E		10,8	18,6	32,6	11,3	11,6	13,2	47,3	21,9	15,2	12,9	21,9
F		12,8	19,0	33,2	11,6	12,5	15,1	53,8	22,6	15,6	14,7	22,6
G		14,3	20,5	35,8	13,6	14,2	18,3	65,3	23,3	15,9	16,5	23,3
A	1000 - 5000 m ²	7,4	15,8	27,6	7,8	7,4	9,1	32,5	16,6	13,1	6,3	16,6
A+		7,1	15,3	26,8	7,4	7,0	8,8	31,3	15,5	13,0	5,9	15,5
A2+		7,1	14,3	25,0	6,3	7,2	6,7	23,8	15,2	11,6	5,8	15,2
A3+		6,2	13,7	24,0	5,5	6,5	6,9	24,8	15,0	10,5	5,2	15,0
A4+		5,3	12,1	21,1	4,6	5,4	5,1	18,3	14,7	9,4	4,3	14,7
A5+		4,3	9,9	17,3	3,8	4,4	4,2	15,0	12,1	7,7	3,6	12,1
B	> 5000 m ²	7,6	16,0	28,0	8,6	7,8	10,2	36,3	18,0	13,1	6,5	18,0
C		8,7	16,9	29,5	8,9	9,2	10,6	37,8	18,1	15,8	7,5	18,1
D		9,1	17,8	31,1	9,6	10,2	11,6	41,5	19,3	16,5	7,9	19,3
E		9,8	18,3	32,1	10,3	11,4	12,5	44,5	20,1	17,2	8,3	20,1
F		11,5	18,9	33,1	10,8	12,5	12,9	46,0	20,8	17,8	9,3	20,8
G		12,5	20,0	35,1	12,7	13,5	17,2	61,3	22,1	18,5	10,3	22,1
A		8,3	14,2	24,8	6,9	7,3	8,8	31,3	16,9	12,7	6,1	16,9
A+		8,3	13,1	22,9	6,9	7,0	7,1	25,3	16,2	12,2	5,5	16,2
A2+		7,8	12,2	21,4	5,5	5,9	6,5	23,3	12,9	10,1	5,3	12,9
A3+		7,0	11,8	20,7	5,1	5,8	5,3	18,8	16,6	10,8	4,7	16,6
A4+		5,8	10,3	18,1	2,3	4,5	5,0	17,8	1,8	8,8	3,9	1,8
A5+		5,4	8,5	14,8	2,1	4,2	4,6	16,5	1,7	8,2	3,7	1,7
B		8,4	14,9	26,0	7,5	7,5	8,8	31,3	17,6	12,9	6,0	17,6
C		8,5	15,3	26,8	8,5	8,8	9,6	34,3	18,1	13,5	6,9	18,1
D		8,8	16,1	28,1	9,3	10,0	10,1	36,0	18,5	15,2	7,3	18,5
E		9,8	16,9	29,5	9,6	10,8	11,8	42,3	19,7	15,2	7,9	19,7
F		10,1	17,4	30,5	10,3	12,3	12,5	44,8	21,0	15,3	8,8	21,0
G		11,1	17,8	31,2	12,2	13,8	14,0	50,0	22,1	19,0	9,6	22,1
A		7,6	13,2	23,2	6,1	6,6	7,5	26,8	15,1	12,5	7,4	15,1
A+		7,3	12,7	22,2	5,4	6,1	7,1	25,3	14,8	12,4	4,0	14,8
A2+		7,1	12,1	21,2	5,4	5,4	6,4	22,8	14,6	10,6	3,9	14,6
A3+		6,1	12,5	21,8	3,1	5,1	5,9	21,0	8,8	10,0	3,3	8,8
A4+		5,1	12,8	22,5	3,6	4,0	5,5	19,8	2,9	9,4	2,8	2,9
A5+		4,8	13,2	23,1	3,3	3,7	5,1	18,3	2,7	8,8	2,6	2,7

B	7,7	13,8	24,2	6,8	7,0	7,4	26,3	14,0	12,5	7,7	14,0
C	8,2	14,8	25,8	7,3	8,5	10,0	35,8	15,4	13,7	7,9	15,4
D	8,6	16,1	28,1	8,4	9,8	10,8	38,5	16,5	15,7	8,1	16,5
E	9,4	16,9	29,5	9,0	10,3	12,7	45,3	19,5	16,6	8,2	19,5
F	9,9	17,8	31,1	10,4	12,1	13,4	48,0	20,0	17,4	9,3	20,0
G	10,5	18,7	32,8	11,7	13,0	15,1	53,8	20,7	19,8	9,8	20,7

Tabel 28. Elektriciteitsintensiteit per gebouwsoort. Op basis van Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Bijstellingen: Café, restaurant, gebaseerd op Bijeenkomst, Zwembad gebaseerd op Sport, Cel gebaseerd op Logies.

La- bel	Oppervlakte	Kan- toor	Bijeen- komst	Café, restau- rant	Onder- wijs	Win- kel	Sport	Zwem- bad	Logies	Gezond- heidszorg	Indus- trie	Cel
A	< 500m2	35,5	194,2	194,2	45,0	123,2	83,1	83,1	59,5	57,5	57,9	59,5
A+		35,8	195,6	195,6	45,3	124,1	83,7	83,7	59,9	57,9	57,9	59,9
A2+		36,0	196,9	196,9	45,6	124,9	84,3	84,3	60,3	58,3	57,9	60,3
A3+		35,1	192,0	192,0	44,5	121,8	82,2	82,2	58,8	56,9	57,9	58,8
A4+		34,0	186,0	186,0	43,1	118,0	79,6	79,6	57,0	55,1	57,9	57,0
A5+		32,9	180,0	180,0	41,7	114,2	77,0	77,0	55,1	53,3	57,9	55,1
B		36,0	194,2	194,2	45,0	123,2	83,1	83,1	59,5	57,5	57,9	59,5
C		39,3	208,4	208,4	42,9	131,0	87,8	87,8	66,9	58,5	57,9	66,9
D		38,0	208,4	208,4	40,7	131,0	87,8	87,8	66,9	58,5	57,9	66,9
E		38,0	217,1	217,1	39,6	130,9	85,1	85,1	69,2	53,0	57,9	69,2
F		36,1	217,1	217,1	36,4	130,9	85,1	85,1	69,2	53,0	57,9	69,2
G		34,2	203,0	203,0	34,3	114,5	81,1	81,1	65,8	51,0	57,9	65,8
A	500 - 1000	41,2	125,4	125,4	39,7	91,8	68,9	68,9	84,2	58,3	46,1	84,2
A+	m2	40,5	123,3	123,3	39,0	90,2	67,7	67,7	82,7	57,3	46,1	82,7
A2+		38,2	116,3	116,3	36,8	85,1	63,9	63,9	78,0	54,0	46,1	78,0
A3+		39,6	120,6	120,6	38,1	88,2	66,2	66,2	80,9	56,0	46,1	80,9
A4+		38,7	117,8	117,8	37,3	86,2	64,7	64,7	79,0	54,7	46,1	79,0
A5+		37,8	115,1	115,1	36,4	84,2	63,2	63,2	77,2	53,5	46,1	77,2
B		41,3	125,4	125,4	39,7	91,8	68,9	68,9	84,2	58,3	46,1	84,2
C		40,1	128,9	128,9	37,8	97,1	71,2	71,2	89,9	57,7	46,1	89,9
D		38,9	128,9	128,9	35,9	97,1	71,2	71,2	89,9	57,7	46,1	89,9
E		39,1	134,2	134,2	34,9	96,6	67,7	67,7	90,1	53,4	46,1	90,1
F		39,7	134,2	134,2	32,1	96,6	67,7	67,7	90,1	53,4	46,1	90,1
G		40,2	125,7	125,7	30,1	85,3	65,4	65,4	84,2	52,6	46,1	84,2
A	1000 - 5000	60,3	108,8	108,8	37,3	118,6	70,3	70,3	99,8	72,7	48,7	99,8
A+	m2	60,0	108,3	108,3	37,1	118,0	70,0	70,0	99,3	72,3	48,7	99,3
A2+		60,8	109,7	109,7	37,6	119,6	70,9	70,9	100,6	73,3	48,7	100,6
A3+		60,8	109,8	109,8	37,7	119,6	70,9	70,9	100,7	73,4	48,7	100,7
A4+		59,6	107,7	107,7	36,9	117,3	69,6	69,6	98,8	72,0	48,7	98,8
A5+		58,5	105,6	105,6	36,2	115,1	68,2	68,2	96,9	70,6	48,7	96,9
B		59,8	108,8	108,8	37,3	118,6	70,3	70,3	99,8	72,7	48,7	99,8
C		61,0	100,8	100,8	34,5	124,4	70,1	70,1	106,4	69,7	48,7	106,4
D		59,8	100,8	100,8	31,6	124,4	70,1	70,1	106,4	69,7	48,7	106,4
E		57,9	106,2	106,2	30,1	122,7	64,3	64,3	106,6	66,4	48,7	106,6
F		50,1	106,2	106,2	30,2	122,7	64,3	64,3	106,6	66,4	48,7	106,6
G		42,3	99,7	99,7	28,2	110,4	63,7	63,7	99,6	66,9	48,7	99,6
A	> 5000 m2	59,0	117,6	117,6	18,3	72,2	61,0	61,0	104,7	74,2	53,7	104,7
A+		59,1	117,8	117,8	18,4	72,3	61,0	61,0	104,9	74,3	53,7	104,9
A2+		59,2	118,0	118,0	18,4	72,4	61,1	61,1	105,0	74,4	53,7	105,0
A3+		59,1	117,9	117,9	18,4	72,4	61,1	61,1	105,0	74,4	53,7	105,0

A4+	59,1	117,9	117,9	18,4	72,4	61,1	61,1	104,9	74,3	53,7	104,9
A5+	58,0	115,6	115,6	18,0	71,0	59,9	59,9	102,9	72,9	53,7	102,9
B	59,2	117,6	117,6	18,3	72,2	61,0	61,0	104,7	74,2	53,7	104,7
C	59,6	95,5	95,5	14,7	76,5	61,0	61,0	111,5	71,8	53,7	111,5
D	58,6	95,5	95,5	14,7	76,5	61,0	61,0	111,5	71,8	53,7	111,5
E	59,0	96,2	96,2	14,9	76,3	55,7	55,7	111,7	67,1	53,7	111,7
F	50,8	96,2	96,2	14,9	76,3	55,7	55,7	111,7	67,1	53,7	111,7
G	46,0	92,0	92,0	13,7	67,2	55,8	55,8	104,3	68,3	53,7	104,3

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Kantoor	< 500	A	166	1,6%	286	293	188	76	2,2%	4,4%	0,6%	5,6%	68,6%	20,8%
Kantoor	< 500	A+	239	0,5%	203	213	221	89	4,9%	14,1%	2,5%	20,1%	57,9%	5,3%
Kantoor	< 500	A2+	238	0,4%	239	248	238	96	7,5%	13,8%	3,9%	14,5%	60,0%	7,7%
Kantoor	< 500	A3+	249	0,1%	219	233	245	99	7,4%	16,1%	1,1%	7,8%	56,2%	18,9%
Kantoor	< 500	A4+	222	0,1%	235	242	199	81	2,7%	10,9%	0,8%	12,9%	59,0%	16,3%
Kantoor	< 500	A5+	287	0,0%	290	303	240	97	0,0%	14,1%	0,0%	34,3%	37,1%	14,5%
