PROCEDE BIOMASS B.V.

Scenariostudie Marktpenetratie en Emissies Biomassaverbranding

Ir. J. Koppejan (Procede Biomass BV)

Enschede, Januari 2015

Colofon

Dit rapport is samengesteld in opdracht van

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Frank van Erp en Matté Brijder
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Auteur:

Ir. J. Koppejan, Procede Biomass BV

Project PB201401

Januari 2015

Procede Biomass BV
Postbus 328
7500 AH Enschede

Inhoudsopgave

COLOFON ..... **II**

INHOUDSOPGAVE ..... **III**

MANAGEMENTSAMENVATTING ..... **V**

1 INTRODUCTIE **1**

1.1 ACHTERGROND 1
1.2 DOEL VAN DEZE STUDIE 2

2 AANPAK VAN DEZE STUDIE **3**

2.1 REKENKUNDIG MODEL 3
2.2 KLANKBORDGROEP EN WORKSHOP 4

3 RESULTATEN: HUIDIGE SITUATIE **5**

3.1 KACHELS EN HAARDEN 5
3.2 BIOMASSAGESTOOKTE KETELS 6
3.3 HOUTSKOOLVERBRUIK 8
3.4 KWANTIFICERING VAN DE HUIDIGE SITUATIE 8
3.5 VERDRINGING VAN EMISSIES VAN GASGESTOOKTE EMISSIES 9

4 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN **10**

4.1 SFEERVERWARMING 10
4.2 HOUTVERWERKENDE INDUSTRIE 12
4.3 LANDBOUWSECTOR 13
4.4 OVERIGE SECTOREN 14

5 RESULTATEN **15**

5.1 SCENARIO 1: STANDAARDSCENARIO 15
5.2 SCENARIO 2: TOCH AANPASSEN VAN GROTERE KETELS IN HOUTVERWERKENDE INDUSTRIE AAN ACTIVITEITENBESLUIT 19
5.2.1 Beschrijving 19
5.2.2 Resultaten 19
5.2.3 Duiding 20
5.3 SCENARIO 3: VERVANGING GASKETELS IN GEBOUWDE OMGEVING MET 2% PER JAAR 21
5.3.1 Beschrijving 21
5.3.2 Resultaten 21
5.3.3 Duiding 26
5.4 SCENARIO 4: BEPERKING EMISSIES UIT OUDE SFEERTOESTELLEN 26
5.4.1 Beschrijving 26
5.4.2 Resultaten 27
5.4.3 Duiding 33

5.5 SCENARIO 5: GEEN NOX VERHOGING 33
5.5.1 Beschrijving 33
5.5.2 Resultaten 34
5.5.1 Duiding 40

6 EVALUATIE EN CONCLUSIES 41

7 BELEIDSAANBEVELINGEN 45

8 REFERENTIES 47

BIJLAGE 1. KLANKBORDGROEP 48

BIJLAGE 2. DEELNEMERS WORKSHOP 27 OKT 2014 49

BIJLAGE 3. GEHANTEERDE EMISSIEFACTOREN 50

BIJLAGE 4. EMISSIE-EISEN, VERTAALD NAAR EMISSIEFACTOREN 51

BIJLAGE 5. RESULTATEN VOOR 2013 52

Managementsamenvatting

Dit rapport geeft de resultaten weer van een uitgevoerde scenarioanalyse naar de mogelijke effecten op duurzame energieproductie, biomassagebruik en emissies van de verwachte ontwikkelingen in het gebruik van biomassagestookte kachels en ketels tot 5 MW in de komende 10 jaar. Hiermee wordt beoogd om beleidsmakers en marktpartijen inzicht te verschaffen in de huidige uitstoot van biomassagestookte kachels en ketels, de verwachte ontwikkelingen hierin en het mogelijke effect van eventuele beleidsinterventies.

Voor het onderzoek is in samenwerking met een klankbordgroep, bestaande uit diverse marktpartijen en overheid, een scenariomodel opgesteld, waarmee de effecten van mogelijke ontwikkelingen zijn geëvalueerd.

In het onderzoek is allereerst de huidige situatie vastgesteld voor wat betreft het huidige gebruik van verschillende kachels en ketels per marktsegment en de emissies aan PM10, NO_x, CO en C_xH_y die hieruit voortvloeien. De belangrijkste resultaten voor de huidige situatie zijn weergegeven in Tabel 0.1.1. In verhouding tot de bijdrage aan de doelstellingen voor duurzame energie wordt de hoogste uitstoot veroorzaakt door sfeerverwarmingstoestellen.

Tabel 0.1.1 Samenvatting van de situatie in 2013

	Ketels bij Bedrijven	Sfeerverwarming huishoudens	Barbecue bij huishoudens	Gewogen gemiddelde en Totaal
rendement (%	89%	59%	33%	64%
CO (mg/MJ)	798	3.448	6.268	3.019
PM10 (mg/MJ)	39	116	79	102
NOx (mg/MJ)	123	135	53	131
CxHy (mg/MJ)	61	371	104	310
gem vermogen (kW)	180	3	4	4
vollasturen	1.500	834	2	149
aantal	2.621	929.000	4.000.000	4.931.621
Nominaal vermogen (MW)	472	2.521	16.000	18.993
Warmteopwekking (TJ)	2.550	7.570	90	10.210
Finaal eindverbruik (TJ)	2.875	12.822	270	15.967
CO (ton bruto/jaar)	2.295	44.214	1.692	48.202
PM10 (ton bruto/jaar)	111	1.488	21	1.621
NO_x (ton bruto/jaar)	353	1.732	14	2.099
C_xH_y (ton bruto/jaar)	176	4.752	28	4.956

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

In samenwerking met de klankbordgroep zijn huidige en verwachte ontwikkelingen verwerkt in het standaardscenario waarmee vooruit wordt gekeken tot 2020 (waarin de EU doelstelling voor 14% duurzame energie geldt) en 2023 (waar volgens het Energieakkoord een doelstelling van 16% duurzame energie geldt). In het standaardscenario wordt een groei verwacht van 16 naar 20,4 PJ finaal eindgebruik in 2020, vooral door het bijplaatsen van biomassaketels welke worden gebruikt voor productie van warmte in de gebouwde omgeving.

Vervolgens zijn vier aanvullende scenario's geformuleerd welke bij een beleidsinterventie gerealiseerd zouden kunnen worden. Dit zijn de volgende varianten op het standaardscenario (1):

2. een scenario waarbij wordt aangenomen dat houtgestookte ketels in de houtverwerkende industrie welke groter zijn dan 1 MW, wel worden vervangen. In het standaardscenario is namelijk aangenomen dat dit niet haalbaar is
3. een scenario waarbij wordt aangenomen dat jaarlijks 2% van de vraag naar aardgas voor ruimteverwarming wordt verdrongen door biomassagestookte ketels
4. een scenario waarbij wordt aangenomen dat het vigerende beleid in Duitsland conform de 1. BImSchV wordt gehanteerd voor beperking van de emissies van oude houtgestookte kachels.
5. een scenario waarbij is gezocht naar maximale groei van de duurzame energieproductie zonder toename van de uitstoot van NOx.

De totale effecten van de verschillende scenario's zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 0.1.2 Samenvatting van de resultaten van de verschillende scenario's.

Resultaten per scenario:	**2013**	**2020**				
		1: Standaard	**2: Aanpassen ketels > 1 MW aan Act Besluit in 2017**	**3: 2% gas per jaar naar bio**	**4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen**	**5: Geen NOx verhoging**
Aantal installaties	931.621	869.944	870.015	1.202.677	818.011	815.946
Opgesteld vermogen (MW)	18.993	19.684	19.836	28.133	19.615	19.258
Warmteproductie (TJ)	10.210	14.816	15.635	62.402	14.811	12.882
Finaal eindverbruik (TJ)	15.967	20.434	21.353	73.790	20.108	17.932
CO vracht (ton bruto*)	48.202	45.642	46.311	95.954	43.780	41.280
CO vracht (ton netto*)	48.116	45.500	46.158	95.233	43.638	41.152
PM10 vracht (ton)	1.621	1.413	1.420	2.301	1.336	1.301
NOx vracht (ton bruto*)	2.099	2.356	2.436	6.463	2.311	2.145
NOx vracht (ton netto*)	1.966	2.142	2.206	5.419	2.097	1.966
CxHy vracht (ton)	4.956	4.401	4.413	8.479	4.116	3.917

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

Uit **scenario 2** blijkt dat deze groei ca. 0,9 PJ wordt geremd doordat wordt verwacht dat grotere ketels in de houtverwerkende industrie niet worden vervangen in 2017, wanneer deze moeten voldoen aan de aangescherpte eisen uit het Activiteitenbesluit. De uitstoot neemt wel bij alle componenten af, behalve NOx.

In **Scenario 3** worden grootschalig biomassagestookte ketels gerealiseerd. Dit leidt weliswaar tot een bijna een vervijfvoudiging in de duurzame energiebijdrage, maar ook de uitstoot neemt fors toe op alle vlakken.

Doordat de verbrandingskwaliteit van zowel kachels als ketels steeds beter worden, neemt de uitstoot van componenten welke het gevolg zijn van onvolledige verbranding (CO, PM10, CxHy) ondanks de groei in het verbruik van biomassa ook af in het standaardscenario. Omdat deze uitstoot vooral wordt veroorzaakt door oude houtkachels en open haarden, is het effectief om deze toestellen versneld uit de markt te halen. Dit blijkt uit **scenario 4**, waarin versnelde uitfasering van deze toetellen wordt beoogd, conform het tempo en de normen van de Duitse 1. BImSchV.

De NOx uitstoot uit van een kachel of ketel is vrijwel direct gekoppeld aan de stikstofinhoud van de brandstof. Omdat mogelijkheden tot nageschakelde NOx

verwijdering op kleine schaal ontbreken terwijl deze wel mogelijk zijn op grotere schaal, kan groei in de opwekking van duurzame energie door biomassaverbranding bij gelijkblijvende NOx uitstoot alleen worden gerealiseerd wanneer er sprake is van schaalvergroting. In **scenario 5** is dit aangenomen. Er kan in dat geval een toename van 2 PJ ten opzichte van het huidige niveau worden gerealiseerd zonder toename in de netto NOx uitstoot.

De volgende mogelijke beleidsinterventies verdienen verdere aandacht.

- Uit gebruik nemen van open haarden en verouderde houtkachels
- Versneld invoeren van bioketels in alle sectoren met aandacht voor de emissieplafonds.
- Schaalvergroting biedt kansen voor meer duurzame energie zonder verhoging van de uitstoot.

1 Introductie

1.1 *Achtergrond*

Met de uitwerking van het Energieakkoord worden hoge verwachtingen gewekt als het gaat om decentrale toepassing van biomassagestookte ketels voor warmteopwekking. De categorie 'Overige biomassaverbranding' waaronder ook kleinschalige biomassaverbranding valt, zou volgens de uitwerking van het Energieakkoord door het Platform Bio-Energie zelfs kunnen gaan toenemen van 22,6 naar 60 PJ in 2023.

Tabel 1.1 Verwachting van het PBE voor biomassagestookte ketels

	2013	2023
Houtketels voor warmte bij bedrijven	3,0	17
Houtkachels huishoudens	12,8	19
Overige biomassaverbranding	6,8	24
Totaal	22,6	60

De mate waarin verschillende marktsegmenten biomassaverbranding realiseren hangt mede af van de mate van stimulering en het opleggen van randvoorwaarden door het Rijk. Dit betreft bijvoorbeeld de hoogte van de SDE stimulering, het al dan niet opnemen van deze toepassing in de EPC systematiek en het aanscherpen van emissie-eisen.

Verder speelt momenteel de discussie over opname van de optie van biomassagestookte ketels in de EPC berekeningssystematiek [NEN 7120+C2: 2012]. Hierin komen biomassa gestookte ketels en kachels niet voor. De angst bestaat dat wanneer dat wel gebeurt, deze optie snel in populariteit zal toenemen en juist bij de kleinere ketels de uitstoot van vooral fijn stof onevenredig veel zal toenemen. Daarbij wordt opgemerkt dat particulieren typisch buiten het bereik van het Activiteitenbesluit vallen en zolang deze nog niet van kracht is, ook de Ecodesign verordening. Pas vanaf 2020 stelt de Ecodesign Verordening emissie-eisen aan biomassagestookte ketels tot 1 MW en vanaf 2022 worden typekeuringseisen gesteld aan sfeertoestellen.[1] Gesteld wordt daarom dat stimulering van kleinschalige biomassaverbranding door particulieren in kachels en ketels mogelijk zou kunnen leiden tot een verslechtering van de luchtkwaliteit.

Een goed ontwerp kan van groot belang zijn in het reduceren van de emissies van houtkachels. Zo blijkt uit onderzoek van IEA Bioenergy Task 32 dat de emissiefactoren voor PM10 tussen goede en slechte kachels tot wel een factor 100 kunnen verschillen. Ook de berekening van de uitstoot aan NOx van

[1] De Ecodesign verordeningen voor ketels en kachels zijn wel al aangenomen in het relevante comité, maar dienen nog gepubliceerd te worden in het officiële journaal.

biomassagestookte ketels is relevant, gezien het feit dat de NOx uitstoot van biomassagestookte ketels hoger is dan die van gasgestookte ketels en de mogelijkheden tot NOx reductie vooral op kleine schaal beperkt zijn. In het kader van aanscherping van het NOx emissieplafond (NEC-ceiling) is het daarom niet eenvoudig om tegelijkertijd een significante groei van kleinschalige bioenergie te realiseren, terwijl de NOx uitstoot niet significant toeneemt.

Procede Biomass, CBS en TNO hebben in het verleden verschillende onderzoeken uitgevoerd en modellen ontwikkeld om de marktpenetratie van houtgestookte ketels en kachels en de gevolgen voor de uitstoot te beschrijven [Koppejan, 2008, Jansen en Dröge 2011, Kroon 2012]. Deze modellen hebben echter verschillende beperkingen

- Er worden geen verwachte ontwikkelingen geëvalueerd, zoals scenario's i.h.k.v. de Nationale Energie Verkenningen.
- Ze dekken maar een deel van de markt (vaak alleen beperkt tot houtkachels voor huishoudens).
- Er wordt geen directe link gemaakt tussen biomassagebruik, de hoeveelheid geproduceerde energie en de bijbehorende emissies.

1.2 *Doel van deze studie*

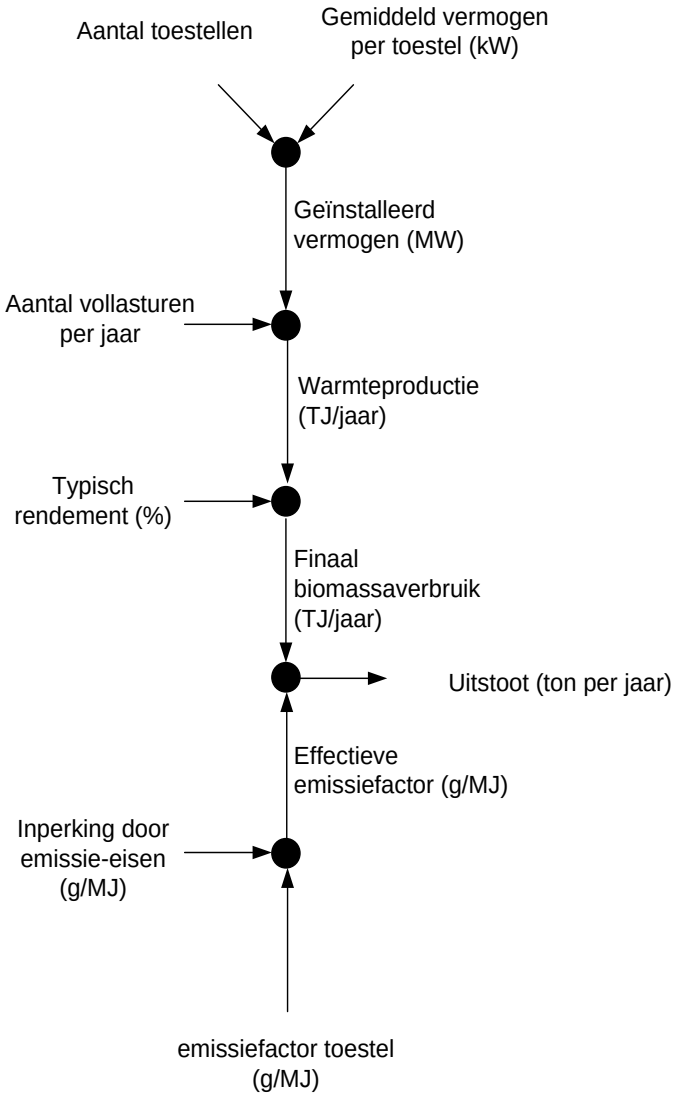
Met deze studie wordt beoogd inzicht te verschaffen in de huidige en toekomstige emissies van het totale portfolio aan installaties en de hiervoor benodigde hoeveelheid biomassa. De studie dekt kachels en ketels tot een vermogen van 5MW, zodat wordt aangesloten bij de beschikbare gegevens van CBS.

Door het toepassen van scenario's wordt beoogd inzicht te verschaffen in de consequenties van het simuleren van bepaalde toepassingen en het effect van beperkende emissie-eisen.

2 Aanpak van deze studie

2.1 *Rekenkundig model*

In het kader van onderhavig project is een scenariomodel ontwikkeld waarmee de relatie kon worden gelegd tussen het huidige gebruik (qua aantallen, warmteproductie, biomassagebruik en uitstoot) van particuliere en zakelijke houtverbrandingstoestellen (kachels en ketels) aan de ene kant, en het finale biomassagebruik en de uitstoot van ongewenste componenten aan de andere kant. Het principe van het gehanteerde rekenkundige model is ter illustratie weergegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Rekenmodel voor het bepalen van het finaal biomassaverbruik en de uitstoot

Er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende typen toestellen, vermogensklassen en leeftijdsopbouw, omdat bekend is dat hierbij significante verschillen kunnen optreden in zowel het gebruik van de toestellen als de emissiefactoren.

Door een scenarioanalyse is inzichtelijk gemaakt wat het effect kan zijn van beleidsinstrumenten als stimulering van decentrale verbrandingsinstallaties, aanscherpende emissie-eisen, versnelde uitfasering van oudere toestellen, etc.

2.2 *Klankbordgroep en workshop*

Tijdens de uitvoering van de studie is intensief contact geweest met een klankbordgroep, waarin diverse marktpartijen en overheid waren vertegenwoordigd (zie Bijlage 1). Binnen deze klankbordgroep zijn behalve een ‘business as usual’ scenario ook verschillende andere scenario’s gedefinieerd welke als realistisch worden verondersteld bij beleidswijzigingen. Daarmee is beoogd een correct en gedragen beeld te schetsen over het huidige gebruik van biomassagestookte kachels en ketels. De resultaten zijn op 27 oktober 2014 in een workshop gedeeld met een aantal beleidsmakers van ministeries van I&M, EZ en BZK (zie Bijlage 2).

In de workshop werd geconcludeerd dat invoering van de eisen vanuit 1. BimschV voor nieuwe kachels goed zou zijn zolang de betreffende Ecodesign verordening nog niet van toepassing is. Specifiek voor de gebouwde omgeving kan het nodig zijn om met een toekomstschets duidelijker te maken welke randvoorwaarden en kaders er nu gelden en straks gaan gelden. Dit geeft ook meer inzicht in de gerelateerde maatschappelijke kosten en opbrengsten van het aanscherpen van emissie-eisen.

3 Resultaten: huidige situatie

3.1 *Kachels en haarden*

De huidige situatie m.b.t. het finale biomassaverbruik en de opwekking van duurzame warmte bij houtkachels en open haarden is gebaseerd op gepubliceerde gegevens van het CBS [CBS, 2014]. Voor haar jaarlijkse ramingen over het finaal eindverbruik van biomassa maakt het CBS gebruik van prognoses uit het zogenaamde parkmodel, wat door TNO wordt gehanteerd en waarvan de aannames zijn gepubliceerd [Jansen B.I., Dröge R., 2011].

In dit parkmodel worden gehanteerde aannames over de aantallen, vermogens per toestel, aantal vollasturen en het typische rendement van open haarden en verschillende typen kachels en haarden gecombineerd tot een finaal eindgebruik.

Hetzelfde model wordt tevens gebruikt voor het maken van ramingen van de jaarlijkse uitstoot t.g.v. sfeerverwarming bij particulieren i.h.k.v. de Emissieregistratie [Emissieregistratie 2014]. Daartoe zijn emissiefactoren voor verschillende componenten aangenomen, afkomstig uit diverse literatuurbronnen.

De emissiefactoren van TNO voor gekeurde en niet-gekeurde kachels zijn afkomstig uit diverse literatuurbronnen, waarvan een deel zich baseert op verrichte metingen volgens de typekeur. In onderhavige studie zijn dezelfde emissiefactoren gehanteerd als in het TNO model, waarbij eveneens onderscheid wordt gemaakt tussen open haarden, vrijstaande kachels en inzethaarden welke al dan niet zijn gekeurd i.h.k.v. de 1997 ingestelde en inmiddels weer afgeschafte NL typekeur. Voor de huidige situatie geeft het ontwikkelde model dan ook vrijwel dezelfde uitkomsten als het TNO model voor biomassaverbruik en uitstoot.

Opgemerkt wordt dat er een verschil bestaat tussen emissiefactoren zoals gemeten tijdens een typekeuring en emissiefactoren in de praktijk. Zo wordt er tijdens een typekeuring geen rekening gehouden met de invloed van de eindgebruiker qua stookgedrag, de invloed van suboptimale brandstoffen of een onjuiste wijze van installatie van de kachel qua schoorsteentrek. Over het algemeen kan daarom worden gesteld dat emissiefactoren voor PM10, CO en CxHy in de praktijk hoger uitvallen dan bij keuringscondities. Volgens [Nussbaumer et.al., 2008] kan de stofuitstoot van een kachel welke slecht wordt bedreven oplopen tot ca. 150 mg/MJ.

Aangenomen is dat de toestellen welke sinds 2010 zijn verkocht, voldoen aan de Duitse DIN+ keuringseisen of de eerste of tweede tranche van de 1.BImSchV. Om een uniforme basis voor vergelijking te krijgen met de andere toestellen, zijn de emissiefactoren voor deze toestellen afgeleid van de genoemde emissie-eisen welke gelden bij typekeur. Om te voldoen aan deze keuringseis moeten toestellen beter

presteren dan de eis. De werkelijke uitstoot kan echter hoger uitvallen dan de emissiefactoren welke worden gemeten tijdens de test vanwege (1) suboptimaal stookgedrag van de gebruiker en (2) omdat er volgens de Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK) een kleine hoeveelheid kachels wordt verkocht welke niet voldoen aan de Duitse keuringseisen, o.a. via bouwmarkten. Aangenomen is dat deze effecten de marge tussen vereiste uitstoot en gemeten uitstoot ongeveer compenseren.

