

Bijlage Methodologische onderbouwingen TTW (uitstoot) in relatie tot WTW (oplossing) en rekenmethode potentie per oplossing

Dit bestand bestaat is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Inleiding en beknopte versie
- Wat staat er op de kanskaart: uitstoot (TTW) en oplossingen (WTW)
- Wat is TTW en hoe verschilt het van WTW?
- TTW wordt gebruikt door overheden ivm IPCC-richtlijnen
- TTW in verhouding tot WTW in het Nederlandse klimaatbeleid
- TTW in verhouding tot WTW in CO₂-rapportage
- Wat meet de Klimaatmonitor en welke WTW-factor voor de kanskaart?
- Hoe wordt het reductiepotentieel berekend?
- Hoe wordt dubbeltelling voorkomen?
- Verschillen in uitkomsten tussen TTW en WTW
- Waarom er gekozen is voor de WTW binnen de kanskaart
- Omgaan met TTW–WTW verschillen bij beleidskeuzes
- Methodologische onderbouwing potentie per oplossing (inhoudsopgave op blz. 7)

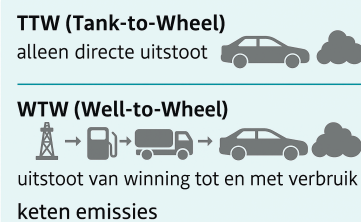
Inleiding en beknopte versie

De Klimaatkanskaart Gelderland 2025 geeft inzicht in zowel de huidige uitstoot van broeikasgassen als het reductiepotentieel van concrete klimaatmaatregelen per domein. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de gehanteerde methodiek voor de uitstootregistratie (TTW) en die voor de doorrekening van oplossingen (WTW).

Uitstoot (TTW): De cijfers over de uitstoot per domein zijn afkomstig van de officiële emissieregistratie van het RIVM en zijn gebaseerd op de **Tank-to-Wheel (TTW)**-benadering en worden in Nederland geduid als bronbenadering. Het is niet exact het zelfde, maar het verschil is verwaarloosbaar. Deze TTW-bronbenadering methode telt alleen de directe uitstoot van CO₂ die plaatsvindt binnen de provinciegrenzen, bijvoorbeeld door verbranding van aardgas, brandstoffen of verbruik van elektriciteit. De Klimaatkanskaart monitort deze uitstoot niet zelf, maar neemt deze cijfers over van www.emissieregistratie.nl. Dit sluit aan bij de nationale en internationale methodologie (IPCC-richtlijnen), zoals ook toegepast in de Regionale Klimaatmonitor.

Oplossingen (WTW): Het klimaatpotentieel van oplossingen is doorgerekend met de **Well-to-Wheel (WTW)**-methodiek. Deze methode kijkt niet alleen naar de directe uitstoot, maar ook naar emissies die eerder in de keten plaatsvinden – zoals bij de winning, productie en distributie van energie. Dit biedt een realistischer en completer beeld van de werkelijke klimaatwinst van maatregelen, met name wanneer deze leiden tot verschuiving van emissies (zoals bij elektrificatie of biobrandstoffen).

De keuze voor WTW is gemaakt om maatregelen eerlijker te kunnen vergelijken, zowel **binnen domeinen** (bijvoorbeeld: warmtepomp vs. HR-ketel), als **tussen domeinen** (bijvoorbeeld: elektrificatie in industrie en mobiliteit). Dit past bij het doel van de kansenkaart: strategisch inzicht geven in de maatregelen met de meeste klimaatwinst.



Voorkomen van dubbel telling: Bij het berekenen van het reductiepotentieel is zorgvuldig voorkomen dat er dubbel telling optreedt. Maatregelen worden alleen toegerekend als ze daadwerkelijk worden uitgevoerd – niet als ze al zijn opgenomen in de onderliggende energiemix. Daarmee wordt bijvoorbeeld voorkomen dat “zon op dak” dubbel meetelt als oplossing én als verandering in de mix.

Wat staat er op de kansenkaart: uitstoot (TTW) en oplossingen (WTW)

De Klimaatkansenkaart laat per klimaatdomein twee hoofdcomponenten zien: de huidige uitstoot van broeikasgassen én het potentieel van oplossingen om deze uitstoot te verminderen. De uitstootcijfers zijn gebaseerd op de officiële *Tank-to-Wheel* (TTW)-registratie van emissies binnen de provinciegrenzen, overgenomen van www.emissieregistratie.nl. Deze geven weer hoeveel CO₂-equivalenten op dit moment jaarlijks worden uitgestoten in bijvoorbeeld de gebouwde omgeving, industrie of landbouw.

Daarnaast toont de kaart het reductiepotentieel van dertig klimaatmaatregelen, doorgerekend op basis van een *Well-to-Wheel* (WTW)-methodiek. Hiermee worden ook emissies uit de keten – zoals bij energieproductie of transport – meegenomen, zodat maatregelen onderling eerlijk en domeinoverstijgend vergeleken kunnen worden. De kansenkaart brengt zo niet alleen in beeld waar de grootste uitstoot plaatsvindt, maar vooral ook waar de grootste klimaatwinst te behalen valt.

Wat is TTW (uitstoot) en wat is WTW (oplossingen)?

De TTW-benadering kijkt enkel naar de directe uitstoot bij gebruik van energie, zoals de CO₂-uitstoot uit een uitlaat of verbranding in een ketel. De WTW-benadering kijkt naar de volledige keten: van de bron (winning of opwekking) tot en met het gebruik. WTW omvat dus ook de upstream-emissies die ontstaan bij bijvoorbeeld het transport van aardgas of de productie van elektriciteit. Bijvoorbeeld:

- Een elektrische auto heeft geen uitstoot volgens TTW, bij WTW hangt uitstoot af van stroommix.
- Een warmtepomp veroorzaakt geen uitstoot volgens TTW, bij WTW hangt uitstoot af van stroommix.

TTW wordt gebruikt door overheden ivm IPCC-richtlijnen

TTW wordt gebruikt in nationale broeikasgasinventarisaties, om te voldoen aan IPCC-richtlijnen en om internationale dubbeltelling te voorkomen. Het is eenvoudiger te monitoren (alleen directe verbranding) en wordt gebruikt voor sectorale doelstellingen. Nationale broeikasgasinventarisaties, om te voldoen aan IPCC-richtlijnen en om internationale dubbeltelling te voorkomen. Het is eenvoudiger te monitoren (alleen directe verbranding) en wordt gebruikt voor sectorale doelstelling.

TTW in verhouding tot WTW in het Nederlandse klimaatbeleid

In Nederland worden TTW-cijfers vooral gebruikt voor nationale en provinciale rapportages, omdat dit aansluit bij de methoden van het IPCC en het Klimaatakkoord van Parijs. Deze keuze voorkomt internationale dubbeltellingen en biedt beleidsmakers eenvoud bij monitoring en toerekening van sectorale doelstellingen.

Toch wordt WTW steeds relevanter voor toekomstgericht beleid. WTW maakt zichtbaar welke ketenemissies elders ontstaan, bijvoorbeeld bij de productie van waterstof of biobrandstoffen. Daarmee helpt WTW voorkomen dat emissies onbedoeld worden verplaatst. Ook nationale beleidsstukken zoals de Kamerbrief over ketenaanpak van 2023 erkennen dit risico op verschuiving van emissies.¹

TTW in verhouding tot WTW in CO₂-rapportage

In officiële CO₂-rapportages wordt TTW gebruikt om internationale vergelijkbaarheid en consistentie te waarborgen. Maar in verkennende studies, potentieelanalyses of beleidsverkenningen zoals de Klimaatkansenkaart, biedt WTW juist meer waarde. Het toont de volledige klimaatimpact van keuzes in opwek, distributie én gebruik. WTW is daarmee geschikter om technologische innovaties (zoals smart grids, batterijopslag, of restwarmtegebruik) op waarde te schatten, omdat ook indirecte besparingen zichtbaar worden.

¹ [Tweede Kamer der Staten-Generaal. Kamerstuk 32813-1383, "Ketenaanpak broeikasgasemissies", 2023.](#)

Wat meet de Klimaatmonitor en welke WTW-factor voor de kansenkaart?

De [Regionale Klimaatmonitor](#) hanteert verschillende indicatoren:²

- Energie 1.2.1: CO₂-emissies van elektriciteit uit fossiele bronnen (bronbenadering)
- Energie: 1.2.2: Vermeden CO₂ door hernieuwbare elektriciteit (referentieparkmethode)
- Gebouwde omgeving 1.3.1 CO₂-emissies van de gebouwde omgeving ten gevolge van fossiel energieverbruik (verbruiksbenadering)
- Gebouwde omgeving: 1.3.2 Fysieke CO₂-emissies van de gebouwde omgeving ten gevolge van de inzet van fossiele energiedragers (bronbenadering)
- Mobiliteit: 1.4.2 Er zijn gegevens over de CO₂-emissies van mobiliteit volgens de bronbenadering. Deze gegevens zijn identiek aan die van de verbruiksbenadering, doordat gegevens over het eindverbruik van elektriciteit in mobiliteit ontbreken.
- Industrie: 1.5.2 Fysieke CO₂-emissies van industrie bij de bron ten gevolge van fossiel energieverbruik
- Landbouw: 1.6.2 Fysieke CO₂-emissies van landbouw bij de bron ten gevolge van fossiel energieverbruik

De Klimaatkansenkaart gebruikt de bronbenadering indicatoren, en rekent met een WTW-factor van 0,5 kg CO₂ per vermeden kWh. Dit sluit aan bij o.a. CE Delft en de nationale rekenstandaard voor ketenemissies³ (referentieparkmethode).

Van Klimaatmonitor naar WTW

De Regionale Klimaatmonitor registreert vooral de uitstoot van broeikasgassen op basis van waar die plaatsvindt – bijvoorbeeld bij elektriciteitscentrales of verbrandingsmotoren. Deze zogenoemde bronbenadering telt alleen directe uitstoot binnen een regio, zoals Gelderland. Bij elektriciteitsgebruik in woningen of elektrische auto's is er echter geen zichtbare uitstoot meer, waardoor deze 'emissievrij' lijkt. Om de echte klimaatimpact van oplossingen te begrijpen – zoals elektrische voertuigen, warmtepompen of zonnepanelen – is een bredere kijk nodig. De WTW-benadering (Well-to-Wheel) rekent ook de uitstoot mee die ontstaat bij het opwekken, transporteren en leveren van energie. Daarmee wordt duidelijk waar in de keten winst of verlies optreedt, en kunnen verschillende technologieën eerlijk worden vergeleken. WTW geeft dus een vollediger beeld van de klimaatwinst, juist bij maatregelen waar de uitstoot niet aan de 'voorkant' zichtbaar is.

