

Prognoses van energie en emissies van houtkachels en haarden in woningen tot 2040



TNO 2025 R10474 – 27 februari 2025

Prognoses van energie en emissies van houtkachels en haarden in woningen tot 2040

Auteurs	Antoon Visschedijk Rianne Dröge
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Aantal pagina's	28 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	PBL
Projectnaam	Klimaat- en energieverkenning 2024
Projectnummer	060.59955

Alle rechten voorbehouden

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

© 2025 TNO

Samenvatting

Houtverbranding door huishoudens (consumenten) is in Nederland equivalent aan ca. 11 PJ aan nuttige warmte voor ruimteverwarming van woningen, waarvoor ca 16 PJ aan hout nodig is (CBS, 2024). Tevens is houtverbranding door consumenten echter ook een belangrijke bron van luchtverontreiniging door fijnstof en PAK. Voor de Klimaat- en energieverkenning 2024 (KEV; PBL, TNO, CBS en RIVM 2024) en de Emissieramingen Luchtverontreinigende stoffen 2025 (ERL; PBL en RIVM 2025) is een prognose gemaakt van het houtverbruik en resulterende emissie van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen.

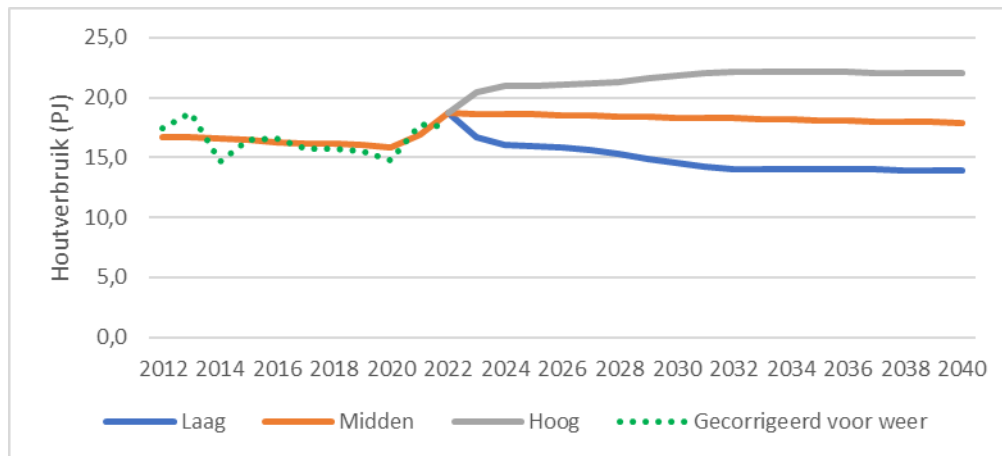
In de vorige KEV-projectie voor houtstook die opgesteld was in 2020 (voor de gascrisis) werd voor de periode na 2018 een relatief constante stookhoutconsumptie verondersteld voor de toekomst. De hoge gasprijzen in 2021 en 2022 hebben echter geleid tot het stoken van meer hout en hiervoor is ingeschat dat de houtconsumptie is gestegen met 6% in 2021 t.o.v. 2020 en 11% in 2022 t.o.v. 2021. Recentelijk is de mogelijke stijging in het houtverbruik als gevolg van hoge gasprijzen min of meer bevestigd (zij het kwalitatief) door CBS onderzoek (CBS, 2023). In dit CBS onderzoek, gaf 30% van de geënquêteerden aan dat zij meer hout zijn gaan stoken in de afgelopen 12 maanden, waarvan 84% dit doet vanwege de hoge gasprijs. Daarnaast gaf 19% aan minder hout te zijn gaan stoken vanwege diverse redenen. Het is onbekend hoeveel hout de geënquêteerden meer of minder zijn gaan stoken.

Omdat het houtverbruik onzeker is, zijn er voor de prognoses van het houtverbruik naar 2040 3 scenario's uitgewerkt (zie Figuur 1.1) die geschikt zijn voor de KEV en de onzekerhedenanalyses daarin:

-) Midden: Het houtverbruik vanaf 2022 blijft constant.
-) Hoog: Het houtverbruik neemt nog verder toe als gevolg van de verschillen in prijs van hout en aardgas.
-) Laag: Het houtverbruik neemt af, bijvoorbeeld als gevolg van maatschappelijke druk op bezitters van houtkachels om minder of niet meer te stoken.

Bij deze 3 scenario's is het effect van warmere winters door toekomstige klimaatverandering meegenomen, waardoor de warmtevraag lager is en daarmee het geprognosticeerde houtverbruik lager wordt.

Voor de emissie uit het stoken van hout, is ook de ontwikkeling van het Nederlandse kachelpark van belang. Sinds 2022 moeten nieuw verkochte kachels aan het Europese Ecodesign keurmerk voldoen en in eerdere jaren voldeden veel in Nederland verkochte kachels al aan het Duitse DIN+ of het eerdere TNO-MEP keurmerk. Deze typen kachels hebben bij juist gebruik een significant lagere emissie van luchtverontreinigende stoffen dan open haarden of conventionele ongekeurde kachels. Door natuurlijke vervanging van oude conventionele (niet-gekeurde) toestellen door nieuwe (gekeurde) toestellen, treedt een geleidelijke verjonging van het kachelpark op met een steeds lager wordende gemiddelde emissiefactor voor luchtverontreinigende stoffen als gevolg.



Figuur 1.1: Totale geprojecteerde stookhout verbruik door huishoudens volgens de drie scenario's, voor de periode 2023 t/m 2040. Zowel het weer-gecorrigeerde als het niet weer-gecorrigeerde houtverbruik voor de periode 2012 t/m 2022 volgens het houtkachemodel, zijn eveneens opgenomen in de figuur.

In Tabel 1.1 wordt de emissie van historische jaren (2012, 2020 en 2022) en de prognose van 2030 en 2035 getoond, inclusief een bandbreedte. De bandbreedte is gebaseerd op het hoge en lage scenario van houtconsumptie en op een onzekerheid veroorzaakt door de snelheid in verjonging van het kachelpark. De afname in emissies van fijnstof (PM10 en PM2,5), NMVOS en NH₃ zijn het gevolg van de verjonging van het kachelpark. De emissie van SO₂ is vooral afhankelijk van het zwavelgehalte van het gebruikte hout en hierop heeft de verjonging van het kachelpark geen effect.

Tabel 1.1: Emissies uit houtstook met vastgesteld beleid voor realisaties (2012, 2020 en 2022) en emissieprognoses inclusief bandbreedte (2030 en 2035) (kiloton).

Stof	2012	2020	2022	2030	2035
PM _{2,5}	5,4	3,9	4,1	3,1 (1,7 – 4,5)	2,7 (1,2 – 4,3)
PM ₁₀	5,7	4,1	4,3	3,3 (1,8 – 4,7)	2,9 (1,2 – 4,5)
NMVOS	9,6	7,0	7,4	6,0 (3,2 – 8,6)	5,4 (2,3 – 8,5)
NH ₃	0,21	0,13	0,13	0,09 (0,004 – 0,18)	0,08 (0,004 – 0,19)
NO _x	2,0	1,9	2,2	2,0 (1,4 – 2,6)	1,9 (1,3 – 2,5)
SO ₂	0,22	0,21	0,24	0,24 (0,19 – 0,28)	0,23 (0,18 – 0,29)

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	6
1.1 Veronderstelde stijging houtverbruik in Nederland in 2020 – 2022	7
2 Prognoses van brandstofverbruik	9
2.1 Geprognosticeerde prijsontwikkelingen van aardgas en stookhout	9
2.2 Geprognosticeerde houtverbruik	10
2.2.1 Middenscenario	11
2.2.2 Hoog scenario	12
2.2.3 Laag scenario	13
2.2.4 Graaddagen trend	14
3 Resultaten	15
3.1 Prognose brandstofverbruik	15
3.2 Prognose van emissies door houtkachels	16
3.3 Bandbreedte prognoses	20
4 Conclusie	22
5 Literatuur	24
Ondertekening	25
Bijlagen	
Bijlage A: Emissiefactoren	26
Bijlage B: Emissies volgens het lage, hoge en midden scenario van houtconsumptie	27