Momenteel wordt in het lopende FP7 onderzoeksproject BEREAL een nieuwe testmethode ontwikkeld welke beter aansluit bij de praktijk. Uit de voorlopige resultaten blijkt o.a. dat schoorsteentrek vooral het rendement beïnvloedt, terwijl een toenemende uitstoot van schadelijke emissies vooral wordt beïnvloedt door een afwijkende brandstofsamenstelling en het verkeerd bedienen van de kachel door de gebruiker. Met de introductie van het kwaliteitscertificaat voor erkende installateurs[2] welke zorgen voor een goede installatie en training van de gebruiker wordt getracht beide punten aan te pakken.

Het CBS schat de onnauwkeurigheid in de statistieken voor gebruik van sfeerverwarmingstoestellen op 50% (zie ook 5.1). Wanneer daarbij de onnauwkeurigheid in emissiefactoren wordt opgeteld, kan worden gesteld dat zowel de statistieken in de Emissieregistratie als de uitkomsten van het emissiemodel wat in het kader van dit project is ontwikkeld, minder nauwkeurig zijn dan gewenst. Omdat een kachel welke met een relatief lage uitstoot onder optimale omstandigheden ook een lage emissie heeft in de praktijk, kunnen met een emissiemodel wel kwalitatieve trends worden geëvalueerd.

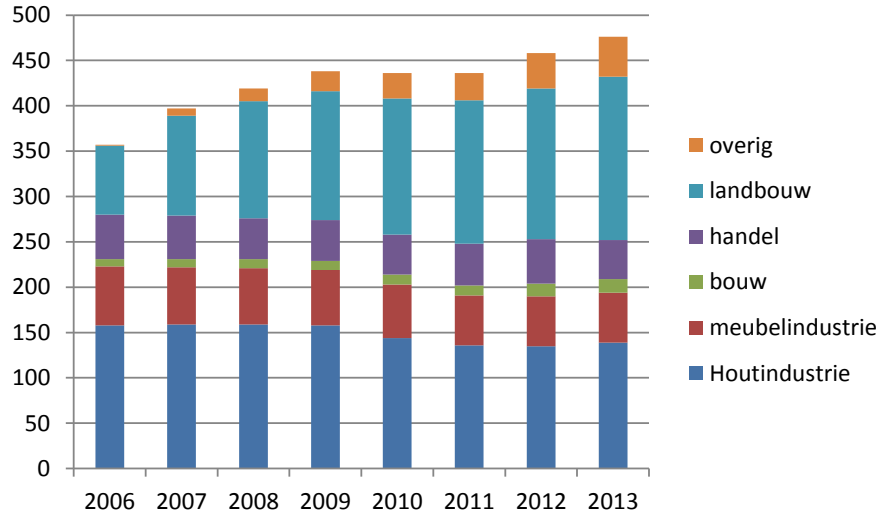
3.2 *Biomassagestookte ketels*

Voor de CBS categorie ‘biomassaketels bij bedrijven’ wordt gebruik gemaakt van een vergelijkbare aanpak. CBS interviewt hiervoor jaarlijks de leveranciers van biomassagestookte ketels om trends in aantallen, capaciteit en sectoren van toepassing te monitoren. Door middel van een aangenomen aantal vollasturen (momenteel op 1500 uren/jaar gesteld voor alle toepassingen) wordt een raming gemaakt voor het finaal biomassaverbruik. Verder maakt het CBS een onderverdeling van het aantal biomassagestookte ketels en het totale geïnstalleerde vermogen per schaalklasse en toepassingssector.

De CBS categorie ‘biomassaketels bij bedrijven’ bevat geen warmtekrachtinstallaties, deze vallen onder de categorie ‘overige biomassaverbranding’. Deze laatste categorie betreft installaties met een stoomketel en stoomturbine met een ketelcapaciteit tussen 4-100 MW en valt buiten de scope van het huidige onderzoek, wat zich beperkt tot ketelinstallaties tot 5 MW.

[2] Dit is ondergebracht bij de Stichting Erkenningsregelingen voor Installateurs van Sfeerverwarming (Stichting EVIS), zie http://www.stichting-evis.nl

De ontwikkeling van het opgestelde vermogen aan biomassagestookte ketels bij verschillende typen bedrijven is weergegeven in Figuur 3.1. Terwijl biomassagestookte ketels in het verleden vooral in de houtverwerkende industrie en meubelindustrie werden toegepast, is dit in de laatste jaren verschoven naar landbouw (kalvermesterijen, pluimveebedrijven en glastuinbouw) en de categorie 'overige bedrijven', waarin diverse initiatieven vallen voor decentrale warmteopwekking uit brandbare biomassa.



Figuur 3.1 Aantal MW geïnstalleerd vermogen aan biomassagestookte ketels in de verschillende sectoren [CBS, 2014]

Er zijn geen specifieke gegevens beschikbaar in het kader van de Emissieregistatie voor de uitstoot van biomassaketels welke in gebruik zijn bij bedrijven. Om hier toch een voldoende nauwkeurige inschatting van te maken, is in onderhavige studie een raming gemaakt van de uitstoot op basis van typische emissiefactoren van verschillende typen ketels die in de praktijk worden gebruikt. Daarbij is gebruik gemaakt van een uitgebreide inventarisatie van emissiefactoren van verschillende typen biomassagestookte ketels welke een aantal jaren geleden in Duitsland is uitgevoerd [Struschka et al, 2008]. Aangenomen is dat bij de kleinere ketels tot 100 kW in het typische geval onderschroefstokers worden toegepast, voor de grotere ketels betreft het roosterovens. Verder is bepalend welk type hout wordt gestookt. Bij ketels welke worden bedreven in de houtverwerkende industrie is er vaak sprake van een hogere uitstoot aan NOx dan bij natuurlijk belast hout vanwege de aanwezigheid van stikstofrijke lijmsoorten. Dit uit zich in een hogere emissiefactor voor NOx. Een overzicht van alle in het model gehanteerde emissiefactoren is weergegeven in Bijlage 3.

Behalve de uitstoot van de ketel zelf is ook gekeken naar de beperkende invloed van opgelegde emissie-eisen, welke voor de betreffende ketels van toepassing kunnen zijn. De beperking van emissie-eisen op emissiefactoren is weergegeven in Bijlage 4, hierbij zijn emissie-eisen omgerekend naar emissiefactoren.

3.3 *Houtskoolverbruik*

Tenslotte is ook de CBS categorie 'houtskoolverbruik door huishoudens' meegenomen in de evaluatie om het beeld volledig te maken. Volgens het CBS wordt er jaarlijks 0,27 PJ aan houtskool verbruikt en is dit getal al jaren constant. De betreffende emissiefactoren zijn afgeleid uit de categorie 'barbeques' in de Emissieregistratie en deze CBS statistieken.

3.4 *Kwantificering van de huidige situatie*

De belangrijkste resultaten voor de huidige situatie zijn weergegeven in Tabel 3.1, een meer gedifferentieerd overzicht per type toestel en marktsegment is weergegeven in Bijlage 5.

Tabel 3.1 Samenvatting van de situatie in 2013

	Ketels bij Bedrijven	Sfeerverwarming huishoudens	Barbecue bij huishoudens	Gewogen gemiddelde en Totaal
rendement (%	89%	59%	33%	64%
CO (mg/MJ)	798	3.448	6.268	3.019
PM10 (mg/MJ)	39	116	79	102
NOx (mg/MJ)	123	135	53	131
CxHy (mg/MJ)	61	371	104	310
gem vermogen (kW)	180	3	4	4
vollasturen	1.500	834	2	149
aantal	2.621	929.000	4.000.000	4.931.621
Nominaal vermogen (MW)	472	2.521	16.000	18.993
Warmteopwekking (TJ)	2.550	7.570	90	10.210
Finaal eindverbruik (TJ)	2.875	12.822	270	15.967
CO (ton bruto/jaar)	2.295	44.214	1.692	48.202
PM10 (ton bruto/jaar)	111	1.488	21	1.621
NO_x (ton bruto/jaar)	353	1.732	14	2.099
C_xH_y (ton bruto/jaar)	176	4.752	28	4.956

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

Momenteel wordt er bijna 16 PJ aan biomassa gestookt in biomassagestookte kachels en ketels, dit betreft vooral de particuliere sfeerverwarmingstoestellen. Omdat de emissiefactoren voor stof, CO en onverbrande koolwaterstoffen fors hoger zijn dan voor ketels, komen de resulterende emissievrachten vooral voor rekening van de houtstook in kachels en haarden.

Verder geeft het CBS aan dat er een belangrijke onnauwkeurigheid bestaat rondom de statistieken voor het gebruik van biomassa in zowel kachels als ketels door onzekerheid rondom het aantal gebruiksuren en aantallen toestellen. Zo wordt voor alle houtgestookte ketels 1500 vollasturen aangehouden, terwijl van veel ketels welke voor warmteproductie voor de gebouwde omgeving worden toegepast, bekend is dat deze ca. 3000 uur worden bedreven. Er wordt dan ook verwacht dat er sprake is van een onderschatting. Voor de inzet van hout in sfeerverwarmingstoestellen geeft CBS aan dat er deze onnauwkeurigheid zelfs 50% bedraagt, voor biomassagestookte ketels schat het CBS de onnauwkeurigheid op 30%. De hierdoor ontstane bandbreedte in de nauwkeurigheid wordt hieronder weergegeven.

Tabel 3.2 Invloed van de onnauwkeurigheid rondom de CBS statistieken

	Totaal, gepubliceerde waarde	**Totaal, minimum**	**Totaal, maximum**
Warmteproductie (TJ)	10.210	5.660	14.760
Finaal eindverbruik (TJ)	15.967	8.693	23.240
CO vracht (ton bruto)	48.202	25.406	70.997
PM10 vracht (ton bruto)	1.620,9	843,4	2.398,3
NO_x vracht (ton bruto)	2.099	1.127	3.071
C_xH_y vracht (ton bruto)	4.956	2.527	7.385

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

3.5 *Verdringing van emissies van gasgestookte emissies*

In de modellering worden in de eerste plaats gerekend met bruto emissievrachten van de biomassagestookte toestellen. Bij verdringing van aardgasgestookte toestellen treedt wel een stijging van de NOx uitstoot op, omdat de NOx uitstoot van de bijgeplaatste ketels hoger is dan de NOx uitstoot van gasgestookte ketels welke normaliter worden verdrongen. De meest relevante emissies van gasgestookte toestellen zijn CO en NOx. Volgens ECN kan hiervoor worden uitgegaan van de volgende emissiefactoren:

Tabel 3.3 Gehanteerde rendementen en emissiefactoren van gasgestookte ketels [Roeterdink W.G. et al, 2010]

	rendement	**CO (mg/MJ)**	**NOx (mg/MJ)**
Gasketel bestaand VR	90%	12	17
Gasketel nieuw HR	108%	7	12

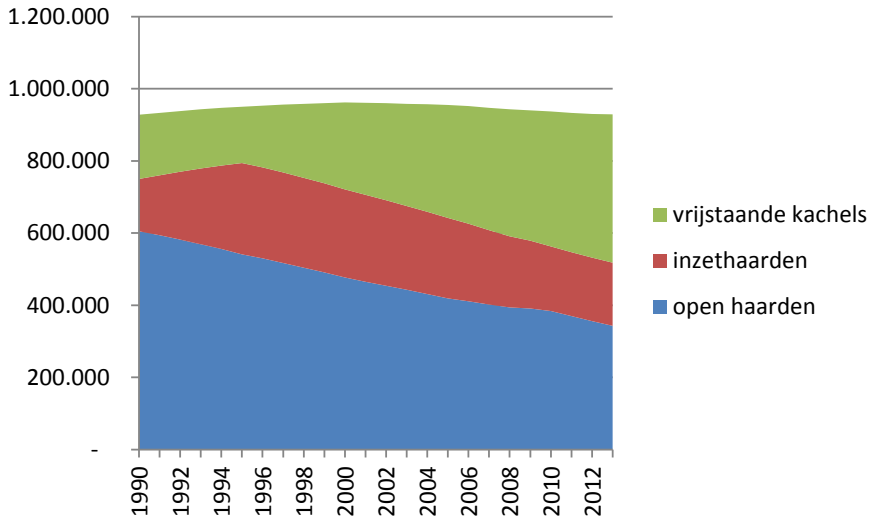
4 Verwachte ontwikkelingen

In samenwerking met de klankbordgroep zijn recente trends in de toepassing van biomassagestookte kachels en ketels vastgesteld en zijn de verwachte effecten van een aantal gaande marktontwikkelingen modelmatig geëvalueerd. Deze paragraaf beschrijft welke aannames ten grondslag liggen aan dit zogenaamde standaardscenario.

Voor het gebruik van biomassa bij huishoudens voor sfeerverwarming is gebruik gemaakt van de data uit het scenario 'vastgesteld beleid' van de Nationale Energie Verkenning (NEV). voor 2020 en 2023. Het gebruik van biomassa in biomassaketels bij bedrijven wordt niet expliciet weergegeven in de Nationale Energie Verkenning, maar is afgeleid uit niet gepubliceerde data van RVO over 'biomassaverbranding bij bedrijven' welke als input hebben gediend voor hetzelfde NEV scenario. Verdere detaillering van de data is hieronder beschreven. De data tussen 2013 en 2020 zijn op basis van interpolatie ingevuld. Daarmee voldoet het standaardscenario aan het NEV scenario voor 'vastgesteld beleid'.

4.1 *Sfeerverwarming*

Voor de toepassing van sfeerverwarming is er al jaren een trend gaande, waarbij open haarden worden uitgefaseerd, terwijl het aantal vrijstaande kachels en inzethaarden juist toeneemt (zie Figuur 4.1). In totaal blijft het aantal sfeertoestellen (incl. open haarden) ongeveer gelijk.



Figuur 4.1 Aantal sfeerverwarmingstoestellen sinds 1990 [CBS 2014]

Uit Tabel 4.1 blijkt dat het rendement van de moderne vrijstaande kachels en inzethaarden tot 8 keer hoger is dan dat van een typische open haard. Daardoor is

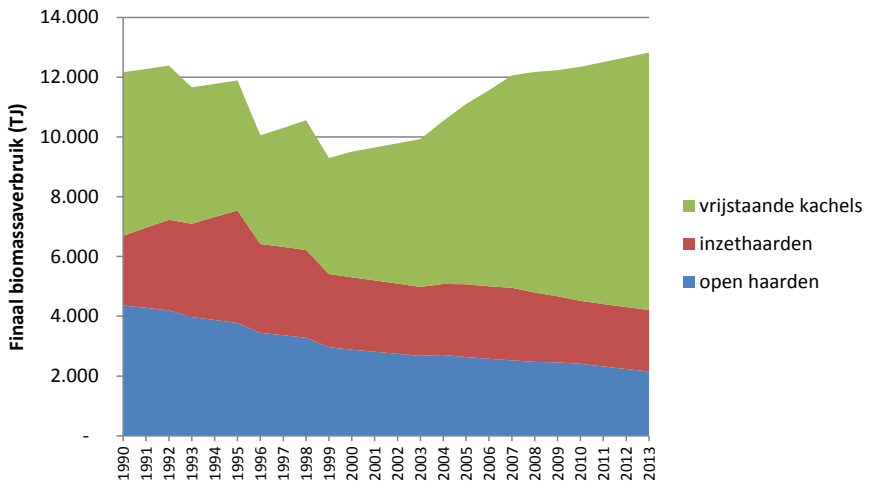
het brandstofverbruik per uur maar een derde van dat van een typische open haard, ondanks de 2 tot 3 keer hogere dubbele warmteopbrengst van deze toestellen.

Uit het WOON onderzoek [Segers, R., 2013] blijkt dat vrijstaande kachels en inzethaarden drie tot zes keer vaker worden gebruikt dan open haarden. Daardoor is zowel de warmteproductie als het brandstofverbruik per toestel aanzienlijk meer dan bij een open haard.

Tabel 4.1 Kenmerken van het gebruik van verschillende sfeerverwarmingstoestellen in 2013

Type verbrandingsinstallatie	rendement (%	verbruik (kg/h)	kW	stookuren	aantal	MW	TJ warmte	TJ biomassa
open haard	10%	3,01	1,25	138	343.000	429	215	2.153
inzethaard, ongekeurd (<1997)	48%	1,59	3,2	490	112.848	361	637	1.325
inzethaard, gekeurd (1997-2010)	59%	1,04	2,6	748	46.195	119	320	543
inzethaard DIN+ (EN13229, vanaf 2010)	78%	0,92	3,0	848	15.957	48	146	187
vrijstaand, ongekeurd (<1997)	58%	1,79	4,3	774	75.464	328	914	1.581
vrijstaand, gekeurd (1997-2010)	73%	1,19	3,7	1.163	136.500	499	2.087	2.860
vrijstaand, DIN+ (EN13240, vanaf 2010)	78%	1,13	3,7	1.225	199.036	737	3.252	4.172

Uit Figuur 4.2 blijkt dat de bijdrage aan de doelstellingen in de laatste jaren vooral afkomstig is van de vrijstaande kachels.



Figuur 4.2 Finaal brandstofverbruik (TJ) van sfeerverwarmingstoestellen sinds 1990 [CBS 2014]

Binnen de categorieën van vrijstaande kachels en inzethaarden is er bovendien sprake van een geleidelijke verbetering van de kwaliteit van de toestellen, onder invloed van de oplegging van aanscherpende keuringseisen in vooral Duitsland. Ook Nederland profiteert hiervan mee, omdat volgens de NHK veruit de meeste kachels

in Nederland worden verkocht via de vakhandel. Dit betreft toestellen welke voor de veel grotere Duitse markt worden geproduceerd en daarmee ook voldoen aan deze Duitse eisen. De invloed van goedkopere en minder schone kachels welke via bouwmarkten worden verkocht blijft volgens de NHK beperkt. In deze studie is daarom aangenomen dat de kachels welke sinds 2010 zijn verkocht, voldoen aan DIN+ eisen. Vanaf 2015 wordt in Duitsland de tweede fase van de 1.BimSchV van kracht, aangenomen wordt dat de toestellen die dan in Nederland worden verkocht hier dan ook aan voldoen. Hierdoor worden gemiddelde conversie rendementen hoger en dalen de gemiddelde emissiefactoren voor stof en C_xH_y van het totale kachelpark.

Aangenomen wordt dat de huidige trends voor toepassing van sfeerverwarmingstoestellen worden voortgezet. Dit betekent dat in de periode tot 2023 jaarlijks 14.000 minder open haarden in gebruik zijn, terwijl het aantal vrijstaande kachels groeit tot 481.000 en het aantal inzethaarden toeneemt tot 147.000. Het aantal oudere (ongekeurde en gekeurde) inzethaarden neemt jaarlijks met 3-4% af en vanaf 2015 voldoen nieuwe toestellen gemiddeld aan de 2^{e} fase van de 1.BImSchV.

Tabel 4.2 Samenvatting van de aannames in het standaardscenario voor de ontwikkeling van het aantal sfeerverwarmingstoestellen tot 2023

Categorie	Aanname
open haarden	**Afnemend met 14.000 per jaar naar 203.000 in 2023**
Inzethaarden	**Oplopend tot 147.000 in 2023**
ongekeurd (<1997)	Jaarlijkse afname met 4%
gekeurd (1997-2010)	Jaarlijkse afname met 3%
DIN+ (EN13229, vanaf 2010)	Geplaatst tussen 2010 en 2013, constant tot 2023
herziene 1 BImschV, fase 2	Verantwoordelijk voor de groei vanaf 2015, oplopend tot 33.300 toestellen in 2023
Vrijstaande kachels	**Oplopend tot 481.000 in 2023**
ongekeurd (<1997)	Jaarlijkse afname met 3%
gekeurd (1997-2010)	Jaarlijkse afname met 3%
DIN+ (EN13240, vanaf 2010)	Geplaatst tussen 2010 en 2013, constant tot 2023
herziene 1 BImschV, fase 2 (vanaf 2015)	Verantwoordelijk voor de groei vanaf 2015, oplopend tot 121.000 toestellen in 2023

4.2 *Houtverwerkende industrie*

De toepassing van ketels voor resthout in de houtverwerkende industrie, incl. meubelindustrie, bouw en handel neemt de laatste jaren al significant af. Twee belangrijke redenen voor teruglopende rentabiliteit van verbrandingsinstallaties voor resthout in deze sector zijn de prijsstijging van resthout en de toenemende investeringen welke nodig zijn om te voldoen aan de aangescherpte emissie-eisen.

In de houtverwerkende industrie worden momenteel ca. 670 ketels bedreven met een schaalgrootte kleiner dan 1 MW, welke nog zijn gerealiseerd onder het emissieregime van de NER-F7. Aangenomen wordt dat deze ketels in de komende 10 jaren geleidelijk uit bedrijf worden gesteld en slechts gedeeltelijk vervangen worden door nieuwe ketels.

Er zijn ca. 80 houtgestookte ketels in de houtverwerkende industrie in bedrijf welke groter zijn dan 1 MW en ooit zijn gerealiseerd onder de eisen van de NER-F7. Vanaf 2017 moeten deze conform het Activiteitenbesluit voldoen aan aangescherpte emissie-eisen. Ten opzichte van de NER-F7 betekent de introductie van het Activiteitenbesluit een verlaging met een factor 4van de emissie van stof uit ketels van 1-1,5 MW of een halvering van de uitstoot van stof uit ketels van 1,5-5 MW[3]. Hierdoor is in de nieuwe situatie een efficiënt elektrostatisch filter nodig waar men in het verleden vaak zonder kon.

Voor wat betreft NO_x zijn er nog ontwikkelingen gaande. Op dit moment vermeldt het Activiteitenbesluit 200 mg/Nm^3. Op grond van een evaluatie is in de voorpublicatie van de 4e tranche wijziging van het Activiteitenbesluit echter een eis van 230 mg/Nm^3 voorgesteld. Deze waarde is gehanteerd in deze studie. Naar aanleiding van discussie met de sector wordt momenteel nog gekeken naar een verdere verruiming naar 275 mg/Nm^3. Deze discussie loopt nog.