² [Klimaatmonitor gelderland](#)

³ [CE Delft. "Ketenemissies elektriciteit – Methodiek en referentiepark", januari 2023. Beschikbaar](#)

Hoe wordt het reductiepotentieel berekend?

Per maatregel is het technisch potentieel in Gelderland berekend (bijvoorbeeld: hoeveel dakoppervlak is beschikbaar voor zonnepanelen). Vervolgens is dit omgerekend naar kWh (voor stroommaatregelen) of m³ (voor gasmaatregelen), en met een vaste emissiefactor omgerekend naar vermeden CO₂. Voor zonne-energie op dak wordt uitgegaan van:

- beschikbare daken op bedrijventerreinen (TAM: Technisch Aanwezig Potentieel),
- gemiddelde opbrengst per m²,
- besparing van 0,5 kg CO₂ per kWh stroom.

Hoe wordt dubbeltelling voorkomen?

Een veelgehoorde zorg is dat CO₂-reductie dubbel wordt geteld: één keer bij de verandering van de energiemix, en één keer bij de maatregel (bijv. zon op dak). Dit is voorkomen door alleen emissiereductie toe te kennen aan **maatregelen**. De energiemix verandert pas in de berekening door het optellen van alle maatregelen. Er wordt dus geen CO₂-reductie toegerekend aan autonome ontwikkelingen of beleidstrends. Zo wordt de winst van bijvoorbeeld zon op dak alleen toegekend aan deze maatregel, en niet nogmaals als wijziging in de totale stroommix.

Verschillen in uitkomsten tussen TTW en WTW

De keuze voor WTW leidt tot een iets hoger berekend potentieel dan TTW. In het scenario 'Raming' is het verschil circa 9%; in het scenario 'Ambitieuw' circa 5%. Omgekeerd betekent dit dat de huidige CO₂-uitstoot van Gelderland bij TTW mogelijk 5–10% lager lijkt dan ze werkelijk is, doordat ketenemissies buiten beeld blijven.

Waarom Well-to-Wheel (WTW) gebruik is voor de Klimaatkansenkaart

De analyse van de Klimaatkansenkaart is geen formele CO₂-inventarisatie, maar een verkenning van klimaatoplossingen. Voor dat doel biedt de Well-to-Wheel (WTW)-benadering een betrouwbaarder en vollediger beeld dan de gangbare Tank-to-Wheel (TTW)-methode. WTW geeft een realistischer inschatting van de werkelijke klimaatimpact, om de volgende redenen:

- **Volledig beeld van emissies:** WTW telt ook ketenemissies mee, zoals productie en transport van energie, die deels in Gelderland plaatsvinden – en sluit zo beter aan bij de regionale opgave.
- **Eerlijke vergelijking van maatregelen:** Maatregelen op basis van verschillende energiedragers (zoals een warmtepomp t.o.v. een HR-ketel, of een elektrische auto t.o.v. een voertuig op biobrandstof) zijn alleen goed te vergelijken met een WTW-benadering.
- **Aansluiting bij beleidsdoelen:** WTW maakt zichtbaar wat verduurzaming in de energieketen

oplevert, terwijl dat bij TTW vaak buiten beeld blijft.

- **Inzicht in ketenverbeteringen:** WTW maakt zichtbaar waar in de keten verdere klimaatwinst mogelijk is, bijvoorbeeld via schonere stroomproductie of efficiëntere brandstofproductie.
- **Voorkomt greenwashing:** WTW voorkomt dat maatregelen als klimaatvriendelijk gelden terwijl de uitstoot elders plaatsvindt.
- **Stimuleert integraal denken:** WTW maakt het mogelijk om over domeinen heen te denken en samenhangend klimaatbeleid te voeren, doordat het emissies aan de hele keten toewijst.

Kortom: WTW helpt om klimaatmaatregelen te beoordelen op hun daadwerkelijke bijdrage aan emissiereductie. Zo ontstaat een realistischer, eerlijker en strategischer beeld van waar de grootste klimaatwinst te behalen valt – in én buiten de provincie.

Omgaan met TTW–WTW verschillen bij beleidskeuzes

In deze analyse wordt de uitstoot van broeikasgassen op basis van **Tank-to-Wheel (TTW)** weergegeven, conform de gangbare rapportage- en monitoringssystemen (zoals Klimaatmonitor en IPCC-richtlijnen).

Deze aanpak rekent uitsluitend de uitstoot toe die binnen de provincie plaatsvindt bij gebruik van energie of brandstof.

Voor de beoordeling van **klimaatoplossingen** is echter gekozen voor een **Well-to-Wheel (WTW)** benadering. Deze rekent met het totale klimaatvoordeel over de hele keten – van productie en transport tot en met gebruik. Dit maakt het mogelijk om verschillende maatregelen eerlijk te vergelijken, ongeacht de gebruikte energiedrager (bijv. elektriciteit, waterstof of biobrandstof).

Hoewel dit leidt tot **betere vergelijkbaarheid van oplossingen**, ontstaat er wel een verschil in rekenmethodiek: **de berekende reductiepotentie (WTW) ligt vaak hoger dan de gemeten uitstoot (TTW)**. Dit betekent dat de kanskaart – bij ongewijzigde TTW-monitoring – **mogelijk een te optimistisch beeld** geeft van wat nodig en haalbaar is.

Om hier goed mee om te gaan:

- Is het van belang dat beleidsdoelstellingen en indicatoren op termijn ook rekening houden met ketenemissies.
- Moet bij het gebruik van deze kanskaart steeds expliciet gemaakt worden dat reductiepotentie is berekend via WTW.
- Kan aanvullend gewerkt worden met een **marge van onzekerheid (bijv. –10%)**, zodat beleidsmakers inzicht houden in het verschil tussen WTW-baten en TTW-doelen.

Zo ontstaat een transparant kader waarin beleidskeuzes gebaseerd zijn op **realistische én volledige klimaatinzichten**.

Methodologische onderbouwingen potentie per oplossing

Domein Elektriciteit	8
Zon op dak	8
Zon op land	9
Wind op land	10
Spreiding energieconsumptie	11
Kernenergie	12
Geothermie	13
Aquathermie	13
Domein Gebouwde omgeving	15
Isolatie (woningen en utiliteitsbouw)	15
Slimme thermostaten (woningen)	16
Warmtepompen (woningen en utiliteitsbouw)	17
Warmwater terugwinning (woningen)	18
Warmtenetten (woningen en utiliteitsbouw)	20
Automatiserings	21
systemen voor gebouwen (utiliteitsbouw)	21
Domein Landbouw en landgebruik	23
Regeneratieve landbouw	23
Plantaardig dieet	24
Voedselverspilling tegengaan	25
Bosaanplant	25
Voertransitie	27
Mestvergisting en groen gas	27
Scenario 'Regeneratief'	28
Domein Industrie	30
Biobased bouwen	30
Stortgas afvang	33
CCS AVI	35
Energie efficiëntie	35
Domein Mobiliteit	37
Fietsen	37
Slimmere vervoer	39
Emissieloze voertuigen	40
ZE-zones	41
Geraadpleegde bronnen methodologische onderbouwing	42

Domein Elektriciteit

Zon op dak

Zon op dak betreft het opwekken van zonne-energie via zonnepanelen op het dak van gebouwen in de utiliteitsbouw, zowel maatschappelijk als commercieel.

Voor de berekening van CO₂-eq reductie is uitgegaan dat de geleverde energie door de zonnepanelen een vervanging is voor de huidige energiemix in Nederland, hierbij zijn de definities van de referentie park methode gebruikt (Agentschap NL, ECN, CBS & PBL, 2012). De emissiefactor die hierbij gehanteerd is, bedraagt 0,50 kg CO₂-eq / kWh afkomstig uit 2021 (CBS, 2023). De potentie van zon op dak bedraagt 350 Wp en 1,63 m² per paneel, dit is 215 Wp/m². Voor de vollasturen zon op dak is 900 kWh/kWp gehanteerd (Begrippenkader RES 2023).

De totaal adresseerbare markt voor deze oplossing is gelijkgesteld aan het aantal hectare zon op dak vanuit het RES bod voor Energieregios Stedendriehoek, Arnhem Nijmegen, Rivierenland, Noord-Veluwe, Achterhoek, en de in provincie Gelderland vallende delen van de regio Food Valley. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de onderdelen huidig, pijplijn en ambitie voor realisatie van zon op dak uit het bod van de RES (Zie: Begrippenkader RES 2023). Voor het opstellen van de scenario's zijn al het oppervlakte zon-op-dak wat in de pijplijn of ambitie zit toegepast in het scenario 'Raming', het scenario 'Ambitieuus' omvat een extra productie van 25% ten opzichte van scenario 'Raming'.

Provincie Gelderland is in het gebruik van elektriciteit een importeur van stroom uit andere provincies, daarmee is het lastig de emissiereductie direct te koppelen aan emissies afkomstig uit de provincie. Bovenstaande emissiereductie impliceert namelijk direct dat de emissies uit de gascentrale

afnemen als gevolg van opwek uit zon op dak, dit is in de praktijk niet altijd zo omdat er ook voor gekozen kan worden de gascentrale op dezelfde of zelfs hogere capaciteit te benutten.

Zon op land

Zon op land betreft het grootschalig opwekken van zonne-energie via zonnepanelen op de grond.