Kantoor	< 500	B	220	0,9%	247	256	233	94	6,0%	11,4%	3,4%	14,9%	68,4%	1,9%
Kantoor	< 500	C	227	1,1%	229	241	230	93	3,5%	23,2%	6,3%	21,1%	47,8%	1,6%
Kantoor	< 500	D	214	0,5%	211	224	214	86	2,2%	16,6%	5,5%	16,8%	42,6%	18,5%
Kantoor	< 500	E	198	0,6%	226	239	213	86	1,4%	17,3%	6,3%	69,5%	6,2%	0,8%
Kantoor	< 500	F	195	1,0%	212	228	189	77	0,1%	10,6%	3,1%	84,8%	1,2%	0,2%
Kantoor	< 500	G	204	4,5%	161	187	198	80	1,3%	83,7%	14,7%	1,1%	0,4%	0,1%
Kantoor	500 - 1000	A	629	1,5%	488	499	512	230	3,5%	4,3%	2,2%	9,2%	68,0%	16,3%
Kantoor	500 - 1000	A+	589	0,8%	458	467	522	235	5,0%	9,5%	3,1%	22,3%	60,0%	5,0%
Kantoor	500 - 1000	A2+	598	0,7%	451	460	503	226	8,3%	9,4%	3,1%	21,9%	54,6%	11,0%
Kantoor	500 - 1000	A3+	590	0,1%	445	454	467	210	5,6%	11,3%	4,9%	20,1%	43,3%	20,4%
Kantoor	500 - 1000	A4+	642	0,1%	464	478	445	200	5,4%	6,7%	6,5%	12,5%	57,2%	17,1%
Kantoor	500 - 1000	A5+	590	0,0%	604	604	407	183	0,0%	44,1%	55,9%	0,0%	0,0%	0,0%
Kantoor	500 - 1000	B	606	1,0%	436	445	479	215	5,3%	9,1%	2,6%	18,7%	67,1%	2,6%
Kantoor	500 - 1000	C	613	1,4%	444	458	486	219	3,3%	16,1%	3,5%	26,0%	50,9%	3,5%
Kantoor	500 - 1000	D	628	0,5%	468	491	443	199	3,8%	17,3%	5,9%	25,1%	37,2%	14,5%
Kantoor	500 - 1000	E	652	0,5%	491	513	434	195	3,4%	20,1%	6,3%	66,8%	6,4%	0,4%
Kantoor	500 - 1000	F	661	0,8%	539	566	454	204	1,3%	12,5%	4,2%	80,4%	2,9%	0,0%
Kantoor	500 - 1000	G	638	3,5%	363	419	431	194	4,1%	83,4%	14,3%	1,2%	1,1%	0,0%
Kantoor	1000 - 5000	A	1676	5,8%	1016	1022	1110	574	5,1%	4,0%	2,6%	18,3%	66,1%	9,0%
Kantoor	1000 - 5000	A+	1663	4,5%	932	943	1148	594	7,7%	5,3%	4,1%	23,9%	61,5%	5,2%
Kantoor	1000 - 5000	A2+	1586	4,0%	928	937	1106	572	9,9%	6,3%	4,1%	17,3%	65,6%	6,7%
Kantoor	1000 - 5000	A3+	1932	0,8%	1047	1033	1146	593	6,3%	7,4%	6,1%	16,3%	54,6%	15,6%
Kantoor	1000 - 5000	A4+	1724	0,7%	1137	1130	1017	526	3,2%	3,2%	4,4%	22,8%	49,2%	20,4%
Kantoor	1000 - 5000	A5+	1635	0,0%	1101	1105	1044	540	20,8%	0,0%	0,0%	31,4%	45,4%	23,2%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Kantoor	1000 - 5000	B	1631	4,6%	963	980	1094	566	6,6%	8,6%	5,0%	25,6%	57,9%	2,9%
Kantoor	1000 – 5000	C	1646	5,5%	950	967	1108	573	4,9%	11,0%	5,7%	32,8%	47,7%	2,8%
Kantoor	1000 – 5000	D	1647	1,8%	1119	1138	1082	560	5,6%	9,1%	7,8%	29,0%	38,9%	15,1%
Kantoor	1000 - 5000	E	1652	1,8%	1046	1071	1050	543	5,0%	12,2%	6,3%	72,0%	6,3%	3,2%
Kantoor	1000 - 5000	F	1751	2,5%	1142	1182	986	510	1,2%	7,0%	2,9%	86,0%	3,2%	0,9%
Kantoor	1000 - 5000	G	1646	5,1%	854	936	915	473	6,6%	75,1%	20,4%	3,3%	1,2%	0,0%
Kantoor	> 5000	A	10209	7,3%	3600	3568	3628	2399	17,0%	4,7%	2,3%	17,6%	62,5%	12,9%
Kantoor	> 5000	A+	7677	5,4%	2940	2831	4145	2740	35,3%	8,5%	7,1%	23,6%	57,2%	3,6%
Kantoor	> 5000	A2+	9363	7,3%	3250	3171	4011	2652	27,1%	6,2%	8,3%	20,8%	55,7%	8,9%
Kantoor	> 5000	A3+	8252	1,1%	3481	3483	3759	2485	16,4%	7,8%	10,1%	21,6%	38,6%	21,9%
Kantoor	> 5000	A4+	11045	0,8%	3459	3440	3624	2396	13,5%	5,7%	29,3%	4,8%	29,3%	30,9%
Kantoor	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kantoor	> 5000	B	7230	3,7%	2844	2816	3464	2290	27,5%	11,6%	9,4%	31,5%	44,3%	3,2%
Kantoor	> 5000	C	7235	5,1%	2872	2902	3653	2415	17,4%	14,4%	9,6%	30,7%	41,4%	3,9%
Kantoor	> 5000	D	10590	1,9%	3055	3093	3401	2248	15,2%	15,0%	5,3%	27,1%	36,8%	15,7%
Kantoor	> 5000	E	9897	2,0%	3034	3061	3140	2076	12,8%	22,6%	1,8%	67,1%	7,6%	0,8%
Kantoor	> 5000	F	7510	1,4%	3527	3554	3815	2522	26,7%	3,6%	7,3%	87,6%	1,2%	0,2%
Kantoor	> 5000	G	10257	4,6%	3114	3298	3048	2015	13,9%	64,8%	25,1%	8,6%	1,0%	0,6%
Bijeenkomst	< 500	A	185	0,3%	209	220	196	74	2,0%	1,4%	0,6%	2,7%	63,4%	32,0%
Bijeenkomst	< 500	A+	230	0,0%	239	257	215	81	4,1%	21,3%	8,7%	27,6%	37,6%	4,8%
Bijeenkomst	< 500	A2+	243	0,0%	251	264	219	83	7,7%	15,9%	4,8%	22,3%	44,2%	12,9%
Bijeenkomst	< 500	A3+	276	0,0%	264	281	233	88	9,7%	11,8%	3,7%	18,3%	43,2%	22,9%
Bijeenkomst	< 500	A4+	228	0,0%	242	257	242	91	14,1%	21,7%	6,0%	14,5%	32,7%	25,0%
Bijeenkomst	< 500	A5+	217	0,0%	209	227	229	86	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Bijeenkomst	< 500	B	211	0,1%	237	251	203	77	2,9%	10,3%	3,0%	12,0%	72,8%	1,9%
Bijeenkomst	< 500	C	209	0,1%	225	243	193	73	1,7%	17,4%	5,2%	11,6%	64,9%	0,9%
Bijeenkomst	< 500	D	213	0,1%	221	240	196	74	1,7%	18,7%	7,5%	6,8%	44,4%	22,6%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Bijeenkomst	< 500	E	203	0,1%	215	232	183	69	2,2%	11,2%	5,1%	82,2%	1,4%	0,1%
Bijeenkomst	< 500	F	202	0,3%	220	237	180	68	1,2%	4,0%	1,2%	94,5%	0,3%	0,1%
Bijeenkomst	< 500	G	206	1,1%	208	253	245	92	0,9%	79,4%	19,7%	0,5%	0,3%	0,1%
Bijeenkomst	500 - 1000	A	668	3,6%	573	600	461	174	3,2%	2,2%	1,1%	4,2%	65,6%	26,9%
Bijeenkomst	500 - 1000	A+	655	0,6%	574	599	407	154	3,6%	13,2%	12,4%	26,0%	44,3%	4,0%
Bijeenkomst	500 - 1000	A2+	664	0,8%	630	652	460	173	6,0%	18,4%	6,6%	19,3%	46,5%	9,1%
Bijeenkomst	500 - 1000	A3+	741	0,2%	626	647	434	164	7,1%	14,9%	4,0%	17,9%	50,4%	12,8%
Bijeenkomst	500 - 1000	A4+	701	0,2%	565	591	425	161	10,7%	7,5%	6,9%	11,8%	48,9%	24,9%
Bijeenkomst	500 - 1000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Bijeenkomst	500 - 1000	B	671	1,2%	606	643	451	170	4,2%	14,3%	5,0%	17,0%	62,2%	1,5%
Bijeenkomst	500 - 1000	C	653	1,3%	598	638	456	172	3,1%	20,5%	7,9%	15,6%	54,5%	1,5%
Bijeenkomst	500 - 1000	D	671	1,3%	591	631	417	157	4,3%	17,2%	8,6%	14,3%	38,7%	21,2%
Bijeenkomst	500 - 1000	E	644	1,3%	587	625	430	162	3,1%	16,4%	4,9%	75,9%	2,7%	0,2%
Bijeenkomst	500 - 1000	F	663	3,1%	628	674	423	160	1,7%	3,0%	1,7%	95,2%	0,0%	0,1%
Bijeenkomst	500 - 1000	G	679	14,3%	585	715	635	240	1,4%	78,3%	20,7%	0,6%	0,3%	0,0%
Bijeenkomst	1000 - 5000	A	1782	6,3%	1253	1285	909	346	7,4%	2,6%	0,5%	4,6%	66,7%	25,5%
Bijeenkomst	1000 - 5000	A+	1798	1,0%	1411	1462	929	354	7,6%	18,2%	2,6%	27,6%	45,9%	5,8%
Bijeenkomst	1000 - 5000	A2+	1652	2,0%	1238	1269	924	352	9,7%	10,0%	4,8%	17,4%	51,5%	16,3%
Bijeenkomst	1000 - 5000	A3+	1904	0,4%	1330	1330	968	369	6,7%	8,5%	1,9%	9,3%	68,8%	11,5%
Bijeenkomst	1000 - 5000	A4+	1681	0,6%	1131	1148	797	304	23,1%	20,5%	5,8%	9,9%	33,1%	30,7%
Bijeenkomst	1000 - 5000	A5+	3095	0,0%	2278	2278	1269	484	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Bijeenkomst	1000 - 5000	B	1713	2,0%	1289	1350	894	341	4,3%	14,2%	2,6%	16,2%	65,0%	2,0%