Een emissie-eis voor NO_x van 230 mg/m^3 betekent in het typische geval dat een bestaande ketel zou moeten worden uitgerust met SNCR of SCR, wat technisch vrijwel onmogelijk is. Voor deze installaties zou daarom volledige vervanging nodig zijn, echter vanwege de hoge kosten lijkt het niet aannemelijk dat dit ook daadwerkelijk gebeurt. Derhalve is in overleg met de klankbordgroep aangenomen dat deze bestaande ketels in het standaardscenario uit bedrijf worden genomen.

Momenteel loopt het aantal ketels in de houtverwerkende industrie terug met ca. 5% per jaar. In het standaardscenario wordt verwacht dat deze afnemende trend zich de komende jaren zal doorzetten.

4.3 *Landbouwsector*

In de landbouwsector heeft biomassaverbranding sinds 2005 een belangrijke groei doorgemaakt. Ketels zijn vooral toegepast bij kalvermesterijen en pluimveebedrijven. Ook zijn er een aantal grotere ketels geplaatst in de glastuinbouw.

[3] Onder het regime van de NER-F7 mochten ketels tussen 0,5 en 1,5 MW 50 mg/m^3 aan stof uitstoten bij 11% O_2, dit komt overeen met 75 mg/m^3 bij 6% O_2. Voor ketels tussen 1,5 en 5 MW lag de emissie-eis op 25 mg/m^3 bij 11% O2 (38 mg/m^3 bij 6% O_2). Volgens het Activiteitenbesluit geldt voor alle bioketels tussen 1 en 5 MW een stofeis van 20 mg/m^3 bij 6% O_2. Zie ook Bijlage 4.

De groei is de laatste jaren echter aan het afvlakken, verwacht wordt dat er jaarlijks nog wel ca. 44 ketels met een totale capaciteit van ca. 5 MW bij wordt geïnstalleerd. Vanwege de betere rentabiliteit t.o.v. de houtverwerkende industrie wordt aangenomen dat ca. 8 oudere ketels groter dan 1 MW welke conform het Activiteitenbesluit moeten worden vervangen om te voldoen aan de nieuwe eisen, hier wel worden vervangen door nieuwe installaties.

4.4 *Overige sectoren*

In de categorie overige sectoren vindt momenteel een sterke groei plaats, mede onder invloed van de SDE regeling. Dit betreft vooral houtpellet en houtsnippergestookte ketelinstallaties buiten de sectoren van de houtverwerkende industrie of de landbouw, welke in toenemende mate worden gerealiseerd ter verwarming van utiliteitsgebouwen, warmtenetten, etc.

In overleg met de klankbordgroep is een prognose vastgesteld voor de groei van het aantal ketels in de komende 10 jaar. Verwacht wordt dat deze categorie in de periode tot 2023 zal stijgen van 0,24 PJ in 2013 tot 7,6 PJ in 2023.

5 Resultaten

5.1 *Scenario 1: Standaardscenario*

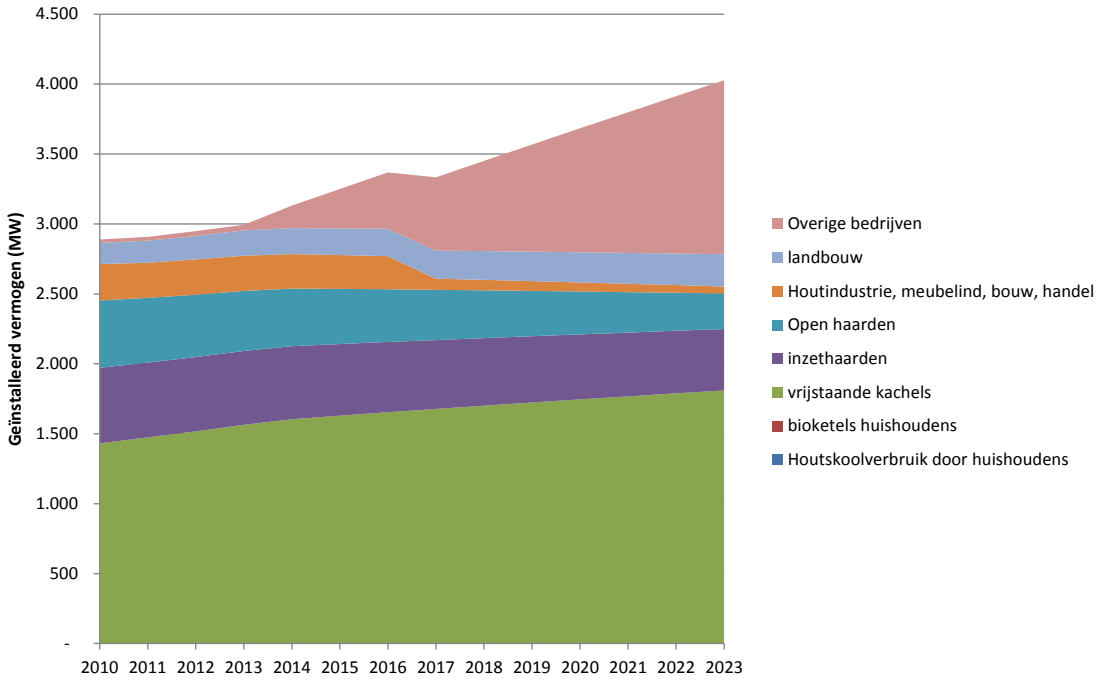
Een samenvatting van de resultaten uit het standaardscenario is weergegeven in Tabel 5.1. Hieruit blijkt dat dat bij een stijging van het finale eindverbruik naar 20,4 PJ in 2020, de uitstoot aan CO, PM10 en CxHy toch kan dalen. De NOx uitstoot stijgt wel met ca. 250 ton bruto tot 2020, of 176 ton netto wanneer wordt gecorrigeerd voor de verdrongen NOx uitstoot van gasgestookte ketels.

Tabel 5.1 Samenvatting van de resultaten van het standaardscenario (netto uitstoot is inclusief aftrek voor de vermeden uitstoot van gasgestookte ketels)

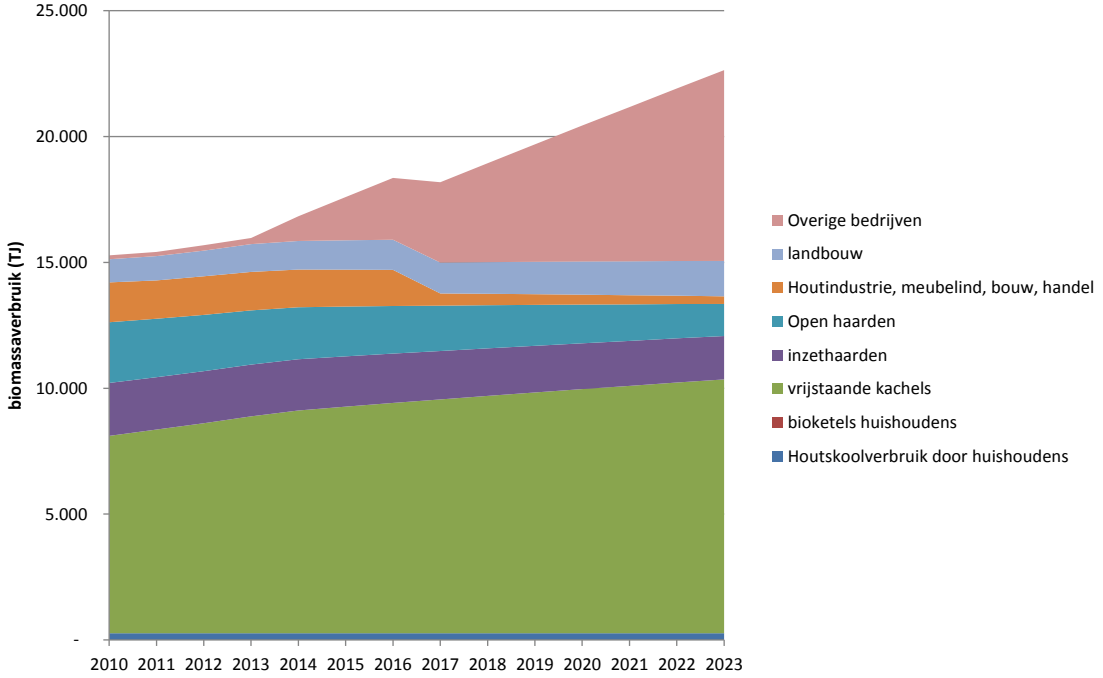
	2013	2020	2023
Aantal installaties (excl barbeques)	931.621	869.944	840.188
Opgesteld vermogen (MW)	2.993	3.684	4.027
Warmteproductie (TJ)	10.210	14.816	17.053
Finaal eindverbruik (TJ)	15.967	20.434	22.633
CO vracht (ton bruto)	48.202	45.642	44.459
CO vracht (ton netto)	48.116	45.500	44.289
PM10 vracht (ton)	1.620,9	1.413	1.307
NOx vracht (ton bruto)	2.099	2.356	2.504
NOx vracht (ton netto)	1.966	2.142	2.250
CxHy vracht (ton)	4.956	4.401	4.172

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

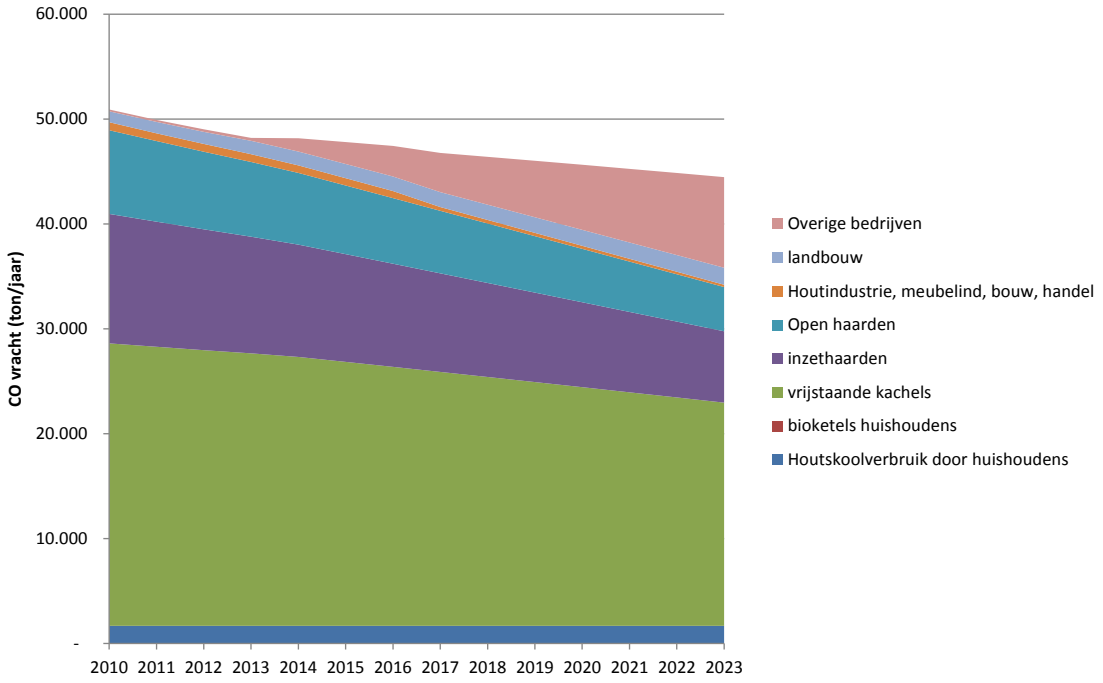
De resultaten zijn in Figuur 5.1 t/m Figuur 5.7 in de tijd uitgezet.



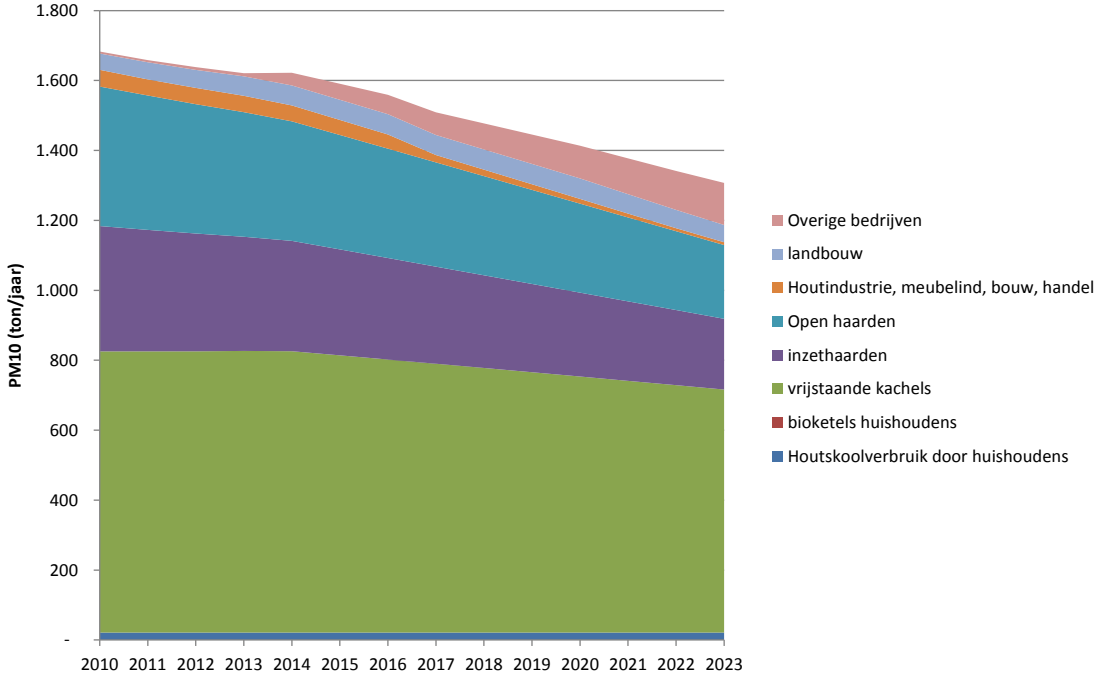
Figuur 5.1 Ontwikkeling van het geïnstalleerd vermogen in het standaardscenario



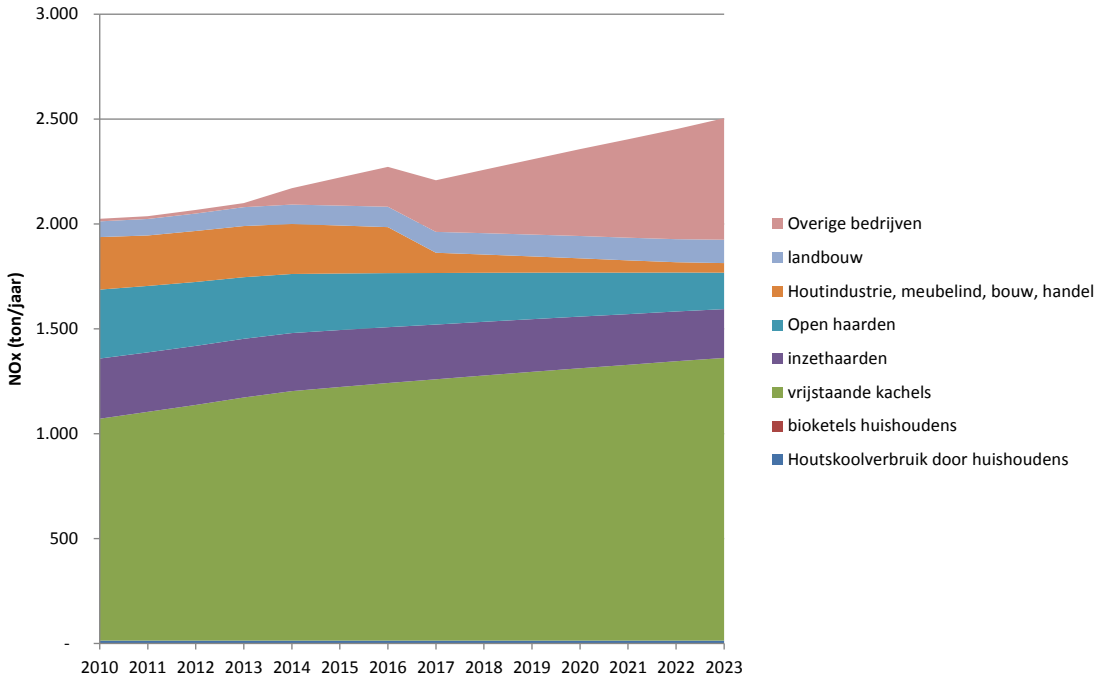
Figuur 5.2 Ontwikkeling van het finaal biomassaverbruik in het standaardscenario



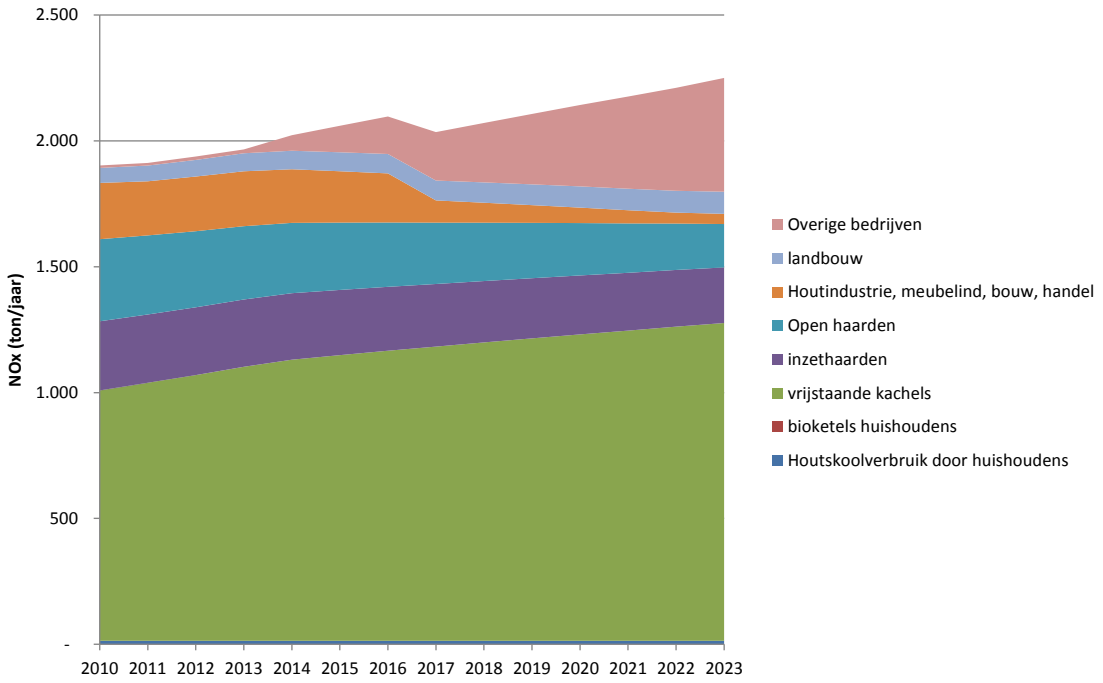
Figuur 5.3 Ontwikkeling van de bruto CO vracht in het standaardscenario



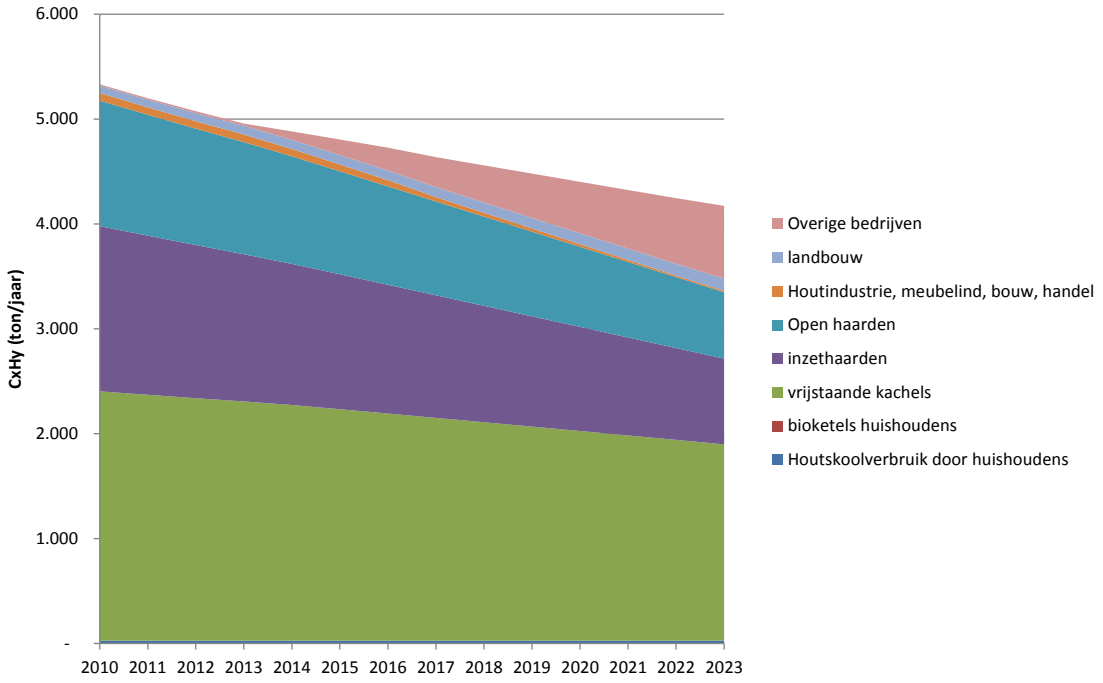
Figuur 5.4 Ontwikkeling van de bruto PM10 vracht in het standaardscenario



Figuur 5.5 Ontwikkeling van de bruto NOx vracht in het standaardscenario (zonder aftrek van vermeden NOx uitstoot door gasgestookte ketels).



Figuur 5.6 Ontwikkeling van de netto NOx vracht in het standaardscenario (na aftrek van vermeden NOx uitstoot door gasgestookte ketels)



Figuur 5.7 Ontwikkeling van de netto CxHy vracht in het standaardscenario

5.2 Scenario 2: Toch aanpassen van grotere ketels in houtverwerkende industrie aan Activiteitenbesluit

5.2.1 Beschrijving

In het standaardscenario is aangenomen dat 80 bestaande ketels groter dan 1 MW welke thans in bedrijf zijn in de houtverwerkende industrie, bouw en handel en onder de eisen van de NER-F7 opereren, in 2017 uit bedrijf worden gesteld omdat het niet rendabel is deze te vervangen door nieuwere toestellen. Dit leidt tot een knik in het aantal toestellen in bijvoorbeeld Figuur 5.2.