Voor de berekening van CO₂-eq reductie is uitgegaan dat de geleverde energie door de zonnepanelen een vervanging is voor de huidige energiemix in Nederland. De potentie van zon op land bedraagt 350 Wp en 1,63 m² per paneel, dit is 215 Wp/m². Voor de vollasturen zon op land is 950 kWh/kWp gehanteerd, verder is rekening gehouden met een bruikbare m² per m² zon op veld van 0,5 m² zonnepanelen per m², dit is op basis van een extensief zonnepark, met naast panelen ruimte voor natuur/andere gebruiksfuncties (Begrippenkader RES 2023). Voor het bepalen van de vermeden emissies uit de huidige energiemix is gebruikgemaakt van de referentie park methode (Agentschap NL, ECN, CBS & PBL, 2012, zie toelichting 'zon op dak').

De totaal adresseerbare markt voor deze oplossing is gelijkgesteld aan het aantal hectare zon op land vanuit het RES bod voor Energieregio's Stedendriehoek, Arnhem Nijmegen, Rivierenland, Noord-Veluwe, Achterhoek, en de in provincie Gelderland vallende delen van de regio Food Valley. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de onderdelen huidig, pijplijn en ambitie voor realisatie van zon op land uit het bod van de RES (Zie: Begrippenkader RES 2023). Voor het opstellen van de scenario's zijn al het oppervlakte zonneparken wat in de pijplijn of ambitie zit toegepast in het scenario 'Raming', het scenario 'Ambitieuus' omvat een extra productie van 25% ten opzichte van scenario 'Raming'.

Provincie Gelderland is in het gebruik van elektriciteit een importeur van stroom uit andere provincies, daarmee is het lastig de emissiereductie direct te koppelen aan emissies afkomstig uit de provincie. Bovenstaande emissiereductie impliceert namelijk direct dat de emissies uit de gascentrale afnemen als gevolg van opwek uit zon op land, dit is in de praktijk niet altijd zo omdat er ook voor gekozen kan worden de gascentrale op dezelfde of zelfs hogere capaciteit te benutten.

Wind op land

Wind op land betreft het opwekken van windenergie via windturbines op het land.

Voor de berekening van CO₂-eq reductie is uitgegaan dat de geleverde energie door wind op land een vervanging is voor de huidige energiemix in Nederland. De potentie van wind op land bedraagt 5,6 MW per windmolen. Voor de vollasturen van wind zijn de standaardwaarden van het RVO gehanteerd, dit is op basis van de referentie turbine Vestas v150, in overleg met NWEA en opgenomen in handreiking 1.1 NP RES., (Begrippenkader RES 2023). Voor het bepalen van de vermeden emissies uit de huidige energiemix is gebruikgemaakt van de referentiepark methode (Agentschap NL, ECN, CBS & PBL, 2012, zie toelichting 'zon op dak').

De totaal adresseerbare markt voor deze oplossing is gelijkgesteld aan het aantal windmolens vanuit het RES bod voor Energieregio's Stedendriehoek, Arnhem Nijmegen, Rivierenland, Noord-Veluwe, Achterhoek, en de in provincie Gelderland vallende delen van de regio Food Valley. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de onderdelen huidig, pijplijn en ambitie voor realisatie van zon op land uit het bod van de RES (Zie: Begrippenkader RES 2023). Voor het opstellen van de scenario's zijn het aantal windmolens wat in de pijplijn of ambitie zit toegepast in het scenario 'Raming', in het scenario 'Ambitieuus' is

additioneel nog het aantal windmolens dat in verkennende fase zit opgenomen.

Provincie Gelderland is in het gebruik van elektriciteit een importeur van stroom uit andere provincies, daarmee is het lastig de emissiereductie direct te koppelen aan emissies afkomstig uit de provincie. Bovenstaande emissiereductie impliceert namelijk direct dat de emissies uit de gascentrale afnemen als gevolg van opwek uit windmolens, dit is in de praktijk niet altijd zo omdat er ook voor gekozen kan worden de gascentrale op dezelfde of zelfs hogere capaciteit te benutten.

**Spreiding
energieconsumptie**

Het spreiden van energieconsumptie om aanbod en vraag beter aan elkaar te matchen.

Flexibel gebruik van elektriciteit door het verschuiven van energieverbruik van dure naar goedkope uren kan niet alleen kostenbesparingen opleveren, maar ook bijdragen aan de reductie van CO₂-emissies, zo blijkt uit een onderzoek in opdracht van NieuweStroom uitgevoerd door CE Delft in 2022. Dit komt doordat stroom op goedkope uren over het algemeen een lagere CO₂-intensiteit heeft dan stroom op dure uren, dankzij de toenemende bijdrage van wind en zon en de uitfasering van kolencentrales. Het vermijden van de avondpiek is ook belangrijk. Voor Nederland is er nog geen jaarlijkse CO₂-factor beschikbaar, dus de prijs moet voorlopig als leidraad dienen. Voor de berekening van CO₂-reductie potentie is de emissiefactor 'Stroom onbekend' gebruikt, dit betreft gemiddelde emissiefactor elektriciteitsopwek is 0,337 Kg CO₂-eq / KWh, voor hernieuwbaar kan dit dalen naar 0,05 kg CO₂-eq / KWh (CO₂emissiefactoren.nl). Om de potentiële te vermijden emissies te bepalen is uitgegaan van een gemiddelde van 0,1935 kg CO₂-eq / KWh als gevolg van meer flexibel gebruik van energie, dat is een reductie van 43% CO₂-emissies per kWh.

In het scenario 'Raming' is rekening gehouden dat 5% van al het stroomverbruik flexibeler ingezet kan worden (geconsumeerd op andere tijdstippen) waardoor de bovenstaande emissiereductie gehaald kan worden. In het scenario 'Ambitieuus' is dit het dubbele.

Netflexibiliteit leidt niet direct tot vermindering van CO₂-emissies, maar is voorwaardelijk bij het inzetten van meer duurzame energie. Daarnaast is er nog weinig bekend in hoeverre consumenten zich kunnen laten verleiden om op een ander moment energie te consumeren, daarnaast zijn er verschillende factoren die hier een versterkend effect op kunnen spelen. Niet elk elektrisch apparaat kan flexibel worden gebruikt, en niet elk bedrijfsproces kan aan of uit worden gezet op een specifiek moment. Er zijn daarom geen bronnen gebruikt in het onderbouwen van de werkelijke hoeveelheid energie die flexibel in zou kunnen worden gezet.

Kernenergie

Om het emissiereductie potentieel van een kleine modulaire kernreactor te berekenen, is het gemiddelde thermische en elektrische vermogen van verschillende type kerncentrales berekend (respectievelijk 520 MW en 200 MW). Een reactor met deze configuratie zou jaarlijks ongeveer 1,7 TWh warmte en 0,6 TWh elektriciteit produceren en daarmee aardgas en elektriciteit uit het net vervangen.

Realisatie van een SMR kerncentrale voor 2030 wordt in het scenario 'Raming' als niet haalbaar ingeschat, mede door verstrekking van vergunningen en tijdsinvestering van de bouw. Belangrijk in achting te nemen dat de realisatie van een SMR kerncentrale nu op 8 jaar wordt geschat.

In het scenario 'Ambitieuus' wordt er tot en met 2030 in totaal 1 SMR

kerncentrale gebouwd met 520 MW thermisch en 200 MW elektrisch vermogen.

Geothermie

Geothermie is het gebruik van aardwarmte voor het verwarmen van woningen en utiliteitsgebouwen.

Het gemiddelde emissiereductiepotentieel van geothermie wordt geschat op ongeveer 95 ton CO₂-eq. per Terajoule (berekend op basis van PBL: Aanpassing CO₂-emissiefactor van geothermiecategorieën).

Geschat op basis van de warmtevraag in verschillende warmtevraagclusters en het lokale geothermische potentieel gerapporteerd in Potentieonderzoek geothermie Gelderland (2022), bedraagt het totale maximaal bruikbare potentieel van geothermie in Gelderland circa 15.000 Terajoule per jaar.

Het scenario 'Raming' gaat ervan uit dat in 2030 circa 5% van dit totale maximale potentieel wordt gerealiseerd, en in het scenario 'Ambitieuw' wordt 10% van dit potentieel bereikt.

Aquathermie

Aquathermie is de verzamelterm voor duurzaam verwarmen en koelen met water. Het gaat om warmte en koude uit oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA) en drinkwater (TED). Aquathermie is één van de alternatieven voor duurzame verwarming en koeling uit het Klimaatakkoord.

Met de rekenmethoden van SNK en PBL is bepaald dat 200.000 woningen op een aquathermiesysteem 0,30 tot 0,44 Mton CO₂ -reductie opleveren en dat dit getal afhangt van het aandeel duurzaam opgewekte elektriciteit. Dit betekent dat het emissiereductiepotentieel van aquathermie ongeveer 1500 kg per woning per jaar bedraagt (op basis van de conservatieve schatting van het reductiepotentieel).

Klimaatplan Gelderland geeft het volgende aan: energie uit water (Aquathermie en Rioolthermie) op minimaal 1 locatie per gemeente of minimaal 1 per 50.000 inwoners staat gelijk aan circa 0,2 - 0,4 megaton reductie.

In het scenario Raming is uitgegaan van 50.000 woningen die gebruikmaken van aquathermie voor 2030, wat een reductiepotentieel met zich meebrengt van 75 kiloton CO₂. Het scenario 'Ambitieuw' gaat uit van 100.000 woningen met een reductiepotentieel van 150 kiloton CO₂.

Domein Gebouwde omgeving

Isolatie (woningen en utiliteitsbouw) Isolatie behelst het isoleren van woningen en utiliteitsbouw met isolerende materialen, met als doel de vraag naar energie te reduceren. Voor het isoleren van woningen is uitgegaan van het Nationaal Isolatieprogramma, de nadruk van dit programma ligt op het isoleren van de slecht geïsoleerde woningen (label E, F en G). De totale vraag naar aardgas in 2021 was 1082 miljoen m³ voor de 922.524 woningen in de provincie. In provincie Gelderland bevinden zich circa 416.274 woningen die geïsoleerd dienen te worden, 86.374 van deze woningen hebben energielabel E, F en G en circa 329.900 woningen hebben een label D of lager. Er is aangenomen dat met het NIP de vraag naar aardgas daalt, voor de reductie naar behoefte van gas zijn kengetallen van het PBL gehanteerd (2020). In het scenario 'Raming' is aangenomen dat de woningen met het label E, F en G een sprong hebben gemaakt naar D en de woningen met label D en C naar B. In het scenario 'Ambitieuze' hebben alle woningen een labelsprong gemaakt naar het label B. Daarbij is er voor woningen met een label C en D uitgegaan van een gemiddeld gasverbruik van 1237 m³ per jaar, en woningen met label E, F en G een verbruik van 1397 m³ per jaar. Deze waarden zijn voor woningen van 100 m² en in de berekeningen is ook uitgegaan van 100 m² als gemiddelde grootte van woningen. Per m³ gereduceerd gas is een CO₂-emissiereductie van 2,079 gehanteerd (WTW CO₂-emissiefactoren.nl, 2023).