Bijeenkomst	1000 - 5000	C	1721	2,4%	1347	1414	901	343	2,9%	19,2%	6,5%	15,9%	53,8%	4,4%
Bijeenkomst	1000 - 5000	D	1704	1,9%	1199	1275	893	341	6,1%	18,0%	7,5%	10,2%	41,5%	22,9%
Bijeenkomst	1000 - 5000	E	1905	2,0%	1351	1438	912	348	3,1%	22,2%	5,5%	70,5%	1,9%	0,0%
Bijeenkomst	1000 - 5000	F	1618	4,8%	1227	1295	768	293	4,0%	6,9%	1,9%	90,5%	0,7%	0,0%
Bijeenkomst	1000 - 5000	G	1652	21,5%	1074	1307	1178	449	3,8%	80,5%	17,9%	1,1%	0,6%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	A	8116	2,8%	5999	6154	3208	1595	14,6%	7,3%	5,5%	13,6%	56,6%	17,0%
Bijeenkomst	> 5000	A+	6853	0,6%	5120	5127	3482	1731	22,4%	17,0%	5,9%	32,6%	36,5%	7,9%
Bijeenkomst	> 5000	A2+	20514	3,1%	7306	7328	4120	2048	70,0%	2,2%	1,2%	11,8%	15,6%	69,2%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Bijeenkomst	> 5000	A3+	19634	0,3%	10041	10215	4369	2171	36,3%	36,3%	63,7%	0,0%	0,0%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	A4+	29905	1,5%	10871	11324	5321	2645	84,1%	7,7%	42,1%	0,0%	8,1%	42,1%
Bijeenkomst	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	B	6520	1,2%	4184	4424	2799	1391	12,2%	17,5%	13,5%	26,3%	42,8%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	C	7764	1,2%	3035	3232	2696	1340	30,4%	26,8%	17,6%	27,6%	28,0%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	D	8765	1,3%	4399	4461	3018	1500	16,6%	43,7%	3,7%	15,0%	20,9%	16,7%
Bijeenkomst	> 5000	E	7735	0,6%	2880	2994	2640	1312	13,8%	17,5%	0,0%	73,9%	8,6%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	F	9644	2,8%	3206	3196	1685	837	6,9%	15,9%	7,7%	75,0%	1,4%	0,0%
Bijeenkomst	> 5000	G	9538	9,6%	2716	3124	2528	1256	16,6%	80,7%	18,9%	0,4%	0,0%	0,0%
Cafe, restaurant	< 500	A	185	13,3%	209	220	196	74	2,0%	1,4%	0,6%	2,7%	63,4%	32,0%
Cafe, restaurant	< 500	A+	230	1,5%	239	257	215	81	4,1%	21,3%	8,7%	27,6%	37,6%	4,8%
Cafe, restaurant	< 500	A2+	243	2,1%	251	264	219	83	7,7%	15,9%	4,8%	22,3%	44,2%	12,9%
Cafe, restaurant	< 500	A3+	276	0,3%	264	281	233	88	9,7%	11,8%	3,7%	18,3%	43,2%	22,9%
Cafe, restaurant	< 500	A4+	228	0,6%	242	257	242	91	14,1%	21,7%	6,0%	14,5%	32,7%	25,0%
Cafe, restaurant	< 500	A5+	217	0,0%	209	227	229	86	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Cafe, restaurant	< 500	B	211	3,9%	237	251	203	77	2,9%	10,3%	3,0%	12,0%	72,8%	1,9%
Cafe, restaurant	< 500	C	209	4,8%	225	243	193	73	1,7%	17,4%	5,2%	11,6%	64,9%	0,9%
Cafe, restaurant	< 500	D	213	4,4%	221	240	196	74	1,7%	18,7%	7,5%	6,8%	44,4%	22,6%
Cafe, restaurant	< 500	E	203	4,8%	215	232	183	69	2,2%	11,2%	5,1%	82,2%	1,4%	0,1%
Cafe, restaurant	< 500	F	202	13,7%	220	237	180	68	1,2%	4,0%	1,2%	94,5%	0,3%	0,1%
Cafe, restaurant	< 500	G	206	50,5%	208	253	245	92	0,9%	79,4%	19,7%	0,5%	0,3%	0,1%
Onderwijs	< 500	A	242	0,3%	332	342	303	119	3,4%	3,6%	0,3%	1,0%	58,0%	37,1%
Onderwijs	< 500	A+	246	0,0%	727	744	501	197	10,5%	0,0%	0,0%	33,9%	60,3%	5,8%
Onderwijs	< 500	A2+	313	0,1%	294	304	261	103	8,5%	7,1%	0,0%	25,0%	64,2%	3,6%
Onderwijs	< 500	A3+	314	0,0%	2576	2600	1077	423	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Onderwijs	< 500	A4+	346	0,0%	346	346	193	76	17,1%	0,0%	0,0%	42,0%	17,1%	40,9%
Onderwijs	< 500	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Onderwijs	< 500	B	285	0,1%	340	354	271	106	10,0%	13,2%	8,2%	7,0%	70,0%	1,6%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Onderwijs	< 500	C	264	0,1%	395	411	311	122	1,9%	10,5%	10,0%	17,6%	61,9%	0,0%
Onderwijs	< 500	D	275	0,1%	390	414	284	111	0,0%	10,0%	12,1%	15,0%	37,9%	25,0%
Onderwijs	< 500	E	291	0,1%	372	390	288	113	0,9%	11,7%	29,1%	59,2%	0,0%	0,0%
Onderwijs	< 500	F	292	0,2%	609	632	513	201	3,8%	1,5%	6,8%	90,0%	1,2%	0,5%
Onderwijs	< 500	G	293	0,7%	409	448	335	132	1,5%	66,4%	32,6%	0,7%	0,3%	0,0%
Onderwijs	500 - 1000	A	738	0,7%	678	691	444	196	6,0%	1,9%	1,0%	2,0%	64,1%	31,0%
Onderwijs	500 - 1000	A+	765	0,1%	670	699	490	216	8,4%	11,3%	5,5%	37,7%	32,7%	12,9%
Onderwijs	500 - 1000	A2+	748	0,1%	697	730	447	197	12,5%	12,0%	0,0%	11,3%	61,8%	14,8%
Onderwijs	500 - 1000	A3+	798	0,0%	924	958	777	342	27,6%	0,0%	8,0%	9,5%	51,7%	30,7%
Onderwijs	500 - 1000	A4+	816	0,0%	698	584	368	162	0,0%	22,8%	0,0%	0,0%	0,0%	77,2%
Onderwijs	500 - 1000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Onderwijs	500 - 1000	B	725	0,2%	716	729	483	213	11,1%	12,8%	6,9%	20,4%	56,8%	3,1%
Onderwijs	500 - 1000	C	748	0,2%	718	756	495	218	3,1%	14,5%	14,9%	13,5%	57,1%	0,0%
Onderwijs	500 - 1000	D	750	0,3%	837	872	585	258	2,3%	19,5%	12,3%	15,3%	23,3%	29,6%
Onderwijs	500 - 1000	E	770	0,4%	776	810	475	209	7,6%	8,9%	10,1%	78,4%	1,5%	1,0%
Onderwijs	500 - 1000	F	747	1,2%	812	847	481	212	2,9%	5,0%	2,3%	92,3%	0,3%	0,0%
Onderwijs	500 - 1000	G	751	3,2%	704	757	543	239	1,1%	65,9%	33,5%	0,3%	0,2%	0,1%
Onderwijs	1000 - 5000	A	2044	7,9%	1372	1389	964	464	6,4%	1,0%	0,3%	2,3%	72,3%	24,0%
Onderwijs	1000 - 5000	A+	2092	0,8%	1510	1535	1086	523	10,4%	24,8%	7,6%	18,8%	37,1%	11,7%
Onderwijs	1000 - 5000	A2+	2264	1,3%	1514	1526	1086	523	17,9%	7,1%	6,2%	9,0%	52,5%	25,2%
Onderwijs	1000 - 5000	A3+	2301	0,6%	1473	1484	978	471	11,6%	7,2%	5,9%	10,4%	27,4%	49,1%
Onderwijs	1000 - 5000	A4+	2201	0,8%	1557	1569	1021	492	18,8%	8,8%	2,7%	9,2%	27,0%	52,2%
Onderwijs	1000 - 5000	A5+	2220	0,0%	1305	1305	771	371	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Onderwijs	1000 - 5000	B	1929	1,7%	1554	1579	1027	494	4,9%	4,8%	4,4%	20,6%	69,6%	0,6%
Onderwijs	1000 - 5000	C	1863	1,8%	1514	1543	997	480	8,6%	12,2%	12,6%	22,9%	51,9%	0,4%
Onderwijs	1000 - 5000	D	1847	1,9%	1407	1446	914	440	6,2%	14,1%	10,7%	14,0%	35,8%	25,3%
Onderwijs	1000 - 5000	E	1762	2,3%	1374	1427	824	397	2,2%	10,5%	8,2%	77,9%	2,7%	0,7%
Onderwijs	1000 - 5000	F	1667	7,8%	1526	1564	842	405	4,4%	2,1%	1,4%	96,3%	0,1%	0,0%
Onderwijs	1000 - 5000	G	1763	15,0%	1271	1349	1004	483	3,1%	62,6%	36,3%	0,6%	0,3%	0,2%
Onderwijs	> 5000	A	11359	11,4%	3716	3680	2781	1676	19,3%	0,3%	0,0%	0,8%	82,2%	16,7%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Onderwijs	> 5000	A+	12849	2,4%	4326	4379	3678	2216	49,4%	11,3%	7,7%	41,4%	35,9%	3,8%
Onderwijs	> 5000	A2+	13752	3,4%	4597	4647	4140	2494	27,5%	10,3%	4,6%	33,7%	42,2%	9,2%
Onderwijs	> 5000	A3+	10170	0,9%	3537	3561	2525	1522	39,6%	0,0%	4,7%	2,9%	27,4%	64,9%