Als tweede scenario is onderzocht wat er zou gebeuren wanneer deze ketels toch zouden worden vervangen door nieuwe installaties van dezelfde capaciteit. Deze installaties worden dan bedreven onder de eisen van het Activiteitenbesluit. Omdat de emissiefactoren van deze ketels aanzienlijk onder het gemiddelde van alle kachels en ketels liggen, kunnen de betreffende ketels in potentie een relatief schone bijdrage leveren aan de doelstelling.

5.2.2 Resultaten

De belangrijkste resultaten zijn weergegeven in Tabel 5.2. Wanneer de resultaten voor scenario 1 en 2 worden vergeleken blijkt dat het finaal biomassaverbruik in 2020 zou toenemen met 0,8 PJ (5%) ten opzichte van het standaardscenario, terwijl de NO_x vracht netto met 66 ton (3%) stijgt en de PM10 vracht daalt met 14 ton (0,5%).

Tabel 5.2 Samenvatting van de resultaten van scenario 2 in vergelijking tot scenario 1 (netto uitstoot is inclusief aftrek voor de vermeden uitstoot van gasgestookte ketels)

		2020		2023	
	2013	**Scenario 1**	**Scenario 2**	**Scenario 1**	**Scenario 2**
Aantal installaties (excl barbeques)	931.621	869.944	870.015	840.188	840.260
Opgesteld vermogen (MW)	2.993	3.684	3.836	4.027	4.178
Warmteproductie (TJ)	10.120	14.816	15.544	17.053	17.781
Finaal eindverbruik (TJ)	15.697	20.434	21.083	22.633	23.283
CO vracht (ton bruto)	46.509	45.642	44.619	44.459	43.437
CO vracht (ton netto)	46.424	45.500	44.466	44.289	43.255
PM10 vracht (ton)	1.599,5	1.413	1.399	1.307	1.293
NOx vracht (ton bruto)	2.085	2.356	2.422	2.504	2.570
NOx vracht (ton netto)	1.951	2.142	2.192	2.250	2.300
CxHy vracht (ton)	4.928	4.401	4.385	4.172	4.156

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

5.2.3 Duiding

In het standaardscenario wordt verwacht dat grotere ketels in de houtverwerkende industrie niet worden vervangen in 2017, wanneer deze moeten voldoen aan de aangescherpte eisen uit het Activiteitenbesluit. Uit scenario 2 blijkt dat hierdoor de groei in duurzame energieproductie met ca. 0,8 PJ wordt geremd.

5.3 *Scenario 3: Vervanging gasketels in gebouwde omgeving met 2% per jaar*

5.3.1 Beschrijving

Met de klankbordgroep is besloten ook de effecten van een ambitieus scenario te evalueren waarbij grootschalig biomassagestookte ketels worden gerealiseerd ter vervanging van gasgestookte ketels in de gebouwde omgeving. Aangenomen wordt dat vanaf 2014 jaarlijks 2% van alle gasgestookte ketels welke zijn geplaatst voor ruimteverwarming bij zowel individuele woningen, gestapelde bouw en als bij utiliteitsgebouwen worden vervangen door individuele of collectieve biomassagestookte ketels zodat in 50 jaar tijd dit volledige gasverbruik zou zijn verdrongen door biomassawarmte.

In dit scenario wordt aangenomen dat 30% van de warmtevraag bij huishoudens op individuele wijze wordt ingevuld (d.m.v. houtpelletgestookte ketels) en 70% op collectieve wijze (d.m.v. houtsnippergestookte ketels). Verder wordt aangenomen dat de warmtevraag bij utilteitsgebouwen wordt ingevuld m.b.v. ketels tot 1 MW. ECN verwacht dat de warmtevraag bij huishoudens in 2020 262 PJ zal bedragen, bij utiliteiten 135 PJ [Menkveld M. et.al., 2010]. Met een tempo van 2% per jaar vanaf 2015 betekent dit dat in 2020 12% van deze vraag is verduurzaamd, dit komt overeen met 48 PJ warmte of 54 PJ biomassaverbruik.

5.3.2 Resultaten

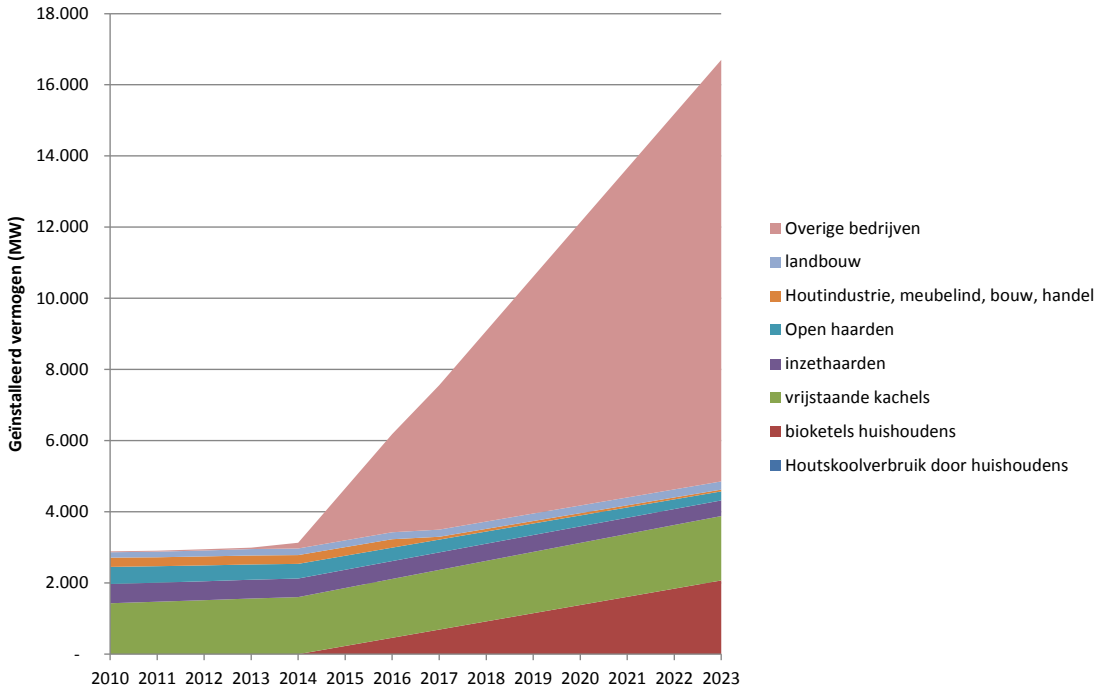
De resultaten van de analyse zijn samengevat in Tabel 5.3 en per onderdeel apart weergegeven in Figuur 5.8 t/m Figuur 5.14.

Tabel 5.3 Samenvatting van de resultaten van scenario 3 in vergelijking tot scenario 1 (netto uitstoot is inclusief aftrek voor de vermeden uitstoot van gasgestookte ketels)

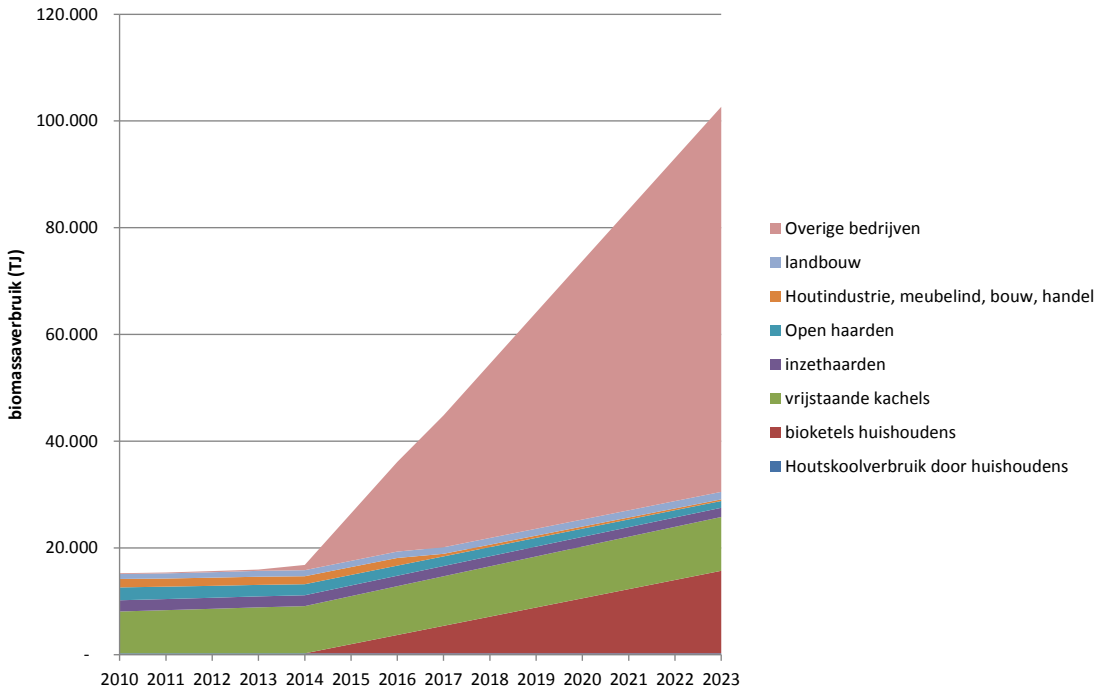
		2020		2023	
	2013	Scenario 1	Scenario 3	Scenario 1	Scenario 3
Aantal installaties (excl barbeques)	931.621	869.944	1.202.677	840.188	1.339.287
Opgesteld vermogen (MW)	2.993	3.684	12.133	4.027	16.701
Warmteproductie (TJ)	10.120	14.816	62.402	17.053	88.432
Finaal eindverbruik (TJ)	15.697	20.434	73.790	22.633	102.667
CO vracht (ton bruto)	46.509	45.642	95.954	44.459	119.927
CO vracht (ton netto)	46.424	45.500	95.233	44.289	118.888
PM10 vracht (ton)	1.599,5	1.413	2.301	1.307	2.638
NOx vracht (ton bruto)	2.085	2.356	6.463	2.504	8.664
NOx vracht (ton netto)	1.951	2.142	5.419	2.250	7.165
CxHy vracht (ton)	4.928	4.401	8.479	4.172	10.288

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

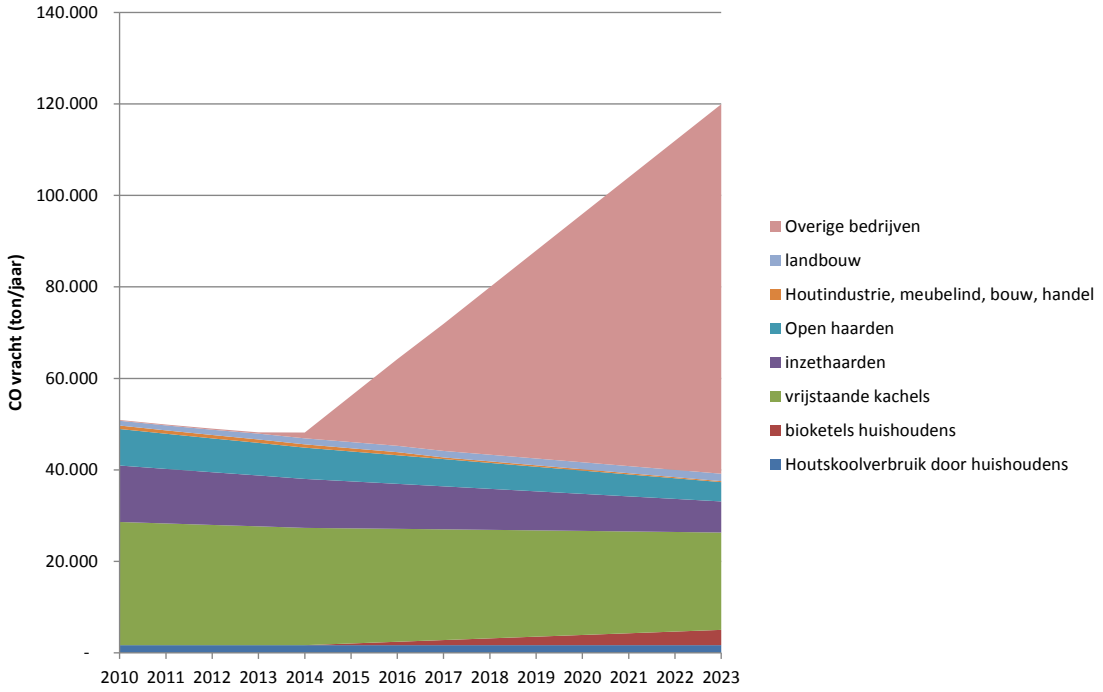
Uit de tabel en de figuren blijkt dat de keerzijde van de geschetste groei is dat ook de uitstoot op alle fronten aanzienlijk toeneemt ten opzichte van het standaardscenario.



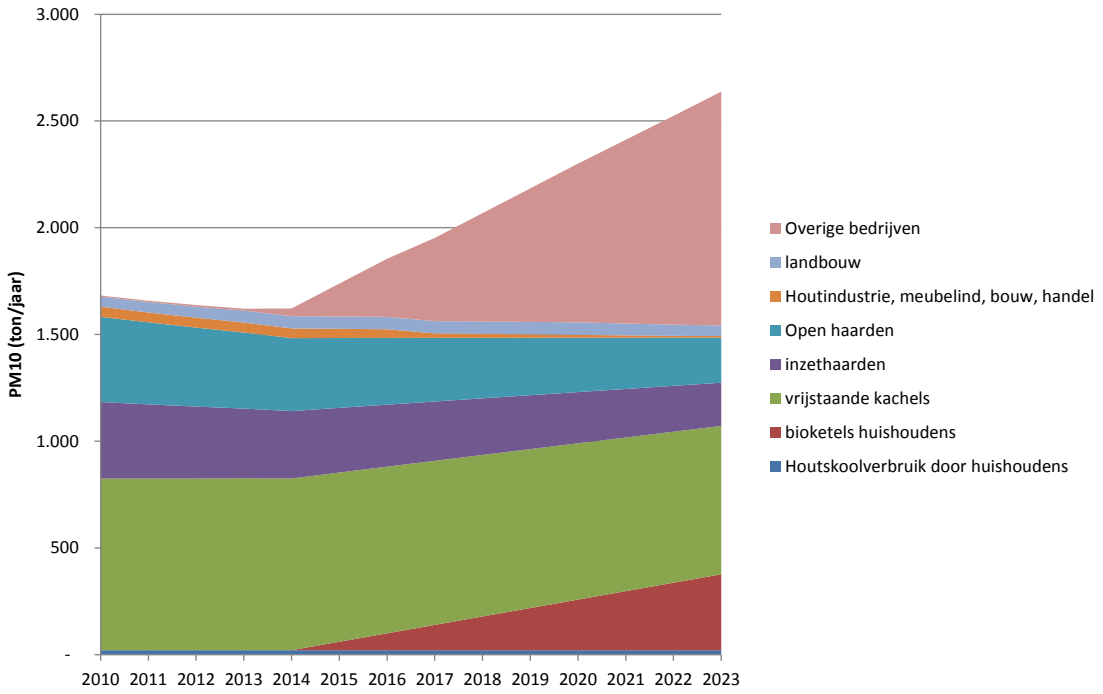
Figuur 5.8 Ontwikkeling van het geïnstalleerd vermogen in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving



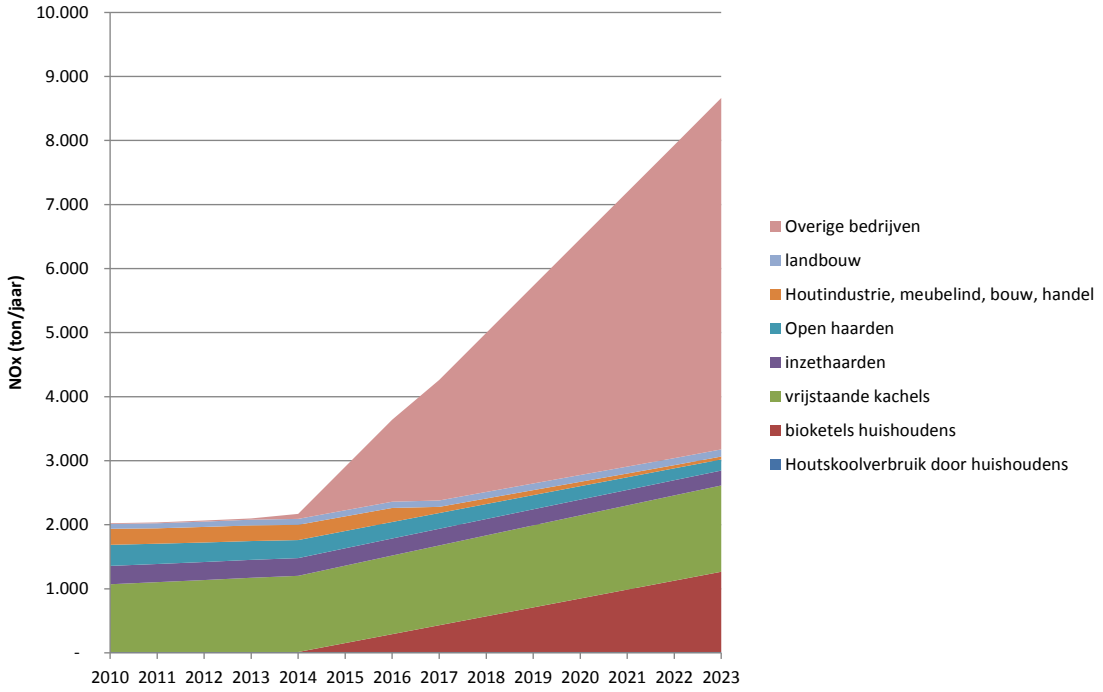
Figuur 5.9 Ontwikkeling van het finaal biomassaverbruik in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving



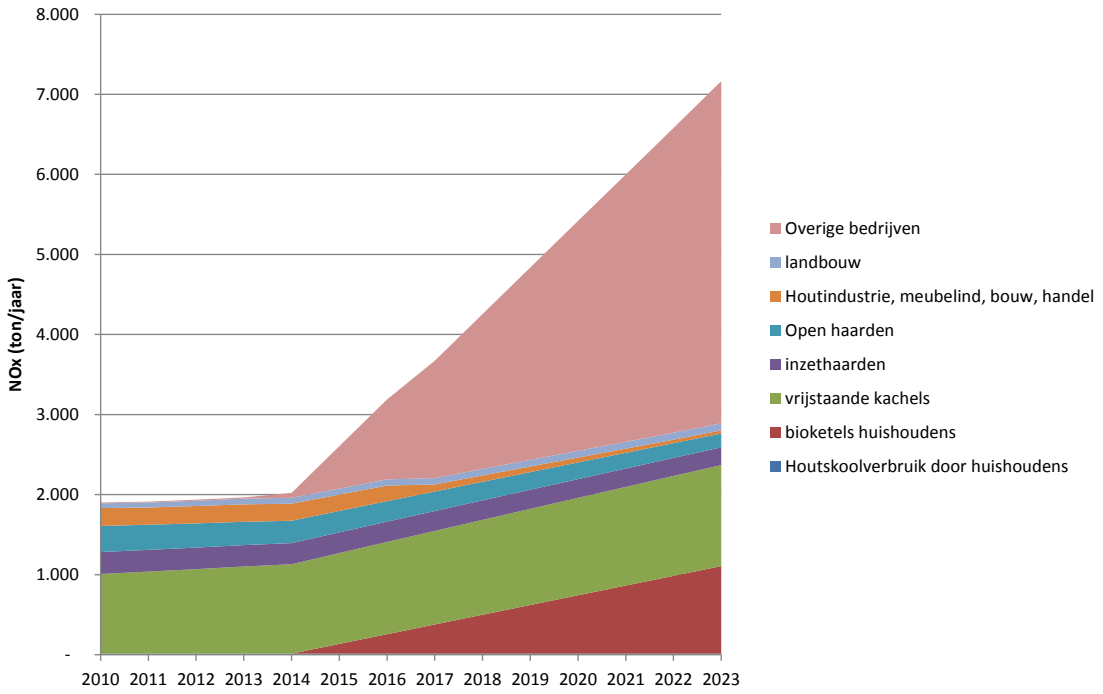
Figuur 5.10 Ontwikkeling van de bruto CO vracht in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving



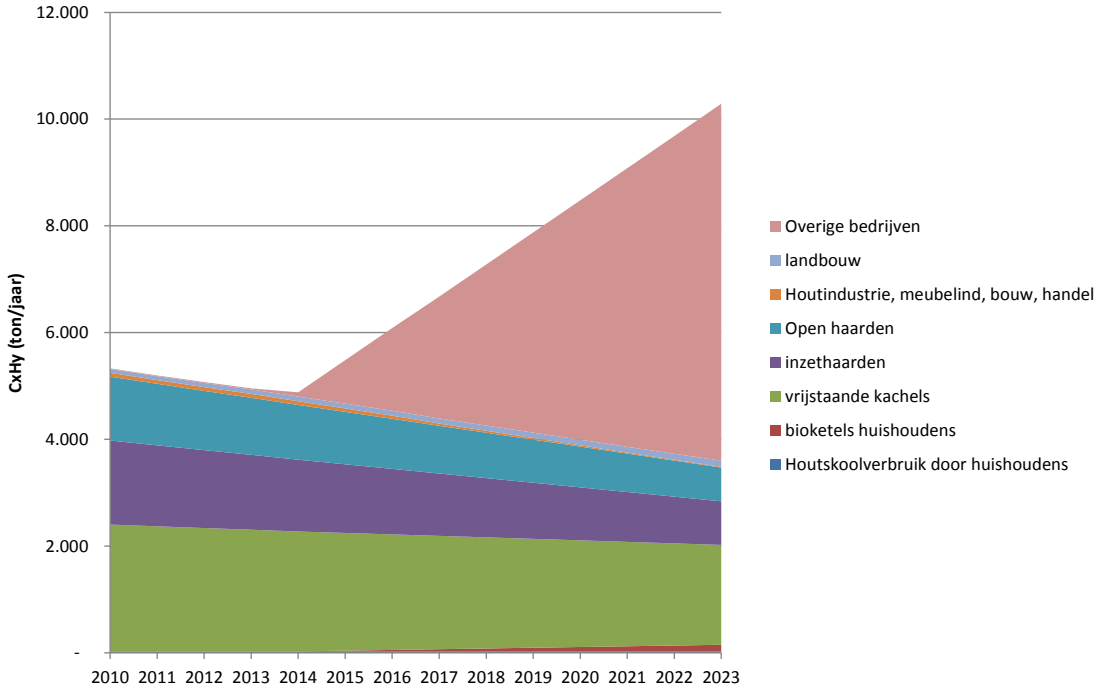
Figuur 5.11 Ontwikkeling van de PM10 vracht in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving



Figuur 5.12 Ontwikkeling van de bruto NOx vracht in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving



Figuur 5.13 Ontwikkeling van de netto NOx vracht in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving



Figuur 5.14 Ontwikkeling van de netto CxHy vracht in scenario 3: verdringing van aardgasverbruik voor verwarming in de gebouwde omgeving

5.3.3 Duiding

In scenario 3 worden grootschalig biomassagestookte ketels gerealiseerd. Dit leidt weliswaar tot een bijna een vervijfvoudiging in de duurzame energiebijdrage, maar ook de uitstoot neemt fors toe voor alle componenten. Daarnaast heeft het verschillende praktische implicaties, bijvoorbeeld door het moeten aanvoeren van ca. 4 miljoen ton biomassa naar de gebouwde omgeving.