Van alle utiliteitsgebouwen wordt aangenomen dat ze vergelijkbare energielabelverdeling en emissiereductiepotentieel van labelverbeteringen hebben als kantoren. Het scenario 2 in het rapport van de EIB gaat ervan uit dat alle kantoren energielabel B of hoger hebben in 2030, en A+ of hoger in 2050. Volgens het rapport is de verandering in jaarlijkse emissies van gasverbruik -6,25% tussen 2018 en 2030, en -31,25% tussen 2018 en 2050. Deze emissiereducties worden ook verondersteld voor het scenario 'Raming' (alle energielabels ten minste B) en ambitieuze scenario (alle energielabels ten minste A+). Het niveau van isolatie speelt niet noodzakelijk een rol in het label

van utiliteitsgebouwen, het nemen van andere energiebesparende maatregelen zoals het installeren van LED-lampen en/of andere energiezuinige apparatuur kan in veel specifieke gevallen al bijdragen aan een labelsprong tot en met label A. De systematiek m.b.t. energielabels gebouwde omgeving draagt daarmee niet bij aan een versnelling van de energietransitie en energiebesparende maatregelen zoals isolatie, terwijl isolatie de beste oplossing is om emissies te reduceren in verhouding tot de ander genoemde maatregelen.

Slimme thermostaten (woningen) Slimme thermostaten zijn thermostaten die zich automatisch aanpassen aan het gewenste comfortniveau en de beschikbare energiebronnen. Er zijn echter ook thermostaten op de markt die gekoppeld zijn aan een app en energiebesparingstips delen.

Het installeren van slimme thermostaten heeft potentieel voor CO₂-reductie door het efficiënter regelen van de temperatuur in huis. Dit kan leiden tot lagere energieconsumptie en minder uitstoot van CO₂-eq. Verschillende onderzoeken tonen aan dat slimme thermostaten kunnen leiden tot een besparing van 8% tot 28% op de energierekening. Hoewel de exacte CO₂-reductie varieert afhankelijk van de situatie, het huidige verbruik en het gedrag van de gebruiker, kan het gebruik van slimme thermostaten bijdragen aan het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen en energiebesparing. Project Drawdown berekende een energiebesparing tussen de 10 en 15% voor het gebruik van slimme thermostaten.

In het scenario 'Raming' worden de huidige landelijke verkoopcijfers van slimme thermostaten geëxtrapoleerd, over de afgelopen 6 jaar betreft dit een gemiddelde jaarlijkse groei van 2,83%. Daarbij wordt een lage energiebesparing (warmte) van 8% gerealiseerd per geïnstalleerde slimme thermostaat per huishouden. In het scenario 'Ambitieux' wordt een gemiddelde

energiebesparing (warmte) van 18% gerealiseerd.

Er zijn verschillende onderzoeken geweest die ook aan hebben getoond dat de energiebesparing vaak op korte termijn gerealiseerd wordt, en dat men op lange termijn terugvalt in oude patronen waardoor de energieconsumptie weer toeneemt.

**Warmtepompen
(woningen en
utiliteitsbouw)**

Warmtepompen zijn energie systemen die warmte uit de omgeving halen en deze gebruiken voor verwarming of koeling.

In provincie Gelderland staan 11,6% van de woningen, indien het aantal warmtepompen in Gelderland verhoudingsgewijs gelijk is aan dat van Nederland, is 11,6% van de warmtepompen geïnstalleerd bij woningen in Gelderland (Klimaatmonitor, 2022). Op basis van beschikbare data m.b.t. utiliteitsbouw is de gehele vraag in Nederland (2021) naar aardgas voor warmte 3.563.608.000 m³, in Gelderland betreft circa 11,5% van de vraag naar gas in zowel commerciële als niet-commerciële utiliteitsbouw, daarbij is de aanname gesteld dat 11,5% van de geïnstalleerde warmtepompen in Nederland in Gelderland staan.

Jaarlijks groeit de markt voor warmtepompen in Nederland met 25% sinds 1994, met een extra stijging van 3,72% sinds 2014. Het exacte reductiepotentieel van warmtepompen in de gebouwde omgeving hangt af van verschillende factoren, zoals de mate van gebruik en de energiebron die de warmtepomp gebruikt, maar deze cijfers suggereren dat de inzet van warmtepompen een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verminderen van de CO₂-uitstoot in de provincie Gelderland. Bij extrapolatie van huidige verkoopcijfers van warmtepompen neemt het aandeel zo sterk toe, dat in 2030 alle huishoudens in de provincie

Gelderland voorzien zouden kunnen worden van een of meerdere warmtepompen. Er is daarom gekozen om het totale aantal warmtepompen afkomstig uit 'Nederland actieplan hybride warmtepompen' (2022) te vertalen naar de Gelderlandse Context. In het scenario 'Raming' zullen er in de provincie 301.000 warmtepompen geïnstalleerd zijn, in het scenario 'Ambitieuze' heeft de helft van het aantal huishoudens in de provincie een warmtepomp geïnstalleerd: 466.058. Gemiddeld genomen draagt een warmtepomp bij aan een besparing van 648 m3 gas, de vraag naar elektriciteit neemt gemiddeld toe met 1535 kWh (Installatiemonitor). De emissiefactor per m3 gas is 2,079 kg CO₂-eq en elektriciteit (stroom onbekend) is 0,337 kg CO₂-eq / kWh.

Het scenario 'Raming' voor utiliteitsgebouwen is gebaseerd op de jaarlijkse groei in het aantal warmtepompen tussen 2017 en 2021 (CBS). De voorraad warmtepompen groeit met 16,8% per jaar. In het ambitieuze scenario wordt aangenomen dat deze groei wordt verdubbeld.

**Warmwater
terugwinning
(woningen)**

Warmwater terugwinning betreft het terugwinnen van warmte uit afvalwater om te gebruiken voor andere doeleinden, bijvoorbeeld voor het verwarmen van een woning, maar ook het verwarmen van water zoals tijdens het douchen. In warmwater terugwinning zijn twee oplossingen verwerkt: een circulerende douche en een warmwater terugwinningssysteem voor centrale verwarming van een woning van DeWarmte.

Met warm water terugwinning wordt warmte uit het afvalwater onttrokken. De gemiddelde temperatuur van afvalwater is nog 27°C. Door dit water af te koelen naar 2°C kan er warmte aan onttrokken worden die weer in huis kan worden gebruikt. Er wordt uitgegaan van een gemiddelde energiebesparing van 550 m3 gas per jaar per huishouden (de Warmte, 2023) en een CO₂-conversiefactor voor aardgas van 2,079 kg CO₂-eq per m3 aardgasverbruik

(CO2emissiefactoren.nl, 2023). De totaal adresseerbare markt betreft 938.341 huishoudens in Gelderland en de emissiebron waarop de impact zich baseert is uitgegaan van de huidige emissies door gasgestookte CV ketels van consumenten.

De circulerende douche is een spaardouche die 80% zuiniger is dan een normale douche. En dat zonder in te leveren op kracht en comfort. Het gebruikte water wordt opgevangen, gefilterd, verwarmd en opgepompt. Daardoor gebruikt de milieuvriendelijke douche slechts 1,2 liter water per minuut. De totale adresseerbare markt in Gelderland betreft 938.341 huishoudens. De impact wordt berekend op basis van de huidige emissies van gasgestookte warmwatervoorzieningen bij deze huishoudens, wat neerkomt op een gemiddelde besparing van 188 m³ gas per huishouden per jaar met een CO₂-eq conversiefactor van 2,079 Kg CO₂-eq per m³.

In het scenario 'Raming' heeft 1% van de huishoudens in provincie Gelderland een warmwater terugwinningssysteem en een circulerende douche geïnstalleerd. Dit leidt tot een totaal reductiepotentieel van 738 m³ aardgas per huishouden per jaar. In het ambitieuze scenario wordt aangenomen dat een aandeel van 3% van de huishoudens deze systemen heeft geïnstalleerd. Er zijn echter geen cijfers bekend omtrent de huidige markt van warmwater terugwinningssystemen.

**Warmtenetten
(woningen en
utiliteitsbouw)**

Warmtenetten zijn een manier om warmte te leveren aan gebouwen door middel van een netwerk van leidingen. De warmte wordt vaak geproduceerd door restwarmte van industrieën, geothermie of biomassa-installaties en wordt vervolgens via een geïsoleerd leidingnetwerk naar woningen en gebouwen getransporteerd. Warmtenetten worden gezien als een belangrijke stap in de overgang naar duurzame energiebronnen en het verminderen van de CO₂-uitstoot.

De emissies voor warmte afkomstig van warmtenetten bedragen 25,37 kg CO₂-eq en aardgas 65,4 kg CO₂-eq per GJ (CO₂-emissiefactoren.nl, 2023). Dit impliceert dat elk MJ aardgas dat vervangen wordt door warmte via een warmtenet, een reductie van 61% in CO₂-emissies oplevert. Momenteel zijn in Gelderland 42.000 woningen aangesloten op een warmtenet en het totaal aantal woningen dat potentieel op een warmtenet aangesloten zou kunnen worden ligt rond de 340.000 ([Warmtenetwerk.nl](https://www.warmtenetwerk.nl)).