Onderwijs	> 5000	A4+	12308	1,4%	4691	4679	4164	2509	36,5%	0,0%	18,5%	8,1%	43,4%	30,1%
Onderwijs	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Onderwijs	> 5000	B	9537	2,2%	4337	4325	3283	1978	13,2%	4,9%	2,1%	14,9%	76,8%	1,3%
Onderwijs	> 5000	C	10966	3,7%	4676	4676	3377	2035	8,9%	15,6%	21,2%	11,4%	51,8%	0,0%
Onderwijs	> 5000	D	9848	2,0%	4812	4855	4050	2440	13,8%	10,6%	12,1%	15,3%	39,5%	22,5%
Onderwijs	> 5000	E	9423	2,0%	4317	4341	3097	1866	11,1%	12,1%	3,8%	84,1%	0,0%	0,0%
Onderwijs	> 5000	F	9846	6,6%	4901	4963	2966	1787	8,8%	3,0%	0,5%	96,2%	0,4%	0,0%
Onderwijs	> 5000	G	9735	13,9%	4075	4189	3278	1975	10,1%	55,4%	41,3%	3,3%	0,0%	0,0%
Winkel	< 500	A	165	1,7%	184	194	140	71	2,5%	10,3%	2,8%	5,2%	62,4%	19,3%
Winkel	< 500	A+	194	0,6%	196	210	144	73	4,7%	44,6%	15,1%	17,8%	19,5%	2,9%
Winkel	< 500	A2+	200	0,8%	196	214	142	72	4,9%	48,1%	6,9%	17,3%	24,6%	3,2%
Winkel	< 500	A3+	196	0,2%	207	216	143	72	8,4%	36,7%	4,3%	17,1%	35,7%	6,2%
Winkel	< 500	A4+	182	0,4%	193	202	151	77	7,8%	33,8%	7,7%	15,8%	36,7%	5,9%
Winkel	< 500	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Winkel	< 500	B	183	1,0%	193	205	136	69	2,9%	26,4%	5,8%	10,0%	55,9%	1,9%
Winkel	< 500	C	182	1,2%	177	191	139	71	3,9%	34,7%	7,9%	9,6%	47,1%	0,7%
Winkel	< 500	D	178	0,8%	190	204	140	71	2,0%	35,7%	7,1%	5,5%	32,3%	19,5%
Winkel	< 500	E	174	0,9%	177	192	139	71	1,3%	28,9%	4,7%	64,4%	1,7%	0,3%
Winkel	< 500	F	171	1,8%	201	215	140	71	1,4%	11,0%	0,7%	88,0%	0,2%	0,1%
Winkel	< 500	G	167	9,4%	146	168	126	64	1,1%	83,7%	15,8%	0,3%	0,2%	0,0%
Winkel	500 - 1000	A	682	1,4%	644	659	427	172	0,9%	7,2%	2,2%	5,6%	68,5%	16,6%
Winkel	500 - 1000	A+	664	0,6%	564	583	362	146	3,7%	24,6%	7,1%	23,4%	38,7%	6,1%
Winkel	500 - 1000	A2+	650	0,8%	619	636	369	148	2,7%	23,2%	10,6%	26,5%	35,8%	3,8%
Winkel	500 - 1000	A3+	643	0,2%	568	580	361	145	4,4%	9,6%	10,0%	22,3%	51,1%	7,0%
Winkel	500 - 1000	A4+	705	0,6%	620	632	355	143	3,6%	12,0%	6,9%	24,0%	46,8%	10,2%
Winkel	500 - 1000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Winkel	500 - 1000	B	682	0,8%	585	601	366	147	1,5%	16,6%	4,0%	8,4%	70,8%	0,2%
Winkel	500 - 1000	C	668	1,2%	608	629	385	155	2,2%	19,8%	6,5%	10,7%	62,4%	0,7%
Winkel	500 - 1000	D	635	0,6%	551	568	349	140	2,5%	23,3%	5,1%	10,0%	42,7%	18,8%
Winkel	500 - 1000	E	670	0,7%	589	610	368	148	2,3%	16,2%	1,7%	81,0%	0,0%	1,1%
Winkel	500 - 1000	F	687	1,7%	641	669	368	148	0,3%	3,2%	1,2%	95,6%	0,0%	0,0%
Winkel	500 - 1000	G	657	4,5%	517	554	336	135	0,6%	70,6%	28,5%	0,8%	0,1%	0,0%
Winkel	1000 - 5000	A	1928	7,6%	1672	1673	850	314	3,1%	1,5%	2,0%	3,8%	70,9%	21,9%
Winkel	1000 - 5000	A+	1735	2,2%	1585	1605	808	299	4,1%	16,0%	10,1%	24,9%	43,0%	6,0%
Winkel	1000 - 5000	A2+	1675	4,3%	1677	1682	791	293	5,0%	5,7%	8,0%	27,0%	51,8%	7,5%
Winkel	1000 - 5000	A3+	1745	1,5%	1765	1787	799	295	4,6%	4,4%	7,3%	23,7%	48,8%	15,7%
Winkel	1000 - 5000	A4+	1877	4,6%	1782	1779	836	309	4,6%	1,7%	3,7%	18,1%	57,0%	19,5%
Winkel	1000 - 5000	A5+	1847	0,1%	1862	1845	910	336	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%	12,4%	81,9%
Winkel	1000 - 5000	B	1803	3,6%	1579	1594	793	293	4,5%	5,8%	7,6%	13,4%	72,1%	1,0%
Winkel	1000 - 5000	C	1836	3,5%	1666	1685	824	305	4,1%	8,8%	5,0%	10,4%	73,8%	2,0%
Winkel	1000 - 5000	D	1819	2,3%	1540	1565	759	281	2,0%	9,2%	7,2%	8,7%	47,1%	27,9%
Winkel	1000 - 5000	E	1871	2,2%	1658	1678	756	280	0,9%	4,9%	2,8%	88,1%	3,7%	0,5%
Winkel	1000 - 5000	F	1776	4,9%	1572	1602	725	268	0,8%	1,9%	1,5%	96,2%	0,4%	0,0%
Winkel	1000 - 5000	G	1682	8,3%	1347	1391	692	256	1,2%	57,5%	41,2%	0,6%	0,7%	0,0%
Winkel	> 5000	A	9236	4,9%	7021	6998	2489	1198	6,4%	3,6%	0,0%	5,9%	79,6%	10,8%
Winkel	> 5000	A+	6104	1,0%	6481	6570	2412	1161	5,3%	5,9%	9,0%	26,9%	53,8%	4,5%
Winkel	> 5000	A2+	5489	2,0%	5338	5423	2152	1036	10,8%	11,4%	7,8%	13,1%	65,1%	2,7%
Winkel	> 5000	A3+	6158	1,0%	5987	6006	2325	1119	5,4%	10,7%	3,0%	17,0%	40,8%	28,5%
Winkel	> 5000	A4+	6096	1,7%	6194	6098	2373	1143	15,0%	4,3%	2,1%	9,3%	51,1%	33,2%
Winkel	> 5000	A5+	18184	0,1%	14886	14886	5524	2659	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Winkel	> 5000	B	7686	1,5%	6198	6303	2047	985	7,1%	1,0%	3,6%	17,3%	76,0%	2,1%
Winkel	> 5000	C	8141	1,2%	6365	6421	1999	962	2,4%	0,4%	0,8%	22,2%	76,6%	0,0%
Winkel	> 5000	D	15293	2,0%	8036	8002	2776	1337	1,8%	1,1%	0,0%	0,0%	32,8%	66,1%
Winkel	> 5000	E	9222	1,3%	6727	6769	2174	1047	2,5%	0,0%	7,0%	90,7%	2,3%	0,0%
Winkel	> 5000	F	9857	2,8%	7189	7360	2215	1066	16,0%	0,5%	0,7%	98,8%	0,0%	0,0%
Winkel	> 5000	G	8652	3,2%	6102	6151	2223	1070	4,8%	51,2%	45,7%	0,3%	2,8%	0,0%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Sport	< 500	A	218	2,1%	275	281	246	52	1,5%	1,9%	2,2%	5,6%	65,6%	24,6%
Sport	< 500	A+	356	0,4%	421	432	376	80	1,7%	10,2%	23,8%	34,3%	30,9%	0,8%
Sport	< 500	A2+	373	0,7%	459	466	383	81	5,9%	2,5%	23,3%	39,2%	30,1%	4,9%
Sport	< 500	A3+	358	0,1%	367	371	344	73	0,0%	0,8%	15,2%	49,6%	19,8%	14,7%
Sport	< 500	A4+	319	0,1%	418	420	348	74	30,0%	0,0%	15,1%	37,7%	23,8%	23,4%
Sport	< 500	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sport	< 500	B	260	0,7%	338	344	303	64	1,4%	3,6%	13,9%	23,6%	58,9%	0,0%
Sport	< 500	C	253	0,9%	319	329	275	58	3,3%	2,9%	15,9%	26,7%	52,3%	2,1%
Sport	< 500	D	256	0,9%	304	316	267	57	1,3%	1,6%	11,2%	26,8%	36,5%	23,9%
Sport	< 500	E	263	1,0%	301	309	255	54	0,4%	3,4%	14,5%	79,4%	2,6%	0,0%
Sport	< 500	F	263	3,8%	298	307	256	54	1,3%	1,2%	2,5%	95,9%	0,4%	0,0%
Sport	< 500	G	275	5,2%	314	325	287	61	0,8%	37,6%	56,2%	5,9%	0,3%	0,0%
Sport	500 - 1000	A	685	2,4%	657	669	496	107	3,8%	1,5%	1,3%	2,7%	72,4%	22,2%
Sport	500 - 1000	A+	672	0,4%	648	652	489	105	5,7%	3,8%	12,1%	40,0%	34,1%	9,9%
Sport	500 - 1000	A2+	707	0,5%	607	609	499	107	5,3%	3,4%	16,0%	16,5%	51,0%	13,1%
Sport	500 - 1000	A3+	664	0,1%	591	613	519	112	0,0%	0,0%	6,8%	20,0%	61,9%	11,2%
Sport	500 - 1000	A4+	681	0,2%	593	613	397	85	9,8%	0,0%	0,0%	38,7%	23,1%	38,2%
Sport	500 - 1000	A5+	612	0,0%	652	652	500	107	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Sport	500 - 1000	B	694	0,9%	626	642	507	109	1,5%	4,0%	5,5%	16,2%	69,4%	5,0%
Sport	500 - 1000	C	686	1,0%	631	642	517	111	1,6%	5,4%	6,5%	27,3%	59,9%	0,9%