5.4 *Scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen*

5.4.1 Beschrijving

Uit de voorgaande scenario's blijkt dat ten opzichte van de bijdrage aan duurzame energieopwekking, een onevenredig deel van de uitstoot aan fijn stof, NOx en CxHy wordt veroorzaakt door verouderde sfeertoestellen en open haarden. Dit blijkt al direct uit de emissiefactoren welke in Bijlage 3 zijn weergegeven. Indien zou worden gestimuleerd dat verouderde toestellen versneld worden vervangen of uit gebruik worden gesteld, kan worden bereikt dat de totale emissievrachten worden verlaagd. In Duitsland worden oude houtkachels en inzethaarden conform Tabel 5.4 versneld uitgefaseerd. Door een krachtige handhaving kan worden gegarandeerd dat dit ook daadwerkelijk plaatsvindt.

In principe is het volgens de 1. BImSchV. ook toegestaan om deze oude toestellen aan te passen zodat deze voldoen aan de eisen welke gelden voor nieuwe toestellen. Alhoewel verschillende fabrikanten bezig zijn met de ontwikkeling van kleine elektrostatische filters waarmee de uitstoot van fijn stof uitstoot significant kan worden gereduceerd, zijn dergelijk technieken nog niet commercieel verkrijgbaar en lossen ze ook het probleem van te hoge uitstoot aan CO niet op. In de praktijk is aanpassing daarom meestal niet haalbaar, zodat de betreffende kachels worden verwijderd. In veel gevallen worden deze vervangen door een nieuw toestel welke voldoet aan de tweede fase van de eisen van de 1. BImSchV.

Tabel 5.4 Schema van uitfasering van oude sfeerverwarmingstoestellen conform 1. BImSchV

Jaar van ingebruikname (conform typeplaatje)	Moment van verplichte aanpassing of uitgebruikstelling
Voor 1975 of niet vast te stellen	31.12.2014
1975 – 1984	31.12.2017
1985-1994	31.12.2020
1995-2010	31.12.2024

In Scenario 4 is onderzocht wat het effect zou zijn wanneer de Duitse strategie voor uitfasering van oude sfeertoestellen conform de 1. BImSchV ook in Nederland zou worden gehanteerd. Daartoe is voor het bepalen van het aantal toestellen dat op de in Tabel 5.4 bepaalde momenten zou moeten worden vervangen, gebruik gemaakt

van de gestaffelde leeftijdsopbouw van de bestaande toestellen op dit moment conform [Segers, 2013] en de natuurlijke uitfasering conform Weibull verdelingen zoals gepubliceerd in [Jansen B.I., Dröge R, 2011]. Aangenomen is dat uitgefaseerde toestellen worden vervangen door nieuwe toestellen welke voldoen aan de eisen van de tweede fase van de 1. BImSchV.

Open haarden vallen formeel niet onder de uitfaseringsregel van de 1.BImSchV, maar worden tevens ontmoedigt. Volgens een uitspraak van het gerechtshof Rheinland-Pfalz in Koblenz welke nu als norm wordt gehanteerd, mogen deze niet meer dan acht dagen per maand gedurende vijf uur worden gestookt. In Scenario 4 worden open haarden daarom toch net zo behandeld als inzethaarden en vrijstaande kachels.

5.4.2 Resultaten

Uit Tabel 5.5 en Figuur 5.15 blijkt dat het vooral de open haarden zijn die worden vervangen wanneer uitfasering volgens Tabel 5.4 zou plaatsvinden. De reden hiertoe is dat deze over het algemeen aanzienlijk ouder zijn dan de inzethaarden en vrijstaande kachels welke thans worden gebruikt.

Tabel 5.5 Het aantal oude sfeerverwarmingstoestellen dat extra uit gebruik zou worden gesteld wanneer de uitfasering conform 1. BImSchV ook in Nederland zou worden gehanteerd

	open haarden	**inzethaard**	**vrijstaande kachels**
31-12-2014	11.177	5	88
31-12-2017	40.756	152	6.283
31-12-2020	103.799	1.973	8.886
31-12-2024	236.531	27.269	87.324

In Figuur 5.16 wordt de ontwikkeling van het geïnstalleerde vermogen in scenario 4 weergegeven. Omdat open haarden een relatief lage warmteopbrengst hebben, is het effect in het geïnstalleerd vermogen minder groot dan bij het aantal toestellen zoals in Figuur 5.15 vermeld.

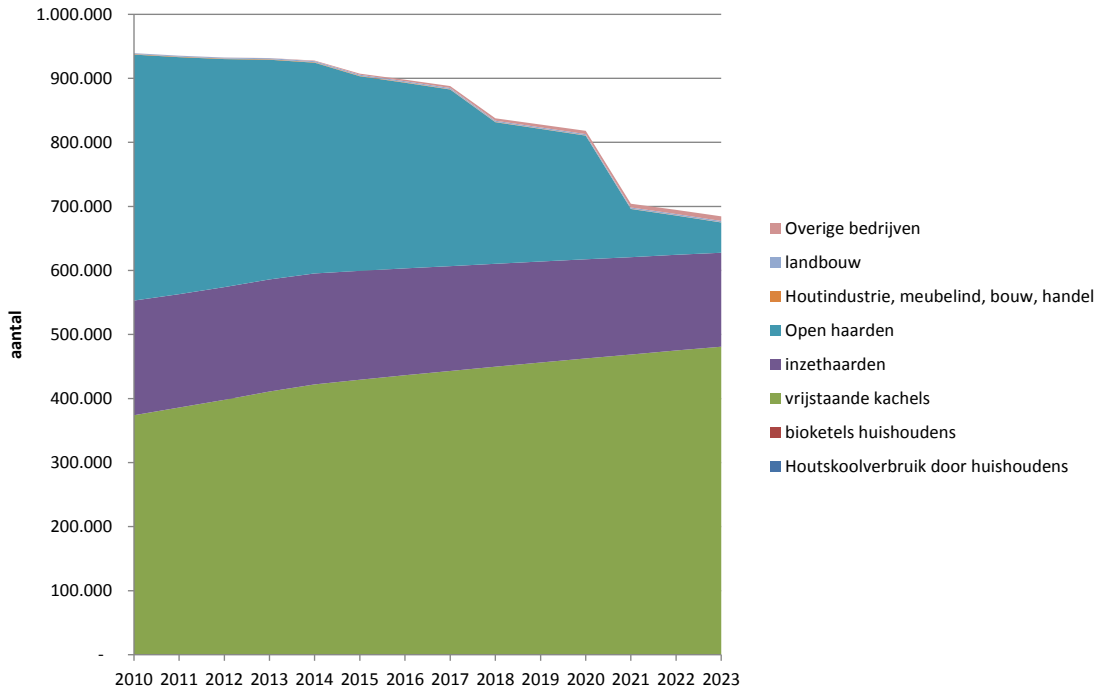
Een samenvatting van de resultaten uit dit scenario is weergegeven in Tabel 5.6, het verloop in de tijd is weergegeven in Figuur 5.15 t/m Figuur 5.23. Uit de resultaten blijkt dat de groei in duurzame energie (met uitzondering van de netto NOx emissie) gepaard gaat met een daling in de uitstoot van producten van onvolledige verbranding (CO, PM10 en CxHy). Bovendien wordt biomassa door de vervanging efficiënter gebruikt en stijgt de productie van duurzame warmte (en daarmee de CO2 vermijding).

Tabel 5.6 Samenvatting van de resultaten van scenario 4 in vergelijking tot scenario 1 (netto uitstoot is inclusief aftrek voor de vermeden uitstoot van gasgestookte ketels)

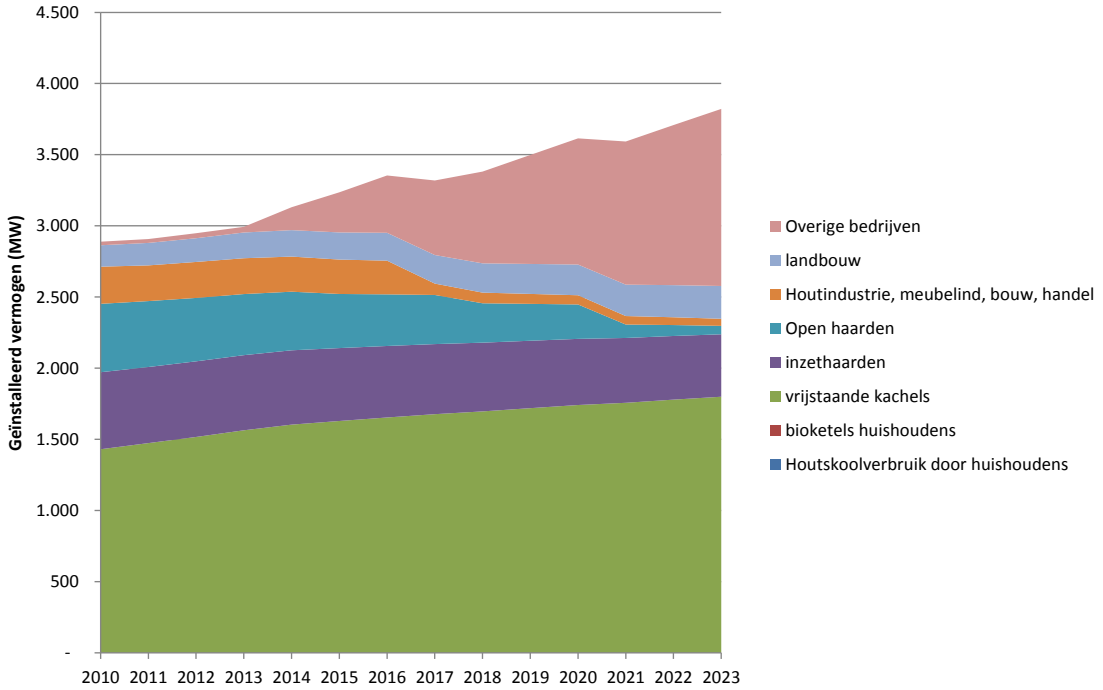
		2020		2023	
	2013	**Scenario 1**	**Scenario 4**	**Scenario 1**	**Scenario 4**
Aantal installaties (excl barbeques)	931.621	869.944	818.011	840.188	684.457
Opgesteld vermogen (MW)	2.993	3.684	3.615	4.027	3.822
Warmteproductie (TJ)	10.120	14.816	14.811	17.053	17.028
Finaal eindverbruik (TJ)	15.697	20.434	20.108	22.633	21.656
CO vracht (ton bruto)	46.509	45.642	43.780	44.459	39.229
CO vracht (ton netto)	46.424	45.500	43.638	44.289	39.059
PM10 vracht (ton)	1.599,5	1.413	1.336	1.307	1.086
NOx vracht (ton bruto)	2.085	2.356	2.311	2.504	2.369
NOx vracht (ton netto)	1.951	2.142	2.097	2.250	2.115
CxHy vracht (ton)	4.928	4.401	4.116	4.172	3.372

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

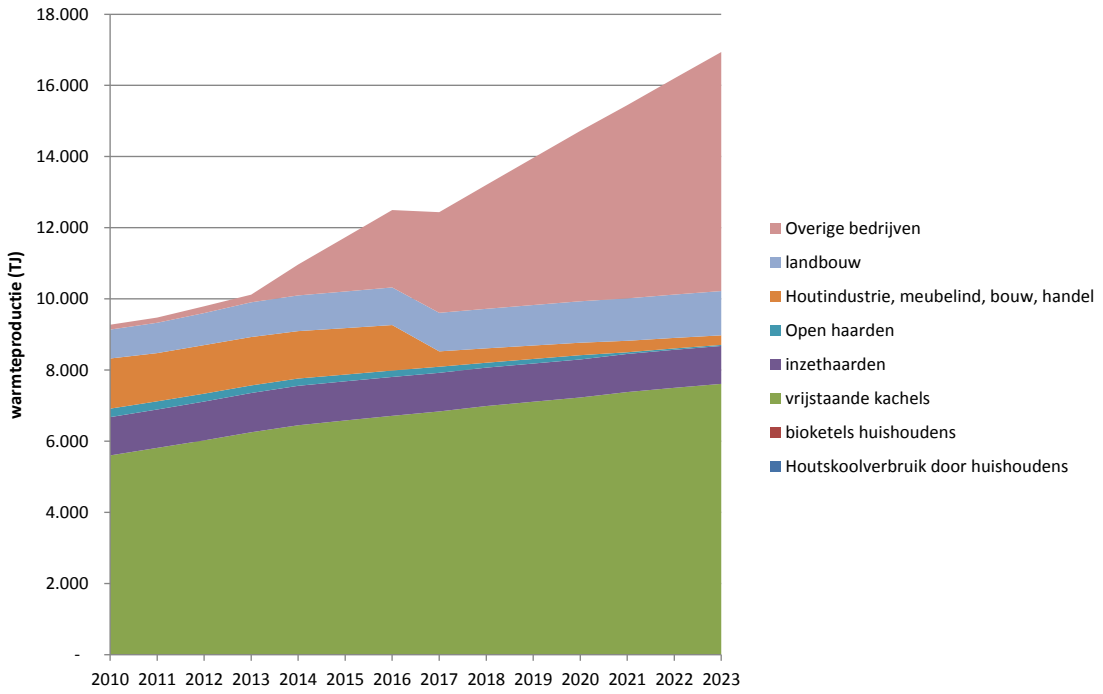
De daling in het aantal installaties ten opzichte van het standaardscenario wordt veroorzaakt doordat wordt aangenomen dat open haarden welke worden gesloten, niet worden vervangen door nieuwe kachels.



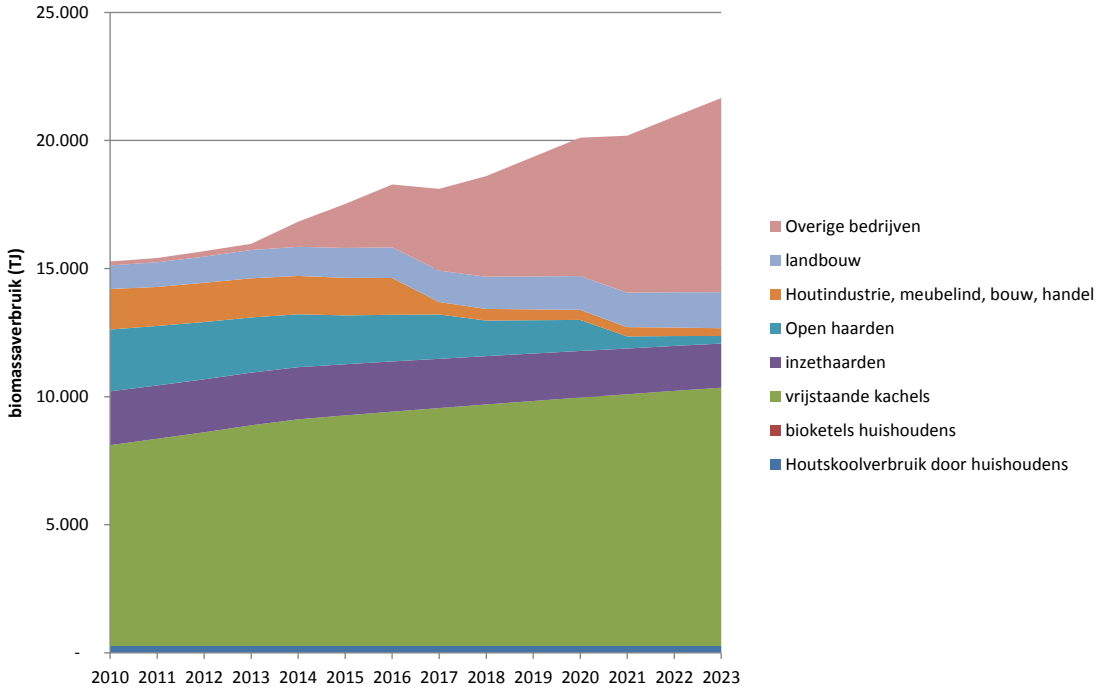
Figuur 5.15 Ontwikkeling van het aantal toestellen in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



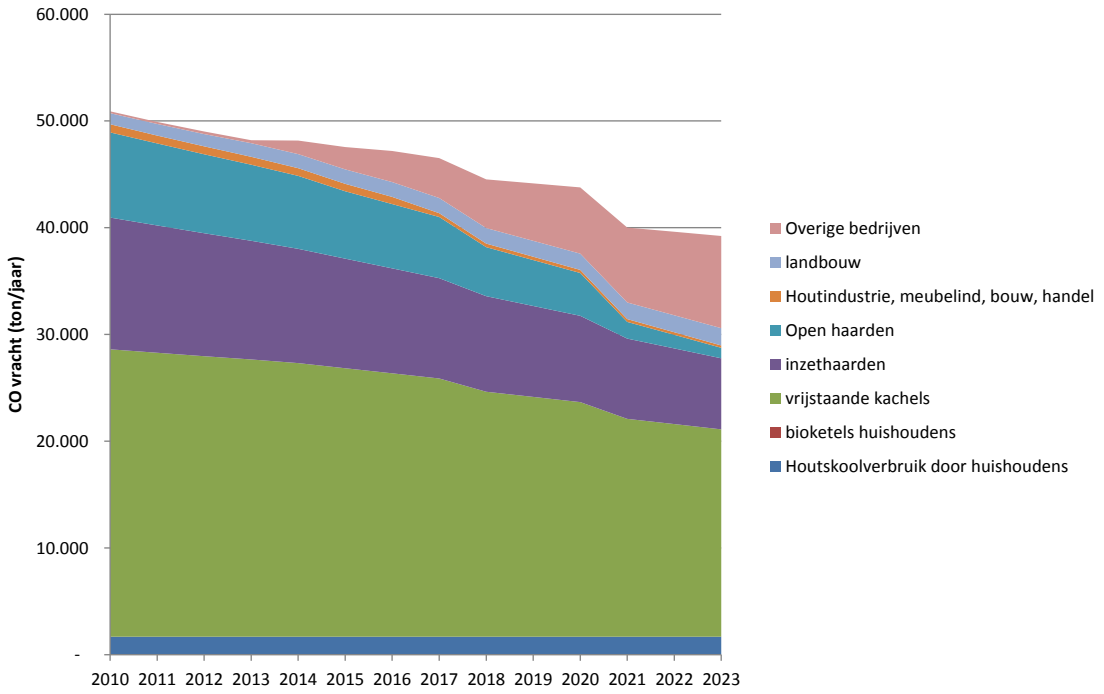
Figuur 5.16 Ontwikkeling van het geïnstalleerd vermogen in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



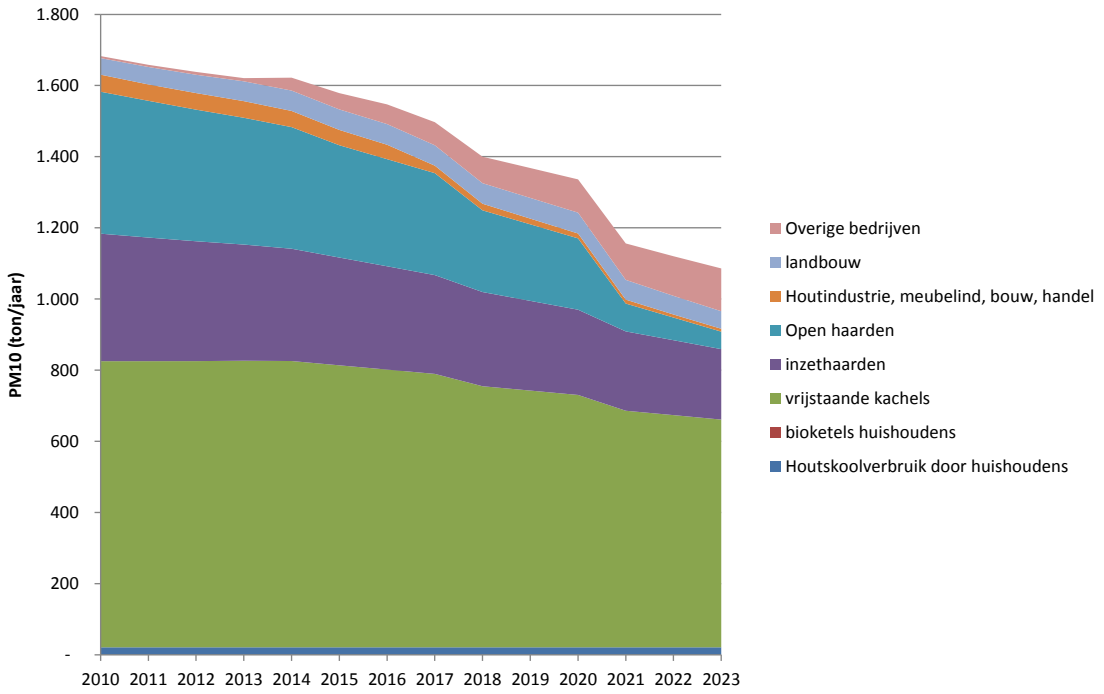
Figuur 5.17 Ontwikkeling van de warmteproductie in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