1 Inleiding

Houtverbranding door huishoudens (consumenten) is in Nederland equivalent aan ca. 11 PJ aan nuttige warmte voor ruimteverwarming van woningen (CBS, 2024). Tevens is houtverbranding door consumenten echter ook een belangrijke bron van luchtverontreiniging door fijnstof en PAK. Voor de Klimaat- en energieverkenning (KEV) en de Emissieramingen Luchtverontreinigende stoffen (ERL) is het onder andere om bovenstaande redenen belangrijk om een zo betrouwbaar mogelijke prognose te hebben van het houtverbruik en resulterende emissie van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen. In 2020 is er door TNO een dergelijke prognose (tot aan 2030) gemaakt (Visschedijk en Dröge, 2020). Voor de KEV 2024 en de ERL 2025 heeft het PBL aan TNO gevraagd om deze prognoses te actualiseren gebruikmakend van de laatste inzichten. Er werd bij de vorige prognose uitgegaan van een min of meer stabiel houtverbruik in de periode 2020 – 2030, aangezien dat beeld naar voren kwam uit de eerder gehouden WoON (Woon Onderzoek Nederland) enquêtes voor 2007, 2012 en 2018 naar stookgedrag van Nederlandse huishoudens (Segers (2010), Segers (2013), van Middelkoop en Segers (2019).

Sinds het moment dat de vorige prognose gemaakt is, heeft een gascrisis plaats gevonden, waarin de gasprijzen naar recordhoogte stegen en veel huishoudens moeite hadden hun energierekening te kunnen betalen. Er zijn in de media aanwijzingen geweest dat tijdens deze gascrisis het verbruik van stookhout door huishoudens significant is toegenomen (zie bijvoorbeeld Visschedijk et al., 2023). Ook heeft CBS onderzoek een recente toename gesuggereerd (CBS, 2023). Er is een aantal belangrijke factoren verondersteld van invloed te zijn op de hoeveelheid stookhout die huishoudens gebruiken:

- › Veel huishoudens stoken hout vanwege het sfeer-verhogend effect hiervan. Dit is het geval bij het stoken van een open haard (waarbij de afgegeven nuttige warmte echter beperkt is). Maar ook gesloten installaties die voorzien zijn van een ruit kunnen bijdragen aan een bepaalde sfeer in een vertrek, terwijl er dan tevens sprake is van een behoorlijk warmterendement.
- › Door stookhout te gebruiken in plaats van aardgas (of het gebruiken van elektriciteit) voor ruimteverwarming kunnen consumenten, afhankelijk van de prijs die voor het stookhout moet worden betaald, geld besparen op hun stookkosten. Stookhout kan een goedkoper alternatief zijn voor aardgas/elektriciteit.
- › Het gebruiken van stookhout en het aanleggen van een zelf-verzamelde houtvoorraad, kan ook bijdragen aan een gevoel van zelfvoorziening en de wens om onafhankelijk te zijn van de grillen van de energiemarkt en mogelijke verdere belastingverhogingen op aardgas. Veel huishoudens lijken die behoefte sinds de gascrisis van 2021/2022 meer te voelen.

Het is onzeker hoeveel bovengenoemde factoren van invloed zijn op de hoeveelheid stookhout die huishoudens zullen gebruiken de komende 15 jaar. Om te kunnen omgaan met die onzekerheid zijn er drie scenario's opgesteld ("Hoog", "Midden" en "Laag"). Paragraaf 1.1 beschrijft de ontwikkelingen van het houtverbruik in de periode 2020-2022. De prognose van het houtverbruik is beschreven in hoofdstuk 2 (methodiek) en paragraaf 3.1 (resultaten).

Naast de hoeveelheid stookhout is de ontwikkeling van het Nederlandse kachelpark van belang voor emissie die optreedt door de verbranding van hout. Sinds 2022 moeten nieuw

verkochte kachels aan het Europese Ecodesign keurmerk voldoen en daarvoor voldeden veel in Nederland verkochte kachels al aan het Duitse DIN+ of het eerdere TNO-MEP keurmerk. Deze typen kachels hebben bij juist gebruik een significant lagere emissie van luchtverontreinigende stoffen. Door natuurlijke vervanging van oude conventionele (niet-gekeurde) toestellen door nieuwe (gekeurde) toestellen, treedt een geleidelijke verjonging van het kachelpark op met een steeds lager wordende gemiddelde emissiefactor voor luchtverontreinigende stoffen als gevolg.

Om de ontwikkeling van het kachelpark te beschrijven opereert TNO het houtkachemodel dat in principe bijhoudt hoeveel kachels er jaarlijks bijkomen en afgedankt worden in Nederland (Jansen et al. 2016, Visschedijk en Dröge, 2020). Aan de hand van uitkomsten van dit model rekent TNO jaarlijks de emissies door houtverbranding in Nederland uit, ten behoeve van de Emissieregistratie. Belangrijkste drijfveer voor de verjonging van het kachelpark is de jaarlijkse verkoop van nieuwe toestellen. Paragraaf 3.2 beschrijft de prognose van het houtkachelpark en de resulterende emissies. De bandbreedte van de emissies wordt beschreven in paragraaf 3.3.

1.1 Veronderstelde stijging houtverbruik in Nederland in 2020 – 2022

Het rapport van Visschedijk en Dröge (2020) beschrijft de verwerking van de WoON2007, 2012 en 2018 houtgebruik enquêteresultaten in het TNO houtkachemodel. In die periode leek de (niet voor weer gecorrigeerde) hoeveelheid stookhout en houtpellets die jaarlijks door huishoudens werd verstoekt in het model rond de 1.200 kiloton te schommelen. In de vorige KEV-projectie voor houtstook die opgesteld is in 2020 (voor de gascrisis) werd naar aanleiding hiervan ook voor de periode na 2018 een relatief constante stookhoutconsumptie verondersteld voor de toekomst.

In 2021 en 2022 vond door samenkomst van verschillende oorzaken de gascrisis plaats waarin gasprijzen voor consumenten naar recordhoogte stegen. Er verschenen in de media verschillende berichten dat houtstook sterk aan het toenemen was. Handelaren in stookhout verklaarden bijvoorbeeld nog vóór de winter 2021/2022 ten einde was reeds hun hele ingekochte voorraad stookhout verkocht te hebben en de Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK) rapporteerde een veel hogere verkoop van kachels dan voorheen⁷ (zie Visschedijk et al., 2023). Als verklaring werden de hoge gasprijzen genoemd. Recentelijk is de mogelijke stijging in het houtverbruik als gevolg van hoge gasprijzen min of meer bevestigd (zij het kwalitatief) door CBS onderzoek (CBS, 2023). In dit CBS onderzoek gaf 30% van de geënquêteerden aan dat zij meer hout zijn gaan stoken in de afgelopen 12 maanden, waarvan 84% dit doet vanwege de hoge gasprijs. Daarnaast gaf 19% aan minder hout te zijn gaan stoken vanwege diverse redenen. Het is onbekend hoeveel hout de geënquêteerden meer of minder zijn gaan stoken.

Naar aanleiding van deze berichten heeft TNO geschat dat de gascrisis in 2022 leidde tot een toename van het houtverbruik van 11% ten opzichte van 2021, en in 2021 leidde tot een kleinere stijging van 6% ten opzichte van 2020, aannemende gelijke weerscondities

⁷ Nieuwsberichten, waaronder:

<https://www.nu.nl/economie/6245536/hoge-gasprijs-leidt-tot-verkoop-van-tienduizend-extra-houtkachels.html?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.nl%2F>
<https://www.rtl.nl/economie/artikel/5354474/open-haard-kachel-haardhout-prijzen-oorlog-regels>
<https://www.metronieuws.nl/in-het-nieuws/binnenland/2022/08/hoge-energieprijzen-houtkachels-haardhout/>

(Visschedijk et al., 2023). Deze stijgingen zijn in het TNO houtkachelmodel verwerkt ten behoeve van de Emissieregistratie en de statistiek. Ook is de veronderstelde stijging in 2022 als parameter gebruikt bij het opstellen van het “Hoog” scenario.