Een warmtenet kan significant lagere emissies opleveren dan CV-ketels o.b.v. aardgas voor warmtelevering omdat de warmtebronnen meestal hernieuwbaar zijn, maar de exacte emissiereductie varieert afhankelijk van de gebruikte energiebronnen en de efficiëntie van het warmtenet. Over het algemeen zal een warmtenet dat hernieuwbare energiebronnen gebruikt, zoals geothermie of biomassa, een aanzienlijke emissiereductie opleveren ten opzichte van aardgas. Uit de systeemstudie van CE Delft (2021) blijkt dat de herkomst van geproduceerde warmte tot en met 2030 zowel toenemen voor dat afkomstig uit hernieuwbare bronnen, als een toename vanuit de huidige centrales van Eneco. Belangrijk is dat richting 2050 methaan uitgefaseerd wordt en er een verschuiving plaatsvindt naar groen gas en waterstof.

In het scenario 'Raming' wordt ervan uitgegaan dat 20% van de woningen in Gelderland aangesloten worden op een warmtenet, en in het scenario

'Ambitieuus' wordt aangenomen dat het totaal aantal potentiële woningen dat op een warmtenet kan worden aangesloten (36%), wordt aangesloten.

In 2021 werd in provincie Gelderland in utiliteitsbouw circa 241 miljoen m³ aan aardgas verbruikt, bij een verschuiving van 20 tot 30% richting warmtenetten levert dit een besparing op tussen de 61 en 91,5 kton CO₂-eq in 2030.

**Automatiserings
systemen voor
gebouwen
(utiliteitsbouw)**

Automatiseringssystemen voor gebouwen kunnen zorgen voor een efficiënter gebruik van energie in gebouwen, wat leidt tot vermindering van de CO₂-uitstoot en kostenbesparingen voor de eigenaar of gebruiker van het gebouw.

In utiliteitsgebouwen kan de energiebehoefte met maximaal 40% worden verminderd door de implementatie van geautomatiseerde systemen. De totale markt/ontwikkeling van deze systemen in de provincie Gelderland is momenteel niet bekend, maar er wordt aangenomen dat er veel potentieel is voor implementatie in gebouwen met een energielabel lager dan A. In sommige landen is dit momenteel al 75% en dit zal toenemen tot 100% tegen 2050, wat neerkomt op een groei van ongeveer 1% per jaar.

In 2021 was het aardgasverbruik in utiliteitsbouw circa 218,5 miljoen m³, bij een toename van geautomatiseerde gebouwen van 8%, kan daarmee maximaal jaarlijks circa 7 miljoen m³ aan aardgas worden bespaard in 2030. De huidige emissiefactor voor aardgas is 2,079 kg / m³, daarmee komt de totale maximale besparing uit op circa 14,5 kton CO₂-eq in 2030 ('Ambitieuus'). Een besparing van 40% is echter zeer 'Ambitieuus', slimme thermostaten behalen een gemiddelde reductie van 18%, voor het scenario 'Raming' is 18% reductie in gasverbruik gehanteerd.

Domein Landbouw en landgebruik

Regeneratieve landbouw

Regeneratieve landbouw is een holistische benadering van landbouwpraktijken die de bodemgezondheid verbeteren, biodiversiteit bevordert en koolstof vastlegt om de klimaatverandering tegen te gaan. Het doel van regeneratieve landbouw is om niet alleen duurzame landbouw te bereiken, maar ook de natuurlijke hulpbronnen van het land te herstellen en te verbeteren. Het omvat technieken zoals agroforestry, beheer van begrazing, vermindering van chemische inputs, minimalisering van bodembewerking en het gebruik van natuurlijke compost en bodemverbeteraars. Regeneratieve landbouw streeft naar een circulaire economie en een veerkrachtig ecosysteem om voedselzekerheid te garanderen voor toekomstige generaties.

De Totaal Adresseerbare Markt voor regeneratieve landbouw is vastgesteld op het aantal hectare dat in 2022 in provincie Gelderland beschikbaar is aan landbouwgrond (CBS, 2023), dit bestaat uit grasland, akkerbouw land en tuinbouw land en is samen ongeveer 224.000 hectare. Voor het berekenen van de potentie zijn de cijfers van CBS gebruikt in groei van biologische landbouw. Dit betreft in Gelderland een gemiddelde jaarlijkse groei van 0,15% tussen 2015 en 2022. In 2022 is het biologische landbouwareaal vastgesteld op 3,6%. In het scenario 'Raming' groeit het biologische landbouwareaal tot 4,8% in 2030. In het scenario 'Raming' is het aandeel regeneratieve landbouw gelijkgesteld aan de groei van nieuwe biologische landbouw (1,2%), in het scenario 'Ambitieuw' is aangenomen dat het totaal aan biologische landbouw regeneratief wordt.

Het vastleggingspotentieel is 0,6 ton koolstof per ha per jaar voor gematigde / boreaal-vochtige gebieden, op basis van de Drawdown modellen. Het emissiereductie potentie van zowel conserverende landbouw als regeneratieve landbouw is: 0,23 ton CO₂e per ha per jaar. Onder vastlegging van CO₂ in de

bodem gaan stikstof en methaanemissies wel door, maar wordt ook koolstof en stikstof gebonden aan organische stof in de bodem. Dit zorgt voor een netto reductie van emissies en daarom zijn de reductie en vastlegging beide tot emissiereductie meegerekend.

Plantaardig dieet

Plantenrijk dieet is een dieet dat voornamelijk gebaseerd is op plantaardig voedsel. Om de potentie van een dieet gebaseerd op planten te berekenen, is aangenomen dat de vleesconsumptie in de provincie Gelderland gelijk is aan die in Nederland: 76,1 kg per persoon per jaar (CBS, 2021), bestaande uit 49% varkensvlees, 30% kip en 21% rundvlees.

In het scenario 'Raming' is een vermindering van de vleesconsumptie met 8% vastgesteld, het gemiddelde van de effectiviteit van actieve campagnes om vleesconsumptie te verminderen, terwijl in het scenario 'Ambitieux' de aanbevolen hoeveelheden uit het gerenommeerde EAT LANCET-rapport zijn toegepast, wat resulteert in een daling van de vleesconsumptie tot 15,7 kg consumptie per persoon per jaar. Er wordt aangenomen dat de verminderde vleesconsumptie in eerste instantie leidt tot een vermindering van de vleesproductie in Gelderland. Om een schatting te maken van de potentiële emissiereductie gerelateerd aan de verminderde consumptie van dierlijke producten, is aangenomen dat het totaal aantal runderen, varkens en kippen in de provincie Gelderland, inclusief de emissies die daarmee gepaard gaan, gelijk afneemt met de verminderde consumptie van dierlijke producten. De gemiddelde CO₂-impact van een kg vlees is vastgesteld op circa 2,3 kg CO₂-eq per kg, dit is een (op basis van de relatieve vleesconsumptie) gewogen gemiddelde van varkensvlees, pluimvee en rundvlees emissies in Gelderland, in het LANCET scenario is dit 1,7 kg CO₂-eq doordat het aandeel kip toeneemt vs varkens- en rundvlees. Dit betreft enkel de emissies die plaatsvinden binnen provincie Gelderland die direct afkomstig zijn van de dieren zelf.

**Voedselverspilling
tegengaan**

Voedselverspilling betreft het verminderen van eetbaar afval door efficiënt gebruik van verschillende middelen.

In het scenario 'Raming' is een reductie van 43% van voedselverspilling haalbaar in 2030 t.o.v. 2015. Dit is een extrapolatie van recente data van voedselverspilling reductie in Nederland. In het scenario 'Ambitieuw' wordt de doelstelling van de Verenigde Naties, een reductie van 50% voedselverspilling t.o.v. 2015, in 2030 gehaald. Elk gereduceerde kg aan voedselverspilling vermindert in de gehele keten ongeveer 3 kg aan CO₂-emissies.

Het verminderen van voedselverspilling draagt niet direct bij aan een reductie van emissies, dit is enkel het geval wanneer de productie hierdoor daadwerkelijk afneemt (scope 3). Deze emissiereductie zal binnen de provincie plaatsvinden, als de productie lokaal afneemt.

Bosaanplant

Het planten van bomen in de provincie Gelderland kan bijdragen aan het verminderen van de CO₂-uitstoot en het vergroten van de biodiversiteit. De exacte potentie van bosaanplant hangt af van verschillende factoren, zoals de beschikbare ruimte, de soorten bomen die worden geplant en het beheer van het bos.

Er zijn verschillende initiatieven in de provincie Gelderland gericht op het planten van bomen, zoals het Plan Boom en MeerBomenNu, maar ook bijvoorbeeld in projecten van Stichting Landschapsbeheer Gelderland. Het is echter lastig om een precies aantal hectare aan te geven dat bijgeplant kan worden voor 2030, omdat dit afhangt van factoren zoals beschikbare grond en

financiering. Er zijn echter wel enkele schattingen beschikbaar. Zo heeft de provincie Gelderland aangegeven voor 2030 één miljoen bomen te planten.

In het scenario 'Raming' is geredeneerd dat er tot en met 2030 circa 1700 hectare aan nieuw bos kan worden ontwikkeld in provincie Gelderland. In het scenario 'Ambitieuw' wordt een ambitie van 10000 hectare aan nieuw bos in 2030 gehaald.

De vastlegging potentie van bosaanplant is 0,01 kiloton koolstof per ha/jaar volgens Staatsbosbeheer.

De aanplant van nieuwe bomen op gedegradeerd land, met als doel productiebos, heeft een gemiddelde levensduur van 26 jaar. Steeds meer productiebos wordt ecologisch en langdurig beheerd. Aangenomen wordt dat alle opgeslagen koolstof bij eventuele oogst opnieuw wordt uitgestoten, behalve de koolstof die is opgeslagen in hout voor bijvoorbeeld houtbouw of andere doeleinden. Houtbouw en bebossing hebben dus een wederzijds versterkend effect op de CO₂-opslag. In tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht, blijft een goed ecologisch beheerd bos CO₂-eq opslaan in de bodem, ook als bomen een volwassenheidsstadium hebben bereikt.

Voertransitie

Voertransitie houdt in het verminderen van methaanemissies afkomstig uit de landbouw door het toepassen van ander veevoer. In Nederland is het bekendste alternatief voor veevoer, dat toegevoegd kan worden als supplement aan het traditionele dieet 'Bovaer' ontwikkeld door DSM. Onderzoek van de WUR (2021) toont aan dat de methaanuitstoot af kan nemen tussen de 27% en 40% per koe, afhankelijk van de dosering van 60 tot 80 mg / kg voer (DS = Droge stof).