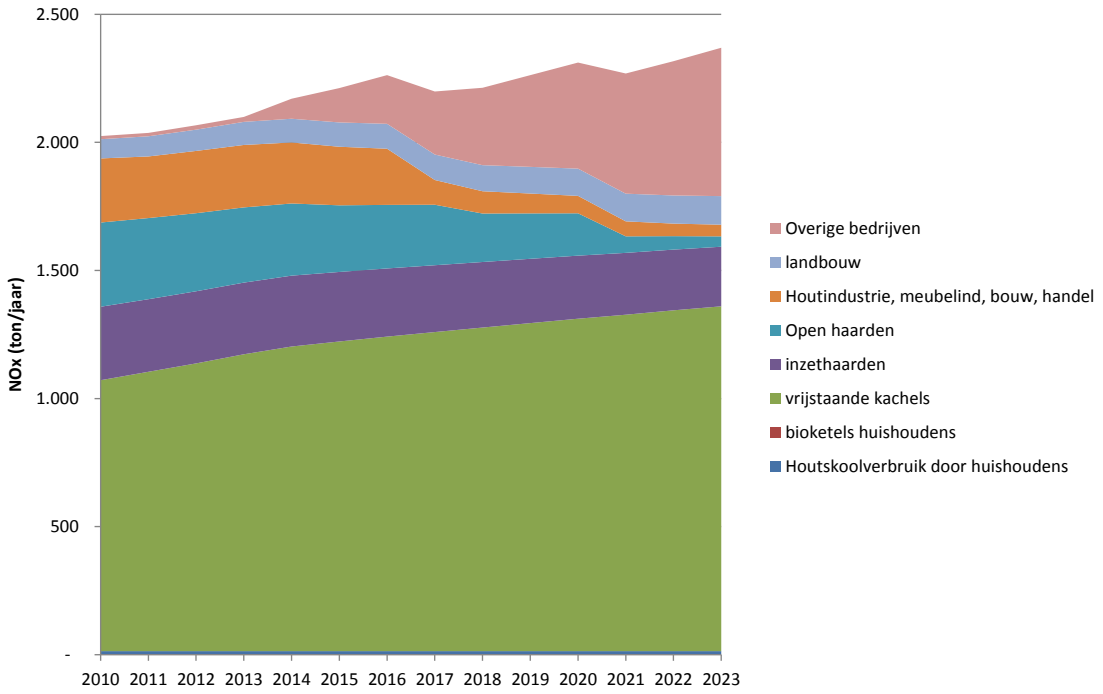
Figuur 5.18 Ontwikkeling van het finaal biomassaverbruik in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



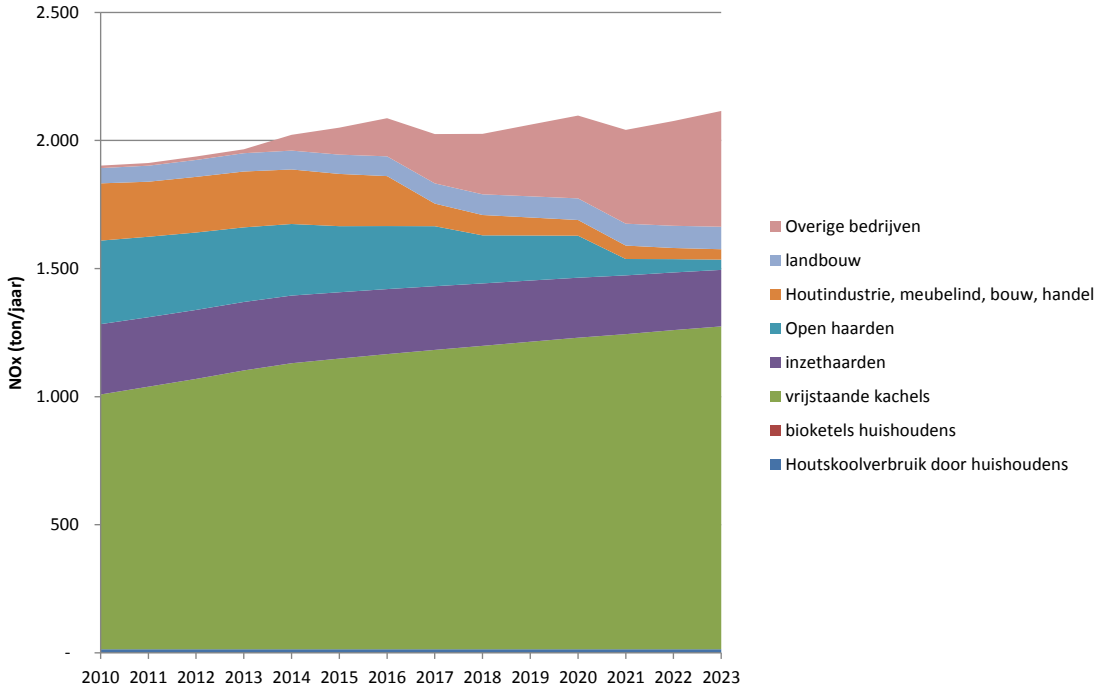
Figuur 5.19 Ontwikkeling van de bruto CO vracht in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



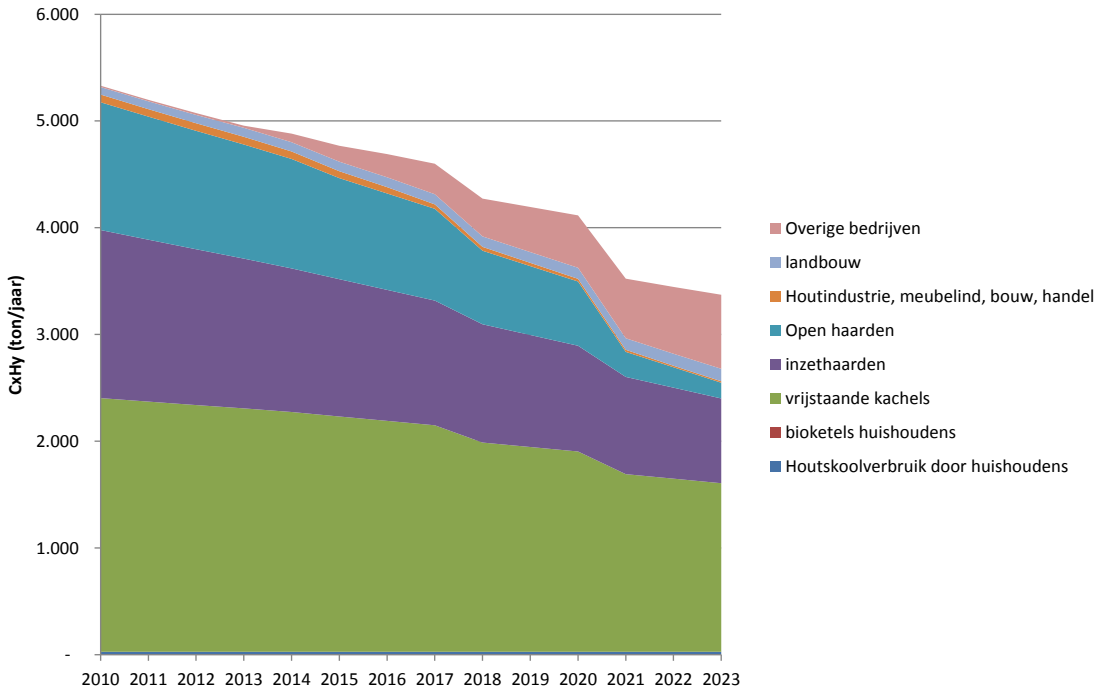
Figuur 5.20 Ontwikkeling van de PM10 vracht in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



Figuur 5.21 Ontwikkeling van de bruto NOx vracht in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



Figuur 5.22 Ontwikkeling van de netto NOx vracht in scenario 4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen conform 1. BImSchV.



Figuur 5.23 Ontwikkeling van de CxHy vracht in scenario 4: uitfasering van oude sfeerverwarmingstoestellen en open haarden conform 1. BImSchV.

5.4.3 Duiding

De uitstoot van CO, PM10, CxHy wordt vooral veroorzaakt door toestellen met een slechte verbrandingskwaliteit, dit zijn vooral oude houtkachels en open haarden. Het zou daarom effectief zijn om deze toestellen net als in Duitsland onder invloed van de 1.BImSchV gebeurt, versneld uit de markt te halen.

5.5 Scenario 5: Geen NOx verhoging

5.5.1 Beschrijving

Uit de eerdere scenario's blijkt dat groei in de productie van duurzame energie uit biomassaverbranding, uitgedrukt als finaal biomassaverbruik, helaas ook bijna altijd gepaard gaat met een toename in de netto NOx emissie. Dit is problematisch aangezien het door de EC opgelegde NEC-emissieplafond voor de NOx uitstoot in Nederland in de nabije toekomst naar verwachting sterk wordt aangescherpt van het huidige niveau van 260 kton/jaar.

De NOx uitstoot uit een biomassagestookte kachel of ketel is sterk afhankelijk van het stikstofgehalte van de gebruikte brandstof. Stikstof komt in hoge concentraties voor in brandstoffen zoals spaanplaat, maar ook de bast van natuurlijk geoogst hout bevat meer stikstof dan het kernhout. Om deze reden zijn de emissiefactoren voor ketels welke op resthout worden gestookt (zie Bijlage 3) aanzienlijk hoger dan

houtsnippergestookte ketels of ketels welke op pellets worden gestookt (waarin weinig of geen bast is verwerkt).

Verder zijn er betere mogelijkheden om de vorming van NOx in een grotere ketel te reduceren dan in een kleine kachel of ketel, omdat het proces te optimaliseren is. Bovendien kunnen op grotere schaal nageschakelde technieken als SNCR en SCR worden toegepast zodat de uitstoot verder daalt. Dit resulteert erin, dat met grotere installaties een ca. 40% lagere emissiefactor voor NOx kan worden gerealiseerd dan bij kleinere toestellen (zie Bijlage 3 en Bijlage 4). Schaalvergroting in de toepassing van biomassaverbranding biedt daarmee in principe kansen tot vergroting van de duurzame energieproductie zonder toename van de NO_x uitstoot.

Als laatste is daarom scenario 5 'Geen NOx verhoging' gedefinieerd waarbij zonder toename in de netto NOx uitstoot wel meer duurzame energie zou kunnen worden opgewekt. Het scenario bevat daartoe de volgende aannames:

- sfeerverwarmingstoestellen worden vervangen conform 1.BImSchV (Scenario 4)
- Het aantal PJ bij 'overig' stijgt tot slechts 21 PJ

Schaalvergroting heeft vanzelfsprekend ook ruimtelijke consequenties. Er moet een goed toegankelijke centrale plek beschikbaar zijn in de nabijheid van de warmtevraag waar brandstof naartoe wordt gebracht, en waarvandaan via een warmtenet de afnemers kunnen worden verwarmd.

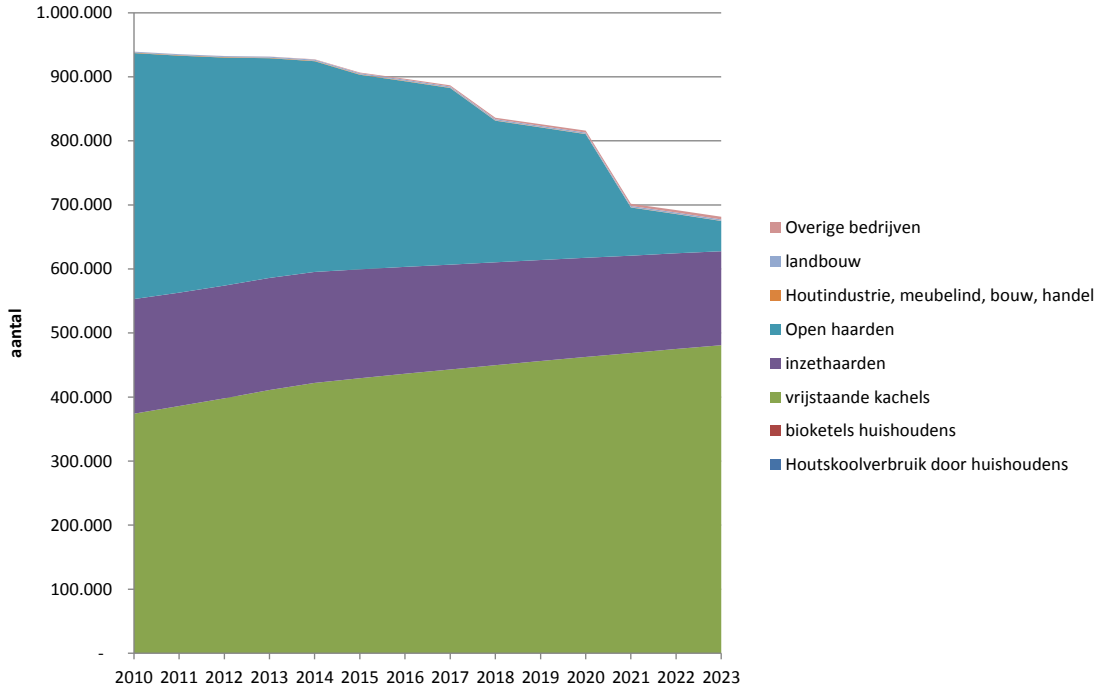
5.5.2 Resultaten

Een samenvatting van de resultaten uit dit scenario is weergegeven in Tabel 5.7, het verloop in de tijd is weergegeven in Figuur 5.24 t/m Figuur 5.32. Uit de resultaten blijkt dat de groei in duurzame energie gepaard gaat met een daling in de uitstoot van producten van onvolledige verbranding (CO, PM10 en CxHy) terwijl de NOx uitstoot niet stijgt. Bovendien wordt biomassa door de vervanging efficiënter gebruikt en stijgt de productie van duurzame warmte (en daarmee de CO_2 vermijding).

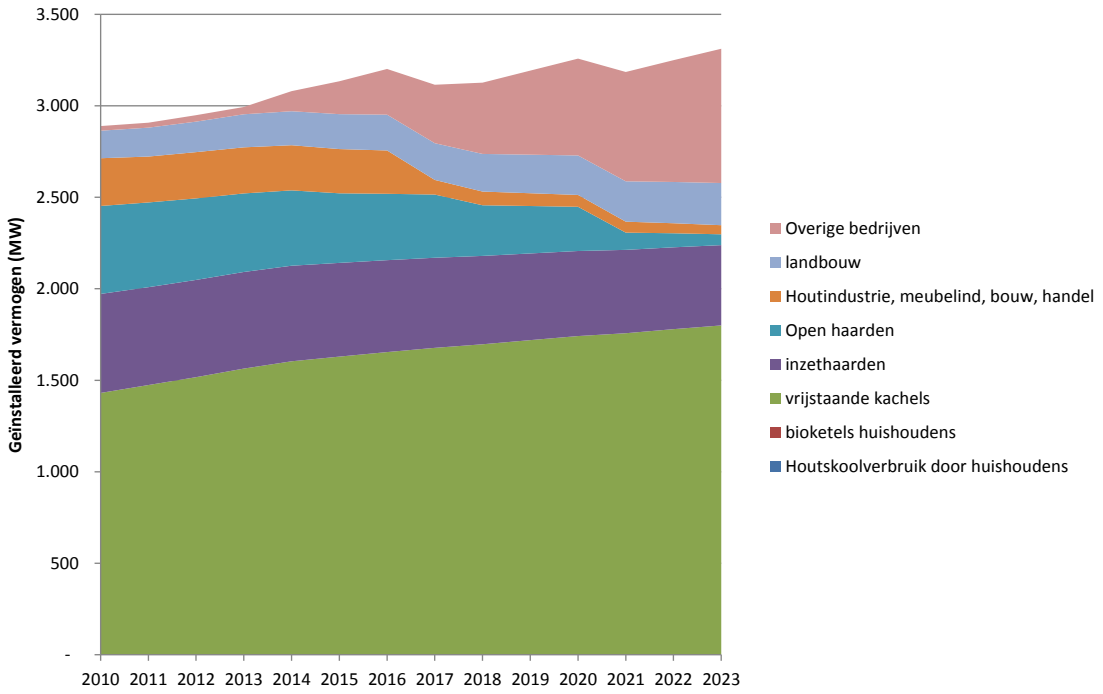
Tabel 5.7 Samenvatting van de resultaten van scenario 5 (netto uitstoot is inclusief aftrek voor de vermeden uitstoot van gasgestookte ketels)

	2013	2020	2023
Aantal installaties (excl barbeques)	931.621	815.946	681.506
Opgesteld vermogen (MW)	2.993	3.258	3.311
Warmteproductie (TJ)	10.210	12.882	14.273
Finaal eindverbruik (TJ)	15.967	17.932	18.548
CO vracht (ton bruto)	48.202	41.280	35.688
CO vracht (ton netto)	48.116	41.164	35.555
PM10 vracht (ton)	1.621	1.301	1.038
NOx vracht (ton bruto)	2.099	2.145	2.132
NOx vracht (ton netto)	1.966	1.967	1.930
CxHy vracht (ton)	4.956	3.917	3.087

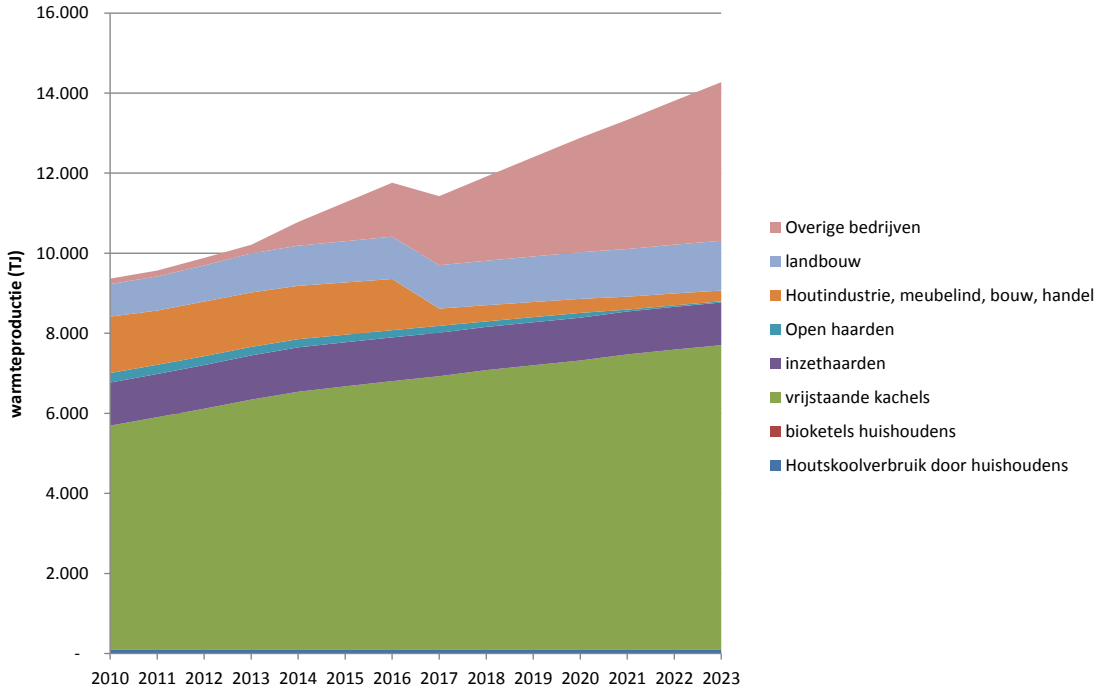
*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels



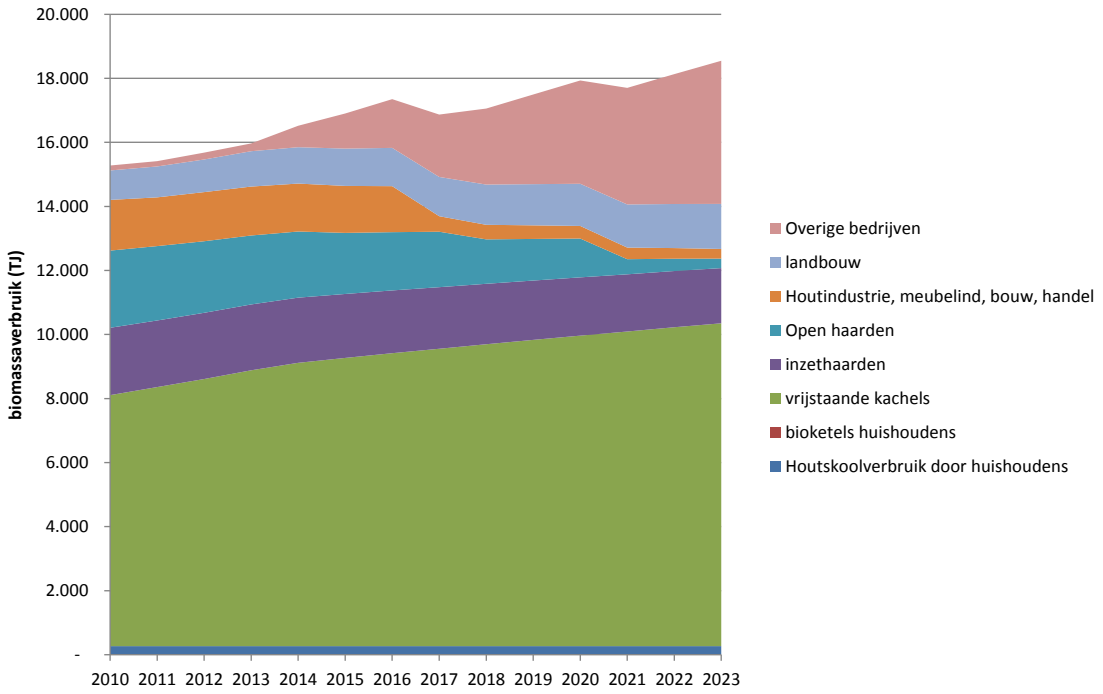
Figuur 5.24 Ontwikkeling van het aantal toestellen in scenario 5 (Geen NOx verhoging).