De emissieschattingen die de Emissieregistratie rapporteert, zijn voor houtverbranding weer gecorrigeerd. Dat houdt in dat de werkelijke emissies worden berekend gegeven het weer voor dat jaar. Daarbij was 2021 een relatief koud jaar, terwijl 2022 relatief warm was (vooral de tweede helft van de winter). Hierdoor is in de voor weer gecorrigeerde Emissieregistratie getallen, sprake van een grotere stijging (dan de hiervoor vermelde 6%) in 2021, gevolgd door een daling in 2022.

Het dient opgemerkt te worden dat de in het houtkachelmodel veronderstelde stijgingen in 2021 en 2022 niet gebaseerd zijn op grondig uitgevoerde nieuwe enquêtes naar stookgedrag in Nederland, zoals dat in het WoON onderzoek wel is gebeurd in 2007, 2012 en 2018. Naar verwachting zal er een nieuwe WoON enquête worden gehouden in 2025/2026. Wanneer de resultaten van de WoON houtmodule verwerkt zijn, zal blijken of er daadwerkelijk sprake is geweest van een significante stijging van het houtgebruik in afgelopen periode. Deze resultaten worden op zijn vroegst in 2026 verwacht.

2 Prognoses van brandstofverbruik

2.1 Geprognosticeerde prijsontwikkelingen van aardgas en stookhout

Zoals vermeld in de inleiding, kunnen de hoge gasprijzen van de afgelopen jaren een belangrijke rol hebben gespeeld bij de keuze van huishoudens om door middel van een houtkachel hun woning (meer) te gaan (bij-) verwarmen. Daarom zijn er prognoses gemaakt van zowel de consumenten aardgasprijs als de consumenten prijs van stookhout voor de periode 2023 t/m 2040.

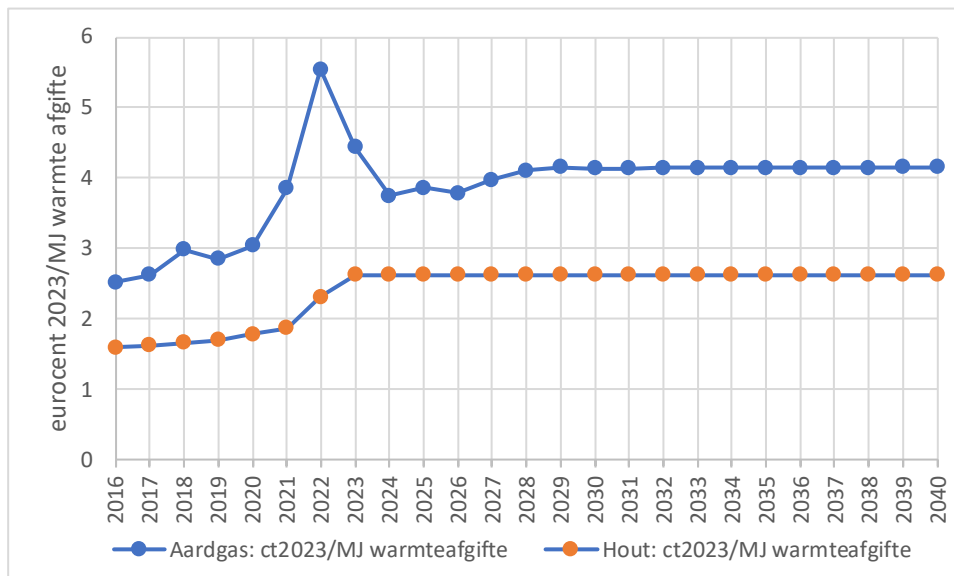
Voor de gasprijs is gebruik gemaakt van de gasprijsprognose zoals die in de KEV 2024 raming is voorzien. Hierin wordt ten opzichte van de gasprijs in 2024 een éénmalige verdere belastingverhoging van ca. 10% voorzien in de periode 2026 – 2027, waarna de prijs constant zal blijven (PBL, TNO, CBS en RIVM 2024).

Voor de consumentenprijzen van stookhout is geen Nederlandse statistiek beschikbaar. Wel verzamelt het Duitse TFZ (Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe) prijsstatistieken voor gekloofd stookhout in Duitsland, waar de handel in stookhout grootschaliger en wat verder geprofessionaliseerd is. De prijzen van online aanbieders van stookhout in Nederland vertonen een redelijke overeenkomst met de Duitse prijzen, mogelijk omdat de Nederlandse en Duitse handel van gedeeltelijk dezelfde grote aanbieders gebruik maakt.

Het overgrote deel van het in Nederland door huishoudens verstoekte hout wordt overigens niet via de (officiële) handel gekocht, maar door consumenten zelf verzameld of anderzijds verkregen uit lokaal aanbod en informele kanalen (zie bijvoorbeeld Segers, 2013 en Van Middelkoop et al., 2019). De prijs van zelf verzameld stookhout wordt voornamelijk bepaald door de inzet van eigen middelen en (hobbymatige) tijdsinzet. Deze prijs houdt vermoedelijk geen verband met leveranciersprijzen en zal waarschijnlijk lager liggen. In die zin is de Duitse prijsstatistiek als bovengrens van de gemiddelde stookhoutprijs te beschouwen. Overigens zijn er leveranciers op internet te vinden die (aanmerkelijke) hogere prijzen rekenen per kuub brandhout dan de prijsrapportage van TFZ. De daadwerkelijke afzet van deze leveranciers is niet bekend en daarom zijn deze prijzen verder niet meegenomen.

Er is in de periode 2021 – 2023 sprake geweest van een stijging van de Duitse TFZ stookhoutprijs van 60 – 70%, die voorafgegaan werd door een langere periode van constante prijzen. In deze studie is naar aanleiding van dit beeld voor de periode t/m 2040 opnieuw van een stabilisatie van de houtprijs na 2024 uitgegaan, omdat er voornamelijk geen sprake lijkt van een grote stijging van de Europese vraag en aanbod van stookhout door huishoudens op deze termijn.

Om de kosten van ruimteverwarming door aardgas te kunnen vergelijken met die voor verwarming door de verbranding van stookhout zijn beide prijzen omgerekend en uitgedrukt in eurocent per MJ nuttige warmte. De aangenomen prijsontwikkeling van aardgas en stookhout worden vergeleken in Figuur 2.1, waarbij de houtprijzen direct afkomstig zijn van TFZ, die dit omrekent naar effectieve warmte. Aardgasprijzen stemmen overeen met KEV 2024 en zijn omgerekend naar effectieve warmte met een rendement van 96.6% (4% VR ketels met 85% rendement, 1% hybride warmtepompen met 300% rendement en 95% HR ketels met 95% rendement).



Figuur 2.1: Prijs van aardgas en stookhout per MJ warmte-afgifte in de periode 2016-2040 (houtprijzen tot en met 2024 gebaseerd op TFZ)

In Figuur 2.1 valt het op dat verwarming door middel van stookhout in Nederland goedkoper is dan verwarming door aardgas, zelfs als stookhout door huishoudens via de officiële handel wordt gekocht. Het verschil in kosten per hoeveelheid effectief afgegeven warmte was het grootst in 2022 toen de gasprijs op zijn hoogtepunt was. Na 2022 wordt het prijsverschil weer kleiner maar het blijft (ook op de langere termijn) substantieel. Eén van de redenen voor dit prijsverschil is dat er in Nederland geen energieheffingen bestaan op stookhout.