Voor het verkennen van de potentie in provincie Gelderland is ingeschat dat supplementen zoals Bovaer in 2030 voor 30 - 55% te implementeren zijn. Daarbij is in het scenario 'Raming' rekening gehouden met 27% reductie per koe, wat toe wordt gepast op 30% van het rundvee in Gelderland en in het scenario 'Ambitieuus' met 40% per koe toegepast op 55% van het rundvee. De totale methaanuitstoot afkomstig van rundvee in provincie Gelderland was in 2021 1388 kiloton CO₂-eq.

Additioneel is belangrijk dat het produceren van stoffen zoals Bovaer, niet bijdraagt aan een hoge mate van uitstoot door een vervuilende productie, waarmee het probleem verschoven wordt naar een fabriek die voor veel uitstoot zorgt in een ander land, provincie of schakel in de keten.

**Mestvergisting en
groen gas**

Een mono-vergister is een systeem dat organisch materiaal, zoals mest, omzet in biogas door middel van anaerobe vergisting. Het biogas kan vervolgens worden gebruikt als hernieuwbare energiebron voor elektriciteit en warmte als een vervanging voor aardgas. Mono-vergisters kunnen ook een oplossing bieden voor verbeterd management en emissiereductie van mest afkomstig van vee.

In de provincie Gelderland werd 9124 kiloton dunne rundveemest in stal geproduceerd in 2021 (CBS). Momenteel wordt dit volume nog nauwelijks gebruikt voor bio-energie toepassingen. Voor het scenario 'Raming' wordt ervan uitgegaan dat in 2030 10 procent van de dunne rundveemest in stal wordt vergist in monovergisters, en in het scenario 'Ambitieuw' wordt 30% van de mest op deze manier verwerkt.

Voor het bepalen van de vermeden CO₂-emissies is gebruikgemaakt van CO₂-emissiefactoren voor aardgas (2,08 kg CO₂-eq / Nm³) en groen gas (0,72 kg CO₂-eq / Nm³). Het installeren van mono-vergisters draagt ook bij aan een verbeterde mestverwerking. Per ton mest is deze reductie potentie circa 0,0936 ton CO₂-eq (berekend op basis van Gollenbeek et al. 2022).

De potentieel van deze oplossing wordt sterk beïnvloed door de ontwikkeling van de veehouderij naar volume en duurzaamheid in de komende jaren.

Scenario**'Regeneratief'**

Naast de scenario's 'Raming' en 'Ambitieuw' is er nog een 'Regeneratief' scenario ontwikkeld. Het regeneratieve scenario gaat uit van een halvering van de veestapel, waardoor de uitstoot afkomstig van koeien halveert (in de resultaten wordt deze emissiereductie toegewezen onder de oplossing 'Regeneratieve landbouw'), en er land vrijkomt dat momenteel wordt gebruikt voor de productie van voer voor de dieren. In 2022 telde Gelderland 115.000 hectare 'blijvend grasland'. Er wordt aangenomen dat ongeveer de helft van dit land opnieuw wordt toegewezen voor ander gebruik, waarvan 25.000 hectare is bestemd voor aanvullende 'Regeneratieve landbouw' en 12.500 hectare voor zowel 'Bosaanplant' als 'Biobased bouwmaterialenproductie'. Door de halvering van het aantal koeien in dit scenario neemt het impactpotentieel van de oplossingen 'Mestvergisting en groen gas' en 'Voertransitie', die afhankelijk zijn van de omvang van de veestapel, in dezelfde mate af.

Domein Industrie

Biobased bouwen

De oplossing Biobased bouwen omvat drie sub-oplossingen, namelijk bouwen met hout, biobased bouwmaterialenproductie en alternatieven voor cement.

Bouwen met hout

Hout is een van de oudste bouwmaterialen en werd in het verleden veel gebruikt, maar met de opkomst van staal en beton nam het gebruik van hout af. Tegenwoordig wordt hout weer steeds vaker gebruikt voor bouwprojecten, waaronder ook hoogbouw. Dit komt doordat bouwen met hout vele voordelen kent, waaronder het verminderen van de uitstoot van stikstof en CO₂, het hergebruiken van onderdelen van een gebouw, en het bieden van een gezond en comfortabel binnenklimaat.

De potentie van houtbouw ligt vooral in de bouw van nieuwe woningen en kantoren en in de renovatie van bestaande gebouwen. Daarnaast kan houtbouw ook zorgen voor extra vastlegging van CO₂-eq in houten constructies en in de houtproducten die worden gebruikt in gebouwen. In 2030 wordt verwacht dat ongeveer 25% van de woningen uit fabrieken zal komen, wat verschillende vormen van modulaire/prefab bouw omvat. Hoewel hout(skelet)bouw in Nederland relatief onbekend is en een bescheiden marktaandeel heeft van ongeveer 3%, blijkt uit een vergelijkend onderzoek tussen Europese landen dat Nederland wel een stijging in het gebruik van hout waarneemt. Momenteel bevindt ons land zich nog in de introductiefase, waarbij slechts 0,09 kuub hout wordt gebruikt voor elke vierkante meter nieuwbouw. Hierbij loopt Nederland ver achter bij de 14 landen in de groeifase, zoals België, Denemarken, Tsjechië, Italië, Roemenië, Oostenrijk en Duitsland, die meer dan 0,1 kuub hout per vierkante meter gebruiken. Er zijn acht koplopers die zich in een 'volwassen' marktsituatie bevinden, waaronder Zwitserland, Hongarije, de

Scandinavische en Baltische staten. Estland is de absolute koploper met een verbruik van 0,32 kuub hout per nieuw gebouwde vierkante meter.

In een gemiddelde woning wordt circa 250 ton aan materialen toegepast (EIB, 2022), een gemiddelde woning in Nederland is 53 m². De gemiddelde dichtheid van constructiehout is circa 850 kg / m³. Per m² wordt daarmee circa 4,7 ton aan bouwmaterialen toegepast, hiervan is het huidige aandeel hout 76,5 kg per gerealiseerde m² BVO. Er wordt per m³ (vurenhout) 715 kg CO₂-eq vastgelegd. In het ambitieuze scenario wordt de toepassing van hout gelijkgesteld met vooroplopende landen (0,32 m³/m²) in 2030, in het scenario 'Raming' wordt uitgegaan van het gemiddelde van de huidige situatie en het ambitieuze scenario (0,205 m³/m²).

Alternatieven voor cement

Cement is een veelgebruikte stof en veroorzaakt 5-6% van de mondiale emissies. Het is verantwoordelijk voor een groot deel van de totale uitstoot van beton. Bij de productie van portlandcementklinker wordt koolstofdioxide uitgestoten en conventionele klinkers kunnen gedeeltelijk worden vervangen door alternatieve materialen om emissies te verminderen. Compleet alternatieve bouwmaterialen concepten, zoals kalkhennepbeton, op basis van natuurlijke vezels, slaan zelfs CO₂-eq op in gebouwen.

Er zijn verschillende alternatieven voor Portlandcement, waarvan sommige biobased zijn. Deze alternatieven worden gemaakt van hernieuwbare grondstoffen in plaats van fossiele brandstoffen. Enkele voorbeelden van biobased alternatieven zijn hennepbeton, hout, cement en biocomposieten. Deze alternatieven hebben vergelijkbare eigenschappen als traditioneel beton, maar hebben een lagere CO₂-uitstoot en zijn afkomstig van hernieuwbare bronnen.

Per woning wordt er gemiddeld genomen in Nederland ongeveer 1,3 m³ beton per m² toegepast. In het scenario 'Raming' is de vervanging van regulier cement door alternatieven 15%, terwijl dit percentage stijgt naar 25% in het ambitieuze scenario. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat 5% van het alternatieve beton isohemp is, wat een vastleggingspotentieel heeft van 64,21 kg CO₂-eq/m³.

Biobased bouwmaterialen

Het gebruik van agrarische grondstoffen voor de productie van biobased bouwmaterialen wordt steeds meer in trek. Bouwbedrijven kunnen de CO₂-uitstoot in Nederland aanzienlijk verminderen door vezels van gewassen zoals hennep, vlas en lisdodde te gebruiken in plaats van vezels van glas en steenwol. Op dit moment is ongeveer 11% van de totale CO₂-uitstoot in Nederland afkomstig van de productie van bouwmaterialen zoals staal, beton en steenwol voor gebouwen. Daarmee zijn biobased materialen, afkomstig uit de landbouw, een interessante oplossing voor CO₂-reductie in de groeiende vraag naar bouwmaterialen. Daarbij is het wel van belang dat de productie van deze materialen energie-efficiënt wordt uitgevoerd. Omdat het een ontwikkelende en snel groeiende markt is, kan het zijn dat de eerste paar jaren dit nog niet zo is.

Uit Arcadis onderzoek 2022 blijkt dat sommige voedingsgewassen ook als bouwmetaal kunnen dienen, zoals bioplastic van rietsuiker of suikerbiet. Dit zorgt voor discussie over de druk op voedselproductie en het gebruik van goede landbouwgrond voor bouwgewassen zoals olifantsgras. Vezelgewassen groeien echter goed op plekken waar voedingsgewassen minder geschikt zijn vanwege een arme, zoute, droge of natte bodem. Olifantsgras groeit bijvoorbeeld goed op arme, droge en relatief zoute bodems, terwijl lisdodde geschikt is voor natte omstandigheden. Ook kunnen meerdere gewassen, waaronder vlas, helpen om verarmde gronden weer te herstellen.

Olifantsgras heeft een vastleggingspotentie van 20 ton CO₂-eq per hectare per jaar, vlas en hennep hebben een gemiddelde potentie van 10 ton CO₂-eq per hectare per jaar.

Voor gewassen zoals vlas en hennep is aangenomen dat 20% van het land voor akkerbouw (4757 ha) bestemd kan worden voor biobased bouwmaterialen die toegepast worden in een rotatieschema, zodat dit niet direct concurreert met voedingsproductie. Voor olifantsgras is berekend dat circa 2% van het totale grasland hiervoor kan worden gebruikt (3232 ha). In het scenario 'Raming' wordt de helft hiervan gerealiseerd, in het scenario 'Ambitieuw' het totaal.