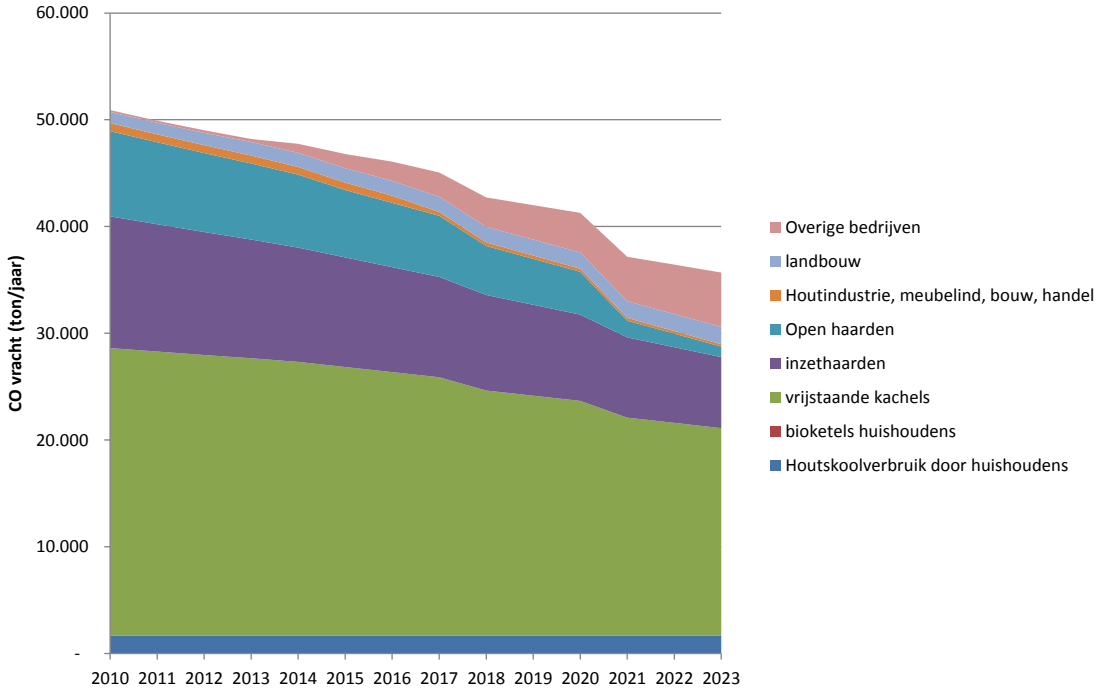
Figuur 5.25 Ontwikkeling van het geïnstalleerd vermogen in scenario 5 (Geen NOx verhoging).



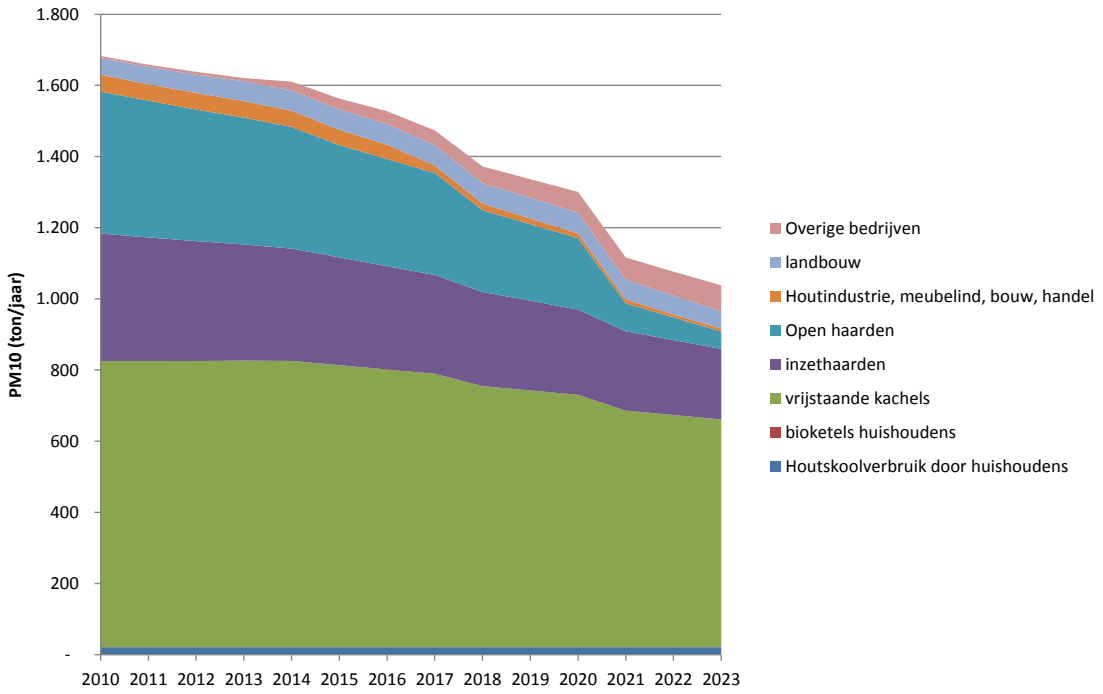
Figuur 5.26 Ontwikkeling van de warmteproductie in scenario 5 (Geen NOx verhoging).



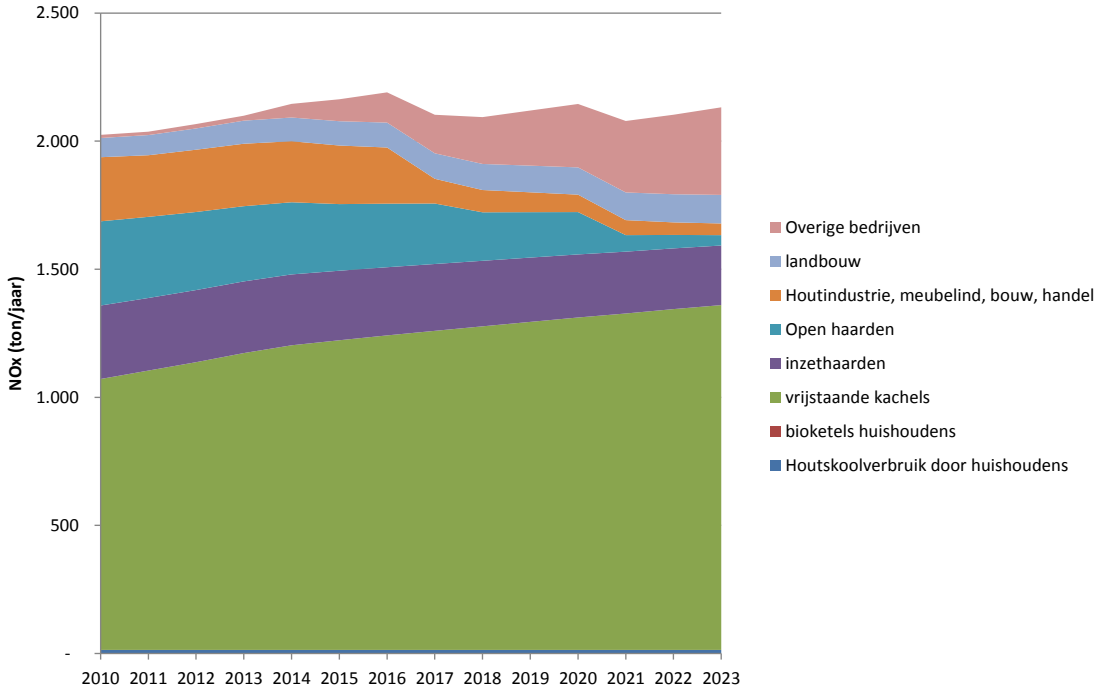
Figuur 5.27 Ontwikkeling van het finaal biomassaverbruik in scenario 5 (Geen NOx verhoging).



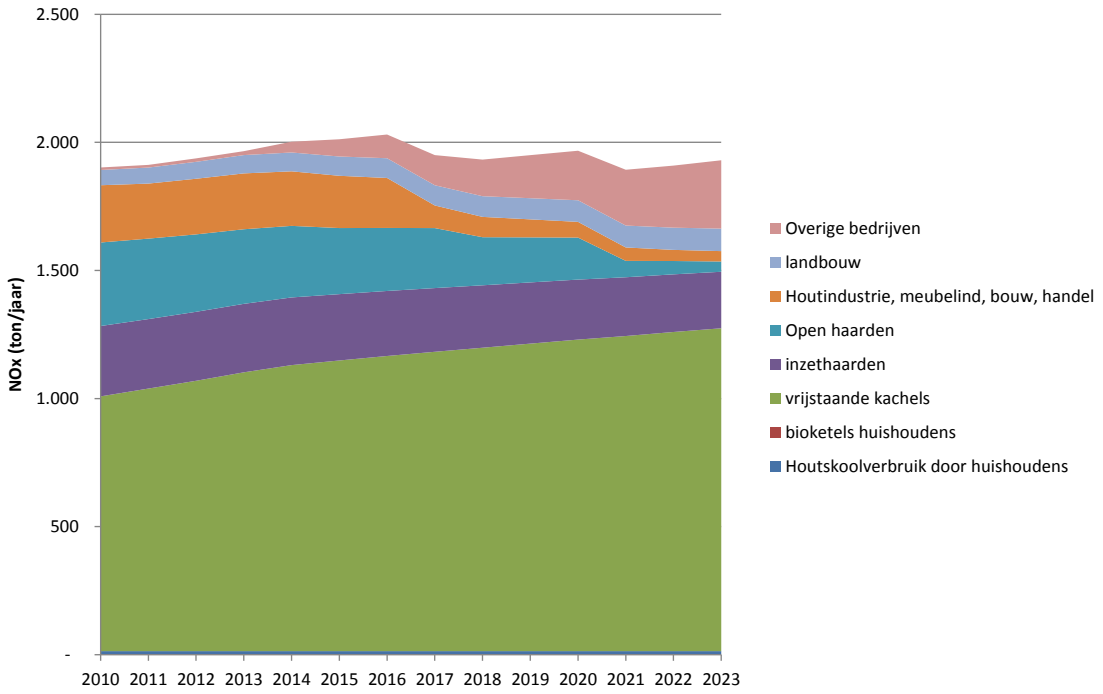
Figuur 5.28 Ontwikkeling van de bruto CO vracht in scenario 5 (Geen NOx verhoging)



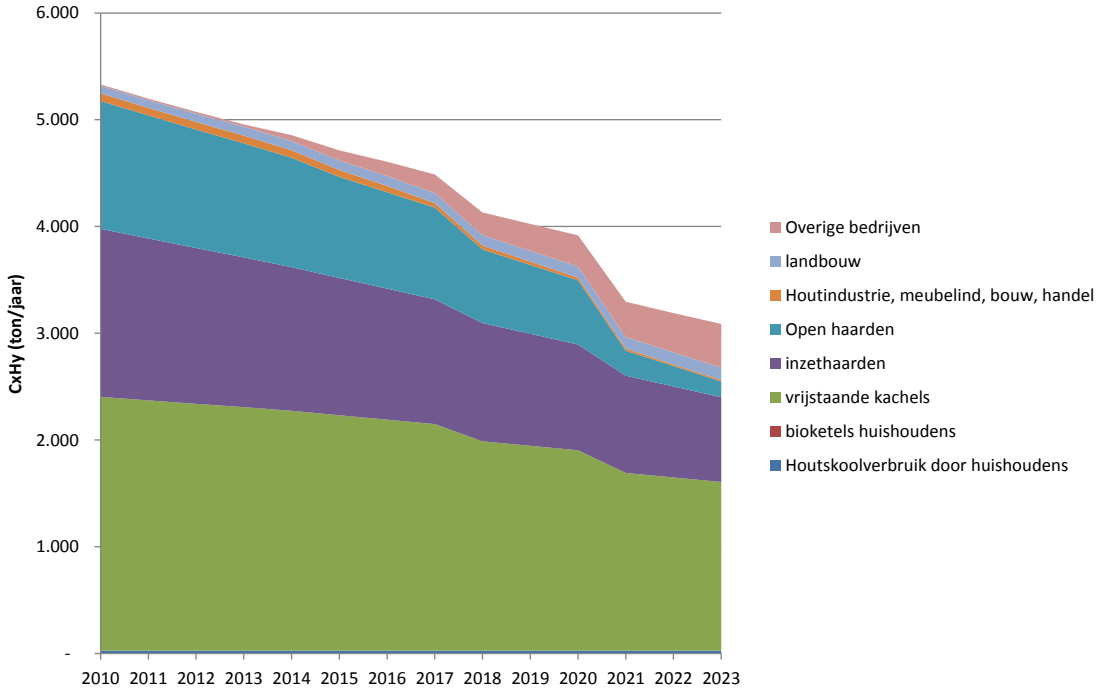
Figuur 5.29 Ontwikkeling van de PM10 vracht in scenario 5 (Geen NOx verhoging)



Figuur 5.30 Ontwikkeling van de bruto NOx vracht in scenario 5 (Geen NOx verhoging)



Figuur 5.31 Ontwikkeling van de netto NOx vracht in scenario 5 (Geen NOx verhoging)



Figuur 5.32 Ontwikkeling van de CxHy vracht in scenario 5 (Geen NOx verhoging)

5.5.1 Duiding

Omdat de NOx uitstoot direct kan worden gekoppeld aan de stikstofinhoud van de brandstof en mogelijkheden tot nageschakelde NOx verwijdering op kleine schaal ontbreken, kan groei in de opwekking van duurzame energie door biomassaverbranding alleen worden gerealiseerd wanneer er sprake is van schaalvergroting. Op kleine schaal kan mogelijk de inzet van biomassa met een laag stikstofgehalte worden gestimuleerd (bijvoorbeeld houtpellets). In scenario 5 kan daardoor een toename van 2 PJ ten opzichte van het huidige niveau worden gerealiseerd zonder toename in de netto NOx uitstoot.

6 Evaluatie en conclusies

Deze studie laat zien dat in het standaardscenario een groei van 28% in het finaal biomassaverbruik wordt verwacht van 16 naar 20,4 PJ in 2020, vooral door het bijplaatsen van biomassaketels welke worden gebruikt voor productie van warmte in de gebouwde omgeving. Dit gaat gepaard met een afname in de uitstoot van CO, PM10 en CxHy. De uitstoot van NOx echter neemt toe met 9% omdat dit vooral wordt bepaald door de aanwezigheid van stikstof in de brandstof. In de tabel is tevens weergegeven welk effect wordt verwacht op de CO_2 uitstoot. De effecten van de verschillende scenario's zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 6.1 Samenvatting van de resultaten van de verschillende scenario's.

Resultaten per scenario:	2013	2020				
		1: Standaard	2: Aanpassen ketels > 1 MW aan Act Besluit in 2017	3: 2% gas per jaar naar bio	4: Beperking emissies uit oude sfeertoestellen	5:Geen NOx verhoging
Aantal installaties	931.621	869.944	870.015	1.202.677	818.011	815.946
Opgesteld vermogen (MW)	2.993	3.684	3.836	12.133	3.615	3.258
Warmteproductie (TJ)	10.210	14.816	15.635	62.402	14.811	12.882
Finaal eindverbruik (TJ)	15.967	20.434	21.353	73.790	20.108	17.932
CO vracht (ton bruto)	48.202	45.642	46.311	95.954	43.780	41.280
CO vracht (ton netto)	48.116	45.500	46.158	95.233	43.638	41.152
PM10 vracht (ton)	1.621	1.413	1.420	2.301	1.336	1.301
NOx vracht (ton bruto)	2.099	2.356	2.436	6.463	2.311	2.145
NOx vracht (ton netto)	1.966	2.142	2.206	5.419	2.097	1.966
CxHy vracht (ton)	4.956	4.401	4.413	8.479	4.116	3.917
CO2 besparing (kton)	159	394	445	2.779	394	273

*bruto=absolute uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels, netto=uitstoot van de betreffende biomassagestookte ketels/kachels na aftrek van de vermeden uitstoot door gasgestookte ketels

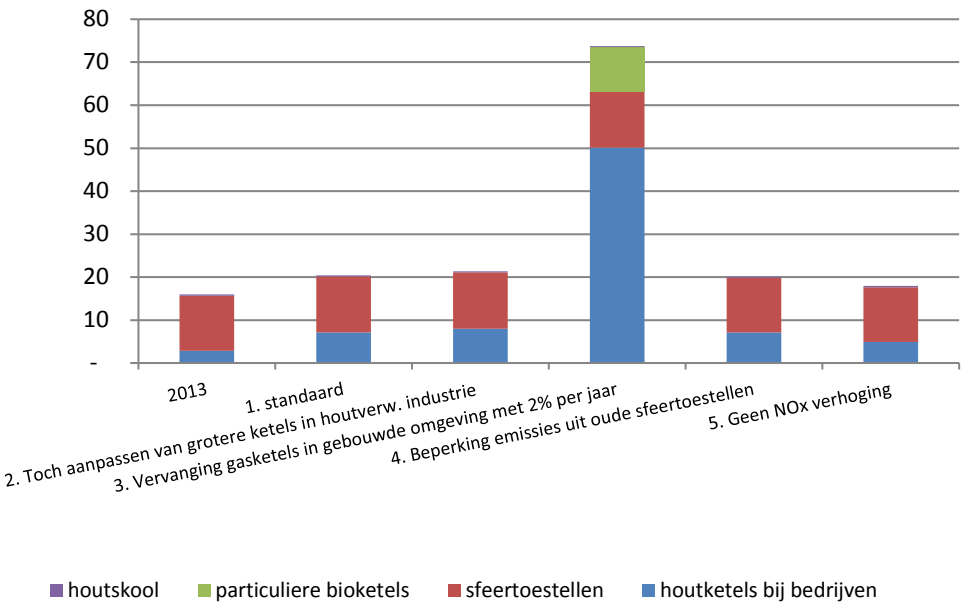
Uit scenario 2 blijkt dat de groei in het standaardscenario met ca. 0,8 PJ wordt geremd doordat wordt verwacht dat grotere ketels in de houtverwerkende industrie niet worden vervangen in 2017, wanneer deze moeten voldoen aan de aangescherpte eisen uit het Activiteitenbesluit.

In scenario 3 worden grootschalig biomassagestookte ketels gerealiseerd. Dit leidt weliswaar tot een bijna een vervijfvoudiging in de duurzame energiebijdrage, maar ook de uitstoot neemt fors toe voor alle componenten.

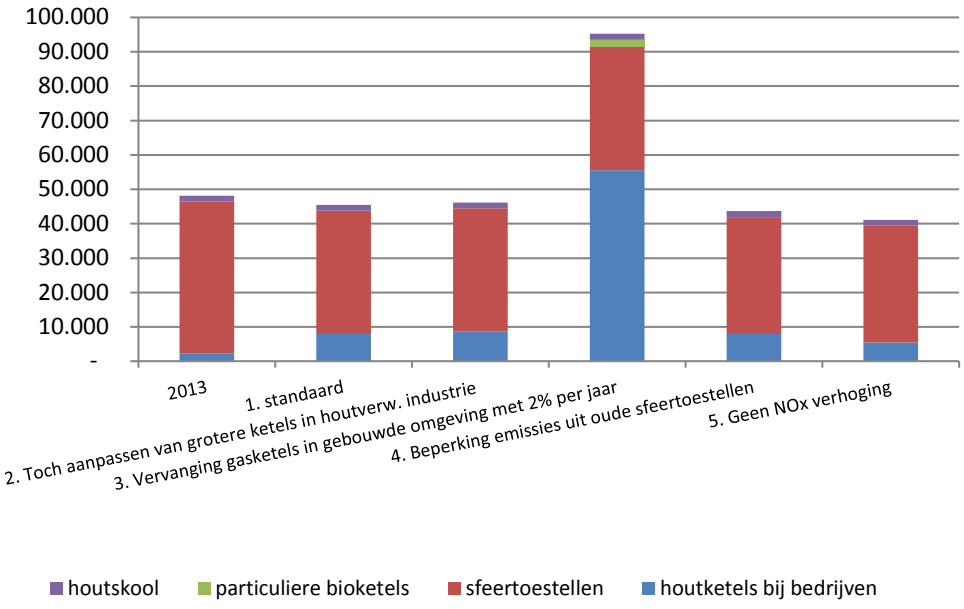
De uitstoot van CO, PM10, CxHy wordt vooral veroorzaakt door toestellen met een slechte verbrandingskwaliteit, dit zijn vooral oude houtkachels en open haarden. Het zou daarom effectief zijn om deze toestellen net als in Duitsland onder invloed van de 1.BImSchV gebeurt, versneld uit de markt te halen (zie scenario 4).

De vorming van NOx kan direct worden gekoppeld aan de stikstofinhoud van de brandstof. Terwijl er bij grotere installaties nageschakelde NOx verwijdering kan worden toegepast, zou bij kleinere ketels de inzet van stikstofarme brandstof (zoals pellets) kunnen worden gestimuleerd. Investeerders dienen vervolgens een afweging te maken tussen beide opties. Uit scenario 5 blijkt dat in dit scenario een toename van 2 PJ ten opzichte van het huidige niveau kan worden gerealiseerd zonder toename in de netto NOx uitstoot.

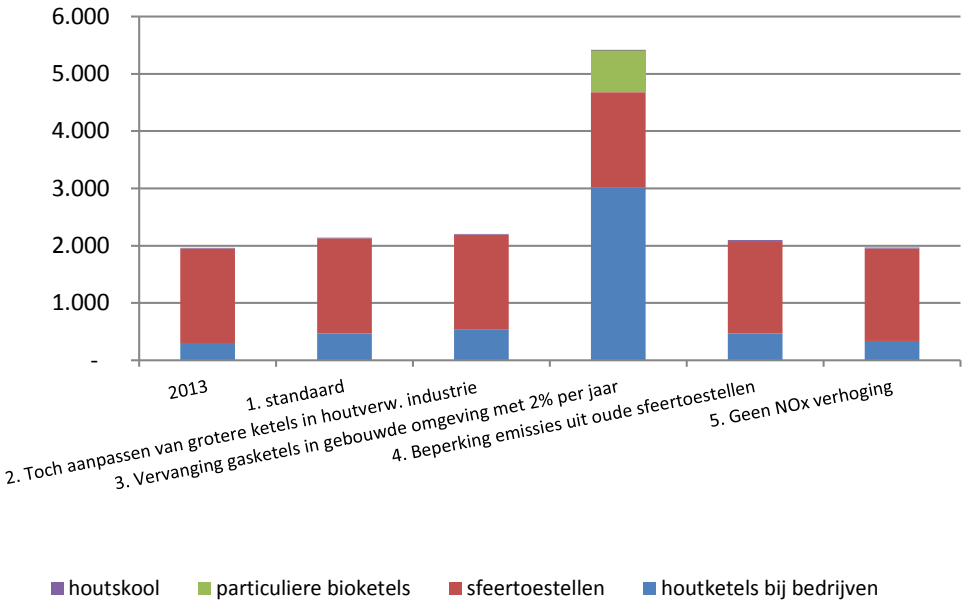
Een vergelijking van de scenario's op finaal biomassagebruik en uitstoot is in onderstaande figuren weergegeven.