2.2 Geprognosticeerde houtverbruik

Voor de periode 2023 tot en met 2040 zijn prognoses gemaakt voor de hoeveelheid stookhout die huishoudens jaarlijks zullen gebruiken. Op basis van dit houtverbruik zal daarna met behulp van het TNO-houtkachelmodel de emissie van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen voor deze periode worden geschat.

Bij het maken van de prognose van het houtgebruik is een beperkt aantal lange termijn effecten in ogenschouw genomen. Allereerst is een prognose gemaakt van de verwachte prijsontwikkelingen van zowel aardgas als stookhout om economische effecten te kunnen voorspellen. Zo is er voor de periode 2026 – 2029 een verdere belastingverhoging op

aardgas voorzien, conform de aannames in de KEV 2024. Voor de periode ná 2030 zijn er geen verdere prijsontwikkelingen meegenomen.

Wel meegenomen is de voorspelde klimaatverandering in de periode 2023 – 2040, zoals aangenomen voor KEV 2024. Als gevolg hiervan wordt verwacht dat winters gemiddeld steeds iets warmer worden waardoor de warmtevraag van huishoudens daalt. Dit effect loopt over de periode tot 2040 geleidelijk op naar -5,6%.

De prognose in deze studie geeft de verwachting in houtverbruik en emissies bij vastgesteld en voorgenomen beleid op de peildatum van 1 mei 2024 (zie definities in bijvoorbeeld KEV 2022 (PBL, TNO, CBS en RIVM, 2022)). Daarbij gaat de raming er van uit dat er geen grote verdere verstoringen van de beschikbaarheid van zowel hout, aardgas als elektriciteit meer zullen optreden. Verder was het niet mogelijk om de veranderingen van de warmtevraag van Nederlandse huishoudens als gevolg van verbeterde woningisolatie mee te nemen.

Om tegemoet te komen aan de onzekerheden in het houtverbruik zijn drie scenario's opgesteld:

-) Een midden scenario, waarbij is aangenomen dat de prijsstijging in 2021 - 2022 heeft geleid tot een hoger houtverbruik; het geschatte verhoogde houtverbruik in 2022 zoals verwerkt in de Emissieregistratie blijft daarna constant.
-) Een hoog scenario, waarbij is aangenomen dat het prijsverschil dat ook na 2022 (in 2023 en 2024) nog groot is in vergelijking met de periode voor 2020 (zie Figuur 2.1) leidt tot een verdere toename van het houtverbruik; analoog aan de veronderstellingen voor 2021 – 2022.
-) Een laag scenario, waarbij is aangenomen dat het houtverbruik weer afneemt na de veronderstelde toename in 2021 – 2022, bijvoorbeeld als gevolg van maatschappelijke druk op bezitters van houtkachels om minder of niet meer te stoken.

In de paragrafen 2.2.1, 2.2.2 en 2.2.3 zijn de aannames in de scenario's verder uitgewerkt. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de verwachte afname in warmte vraag in de komende jaren als gevolg van verwachte klimaatverandering. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 2.2.4.

2.2.1 Middenscenario

In het middenscenario wordt aangenomen dat het houtverbruik na de stijging in 2022 constant blijft. In 2022 heeft volgens onderzoek van het CBS (CBS, 2023) 29.9% van de huishoudens met een houtkachel meer stookhout gestookt, waarvan 83.9% uit prijsoverwegingen (oftewel 25% van alle huishoudens met een houtkachel), terwijl 18.9% van de huishoudens aangeeft dat zij minder hout hebben gestookt, om diverse redenen. De aardgasprijzen zijn in 2023 en later nog steeds hoger dan de prijzen in de jaren voor 2021, maar niet meer zo hoog als in 2022. Dit geldt ook voor de houtprijzen.

In dit middenscenario wordt aangenomen dat iedereen die over wilde stappen op het stoken van hout of die meer hout is gaan stoken, dat al heeft gedaan in 2021/2022 en dat hier vervolgens geen verandering meer in komt, ook niet als de voorziene belastingverhoging op aardgas zal worden doorgevoerd. Houtstook blijft dus op het hogere niveau zoals dat is verwerkt in de Emissieregistratie en statistiek. In dit verband kan er naar de periode 2016 t/m 2020 verwezen worden (zie Figuur 2.1). Toen bestond er ook al een prijsverschil maar nam de hoeveelheid houtstook niet toe. Dat houtstook relatief constant en stabiel is volgens diverse CBS onderzoeken, kan verklaard worden uit eerder onderzoek van het CBS, waaruit

blijkt dat stookhout veelal informeel wordt verkregen (Segers, 2013; Van Middelkoop, 2019). De inzet van eigen middelen en (hobbymatige) tijd speelt daarbij ook een rol. De toegang tot het verkrijgen van stookhout is beperkt en niet iedereen heeft de mogelijkheid om op deze wijze stookhout te verkrijgen. Kopen van stookhout als alternatief is duurder, maar vereist ook tijdsinzet voor het stoken en ruimte bij de woning voor stookhoutopslag. Deze factoren limiteren mogelijk de hoeveelheid houtstook, zeker voor Nederland waar ruimte relatief schaars is en toegang tot stookhout niet overvloedig aanwezig is.

2.2.2 Hoog scenario

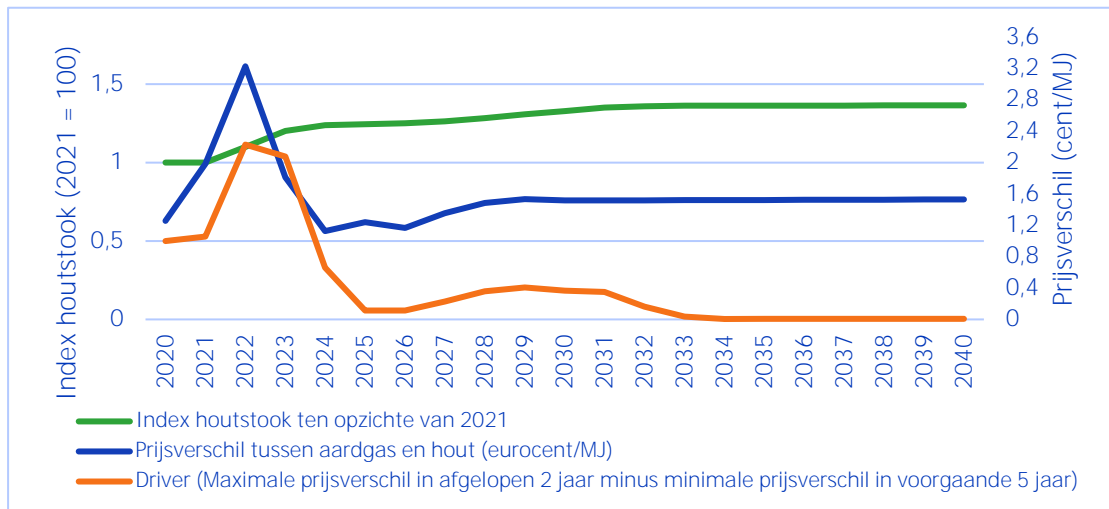
Voor de het hoge scenario is aangenomen dat de voorziene latere kleine toename van het prijsverschil ook effect zal hebben op de keuze van huishoudens om over te stappen op het stoken van hout. De prijzen per MJ afgegeven warmte voor stookhout en aardgas worden getoond in Figuur 2.1. In alle jaren is de prijs voor aardgas hoger dan de prijs voor stookhout, maar het houtverbruik is in de jaren 2015-2020 redelijk constant gebleven. In 2021, 2022 en 2023 is het verschil in prijs tussen aardgas en stookhout groter, wat een groep huishoudens heeft gemotiveerd om meer hout te gaan stoken (CBS, 2023). In diezelfde periode zijn ook meer houtkachels verkocht volgens een interview van RTL met de Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche². Aangezien een deel van deze groep heeft geïnvesteerd in een nieuwe of vervangende kachel, verwachten we dat zij meer hout blijven stoken, ook als het prijsverschil weer wat kleiner wordt. In 2024 is het prijsverschil weer lager dan in 2022 en 2023, maar nog altijd hoger dan in de jaren 2015-2021. Vanaf 2024-2029 zal het prijsverschil naar verwachting weer iets toenemen, en dat zal enkele huishoudens motiveren om alsnog over te stappen op het stoken van hout. Het effect zal wel kleiner zijn dan in 2022 en 2023. Vanaf 2030 blijft het prijsverschil redelijk constant. Als het prijsverschil een aantal jaar ongeveer even groot is, dan levert dit geen extra prikkel op om over te stappen op stookhout als verwarming.