Sport	500 - 1000	D	700	0,6%	655	669	517	111	6,7%	2,2%	13,3%	13,7%	47,0%	23,7%
Sport	500 - 1000	E	647	0,6%	714	706	505	109	0,0%	5,6%	13,1%	79,9%	1,5%	0,0%
Sport	500 - 1000	F	688	2,6%	726	742	505	109	0,8%	1,1%	2,6%	96,3%	0,0%	0,0%
Sport	500 - 1000	G	663	3,4%	627	642	490	105	0,9%	37,4%	58,4%	3,2%	0,9%	0,0%
Sport	1000 - 5000	A	1850	8,3%	1550	1571	1069	171	4,8%	0,3%	1,5%	5,3%	63,6%	29,3%
Sport	1000 - 5000	A+	2122	2,0%	1927	1991	1246	199	11,2%	3,2%	15,1%	25,0%	48,1%	8,5%
Sport	1000 - 5000	A2+	1957	3,1%	1762	1794	1244	199	5,0%	2,2%	6,5%	24,7%	58,3%	8,3%
Sport	1000 - 5000	A3+	2283	0,6%	1799	1820	1308	209	11,7%	0,0%	4,0%	19,5%	36,9%	39,6%
Sport	1000 - 5000	A4+	1905	1,1%	1525	1549	1005	161	4,6%	5,0%	2,1%	25,3%	56,9%	10,7%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge-bouw)	Dak (m ² /ge-bouw)	Gevel (m ² /ge-bouw)	Raam (m ² /ge-bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Sport	1000 - 5000	A5+	2114	0,0%	2198	2324	1075	172	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Sport	1000 - 5000	B	1996	3,2%	1910	1937	1155	185	3,9%	2,4%	9,1%	20,9%	66,6%	0,9%
Sport	1000 - 5000	C	1990	3,9%	1808	1857	1136	182	4,3%	2,7%	11,0%	25,4%	60,9%	0,0%
Sport	1000 - 5000	D	1973	3,0%	1972	2033	1147	184	1,3%	2,7%	9,2%	22,8%	44,5%	20,9%
Sport	1000 - 5000	E	1854	2,7%	1723	1758	1062	170	7,0%	1,1%	3,0%	92,3%	2,9%	0,7%
Sport	1000 - 5000	F	2092	9,0%	2082	2161	1133	181	0,6%	0,3%	4,1%	94,3%	1,3%	0,0%
Sport	1000 - 5000	G	1826	7,1%	1476	1517	989	158	1,6%	37,5%	55,3%	6,4%	0,8%	0,0%
Sport	> 5000	A	9075	4,3%	6648	6470	3818	1246	2,0%	0,0%	0,0%	2,6%	83,0%	14,4%
Sport	> 5000	A+	13638	1,3%	3572	3763	1538	502	20,9%	0,0%	0,0%	64,2%	35,8%	0,0%
Sport	> 5000	A2+	6465	0,6%	7349	7320	3219	1050	23,1%	0,0%	0,0%	24,0%	71,3%	4,7%
Sport	> 5000	A3+	5679	0,1%	5495	5533	2728	890	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Sport	> 5000	A4+	32321	1,5%	12284	12481	6673	2177	79,0%	0,0%	0,0%	0,0%	94,0%	6,0%
Sport	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sport	> 5000	B	7555	1,9%	5794	5852	2221	725	18,5%	0,0%	5,8%	14,7%	79,4%	0,0%
Sport	> 5000	C	9128	2,3%	6500	6709	2524	823	0,0%	0,0%	3,5%	18,8%	77,7%	0,0%
Sport	> 5000	D	6272	0,8%	3212	3389	1526	498	0,0%	0,0%	16,0%	28,9%	39,2%	15,9%
Sport	> 5000	E	11418	1,6%	6447	6637	2349	766	0,0%	2,7%	0,0%	79,5%	17,8%	0,0%
Sport	> 5000	F	10495	7,0%	5059	5099	1681	549	3,7%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Sport	> 5000	G	13567	5,8%	3342	3435	1550	506	6,8%	25,2%	74,3%	0,5%	0,0%	0,0%
Logies	< 500	A	82	24,5%	75	85	108	30	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	63,4%	36,5%
Logies	< 500	A+	101	0,3%	80	94	117	32	0,0%	6,4%	1,6%	4,0%	40,5%	47,4%
Logies	< 500	A2+	106	0,6%	78	85	115	32	0,0%	1,0%	0,1%	1,7%	22,8%	74,4%
Logies	< 500	A3+	120	0,1%	83	84	120	33	0,0%	0,4%	0,3%	0,0%	2,9%	96,5%
Logies	< 500	A4+	104	0,0%	79	87	102	28	0,0%	7,6%	0,0%	0,0%	10,4%	82,1%
Logies	< 500	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Logies	< 500	B	80	5,6%	75	89	104	29	0,0%	0,5%	0,1%	0,8%	97,9%	0,7%
Logies	< 500	C	83	5,5%	72	87	101	28	0,0%	0,7%	0,2%	2,4%	96,4%	0,4%
Logies	< 500	D	74	4,1%	68	82	94	26	0,0%	1,4%	0,3%	2,5%	71,6%	24,2%
Logies	< 500	E	72	4,4%	71	79	90	25	0,0%	1,1%	0,2%	98,0%	0,6%	0,1%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Logies	< 500	F	64	11,3%	69	74	84	23	0,1%	0,2%	0,1%	99,6%	0,1%	0,0%
Logies	< 500	G	71	15,0%	73	80	93	26	0,1%	46,0%	53,4%	0,3%	0,3%	0,0%
Logies	500 - 1000	A	476	0,5%	463	500	560	177	1,6%	4,3%	0,0%	0,0%	55,0%	40,7%
Logies	500 - 1000	A+	544	0,1%	454	458	633	200	0,0%	8,6%	0,0%	24,4%	55,3%	11,7%
Logies	500 - 1000	A2+	591	0,1%	411	448	518	164	0,0%	30,4%	0,0%	7,1%	29,8%	32,8%
Logies	500 - 1000	A3+	584	0,0%	398	428	426	135	0,0%	50,5%	0,0%	0,0%	0,0%	49,5%
Logies	500 - 1000	A4+	685	0,0%	212	212	522	165	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Logies	500 - 1000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Logies	500 - 1000	B	651	0,1%	552	593	576	182	4,4%	36,4%	0,0%	4,5%	51,8%	7,3%
Logies	500 - 1000	C	648	0,2%	389	440	452	143	0,0%	39,0%	0,0%	5,6%	49,7%	5,7%
Logies	500 - 1000	D	555	0,1%	427	451	577	182	0,0%	38,3%	11,9%	2,7%	16,6%	30,6%
Logies	500 - 1000	E	402	0,1%	447	485	520	164	0,0%	48,7%	0,0%	51,3%	0,0%	0,0%
Logies	500 - 1000	F	488	0,3%	589	626	525	166	0,0%	13,1%	0,0%	86,9%	0,0%	0,0%
Logies	500 - 1000	G	646	1,9%	388	458	433	137	1,2%	90,2%	9,4%	0,0%	0,3%	0,0%
Logies	1000 - 5000	A	1774	2,2%	959	1011	1109	390	3,0%	1,5%	1,0%	2,1%	61,5%	34,0%
Logies	1000 - 5000	A+	1475	0,2%	843	892	878	308	15,8%	30,1%	0,0%	28,7%	29,0%	12,3%
Logies	1000 - 5000	A2+	1928	0,5%	728	742	1120	393	16,7%	16,2%	0,0%	28,0%	20,0%	35,8%
Logies	1000 - 5000	A3+	3376	0,1%	607	554	1989	699	0,0%	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%	87,5%
Logies	1000 - 5000	A4+	1889	0,1%	1300	1314	1452	510	62,7%	0,0%	0,0%	22,5%	14,4%	63,1%
Logies	1000 - 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Logies	1000 - 5000	B	2217	0,9%	1060	1106	1323	465	8,0%	27,3%	0,0%	7,8%	63,0%	1,9%
Logies	1000 - 5000	C	1982	0,8%	1011	1077	1182	415	2,9%	17,9%	1,5%	10,9%	69,8%	0,0%
Logies	1000 - 5000	D	1974	0,7%	1109	1198	1322	465	10,4%	10,3%	2,5%	17,0%	52,0%	18,3%
Logies	1000 - 5000	E	1976	1,2%	1127	1155	1381	485	0,0%	7,9%	8,8%	80,9%	2,4%	0,0%
Logies	1000 - 5000	F	1840	1,2%	883	954	887	312	1,8%	13,5%	3,5%	83,0%	0,1%	0,0%
Logies	1000 - 5000	G	2078	4,6%	953	1067	1099	386	2,9%	74,7%	22,4%	1,8%	1,2%	0,0%
Logies	> 5000	A	10009	2,4%	2445	2485	3041	1904	7,4%	4,1%	0,0%	0,0%	64,8%	31,1%
Logies	> 5000	A+	12863	0,9%	2528	2541	2777	1738	11,2%	0,0%	11,2%	5,0%	7,5%	76,4%
Logies	> 5000	A2+	10296	1,1%	2111	2071	3264	2043	44,9%	9,5%	13,3%	8,0%	23,4%	45,9%
Logies	> 5000	A3+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Logies	> 5000	A4+	8038	0,1%	1171	1176	3034	1899	100,0%	0,0%	52,3%	0,0%	0,0%	47,7%
Logies	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Logies	> 5000	B	8683	0,7%	2468	2589	2736	1713	6,6%	14,1%	0,0%	7,1%	55,6%	23,2%
Logies	> 5000	C	11843	1,3%	4662	4748	3401	2129	0,0%	0,0%	11,8%	9,3%	79,0%	0,0%
Logies	> 5000	D	7857	0,3%	1743	1848	2216	1387	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	81,9%	18,1%