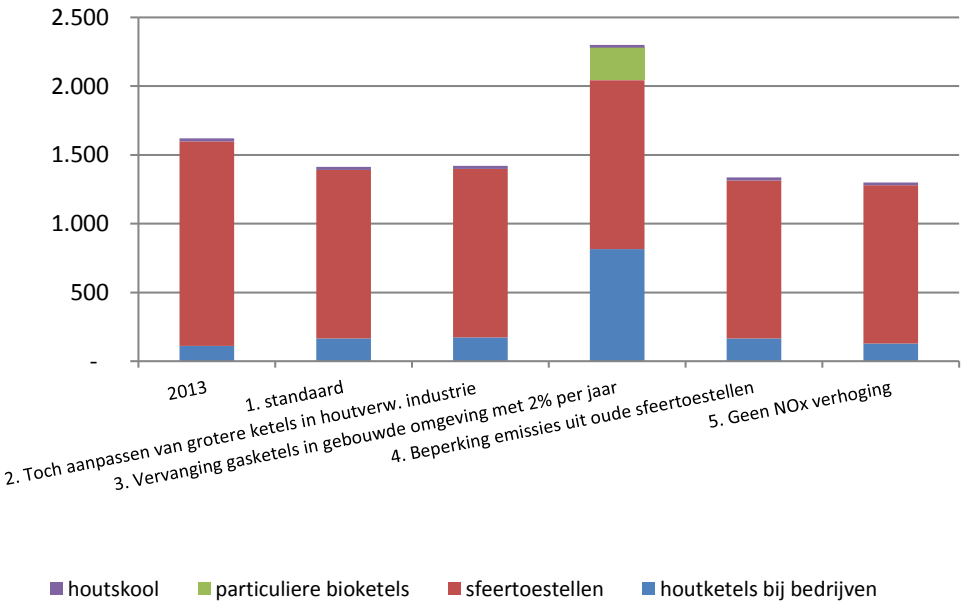
Figuur 6.1 Finaal biomassagebruik in 2020 (PJ) voor de verschillende scenario's.



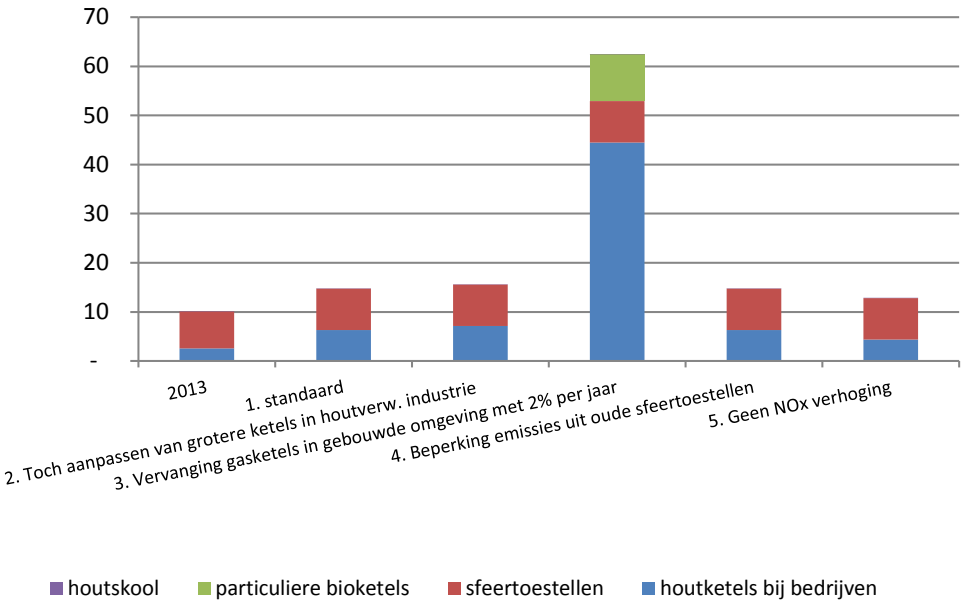
Figuur 6.2 Netto CO vracht in 2020 (ton/jaar) voor de verschillende scenario's.



Figuur 6.3 Netto NOx vracht in 2020 (ton/jaar) voor de verschillende scenario's.



Figuur 6.4 PM10 vracht in 2020 (ton/jaar) voor de verschillende scenario's.



Figuur 6.5 CO_2 besparing in 2020 (kton/jaar) voor de verschillende scenario's.

7 Beleidsaanbevelingen

Verwacht kan worden dat de NOx uitstoot van biomassagestookte kachels en ketels in de komende jaren toe zal gaan nemen. Helaas staat dit haaks op de mogelijke significante aanscherping van het emissieplafond voor NOx in het kader van de NEC en de wens om de luchtkwaliteit in Nederland te verbeteren.

Wel hangt de verhoging af van de toepassing. Bij een grote biomassagestookte kachel of ketel zijn meer mogelijkheden voor procesoptimalisatie en toepassing van nageschakelde technieken als SNCR en SCR dan bij een kleinere ketel of kachel. Dit resulteert erin, dat met grotere ketelinstallaties een ca. 40% lagere emissiefactor voor NOx kan worden gerealiseerd dan bij kleinere toestellen. Schaalvergroting in de toepassing van biomassaverbranding biedt daarmee kansen tot vergroting van de duurzame energieproductie met beperkte toename van de NO_x uitstoot. Dit geldt ook voor ketels welke groter zijn dan 5 MW, welke buiten de scope van deze analyse vallen. Op kleine schaal kan verlaging van de NO_x uitstoot alleen worden bereikt door de inzet van brandstoffen met een laag stikstofgehalte, zoals houtpellets welke zijn gemaakt uit schoon kernhout. In beide gevallen dienen de meerkosten adequaat te zijn opgenomen in de SDE+ systematiek. Verder dient te worden overwogen wat het belang is van verhoging van de duurzame energieproductie in verhouding tot verhoging van de uitstoot van NOx en in mindere mate ook stof.

De emissiefactoren van onverbrande koolwaterstoffen, koolmonoxide en fijn stof zijn aanzienlijk hoger bij oudere sfeerverwarmingstoestellen dan bij moderne sfeertoestellen of bij goed ingeregelde biomassagestookte ketels. Modernisering van de sfeerverwarmingstoestellen en uitfasering van open haarden leidt daarom tot een belangrijke verlaging van de uitstoot. Deze studie toont aan dat een beleidsinterventie op dit gebied zoals in Duitsland wordt uitgevoerd in het kader van de 1. BImSchV ook effectief kan zijn voor verlaging van de uitstoot van genoemde stoffen in Nederland. Daarbij leidt vervanging van oudere toestellen door nieuwere toestellen eveneens tot een hoger conversierendement en doelmatig gebruik van biomassa. Dit geldt vooral voor open haarden, welke typisch een rendement van slechts 10% hebben. De duurzaamheidsdoelstellingen zijn hierin echter contraproductief om daarbij niet de duurzame warmteproductie meetelt, maar het finaal biomassaverbruik. Overigens valt het Duitse voorbeeld niet zo maar over te plaatsen naar Nederland omdat het uitgebreide handhavingssysteem in Duitsland ontbreekt in Nederland.

Samengevat verdienen tenminste de volgende mogelijke beleidsinterventies verdere aandacht.

- Stimuleren van uitgebruik nemen van open haarden en verouderde houtkachels

- Versneld invoeren van bioketels in alle sectoren met aandacht voor de emissieplafonds en luchtkwaliteit.
- Schaalvergroting biedt kansen voor meer duurzame energie zonder verhoging van de uitstoot.

Daarnaast zijn er ook andere maatregelen te bedenken welke een positieve invloed kunnen hebben op de uitstoot, waaronder het stimuleren van goed stookgedrag en het gebruik van goede kwaliteit brandstoffen.

8 Referenties

1.BImSchV, 2010. *Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes* (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV), Ausfertigungsdatum: 26.01.2010

Behnke, A., *Novellierung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen, Neue Regelungen für Kaminöfen und Holzheizkessel*, Umweltbundesambt, 2010

CBS, 2014, Hernieuwbare Energie in Nederland 2013, 2014

Segers, R., 2013, Houtverbruik huishoudens, WoON-onderzoek 2012, CBS, Webartikel 2013

Emissieregistratie, www.emissieregistratie.nl, geraadpleegd okt 2014

Jansen B.I., Dröge R., *Emissiemodel Houtkachels*, 2011, TNO-060-UT-2011-00314

Koppejan J., *Scenarioanalyse Houtkachels 2020*, Rapportage in opdracht van de Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK), Procede Biomass, 2008

Koppejan J., *Statusoverzicht Houtkachels in Nederland*, Rapportage in opdracht van AgentschapNL, 2010

Kroon P., de Wilde H.P.J., *Emissies van houtstook door huishoudens*, ECN-E--12-011, 2012

Menkveld M., Sipma J.M., Tigchelaar C., Vethman P., Volkers C.H., Referentieraming energie en emissies 2010-2020, Gebouwde Omgeving. Achtergrondrapportage. ECN, 2010, rapport ECN-E--10-108

NEN 7120+C2: 2012: *Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode*

Nussbaumer T., Czasch C., Klippel N., Johansson L., Tullin C., *Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries, Survey on Measurements and Emission Factors*, IEA Bioenergy Task 32, 2008

Roeterdink W.G., Kroon P., Gas-, hout- en oliegestookte ketels. NEC en fijn stof emissies van ketels met een vermogen van minder dan 1 MWth, ECN-E--10-115, 2010

Struschka M., Kilgus D., Springmann M., Baumbach G., *Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung*, Forschungsbericht 205 42 322, Un. Stuttgart, 2008, ISBN 1862-4804

Bijlage 1. Klankbordgroep

Frank van Erp, RVO

Matté Brijder, RVO

Wim Burgers, Infomil

Ria Kalf, Platform Bio-Energie

Eppo Bolhuis, NBKL

Eric Smit, Interfocos BV

Gert Kooij, Nederlandse Haarden en Kachelbranche

Ben Schoormans, Bioenergie op Maat

Rene Nijboer, Tubro Filter en Luchttechniek

Bijlage 2. Deelnemers workshop 27 okt 2014

Ria Kalf (Platform Bio-Energie)

Margret Groot (InfoMil)

Eric Smit (Interfocos BV)

Fokke Goudswaard (Platform Bio-energie)

Klaas Krijgsheld (Min I&M)

Piet Kruithof (Min I&M)

Fred Brouwers (Min BZK)

Ronald Schillemans (Min BZK)

Eppo Bolhuis (NBKL)

Rene Nijboer (Tubro, NBKL)

Ben Schoormans (Bioenergie op maat, NBKL)

Rein Gelten (NHK)

Arjan Plomp (ECN)

Pieter Kroon (ECN)

Jaap Koppejan (Procede.nl)

Kees Kwant (RVO)

Matté Brijder (RVO)

Frank van Erp (RVO)

Bijlage 3. Gehanteerde emissiefactoren

	O_2 %	CO %	MC %	Rend. %	CO mg/MJ	PM10 mg/MJ	NO_x mg/MJ	C_xH_y mg/MJ	SO_2 mg/MJ
onderstoker, resthout (50 - 1.000 kW)	9	0,13	15	89	743	122	248	130	27
roosteroven, resthout (50 - 1.000 kW)	9	0,13	15	89	728	108	123	13	19
onderstoker (> 50 - 1.000 kW)	9	0,28	35	88	1.550	103	83	72	7,3
roosteroven (> 50 - 1.000 kW)	9	0,20	35	89	1.117	58	76	93	7,3
open haard	19	0,10	15	10	3.310	165	136	496	
inzethaard, ongekeurd (<1997)	15	0,65	15	48	6.619	199	136	993	
inzethaard, gekeurd (1997-2010)	13	0,50	15	59	3.972	99	136	132	
inzethaard DIN+ (EN13229, sinds 2010)	11	0,15	15	78	997	50	133	80	
inzethaard, herziene 1 BImschV, fase 1 (sinds 2010)	13	0,16	15	80	1.313	49	132		
inzethaard, herziene 1 BImschV, fase 2 (vanaf 2015)	13	0,10	15	80	831	27	133		
vrijstaand, ongekeurd (<1997)	13	0,87	15	58	6.619	199	136	993	
vrijstaand, gekeurd (1997-2010)	11	0,63	15	73	3.972	99	136	132	
vrijstaand, DIN+ (EN13240, sinds 2010)	11	0,15	15	78	994	50	133	80	
vrijstaand, herziene 1 BImschV, fase 1 (sinds 2010)	13	0,16	15	73	1.319	49	132		
vrijstaand, herziene 1 BImschV, fase 2 (vanaf 2015)	13	0,10	15	73	831	27	132		
Barbecue	18	0,50	0	33	6.268	79	53	104	-

Bijlage 4. Emissie-eisen, vertaald naar emissiefactoren

	Emissie-eisen (mg/m^3)						Hieruit afgeleide emissiefactoren (mg/MJ)				
	O_2 (%)	CO	stof	NOx	C_xH_y	SO_2	CO	stof	NOx	C_xH_y	SO_2
NER-F7 <0,5 MW (<2013)	11%	2.000	100				1.133	57			
NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	11%	2.000	50				1.133	28			
NER-F7 1,5..5 MW (<2010)	11%	250	25		50		142	14		28	
Act Besluit <0.5 MW (2013-2014)	6%		150					57			
Act Besluit 0.5-1 MW (2013-2014)	6%		75					28			
Act Besluit 0-1 MW (vanaf 2015)	6%		40	300		200		15	113		76
Act Besluit 1-5 MW (sinds 2010)	6%		20	230*		200		8	87		76
1 BImschV, fase 2 (2015), 40-1000 kW	13%	400	20				282	14			
TA Luft, 1-2,5 MW	11%	150	100	250	7		85	57	142	4	
TA Luft, 2,5-5 MW	11%	150	50	250	7		85	28	142	4	
ECODESIGN voor boilers (<1 MW, vanaf 2020)	10%	682	55	273	27		257	21	103	10	
ECODESIGN (closed front end, vanaf 2022)	13%	2.813	75	375	225		994	27	133	80	
ECODESIGN (open front end, vanaf 2022)	13%	3.750	94	375	225		1.319	33	132	79	
MCP verordening, 1-5 MW, vanaf 2030	6%		20	300		200		8	113		76

*Het voornemen bestaat om deze emissie-eis in 2015 te verhogen naar 275 mg/m^3.

Bijlage 5. Resultaten voor 2013

Type verbrandingsinstallatie en emissie-eis		rendement (%)	uitstoot (mg/MJ) CO	PM10	NOx	CxHy	kW gem	Uren/jaar	aantal	MW	TJ heat	TJ bio	CO ton/jaar	PM10 ton/jaar	NOx ton/jaar	CxHy ton/jaar
Totaal		**64%**	**3.009**	**102**	**140**	**314**	**4**	**149**	**4.931.621**	**18.993**	**10.210**	**15.960**	**47.885**	**1.620**	**2.239**	**5.005**
Bedrijven		**89%**	**673**	**38**	**174**	**79**	**178**	**1.500**	**2.621**	**472**	**2.550**	**2.868**	**1.979**	**111**	**493**	**225**
Houtindustrie, meubelind, bouw, handel		**89%**	**475**	**30**	**156**	**44**	**328**	**1.500**	**812**	**252**	**1.360**	**1.528**	**786**	**47**	**235**	**69**
onderstoker, resthout	NER-F7 <0,5 MW (<2013)	89%	743	57	248	130	102	1.500	633	65	349	392	291	22	97	51
roosteroven, resthout	NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	89%	728	28	123	13	723	1.500	36	26	139	156	114	4	19	2
roosteroven, resthout	NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	89%	728	28	123	13	1250	1.500	36	45	246	276	201	8	34	4
roosteroven, resthout	NER-F7 1,5..5 MW (<2010)	89%	142	14	123	13	3000	1.500	35	106	574	645	91	9	79	8
onderstoker, resthout	Act Besluit <0.5 MW (2013-2014)	88%	1.550	57	83	72	135	1.500	68	9	49	56	86	3	5	4
roosteroven, resthout	Act Besluit 0.5-1 MW (2013-2014)	89%	728	28	123	13	135	1.500	4	1	3	3	2	0	0	0
roosteroven, resthout	Act Besluit 0-1 MW (vanaf 2015)	89%	728	15	113	13	135	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-
roosteroven, resthout	Act Besluit 1-5 MW (sinds 2010)	89%	728	8	87	13	2111	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-
Landbouw		**89%**	**872**	**50**	**201**	**119**	**114**	**1.500**	**1.580**	**181**	**976**	**1.098**	**957**	**55**	**221**	**130**
Onderstoker	NER-F7 <0,5 MW (<2013)	89%	743	57	248	130	93	1.500	1.415	132	711	798	593	45	198	104
Roosteroven	NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	89%	1.117	28	76	93	723	1.500	33	24	129	145	162	4	11	13
Roosteroven	NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	89%	1.117	28	76	93	1250	1.500	8	10	54	61	68	2	5	6
Roosteroven	NER-F7 1,5..5 MW (<2010)	89%	142	14	76	28	3000	1.500		-	-	-	-	-	-	-
Onderstoker	Act Besluit <0.5 MW (2013-2014)	88%	1.550	57	83	72	93	1.500	119	11	60	68	105	4	6	5
Roosteroven	Act Besluit 0.5-1 MW (2013-2014)	89%	1.117	28	76	93	723	1.500	3	2	11	12	14	0	1	1
Roosteroven	Act Besluit 0-1 MW (vanaf 2015)	89%	1.117	15	76	93	107	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-
Roosteroven	Act Besluit 1-5 MW (sinds 2010)	89%	1.117	8	76	93	1250	1.500	2	2	12	13	15	0	1	1

Type verbrandingsinstallatie en emissie-eis		rendement (%)	uitstoot (mg/MJ) CO	PM10	NOx	CxHy	kW gem	Uren/jaar	aantal	MW	TJ heat	TJ bio	CO ton/jaar	PM10 ton/jaar	NOx ton/jaar	CxHy ton/jaar
Overige bedrijven	*****	**89%**	**973**	**37**	**154**	**108**	**173**	**1.500**	**230**	**40**	**215**	**242**	**235**	**9**	**37**	**26**
Onderstoker	NER-F7 <0,5 MW (<2013)	89%	743	57	248	130	94	1.500	191	18	97	109	81	6	27	14
Roosteroven	NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	89%	1.117	28	76	93	723	1.500	10	7	39	44	49	1	3	4
Roosteroven	NER-F7 0,5..1,5 MW (<2013)	89%	1.117	28	76	93	1250	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-
Roosteroven	NER-F7 1,5..5 MW (<2010)	89%	142	14	76	28	3000	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-
Onderstoker	Act Besluit <0.5 MW (2013-2014)	88%	1.550	57	83	72	94	1.500	25	2	12	14	22	1	1	1
Roosteroven	Act Besluit 0.5-1 MW (2013-2014)	89%	1.117	28	76	93	723	1.500	1	1	5	6	6	0	0	1
Roosteroven	Act Besluit 0-1 MW (vanaf 2015)	89%	1.117	15	76	93	125	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-
Roosteroven	Act Besluit 1-5 MW (sinds 2010)	89%	1.117	8	76	93	5000	1.500	2	11	61	69	77	1	5	6
Huishoudens		**59%**	**3.451**	**116**	**135**	**370**	**3**	**835**	**929.000**	**2.521**	**7.570**	**12.822**	**44.214**	**1.488**	**1.732**	**4.752**
open haard		**10%**	**3.310**	**165**	**136**	**496**	**1,25**	**138**	**343.000**	**429**	**213**	**2.153**	**7.126**	**356**	**294**	**1.069**
Inzethaarden		**54%**	**5.407**	**159**	**136**	**682**	**3**	**581**	**175.000**	**528**	**1.103**	**2.056**	**11.117**	**326**	**280**	**1.403**
inzethaard, ongekeurd (<1997)		48%	6.619	199	136	993	3,2	490	112.848	361	637	1.325	8.773	263	181	1.316
inzethaard, gekeurd (1997-2010)		59%	3.972	99	136	132	2,6	748	46.195	119	320	543	2.157	54	74	72
inzethaard DIN+ (EN13229, vanaf 2010)		78%	997	50	133	80	3,0	848	15.957	48	146	187	187	9	25	15
inzethaard, herziene 1 BImschV, fase 1 (vanaf 2010)		78%	997	49	132	80	3,0	848		-	-	-	-	-	-	-
inzethaard, herziene 1 BImschV, fase 2 (vanaf 2015)		78%	831	27	133	80	3,0	848		-	-	-	-	-	-	-
Vrijstaande kachels		**73%**	**3.015**	**94**	**135**	**265**	**4**	**1.111**	**411.000**	**1.564**	**6.253**	**8.613**	**25.972**	**805**	**1.159**	**2.280**
vrijstaand, ongekeurd (<1997)		58%	6.619	199	136	993	4,3	774	75.464	328	914	1.581	10.464	314	216	1.570
vrijstaand, gekeurd (1997-2010)		73%	3.972	99	136	132	3,7	1.163	136.500	499	2.087	2.860	11.359	284	390	379
vrijstaand, DIN+ (EN13240, vanaf 2010)		78%	994	50	133	80	3,7	1.225	199.036	737	3.252	4.172	4.148	207	553	332
vrijstaand, herziene 1 BImschV, fase 1 (vanaf 2010)		78%	994	49	132	80	3,7	1.225		-	-	-	-	-	-	-
vrijstaand, herziene 1 BImschV, fase 2 (vanaf 2015)		78%	831	27	132	80	3,7	1.225		-	-	-	-	-	-	-

Type verbrandingsinstallatie en emissie-eis	rendement (%)	uitstoot (mg/MJ) CO	PM10	NOx	CxHy	kW gem	Uren/jaar	aantal	MW	TJ heat	TJ bio	CO ton/jaar	PM10 ton/jaar	NOx ton/jaar	CxHy ton/jaar
Bioketels bij particulieren	**81%**	**4.568**	**90**	**124**	**40**	**5**	**1.200**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
pelletketel (4..25 kW)	91%	216	23	81	8	5	1.894	-	-	-	-	-	-	-	-
houtketel handgestookt (4..25 kW)	81%	4.568	90	124	40	5	1.200	-	-	-	-	-	-	-	-
Barbeque	**33%**	**6.268**	**79**	**53**	**104**	**4**	**2**	**4.000.000**	**16.000**	**90**	**270**	**1.692**	**21**	**14**	**28**
Barbecue	33%	6.268	79	53	104	4	2	4.000.000	16.000	90	270	1.692	21	14	28