Voor het hoge scenario is verdere toename in het houtverbruik berekend op basis van een voorziene toename van het prijsverschil in 2026 – 2029 (door verhoging heffing op aardgas). Hiervoor is een groeifactor bepaald op basis van veranderingen in prijsverschil in latere jaren, en dit is geschaald aan de groeifactor van 2022 en de toename in het houtverbruik in 2022 (11%).

De groeifactor voor het hoge scenario is het verschil tussen grootste prijsverschil in het huidige of het voorgaande jaar en het kleinste prijsverschil in de 5 jaren daarvoor. Omdat het hier gaat om een hoog scenario, is ervoor gekozen om het grootste en kleinste prijsverschil te vergelijken (in plaats van het gemiddelde prijsverschil), en is een relatief lange terugkijk periode van 5 jaar aangenomen. Vervolgens is deze groeifactor voor elk jaar vergeleken met de groeifactor van 2022, en is de groei hieraan geschaald.

Figuur 2.2 toont het prijsverschil en de groeifactor (secundaire as) en de berekende index voor houtstook (primaire as). Tabel 2.1 toont de houtstook index voor de jaren 2021, 2022, 2025, 2030, 2035 en 2040, zoals berekend met bovenstaande formules.

² <https://www.rtl.nl/economie/artikel/5354474/open-haard-kachel-haardhout-prijzen-oorlog-regels>



Figuur 2.2: Prijsverschil tussen aardgas en stookhout (eurocent/MJ) en groeifactor (maximale prijsverschil in afgelopen 2 jaar minus minimale prijsverschil in voorgaande 5 jaar) op de secundaire as, en hieruit berekende index voor het stoken van hout op de primaire as.

Tabel 2.1: Houtstook index ten opzichte van 2021 (2021 = 1,00). In deze houtstook index is geen rekening gehouden met veranderingen in de warmte vraag (door koude/warme winters, isolatie).

Jaar	Houtstook index
2021	1,00
2022	1,11
2025	1,24
2030	1,33
2035	1,36
2040	1,36

2.2.3 Laag scenario

In het lage scenario is aangenomen dat de trend in houtverbruik tegenovergesteld is aan de trend in het hoge scenario. Hierbij wordt in het lage scenario aangenomen dat het effect van de hoge aardgasprijzen in 2021/2022 van korte duur is, het houtverbruik in 2023-2024 weer relatief snel daalt naar het niveau van vóór 2021 en dat andere afwegingen de trend beïnvloeden op lange termijn.

De daling hoeft niet direct in 2023 en 2024 plaats te vinden, zoals dit scenario als spiegelbeeld van het hoge scenario laat zien maar zou ook pas na verloop van tijd (na 2024) kunnen optreden. Voor de periode daarna is aangenomen dat het houtverbruik verder afneemt. Deze daling zou kunnen worden veroorzaakt door andere effecten dan de prijs van stookhout en aardgas. In de CBS gedragsenquête over hout stoken (CBS, 2023) gaf 18.9% van de huishoudens aan dat ze minder hout zijn gaan stoken. Van de personen die aangaven dat ze minder hout zijn gaan stoken, is de meest genoemde reden ‘slecht voor klimaat’ (44,4%), gevolgd door ‘anders’ (35,1%), ‘het is duur’ (24,8%), ‘slecht voor gezondheid’ (22,2%), ‘overlast voor burens’ (13,9%) en ‘het is moeilijk verkrijgbaar’ (10,8%).

Omdat deze factoren echter niet goed gekwantificeerd kunnen worden, is voor de weergave van het lage scenario aangenomen dat de trend tegenovergesteld is als aan de trend in het hoge scenario.

2.2.4 Graaddagen trend

In de drie scenario's, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen is nog geen rekening gehouden met het effect van warmere winters door toekomstige klimaatverandering. Om het effect van klimaatverandering mee te wegen in de berekening van de prognose van het houtverbruik, is gebruik gemaakt van het berekende klimaateffect uit gemiddelde van de 4 KNMI'23 klimaatscenario's (KNMI, 2023).

3 Resultaten

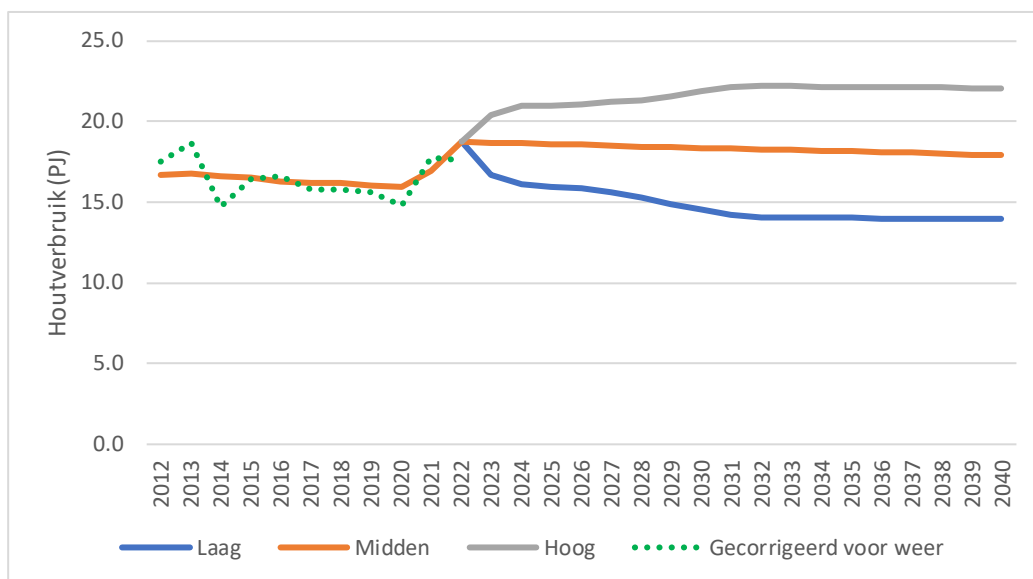
3.1 Prognose brandstofverbruik

Figuur 3.1 toont het brandstofverbruik volgens de 3 scenario's in de jaren 2023-2040 bij gemiddelde weercondities. Het brandstofverbruik in de jaren 2012-2022 is afkomstig uit het houtkachemodel (Visschedijk en Dröge, 2020), en zijn gebaseerd op o.a. de WoON onderzoeken van CBS (Segers, 2013, van Middelkoop en Segers, 2019). Voor deze jaren is eveneens een weer-gecorrigeerde schatting van het houtverbruik gemaakt, waarbij is gecorrigeerd voor het effect van warmere en koudere winters.

In de jaren 2012-2022 daalt het brandstofverbruik iets, waarna het in 2020-2022 toeneemt als gevolg van de stijgende prijzen. In het middenscenario wordt aangenomen dat het brandstofverbruik constant blijft vanaf 2022, maar door de verminderde warmtevraag (als gevolg van warmere winters) zal het brandstofverbruik wat verminderen.