Logies	> 5000	E	8342	1,0%	3051	3290	2580	1615	4,9%	5,9%	0,0%	86,5%	7,6%	0,0%
Logies	> 5000	F	7309	0,9%	2784	2909	2794	1749	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Logies	> 5000	G	8276	3,9%	2633	2753	2605	1631	9,1%	57,9%	35,6%	6,5%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	< 500	A	207	1,9%	234	246	211	78	3,2%	1,7%	0,7%	5,6%	67,6%	24,5%
Gezondheidszorg	< 500	A+	241	0,3%	279	291	245	90	1,9%	6,8%	7,1%	23,8%	57,2%	5,1%
Gezondheidszorg	< 500	A2+	235	0,3%	244	258	215	79	6,3%	9,5%	3,8%	15,6%	58,5%	12,7%
Gezondheidszorg	< 500	A3+	285	0,1%	246	263	216	79	0,0%	19,2%	0,0%	0,0%	64,4%	16,4%
Gezondheidszorg	< 500	A4+	300	0,1%	386	392	424	156	1,1%	18,5%	13,6%	15,5%	43,3%	9,1%
Gezondheidszorg	< 500	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	< 500	B	205	0,8%	207	220	192	71	3,6%	6,0%	1,3%	13,1%	76,2%	3,3%
Gezondheidszorg	< 500	C	220	1,0%	231	241	199	73	1,4%	7,3%	4,6%	25,2%	61,4%	1,5%
Gezondheidszorg	< 500	D	191	0,6%	210	222	181	67	1,5%	8,4%	4,6%	19,0%	46,1%	21,9%
Gezondheidszorg	< 500	E	190	0,8%	183	197	171	63	1,8%	7,6%	7,5%	81,8%	3,1%	0,0%
Gezondheidszorg	< 500	F	195	1,8%	191	205	167	61	1,3%	3,9%	1,6%	94,0%	0,4%	0,1%
Gezondheidszorg	< 500	G	184	4,0%	163	182	173	64	0,4%	70,0%	27,9%	1,4%	0,7%	0,0%
Gezondheidszorg	500 - 1000	A	550	1,7%	578	591	467	175	3,7%	1,4%	0,2%	6,3%	58,4%	33,7%
Gezondheidszorg	500 - 1000	A+	552	0,3%	500	510	473	178	0,0%	17,0%	7,0%	15,5%	51,4%	9,1%
Gezondheidszorg	500 - 1000	A2+	577	0,5%	516	537	462	173	3,1%	15,5%	5,8%	19,6%	41,7%	17,3%
Gezondheidszorg	500 - 1000	A3+	726	0,1%	593	619	460	173	0,0%	0,0%	8,3%	22,6%	36,9%	32,2%
Gezondheidszorg	500 - 1000	A4+	677	0,1%	669	739	592	222	5,9%	16,2%	0,0%	5,9%	37,0%	40,9%
Gezondheidszorg	500 - 1000	A5+	749	0,0%	450	555	269	101	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Gezondheidszorg	500 - 1000	B	573	0,6%	543	556	462	174	0,0%	7,1%	2,6%	19,6%	66,4%	4,3%
Gezondheidszorg	500 - 1000	C	603	0,7%	559	571	486	182	2,7%	8,4%	5,6%	9,3%	70,9%	5,8%
Gezondheidszorg	500 - 1000	D	587	0,5%	543	569	441	166	1,8%	12,2%	8,7%	10,7%	56,3%	12,1%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Gezondheidszorg	500 - 1000	E	643	0,4%	620	644	463	174	6,8%	9,0%	4,4%	86,7%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	500 - 1000	F	623	0,8%	693	721	535	201	6,1%	5,8%	4,5%	88,9%	0,8%	0,0%
Gezondheidszorg	500 - 1000	G	604	1,8%	495	551	460	173	1,0%	75,6%	22,0%	1,6%	0,8%	0,0%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	A	1480	5,2%	1298	1322	1105	476	7,1%	3,1%	0,4%	2,3%	60,8%	33,5%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	A+	1552	1,1%	1182	1212	1134	489	4,1%	7,5%	4,9%	13,4%	52,4%	21,8%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	A2+	1656	1,6%	1097	1112	1127	485	13,3%	6,0%	2,6%	11,6%	56,4%	23,3%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	A3+	1148	0,4%	955	970	818	352	2,3%	4,2%	0,0%	28,1%	27,5%	40,2%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	A4+	1475	0,7%	946	989	863	372	5,7%	0,0%	1,8%	8,4%	38,9%	51,0%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	B	1639	1,6%	1225	1248	980	422	3,8%	4,9%	2,0%	16,8%	74,7%	1,5%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	C	1714	1,6%	1213	1261	1067	459	9,5%	13,6%	3,6%	26,5%	53,2%	3,0%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	D	1706	1,3%	1090	1127	893	385	4,2%	6,4%	9,2%	12,1%	50,9%	21,4%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	E	1632	0,8%	1359	1409	1116	481	14,4%	4,0%	9,5%	77,3%	9,3%	0,0%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	F	1669	2,6%	1444	1502	955	411	2,9%	0,9%	0,7%	96,1%	2,3%	0,0%
Gezondheidszorg	1000 - 5000	G	1802	4,0%	1136	1251	1078	464	1,7%	68,7%	27,9%	1,4%	1,5%	0,5%
Gezondheidszorg	> 5000	A	17342	14,2%	4746	4727	4492	2273	28,7%	3,9%	0,0%	4,4%	35,0%	56,7%
Gezondheidszorg	> 5000	A+	10022	1,7%	2691	2700	2493	1262	19,7%	7,6%	0,0%	5,3%	53,2%	33,8%
Gezondheidszorg	> 5000	A2+	10693	2,9%	4513	4607	4238	2145	0,0%	5,8%	0,0%	28,3%	60,8%	5,0%
Gezondheidszorg	> 5000	A3+	5835	0,1%	1175	1175	1416	717	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Gezondheidszorg	> 5000	A4+	6809	0,2%	2444	2447	2139	1083	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	52,0%	48,0%
Gezondheidszorg	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	> 5000	B	25243	9,6%	4477	4598	4402	2227	14,1%	49,8%	0,0%	3,3%	31,4%	15,5%
Gezondheidszorg	> 5000	C	11752	4,1%	4908	4916	4442	2248	10,3%	12,1%	17,8%	3,8%	66,3%	0,0%
Gezondheidszorg	> 5000	D	11814	1,5%	3703	3738	3798	1922	22,5%	16,2%	0,0%	0,0%	62,2%	21,6%
Gezondheidszorg	> 5000	E	17717	4,6%	8520	8574	6987	3535	44,0%	0,0%	2,3%	86,5%	4,4%	6,8%
Gezondheidszorg	> 5000	F	21466	6,1%	8250	8325	6803	3442	33,7%	4,4%	4,4%	91,1%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	> 5000	G	18567	15,0%	6247	6257	5857	2964	10,6%	45,9%	51,4%	2,0%	0,7%	0,0%
Industrie	< 500	A	143	2,5%	152	154	109	55	1,6%	0,1%	0,0%	0,5%	71,6%	27,8%
Industrie	< 500	A+	235	0,2%	267	269	169	86	5,4%	2,3%	2,0%	15,3%	72,8%	7,6%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Industrie	< 500	A2+	229	0,2%	240	242	153	78	5,5%	2,9%	1,6%	13,4%	71,0%	11,1%
Industrie	< 500	A3+	226	0,0%	227	229	145	73	11,3%	2,5%	1,7%	11,3%	63,4%	21,1%
Industrie	< 500	A4+	228	0,1%	212	216	134	68	9,0%	3,3%	1,5%	11,0%	68,6%	15,5%
Industrie	< 500	A5+	274	0,0%	695	699	362	184	0,0%	0,0%	25,0%	22,7%	26,6%	25,7%
Industrie	< 500	B	212	0,8%	237	241	160	81	4,9%	0,3%	0,4%	2,8%	95,6%	0,9%
Industrie	< 500	C	217	0,6%	247	254	174	88	4,0%	1,5%	1,0%	5,3%	91,3%	0,9%
Industrie	< 500	D	220	0,4%	284	294	186	95	2,5%	1,5%	1,5%	4,4%	60,6%	32,0%
Industrie	< 500	E	231	0,5%	311	323	195	99	1,8%	0,7%	0,8%	96,8%	1,7%	0,1%
Industrie	< 500	F	214	1,2%	289	302	181	92	1,2%	0,4%	0,5%	98,8%	0,3%	0,1%
Industrie	< 500	G	180	2,4%	217	235	158	80	0,5%	66,6%	32,5%	0,5%	0,4%	0,0%
Industrie	500 - 1000	A	626	2,3%	705	713	487	196	1,5%	0,2%	0,2%	1,9%	73,1%	24,8%
Industrie	500 - 1000	A+	658	0,3%	669	673	465	187	4,7%	3,4%	2,4%	22,4%	64,3%	7,5%
Industrie	500 - 1000	A2+	651	0,3%	682	685	454	183	5,7%	2,1%	3,2%	24,3%	60,3%	10,1%
Industrie	500 - 1000	A3+	636	0,1%	672	676	413	166	7,1%	3,2%	4,2%	18,4%	54,6%	19,5%