Stortgas afvang

De oplossing Stortgas afvangen gaat over het proces van het opvangen van methaan dat wordt gegenereerd door anaerobe vergisting van vast stedelijk afval op stortplaatsen en het verbranden van het opgevangen biogas om elektriciteit op te wekken. Op Nederlandse stortplaatsen is het gangbaar dat na sluiting van de stortplaatsen de afvalstromen ingekapseld worden en de resterende emissies zoveel mogelijk afgevangen of afgefakkeld worden. Daarbij is de verwachting dat adoptie voor het afvangen van stortgas toe zal nemen. Wel is dit afhankelijk van de sluiting van de stortplaatsen.

Ongeveer 20% van de gebruikte stortcapaciteit in Nederland bevindt zich in Gelderland. Bij deze stortplaatsen is de provincie belast met de 'eeuwigdurende nazorg'. Die moet voorkomen dat een stortplaats na sluiting problemen voor de omgeving geeft. Er zijn in Gelderland nog vier stortplaatsen actief en er zijn bijna 800 voormalige stortplaatsen, die nog steeds broeikasgassen uitstoten. Afvangen van stortgas is daarom kansrijk, in combinatie met het inzetten op meer recycling en compostering, waardoor er minder stortgas ontstaat.

Als oplossing wordt, vanuit klimaatdoelpunt, het afvangen van methaan op een stortplaats over het algemeen alleen gezien als een verbetering ten opzichte van het storten zonder methaanafvang. Waar stortplaatsen bestaan, is het een belangrijke oplossing om broeikasgassen te verminderen. Afgevangen methaan uit stortplaatsen vormt een tamelijk schone energiebron om elektriciteit of warmte mee op te wekken.

Een stortplaats bestaat uit afval dat in een aantal jaren wordt gestort. Bij het storten van afval wordt de organische stof in het afval omgezet in stortgas. Stortgas is een mengsel van methaan (45-60%), kooldioxide (40-55%) en andere componenten (H₂S, mercaptanen, organische esters en andere vluchtige koolwaterstoffen, die allemaal de kenmerkende geur van stortgas geven). De exacte emissies die vrijkomen zijn lastig te bepalen omdat gestort afval uit voorgaande jaren nog steeds bijdraagt aan emissies, dan wel in afnemende mate. Een versimpelde vuistregel die gehanteerd kan worden is dat er ongeveer 4,8 kg (6,6 m³) methaan ontstaat per ton afval per jaar in de eerste 5 jaar na storten; 2,4 kg per ton afval per jaar in de 5 jaar erna, 1,3 kg per ton afval per jaar in het 2e decennium en 0,6 kg per ton afval per jaar in het 3e decennium na het storten. Voor Gelderland wordt daarbij na modellering verwacht dat de emissies over tijd verder zullen dalen, maar indien de hoeveelheid storten gelijk blijft (600.000 ton), en de samenstelling van het gestorte afval gelijk blijft, zullen deze emissies redelijk stabiel blijven de komende 50 jaar.

Het reductiepotentieel van deze oplossing wordt berekend met behulp van het [model](#) dat is ontwikkeld voor het eerdere onderzoek van PCSA Gelderland. In het scenario 'Raming' worden twee van de vier actieve stortplaatsen in Gelderland gesloten, de stortplaats wordt verder ingekapseld en stortgas wordt afgevangen en verbrand voor energieopwekking.

In het scenario 'Ambitieuus' worden alle vier stortplaatsen gesloten.

CCS AVI

Koolstofafvang en -opslag (CCS) spelen een cruciale rol bij Afvalverbrandingsinstallaties (AVI's), waar het beheer van emissies van broeikasgassen van essentieel belang is. AVI's zijn zich steeds meer bewust van de noodzaak om koolstofuitstoot te verminderen en nemen CCS-technologieën op om deze uitdaging aan te gaan. Door het vastleggen en opslaan van koolstofdioxide tijdens het verbrandingsproces kunnen AVI's aanzienlijk bijdragen aan het verminderen van de totale klimaatimpact.

Er is een AVI in Duiven die afval verbrandt om warmte en elektriciteit te produceren. Sinds 2019 is er een CO₂-afvanginstallatie in Duiven die CO₂ vastlegt voor gebruik in de glastuinbouw. Op dit moment levert Duiven 60 kiloton CO₂ per jaar.

In het scenario 'Raming' wordt er tot en met 2030 gewerkt aan de realisatie van CO₂-afvang bij de afvalverbrandingsinstallatie in Duiven waarbij er een afvang van 150 kton CO₂ jaarlijks plaatsvindt. In het scenario 'Ambitieuus' wordt 300 kton CO₂ per jaar afgevangen.

Energie efficiëntie

Deze oplossing volgt de maatregelen uit het Gelders Klimaatplan genaamd 'Energiebesparing bij bedrijven'. Dit betreft een jaarlijkse energiebesparing van 1,5%. Voor het scenario "Raming" is het reductiepotentieel de onderkant marge van de jaarlijkse energiebesparing in het Klimaatplan, het scenario "Ambitieuus" volgt de bovenkant marge.

Domein Mobiliteit

Fietsen

De oplossing “Fietsen” bestaat zowel uit het toenemen van (elektrische) fietsen als het aanleggen van fietsinfrastructuur waarmee autoritten worden vervangen.

Elektrische fietsen hebben de potentie om bij te dragen aan de vermindering van klimaatverandering afkomstig van mobiliteit. Door het gebruik van elektrische fietsen kan een (indirecte) vervanging gerealiseerd worden van bromfietsen, brommobielen, motorfietsen en personenauto’s binnen de bebouwde kom en buitenwegen.

Op basis van actuele en verkoopcijfers uit het verleden zullen in 2030 naar verwachting tussen de 22% en 37% van alle fietsen elektrisch zijn. Uit onderzoek van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid blijkt verder dat 21% van de ondervraagden aangeeft een elektrische fiets te willen om de auto minder vaak te willen gebruiken of als alternatief voor dagelijks woon-werkverkeer.

In Nederland staan gemiddeld 1,2 fietsen per inwoner. In 2020 was ongeveer 12% van alle fietsen in Nederland elektrisch, en op basis van huidige en verkoopcijfers uit het verleden zullen in 2030 naar verwachting tussen de 22% en 37% van alle fietsen elektrisch zijn. Ongeveer 21% van de ondervraagden geeft aan de auto minder vaak te willen gebruiken en voor het reizen van en naar werk, als reden een elektrische fiets aan te schaffen. De schatting is dat deze 21% e-bike kopers hun woon-werkverkeer kilometers met de auto met 50% zullen verminderen. In het scenario 'Ambitieuus' is deze reductie 80%. Volgens het CBS werd in Gelderland in 2021 per inwoner 7.653 kilometer

afgelegd met een personenauto, waarvan 24% gerelateerd is aan woon-werkverkeer. Voor elke verkochte e-bike is de jaarlijkse reductie van woon-werkverkeer kilometers met de auto dus 195 km ('Raming') en 312 km (scenario 'Ambitieux'). Het emissiereductie potentieel van de vervanging van autogebruik door e-bikes is het verschil tussen de emissiefactor voor auto's 'brandstofsoort onbekend en gewichtsklasse onbekend' 0,193 kg CO₂-eq / voertuigkilometer WTW en de emissiefactor voor elektrische fietsen: 0,003 kg CO₂-eq / voertuigkilometer WTW.

Het aanleggen van fietsinfrastructuur kan op verschillende manieren bijdragen aan CO₂-reductie. Allereerst stimuleert het mensen om vaker de fiets te gebruiken in plaats van de auto of het openbaar vervoer. Dit leidt tot minder uitstoot van CO₂-eq en andere schadelijke stoffen door voertuigen. Daarnaast draagt fietsen bij aan een gezondere levensstijl, waardoor mensen minder ziek worden en er minder CO₂-uitstoot is van de gezondheidszorg.

Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat fietsinfrastructuur bijdraagt aan CO₂-reductie. Onderzoek van CE Delft in 2008 en 2014 heeft aangetoond dat het stimuleren van fietsgebruik kan leiden tot significante CO₂-eq besparingen. Door de aanleg van fietssnelwegen kan het aantal autoritten met 1% afnemen en het aantal fietsritten met 1,5% toenemen. Dit resulteert in een afname van 0,5% van de afgelegde autokilometers en een stijging van 2% van de afgelegde fietskilometers. In 2000 werd in een rapport van CE een realistisch reductiepotentieel voor heel Nederland gegeven. Als 10% van de autoritten tot 7,5 km met de fiets zouden worden afgelegd, zou dit leiden tot een jaarlijkse besparing van 170 ton CO₂-eq. Op basis van deze bevindingen schatte CE Delft destijds dat de potentiële CO₂-eq besparing door verbeterde fietsinfrastructuur in Nederland tussen de 100 en 250 kton per jaar zou kunnen liggen.

Een aanzienlijke CO₂-reductie kan worden bereikt door het verminderen van

autokilometers. Elke bespaarde autokilometer leidt tot een CO₂-eq besparing van 193 gram, inclusief emissies tijdens de productie en verbranding van brandstof. Voor het scenario 'Raming' wordt uitgegaan van een reductie van 0,5% autokilometers in Gelderland als gevolg van een verbeterde fietsinfrastructuur, voor scenario 'Ambitieuw' bedraagt deze reductie 1%.

Het is op basis van bovenstaande onderzoeken echter lastig te bepalen hoe snel die reductiepotentieel gerealiseerd kan worden. Er zijn weinig goed onderbouwde onderzoeken die specifiek aangeven per kilometer toegevoegde fietsinfrastructuur wat de kwantitatieve bijdrage is aan gedragsverandering en een modal shift.

Slimmere vervoer

Slimmer vervoer betreft een pakket aan verschillende maatregelen waarmee de emissies van een groot bereik aan vervoersmiddelen kunnen reduceren. Daarbij is uitgegaan van de reductiepotentie zoals geschetst in het klimaatplan van provincie Gelderland, dit betreft onder andere: Bundelen van stromen, rittenbesparing in logistiek en Clean Energy Hubs voor wegtransport en binnenvaart. Een Gelderland dekkend netwerk van Hub's om reiziger te verleiden slim en schoon te reizen (fiets/OV). Er wordt ingezet op de werkgeversaankpak. Het onderhoud en beheer van provinciale wegen wordt uitgevoerd met een 55% CO₂ reductie en verder worden maatschappelijke initiatieven die bijdragen aan de CO₂-reductie van mobiliteit in Gelderland ondersteund en versterkt.