In het hoge scenario groeit het houtverbruik in de periode 2022-2024 hard, en daarna tot 2035 wat langzamer. De snellere groei in 2022-2024 is nog een na-ijl effect van de hogere aardgasprijzen in 2022. In de periode daarna zal het verschil tussen de prijs van aardgas en stookhout volgens de prognose nog iets toenemen, en dit heeft een wat kleiner effect op de groei van het houtverbruik.

In het lage scenario is de tegenovergestelde trend aangenomen. Het houtverbruik zal in de periode 2022-2024 hard dalen, terug naar ongeveer de hoogte van voor de hoge aardgasprijzen in 2022. En in de periode daarna zal het houtverbruik langzaam nog verder afnemen.



Figuur 3.1: Totale geprojecteerde stookhout verbruik door huishoudens volgens de drie scenario's, voor de periode 2023 t/m 2040. Zowel het weer-gecorrigeerde als het niet weer-gecorrigeerde houtverbruik voor de periode 2012 t/m 2022 volgens het houtkachemodel, zijn eveneens opgenomen in de figuur.

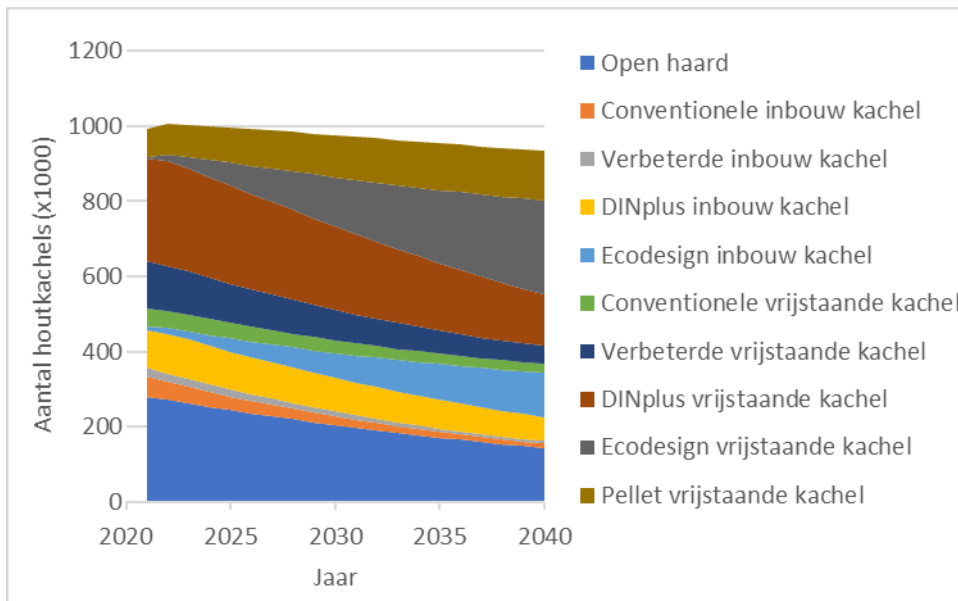
Voor de eerdere KEV 2020 is destijds een prognose gemaakt voor het stookhoutgebruik voor 2019 tot en met 2030 (zie Visschedijk en Dröge, 2020). Voor de toekomst werd toen een constant stookhoutverbruik verwacht, op basis van het beeld dat tot dan toe was waargenomen in WoON 2007, 2012 en 2018 (zie ook paragraaf 1.1). Dit resulteerde in een prognose van 1134 kiloton stookhout en pellets in 2030 (Visschedijk en Dröge, 2020). Nu is de verwachting voor de middenraming dat de gascrisis in de periode tijdens en direct daarna dus tot een blijvende verhoging heeft geleid, om daarna alleen licht te dalen door toename in temperatuur. In deze nieuwe raming wordt een prognose van 1296 kiloton stookhout en pellets in 2030 gemaakt.

3.2 Prognose van emissies door houtkachels

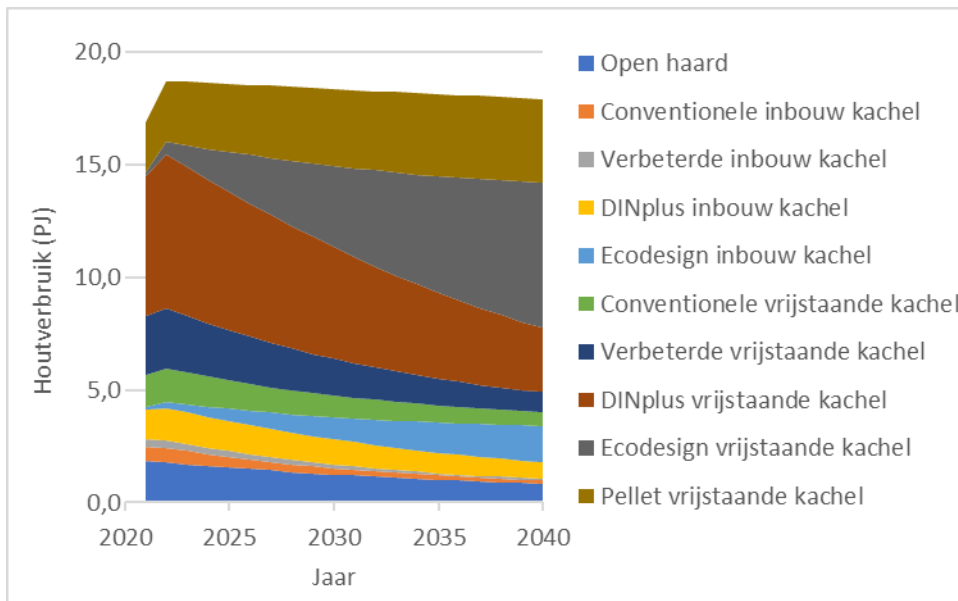
De emissie per zichtjaar is bepaald op basis van het houtverbruik in de lage, midden en hoge raming, gecombineerd met emissiefactoren per type houtkachel. De emissiefactoren komen uit Jansen (2016) en Visschedijk en Dröge (2020), en zijn opgenomen in bijlage A.

Over de periode 2020-2040 zal het kachelpark veranderen, doordat open haarden en oudere houtkachels worden afgedankt, en nieuwe houtkachels worden geplaatst. De relatieve samenstelling van het kachelpark en het houtverbruik per type houtkachel zijn overgenomen uit het bestaande houtkachel model (Visschedijk en Dröge, 2020). Voor het lage, hoge en midden scenario is vervolgens aangenomen dat het houtverbruik verdeeld is over de verschillende kacheltypen, volgens de relatieve samenstelling van het houtkachelpark uit het houtkachelmodel.

Voor de middenraming worden het kachelpark en het houtverbruik getoond in Figuur 3.2 en Figuur 3.3. Figuur 3.2 toont dat met name het aantal Ecodesign kachels flink toeneemt, terwijl het aantal open haarden en oudere kachels flink afneemt. Omdat juist in de nieuwere kachels het meeste hout wordt gestookt, is in Figuur 3.3 te zien dat in DINplus kachels en Ecodesign kachels het meeste stookhout zal worden verbruikt. In de komende jaren zal dit naar verwachting verschuiven van vooral stookhout in DINplus kachels naar meer stookhout in Ecodesign kachels. De toename van houtverbruik in 2022 is het gevolg van de hoge aardgasrijzen, zoals beschreven in paragraaf 1.1.



Figuur 3.2: Samenstelling van het kachelpark (x 1000 houtkachels) volgens de middenraming, gebaseerd op de door het houtkachemodel voorspelde ontwikkeling van het kachelpark voor de periode 2021 t/m 2040.



Figuur 3.3: Stookhout verbruik per type houtkachel volgens de middenraming, gebaseerd op de door het houtkachemodel voorspelde ontwikkeling van het houtverbruik per toesteltype, voor de periode 2021 t/m 2040

Tabel 3.1 toont de emissies van het middenscenario voor de broeikasgassen en diverse luchtvervuilende stoffen. Zie Bijlage B voor alle berekende emissies voor de jaren 2012-2040 van de 3 scenario's (laag, hoog, midden).