Industrie	500 - 1000	A4+	633	0,1%	609	613	397	160	4,4%	3,7%	1,3%	17,4%	65,2%	12,4%
Industrie	500 - 1000	A5+	689	0,0%	749	767	474	191	0,0%	0,0%	5,9%	18,8%	48,5%	26,8%
Industrie	500 - 1000	B	669	0,8%	713	721	457	184	3,0%	1,1%	1,0%	7,2%	89,5%	1,2%
Industrie	500 - 1000	C	664	0,7%	724	734	453	182	2,9%	1,4%	2,1%	11,7%	83,6%	1,3%
Industrie	500 - 1000	D	676	0,6%	707	720	434	175	1,7%	1,3%	2,0%	7,1%	56,2%	33,4%
Industrie	500 - 1000	E	676	0,7%	684	700	411	166	2,4%	1,0%	1,9%	96,0%	1,1%	0,0%
Industrie	500 - 1000	F	680	1,6%	735	756	410	165	0,6%	0,3%	0,6%	98,7%	0,3%	0,1%
Industrie	500 - 1000	G	662	2,3%	699	733	407	164	0,4%	56,6%	41,6%	1,3%	0,3%	0,1%
Industrie	1000 - 5000	A	1778	8,3%	1817	1814	989	366	2,2%	0,4%	0,4%	3,0%	70,4%	25,8%
Industrie	1000 - 5000	A+	1774	1,4%	1877	1877	1026	379	5,1%	2,5%	4,5%	26,4%	59,9%	6,8%
Industrie	1000 - 5000	A2+	1733	1,6%	1845	1839	1036	383	5,3%	2,4%	4,3%	22,2%	61,1%	10,0%
Industrie	1000 - 5000	A3+	1744	0,4%	1786	1772	949	351	3,8%	3,8%	4,4%	23,0%	48,0%	20,7%
Industrie	1000 - 5000	A4+	1744	0,6%	1776	1769	968	358	4,8%	1,5%	3,5%	18,4%	54,7%	21,9%
Industrie	1000 - 5000	A5+	2167	0,1%	2129	2062	1087	402	1,3%	2,4%	10,5%	26,7%	40,4%	20,1%
Industrie	1000 - 5000	B	1862	3,2%	1860	1864	986	365	2,9%	1,0%	2,5%	11,9%	83,1%	1,4%
Industrie	1000 - 5000	C	1887	3,1%	1913	1923	982	363	2,2%	2,5%	3,9%	17,2%	74,9%	1,6%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Industrie	1000 - 5000	D	1928	2,1%	1903	1916	956	354	2,5%	2,2%	3,9%	11,6%	51,2%	31,1%
Industrie	1000 - 5000	E	1913	2,5%	1876	1895	929	344	1,8%	1,5%	2,7%	93,1%	2,4%	0,3%
Industrie	1000 - 5000	F	1910	5,7%	1864	1890	877	324	0,6%	0,6%	1,0%	97,9%	0,4%	0,1%
Industrie	1000 - 5000	G	1864	6,5%	1851	1902	928	343	0,7%	49,9%	48,2%	1,4%	0,5%	0,1%
Industrie	> 5000	A	12440	10,3%	9919	9849	2977	1433	2,2%	0,6%	0,7%	2,3%	62,4%	34,1%
Industrie	> 5000	A+	10456	2,4%	10017	10037	3229	1555	4,3%	3,9%	3,3%	19,9%	58,9%	13,9%
Industrie	> 5000	A2+	12056	2,9%	11307	11320	3370	1622	4,5%	3,6%	5,0%	10,8%	54,8%	25,8%
Industrie	> 5000	A3+	15528	0,9%	12595	12078	3141	1512	5,7%	0,8%	1,8%	4,7%	42,8%	49,9%
Industrie	> 5000	A4+	11786	1,2%	11792	11669	2965	1427	6,4%	2,0%	4,2%	11,6%	32,1%	50,1%
Industrie	> 5000	A5+	8700	0,2%	8385	8130	2718	1309	4,0%	0,0%	3,0%	21,2%	49,1%	26,6%
Industrie	> 5000	B	10052	3,6%	9068	9076	3026	1457	3,5%	4,5%	5,9%	11,5%	76,1%	2,0%
Industrie	> 5000	C	10480	3,9%	8987	9010	3089	1487	5,3%	5,7%	5,7%	16,2%	69,9%	2,5%
Industrie	> 5000	D	11106	2,7%	9012	8937	3020	1454	2,5%	2,3%	5,8%	16,2%	40,5%	35,3%
Industrie	> 5000	E	10840	3,1%	9010	9034	2723	1311	2,5%	0,9%	2,5%	89,3%	5,3%	2,0%
Industrie	> 5000	F	10271	5,6%	8530	8589	2680	1290	2,7%	1,5%	1,0%	96,6%	0,7%	0,2%
Industrie	> 5000	G	11836	9,0%	8889	9064	3392	1633	2,2%	55,4%	42,2%	1,0%	1,3%	0,0%
Cel	< 500	A	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	A+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	A2+	182	0,1%	827	827	931	221	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	< 500	A3+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	A4+	28	0,0%	20	28	68	16	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	B	1	0,0%	1056	1056	972	231	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	< 500	C	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	D	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	E	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	F	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	< 500	G	269	0,1%	162	199	277	66	0,0%	82,3%	17,7%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	A	858	0,3%	836	836	1158	275	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Cel	500 - 1000	A+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	A2+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	A3+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	A4+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	B	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	C	583	0,3%	340	340	545	130	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	D	826	0,1%	872	872	858	204	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	E	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	F	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	500 - 1000	G	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	A	2826	1,8%	2072	1967	2143	509	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	A+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	A2+	4002	0,6%	814	814	2050	487	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	A3+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	A4+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	B	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	C	2598	0,8%	4698	4699	5408	1285	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	D	1852	0,3%	914	1141	1786	424	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	E	1906	0,9%	2097	1998	2073	493	0,0%	24,6%	0,0%	57,0%	18,4%	0,0%
Cel	1000 - 5000	F	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	1000 - 5000	G	3976	0,6%	1980	2174	3898	926	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	A	10715	5,2%	6001	6001	4996	1187	60,2%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	> 5000	A+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	A2+	14470	2,3%	35041	35041	7086	1684	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Cel	> 5000	A3+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	A4+	64892	10,5%	28422	28422	19734	4689	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Cel	> 5000	A5+	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	B	73226	23,7%	3674	3680	4626	1099	0,0%	34,0%	0,0%	0,0%	66,0%	0,0%

Verdeling gebouwen naar oppervlakte en label per gebouwtype. Gemiddelde oppervlaktes per gebouwsoort, aandeel warmtenet en verdeling over bouwjaren.

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken. Via: <https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%207007a888-bde5-4b5a-8cb3-4ef3e53b557f>

Gebouwfunctie	Oppervlakte (m ²)	Label (G-A5+)	Gebruiks opp. (m ² /gebouw)	Gebruiks opp. (%/functie)	Vloer (m ² /ge- bouw)	Dak (m ² /ge- bouw)	Gevel (m ² /ge- bouw)	Raam (m ² /ge- bouw)	Warmtenet (%)	t/m 1964	1965 t/m 1974	1975 t/m 1991	1992 t/m 2012	v.a. 2013