**Emissieloze
voertuigen**

Deze oplossing betreft het vervangen van personenauto's die rijden op benzine en/of diesel met elektrische voertuigen. De potentie van elektrische voertuigen is per personenauto het verschil tussen de emissiefactor voor auto's 'brandstofsoort onbekend en gewichtsklasse onbekend' 0,193 kg CO₂-eq / voertuigkilometer WTW en elektrisch op basis van gemiddelde stroommix in Nederland 0,069 kg CO₂-eq / voertuigkilometer WTW. Het verschil en daarmee de reductie per voertuig dat wordt vervangen voor een elektrisch voertuig bedraagt 0,124 kg CO₂-eq / voertuigkilometer WTW. Dit is een reductie van CO₂-eq-emissies van 64%.

In het scenario 'Raming' is het totale bezit van elektrische personenauto's 20% van het totale aantal personenauto's in de provincie Gelderland. Hierbij is aangenomen dat het rijgedrag van personen met een elektrisch voertuig gelijk is aan dat van een ander personenauto. In het scenario 'Ambitieuze' zijn de huidige trends in groei van elektrische personenauto's geëxtrapoleerd, daarbij is de extrapolatie en toename in groei in 2025 gestopt tot jaarlijks 5%, dit is ongeveer gelijk aan de gemiddelde levensduur (19,2 jaar) en het vervangmoment van een auto, daarbij komt het totaal aantal elektrische auto's op 46%. In 2020 was het aandeel elektrische personenauto's ongeveer 8% van het totaal.

Deze oplossing 'Emissieloze voertuigen' omvat ook de maatregelen uit het Gelders Klimaatplan genaamd "Goederentransport verduurzamen" (Vrachtwagenverkeer 20% elektrisch en 10% waterstof) en "Emissieloos openbaar vervoer" (emissieloos busvervoer in alle Gelderse gemeenten). Het scenario Raming volgt de onderkant marge van het geschatte reductiepotentieel uit het Klimaatplan, en het scenario Ambitieuze volgt de bovenkant marge.

ZE-zones

Bij ZE-zones wordt er uitgegaan van een gemiddelde uitstoot vermindering ten opzichte van het aantal voertuigen in de stad. Er is een inschatting gemaakt op basis van provinciaal beleid in welke steden in Gelderland er potentieel ZE-zones kunnen worden toegepast. De Gelderse steden Apeldoorn, Arnhem, Ede en Nijmegen waren hier van toepassing.

Als basis zijn de berekeningen vanuit de provincie Utrecht genomen, waarbij de steden Amersfoort, Utrecht en Veenendaal hun totale emissiereductie per jaar in kaart hebben gebracht voor zowel personenauto's als voor vrachtverkeer. Middels openbare data van het aantal personen- en bedrijfsauto's via CBS is een indicatie gemaakt van de gemiddelde jaarlijkse emissiereductie per voertuig. Er wordt onderscheid gemaakt tussen grote en kleine ZE-zones, waarbij de gemiddelde emissiereductie per voertuig voor een kleine ZE-zone valt op 0,00044 kiloton per jaar en voor een grote ZE-zone op 0,0018 kiloton per jaar.

De totale emissiereductie per jaar voor de categorie personenauto's komt uit op 127 kton/jaar voor een kleine ZE-zone en 494 kton/jaar voor een grote ZE-zone. De totale emissiereductie per jaar voor de categorie vracht komt uit op 25 kton/jaar voor een kleine ZE-zone en 114 kton/jaar voor een grote ZE-zone.

Geraadpleegde bronnen methodologische onderbouwing

Bronnen voor Elektriciteit, Gebouwde omgeving, Landbouw & landgebruik, Industrie en Mobiliteit.

Oplossingen	Gebruikte bronnen
Zon op dak	<p>Berekening van de CO2-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland</p> <p>Begrippenkader RES</p> <p>Rendementen, CO2-emissie elektriciteitsproductie, 2022</p> <p>RES Rivierland 1.0</p> <p>RES Regio Arnhem Nijmegen 1.0</p> <p>RES Achterhoek 1.0</p> <p>RES Foodvalley 1.0</p> <p>Bijlage RES Foodvalley 1.0</p> <p>RES Noord-Veluwe</p> <p>Concept RES Cleantech regio.</p> <p>Factsheet Concept RES Cleantech regio</p>
Zon op land	Zie zon op dak
Wind op land	<p>Nut en noodzaak extra wind op land in 2030 en 2050. Uiteenzetting mogelijke scenario's en afweging - CE Delft</p>

Spreiding energieconsumptie	CE Delft, Kosten én CO2 besparen met flexibel gebruik van elektriciteit en dynamische prijzen (2019)
Kernenergie	NRG EU; ronde tafel gesprek kernenergie en de Nederlandse energietransitie IAEA nuclear power reactors
Geothermie	EBN Potentieonderzoek Geothermie Gelderland (2022) CE Delft, "Weg van gas; Kansen voor de nieuwe concepten Lage Temperatuur Aardwarmte en Mijnwater" (2018) Planbureau Leefomgeving, aanpassing CO2 emissiefactor geothermie categorieën (2022) CE Delft, "Doorlooptijden investeringen elektrificatie- Inzicht in de tijdlijn van het klimaatakkoord" (2021)
Aquathermie	Syntraal, omgevingswarmte Gelderse waterschappen Netwerk Aqua Thermiek, inschatting 2030 CE Delft, nationaal potentie van aquathermie (2018)
Isolatie	Regionale klimaatmonitor Regionale klimaatmonitor (Woningen) bepaling energiebesparing door isolatie van woningen in de startanalyse (2020) Monitor Energiebesparing Gebouwde Omgeving (2021) Installatiemonitor

Slimme thermostaten	Slimme thermostaat Milieu Centraal Sterke groei in aantal slimme thermostaten Multiscope (PDF) Energy Efficiency Effectiveness of Smart Thermostat Based BEMS (PDF) The smart thermostat Smart Thermostats Project Drawdown Rapport: Smart Home Monitor Multiscope Bijna 900.000 slimme thermostaten in Nederland Multiscope
Warmtepompen	Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen,1994-2021 Gewijzigd op: 15 december 2022 De verkoop van warmtepompen groeit sneller dan die van cv-ketels Steeds meer warmtepompen bij woningen Warmtepomp - Installatie Monitor. Publieke eindrapportage februari 2022
Warmwater terugwinning	Douche-wtw: warmte terugwinnen uit douchewater
Warmtenetten	Lijst emissiefactoren Warmtenetwerk, Gelders warmte infrabedrijf stap dichterbij
Automatiseringssystemen en voor gebouwen	Smart Building Market Size, Share & Trends Report, 2030 Building Automation Systems Project Drawdown

Regeneratieve landbouw	Biologische landbouw
Plantaardig dieet	6. Vleesconsumptie CBS: Vleesproductie; aantal slachtingen en geslacht gewicht per diersoort EAT-Lancet Commission, Healthy diets from sustainable foodsystems Vleesconsumptie per hoofd van de bevolking in Nederland, 2005-2021 — Research@WUR
Verspilling	Monitor Voedselverspilling Nederland in top vijf van voedselverspillers in EU RTL Nieuws Syntheserapport Voedselverspilling bij huishoudens in Nederland in 2019 Milieu Centraal Voedselverspilling feiten en cijfers
Bosaanplant	Staatsbosbeheer, Bos en CO2 opslag Provincie; Vitaal en divers bos, uitvoeringsprogramma Bomen en Bos (15 December 2020)
Voertransitie	From beaches to burps: native Australian seaweed key to reducing methane emissions from cows - DCCEEW Voeradditief verlaagt methaanuitstoot melkkoeien significant - WUR Sleutelen aan koeiendieet voor minder methaan en stikstof - WUR Grootschalige pilot toont aan dat methaanremmer klaar is voor uitrol in

[Nederland](#)

Mono-vergisters

[WUR, Gollenbeek et al. "Berekeningen emissies en economie voor verschillende scenario's voor verwaarding van rundveemest : NL Next Level Mestverwaarden" \(2022\)](#)

[CBS, Dierlijke mest; productie en mineralenuitscheiding, diercategorie, regio](#)

Biobased
bouwmaterialen
productie

[EIB & Metabolic, Materiaalstromen in de bouw en infra \(2022\)](#)

[RAPPORT: Potentie van biobased materialen in de bouw \(NIBE\)](#)

[Bedrijvengids Biobased Bouwen 2021](#)

[Biobased bouwen | CE Delft](#)

[De urgente belofte van biobased bouwen | Circulaire Bouweconomie](#)

[Groei industriële houtbouw in Nederland](#)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670722006758?via%3Dihub>

[EIB & Metabolic, Materiaalstromen in de bouw en infra \(2022\)](#)

Fietsen

[NOS, klimaatwinst bij toename elektrische voertuigen](#)

[Aanschaf en gebruik van de elektrische fiets | Publicatie | Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid](#)

[CBS, Verkeersprestaties motorvoertuigen; kilometers, voertuigsoort, grondgebied](#)

[CO2emissiefactoren](#)

Emissieloze voertuigen [Rijksoverheid, Overheid stimuleert milieuvriendelijker rijden](#)

[CBS, Motorvoertuigenpark; inwoners, type, regio, 1 januari, 1990-2022](#)

[Rijksoverheid, Nationaal laadonderzoek; "Elektrische autorijders zijn thuisladers" \(2022\)](#)

ZE zones

[CBS, Motorvoertuigen; voertuigtype, postcode en regio's, 1 januari, 2000-2022](#)

[CE Delft, CO2-reductie door gedragsverandering in de verkeerssector \(2014\)](#)

[Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat - De maatschappelijke voordelen van stimuleren van actieve mobiliteit na Covid 19](#)

[Goudappel Offeng, Fietssnelwegen: wat leveren ze ons op?](#)