In het middenscenario is het brandstofverbruik in PJ iets afgenomen in de periode 2022-2040. Emissies van CO₂ zijn onafhankelijk van het type kachel, en volgen daarom dezelfde

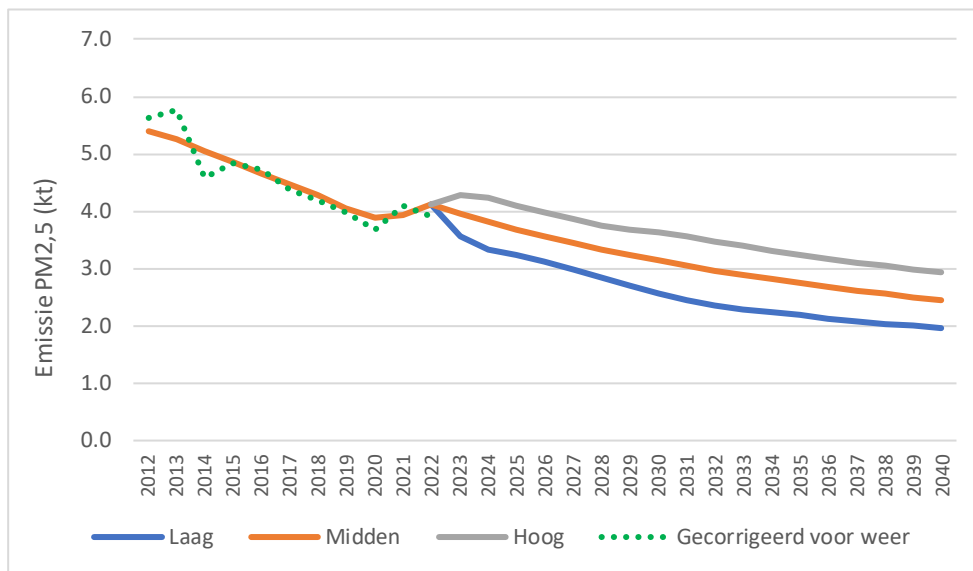
trend als het brandstofverbruik. Emissies van de andere stoffen zijn wel afhankelijk van het type kachel, waarbij de emissies over het algemeen lager zijn naarmate een nieuwe houtkachel wordt gebruikt (zie Bijlage A voor de emissiefactoren per type kachel). Voor de meeste stoffen resulteert dit in de middenraming in een lagere emissie in 2040 dan in 2012.

Figuur 3.4 toont de trend van PM_{2,5} emissies van 2012-2040 voor de 3 verschillende scenario's. De emissies van PM_{2,5} dalen van 5,4 kiloton in 2012 naar 2,0-2,9 kiloton in 2040 (afhankelijk van het scenario). Het effect van de veranderingen in het kachelpark zijn voor PM_{2,5} emissies groter dan het effect van de ramingen van het houtverbruik.

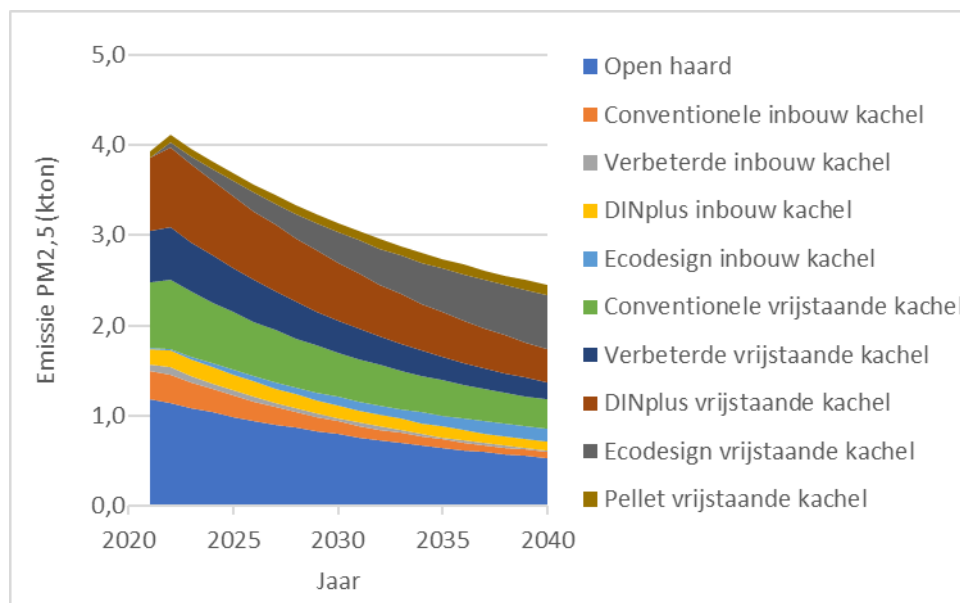
Ook bij NH₃ is het effect van de verandering van het kachelpark relatief hoog, aangezien de NH₃ emissies dalen van 0,21 kiloton in 2012 naar 0,06-0,08 kiloton in 2040 (afhankelijk van het scenario). Voor andere stoffen is het effect van het kachelpark kleiner, en zijn juist de aannames in de scenario's relevanter voor de berekende emissies. Zo zijn de emissies van CO₂ veranderd van 1,87 Megaton in 2012 naar 1,56-2,47 Megaton in 2040 (afhankelijk van het scenario) en zijn de emissies van NO_x veranderd van 2,0 kiloton in 2012 naar 1,4-2,2 kiloton in 2040 (afhankelijk van het scenario). Voor CO₂ en NO_x zijn de aannames in de scenario's relatief belangrijk voor de berekende emissies. De emissiecijfers voor de verschillende scenario's zijn beschikbaar in Bijlage B.

Tabel 3.1: Door het houtkachemodel berekende emissie van een selectie van stoffen, uitgaande van de middenraming, voor de periode 2012 t/m 2040.

Stof (eenheid)	2012	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
CO ₂ -niet IPCC (Mt)	1,87	1,84	1,78	1,89	2,10	2,09	2,09	2,08	2,06	2,03	2,00
CH ₄ (kt)	3,0	2,7	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8
N ₂ O (kt)	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
CO (kt)	68	63	52	54	58	56	54	53	47	42	39
NMVOS (kt)	9,6	8,7	7,0	7,1	7,4	7,2	7,0	6,8	6,0	5,4	5,0
NO _x (kt)	2,0	2,0	1,9	2,0	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8
NH ₃ (kt)	0,21	0,18	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,09	0,08	0,07
SO ₂ (kt)	0,22	0,21	0,21	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23
PM ₁₀ (kt)	5,7	5,1	4,1	4,1	4,3	4,2	4,0	3,9	3,3	2,9	2,6
PM _{2,5} (kt)	5,4	4,9	3,9	3,9	4,1	4,0	3,8	3,7	3,1	2,7	2,5
Black carbon (kt)	0,67	0,59	0,47	0,48	0,50	0,49	0,49	0,48	0,45	0,43	0,42
Benzo(a)pyreen (ton)	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5
PCDD/F (g I-Teq)	6,6	6,2	5,4	5,4	5,6	5,5	5,4	5,2	4,7	4,3	4,0
PCB (g)	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3



Figuur 3.4: De door het houtkachelmodel geprognosticeerde totale PM_{2.5} emissie door houtverbranding voor de periode 2023 t/m 2040, volgens de drie scenario's. Tevens weergegeven zijn zowel de weer- als niet weer-gecorrigeerde berekende PM_{2.5} emissie voor de periode 2012 t/m 2022.



Figuur 3.5: De door het houtkachelmodel voorspelde ontwikkeling van de PM_{2.5} emissie per toesteltype, voor de periode 2021 t/m 2040, volgens het middenscenario.