Cel	> 5000	C	24224	15,7%	5385	5491	5632	1338	0,0%	55,4%	0,0%	0,0%	44,6%	0,0%
Cel	> 5000	D	0	0,0%	0	0	0	0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	E	16434	10,6%	5830	5134	5427	1289	0,0%	11,9%	0,0%	88,1%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	F	6639	2,1%	3789	3789	3431	815	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Cel	> 5000	G	24396	23,7%	7408	7900	9312	2213	0,0%	83,5%	0,0%	12,9%	3,6%	0,0%

Tabel 29. Technische en financiële parameters van technologieën gebruikt om business cases in de ETS2 industrie door te rekenen.

Technologie	COP	FLH	Levensduur	CAPEX	OPEX	Bron kosteninschatting
		Uren	jaar	€/kW	€/kW/jaar	
Aardgasketel	0.9	8000	15	75.54	1.51	Energy Transition Model, gecorrigeerd voor inflatie
Directe verhitting	1	8000	15	75.54	1.51	Energy Transition Model, gecorrigeerd voor inflatie
Warmtepomp gesloten (50-200)	variabel	8000	15	1096.00	25.30	SDE++ OT model 2025. Industriële warmtepomp, gesloten systeem (8.000 uur)
Hybride warmtepomp gesloten (50-200)	variabel	8000	15	1171.54	26.81	SDE++ OT model 2025. Industriële warmtepomp, gesloten systeem (8.000 uur) + gasboiler
E-boiler	1	8000	15	256.80	4.80	SDE++ OT model 2025. Grootchalige elektrische boiler (industrie)
Hybride e-boiler	1	8000	15	332.34	6.31	SDE++ OT model 2025. Industriële warmtepomp, gesloten systeem (8.000 uur) + Gasboiler
MVR (indampen)	variabel	8000	15	1346.00	19.90	SDE++ OT model 2025. Procesgeïntegreerde warmtepomp in een verdampingsproces
Elektrische (sproei)droger	1	8000	30	193.80	5.81	Moejes, S., Visser, Q., Bitter, J., & Van Boxtel, A. (2018). Closed-loop spray drying solutions for energy efficient powder production. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 47, 24-37.
Elektrisch spuitgieten/extruderen/vormblazen	1.3	1905	15	86.87	1.74	https://interplasinsights.com/plastics-machinery/pentagon-plastics-invests-95-000-in-new-injection-moulding-/
Elektrisch smeden, walsen, persen, stampen		8000	15			Geen betrouwbare inschatting gevonden, daarom CAPEX en OPEX weggelaten uit de vergelijking (ook bij BUA)
Elektrische oven		8000	15			Geen betrouwbare inschatting gevonden, daarom CAPEX en OPEX weggelaten uit de vergelijking (ook bij BUA)
Waterstof	0.9	8000	15	176.40	22.68	MIDDEN database
Biomassa	0.9	8000	15	924.00	56.00	SDE++ OT model 2025. Ketel stoom op houtpellet 5 - 50 MWth

Tabel 30. Aannames per subsector wat betreft voornaamste temperatuur van de warmtevraag en verduurzamingsmogelijkheden. Het aandeel emissies van de subsector binnen de ETS2 emissies is berekend op basis van de CBS tabel "Energiebalans; aanbod en verbruik, sector" met een correctie voor ETS1 bedrijven op basis van data van de NEa. Voor de analyse van de CO₂-prijs zijn de (sub)sectoren verder uitgesplitst naar warmtevraag, corresponderend aan het gemiddelde gebruik van aardgas per belastingschijf in 2023 en gebaseerd op de CBS tabel "Aardgasverbruik bedrijven; belastingschijf, SBI2008", opnieuw gecorrigeerd voor ETS2 bedrijven.

Subsector	Activiteit	Voornaamste / hoogste temperatuurvraag	Subsector - aandeel emissies ETS2	Aangenomen mogelijkheden voor verduurzaming									
				Warmte- pomp gesloten (50-200)	Hybride warmte- pomp gesloten (50-200)	E- boiler	Hybride e-boiler	MVR (indampen)	Elektrisch spuit- gieten/extruderen/ vormblazen	Elektrisch smeden, walsen, persen, stampen	Elektrische oven	Waterstof	Bio-massa
Slachterijen en vleeswaren		120	4%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Groente-, fruitverwerking	Stoompellen	200	1%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Groente-, fruitverwerking	Blancheren	85	1%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Groente-, fruitverwerking	Frituren	200	4%	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Spijsooliën en vetten	Vermalen en extractie	105	1%	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Spijsooliën en vetten	Verfijnen en modificatie	250	1%	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Zuivel	Melk-en wei-poeders	250	2%	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
Zuivel	Overige zuivel producten	110	4%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Meel	Aardappelzetmeel	115	1%	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Meel	Tarwezetmeel	110	1%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Diervoeding		100	4%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Overige voedselindustrie	Overig	200	12%	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Overige voedselindustrie	Bakken	200	8%	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Overige voedselindustrie	Cacao	150	3%	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Dranken	Malt	100	0%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1

Dranken	Bier-brouwe- rijen	180	1%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Tabak		85	0%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Textiel		120	4%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Papier		180	3%	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
Chemie	Farmacie	150	3%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Chemie	Chemie hoge temperatuur	500	2%	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Chemie	Chemie lage temperatuur	200	4%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Kunststofpro- ducten		167	5%	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Beton, gips, ce- mentwaren		180	3%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Overige bouwma- terialen		200	1%	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Basismetaal		700	3%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Metaalelektro	Metaal-bewer- king	700	4%	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Metaalelektro	Anders dan me- taal-bewerking	200	14%	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Transportmiddelen		150	3%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Overig		100	2%	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1