Ten opzichte van de eerdere prognose ten behoeve van de KEV 2020 (zie Visschedijk en Dröge, 2020) zijn de emissies in 2030 in deze nieuwe raming hoger ingeschat. In deze nieuwe raming is de verwachting dat de gascrisis in de periode tijdens en direct daarna tot een blijvende verhoging van het stookhout verbruik heeft geleid (voor de middenraming), om daarna alleen licht te dalen door toename in temperatuur. Deze toename in het houtverbruik in 2030 resulteert ook in een hogere emissie in 2030.

3.3 Bandbreedte prognoses

In deze paragraaf wordt beschreven wat de bandbreedte is van de emissieprognoses, ten opzichte van de middenraming voor emissies. Hierbij nemen we de onzekerheid in de bestaande emissieschattingen voor recente jaren (zoals berekend in Emissieregistratie) niet mee. Uiteraard zijn er ook onzekerheden in de houtstatistieken voor recente jaren en voor de emissiefactoren per kacheltipe (zie Visschedijk en Dröge, 2020), maar die zijn voor deze bandbreedte (die alleen betrekking heeft op de onzekerheid in de prognoses) niet meegenomen.

De additionele bandbreedte voor deze prognoses hangt af van twee parameters:

- › Prognose van het houtverbruik
- › Samenstelling van het kachelpark gedreven door een onzekere snelheid van verjonging van het kachelpark

De additionele bandbreedte in de prognose van het houtverbruik ten opzichte van de middenraming is ingeschat op basis van het hoge en lage scenario, zoals omschreven in paragraaf 2.2 en zoals getoond in Figuur 3.1. Deze bedraagt +/- ca. 20% en 22%, voor achtereenvolgens 2030 en 2035. De additionele bandbreedte als gevolg van onzekerheden in de samenstelling van het kachelpark wordt veroorzaakt doordat type kachels verschillende emissiefactoren hebben.

In Figuur 3.5 is te zien dat de bijdrage van open haarden aan de PM_{2.5} emissie uit houtkachels in 2030 en 2035 rond de 25% ligt, terwijl de houtinzet maar 6 – 7% bedroeg. Het uitfaseren van de open haarden (en de oudere kacheltypes), en de aannames daaronder in het houtkachemodel zijn dus heel bepalend voor PM_{2.5}. Dit geldt in ongeveer dezelfde mate ook voor PM₁₀ en NMVOS, en in extreme mate voor NH₃. In mindere mate variëren de NO_x emissiefactoren, terwijl de SO₂ emissiefactor onafhankelijk is van het keurmerk (zie Bijlage A).

Aangezien voor open haarden er nauwelijks sprake is van een echte levensduur en de verdere uitfasering van open haarden in 2030 en 2035 in het model eigenlijk alleen door trend-extrapolatie bepaald is, is vermoedelijk het aandeel open haarden in de houtconsumptie het meest bepalend voor de extra onzekerheid van de ramingen. Een schatting van de bandbreedte van dit aandeel is 50 en 75% voor de jaren 2030 en 2035. Daarnaast is ook de onzekerheid in de oudere kacheltypes Conventioneel en Verbeterd van belang, die samen zo'n 30 - 40% van de PM_{2.5} emissie bepalen. De extra onzekerheid in dit aandeel is geschat op 30% en 50% voor 2030 en 2035. Tabel 3.2 toont de indicatieve additionele onzekerheden voor alleen de emissieberekening.

Tabel 3.2: Additionele onzekerheden per stof voor de emissieberekening (exclusief onzekerheid van de houtconsumptie)

Stof	2030	2035
PM _{2.5}	25%	35%
PM ₁₀	25%	35%
NMVOS	25%	35%
NH ₃	75%	125%
NO _x	10%	10%
SO ₂	0%	0%

Combinatie van de onzekerheid in het houtverbruik (+/- ca. 20% en 22%, voor achtereenvolgens 2030 en 2035) en de onzekerheid in de emissieberekening (zie Tabel 3.2), resulteert in de bandbreedtes van emissies, zoals gepresenteerd in Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Bandbreedte van emissie prognoses in 2030 en 2035 (kiloton).

Stof	2030			2035		
	Laag	Midden	Hoog	Laag	Midden	Hoog
PM _{2,5}	1,7	3,1	4,5	1,2	2,7	4,3
PM ₁₀	1,8	3,3	4,7	1,2	2,9	4,5
NMVOS	3,2	6,0	8,6	2,3	5,4	8,5
NH ₃	0,004	0,09	0,18	0,004	0,08	0,19
NO _x	1,4	2,0	2,6	1,3	1,9	2,5
SO ₂	0,19	0,24	0,28	0,18	0,23	0,29

4 Conclusie

Houtverbranding door huishoudens (consumenten) is in Nederland equivalent aan ca. 11 PJ aan nuttige warmte voor ruimteverwarming van woningen (CBS, 2024). Houtverbranding door consumenten is een belangrijke bron van luchtverontreiniging door fijnstof en PAK. Om voor de komende jaren de warmte en emissies vanuit houtkachels in te schatten, is ten behoeve van de Klimaat- en energieverkenning (KEV; PBL, TNO, CBS en RIVM 2024) en de Emissieramingen voor Luchtverontreinigende stoffen (ERL; PBL en RIVM 2024) een prognose gemaakt van het houtverbruik en resulterende emissie van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen.

In 2020 is er door TNO een dergelijke prognose (tot aan 2030) gemaakt (Visschedijk en Dröge, 2020), waarbij werd verwacht dat het houtverbruik tot aan 2030 ongeveer constant zou blijven, en de emissies zouden dalen als gevolg van vernieuwing van het kachelpark.

Sindsdien heeft de gascrisis geleid tot een toename van de hoeveelheid stookhout die is gestookt in houtkachels en open haarden, van naar schatting 6% in 2021 tov 2020 en 11% in 2022 tov 2021 (zie paragraaf 1.1). Voor de toekomst zijn 3 ramingen opgesteld. In het middenscenario is aangenomen dat de stijging in houtverbruik na 2022 niet verder doorzet, maar dat iedereen die om financiële redenen meer hout wilde gaan stoken, dit ook al is gaan doen en blijft doen. Alleen het effect van klimaatverandering heeft een kleine daling van het houtverbruik tot gevolg, omdat de warmtevraag van huishoudens hierdoor afneemt. Voor het hoge scenario is aangenomen dat elke toename in prijsverschil tussen aardgas en stookhout leidt tot een toename van houtconsumptie, en voor het lage scenario is aangenomen dat de grote toename van houtverbruik in 2021/2022 in de jaren daarna weer teniet wordt gedaan en er minder hout wordt verstoekt.

In het park van houtkachels en open haarden wordt een continue verjonging verwacht, waardoor steeds minder open haarden en conventionele houtkachels gebruikt worden, terwijl het aantal gekeurde houtkachels zal toenemen. Dit heeft voor PM_{2,5}, NO_x en NH₃ direct effect op de emissie per GJ stookhout, waardoor de emissies van deze stoffen in de komende jaren zullen dalen bij gelijkblijvende houtconsumptie. De CO₂-emissie per GJ stookhout blijft redelijk constant, omdat het type kachel hierop geen effect heeft. De CO₂ emissie neemt wel beperkt af door de klimaatcorrectie waarbij warmere winters in de toekomst leiden tot een verminderde warmtevraag en daarmee een verminderd houtverbruik.

De additionele bandbreedte voor deze prognoses hangt af van enkele parameters, namelijk de prognose van het houtverbruik (midden, hoog en laag scenario) en de samenstelling van het kachelpark (en daarmee het effect op de emissie per GJ hout). De prognose van het houtverbruik heeft een onzekerheid van 20% in 2030 en 23% in 2035. De onzekerheid van de emissiefactoren wisselt per stof en varieert van 10% voor NO_x in 2030 tot 125% voor NH₃ in 2035. Gecombineerd levert dit een onzekerheid op van ±45% voor PM_{2,5} en NMVOS, ±30% voor NO_x, ±95% voor NH₃ en ±20% voor SO₂ in 2030, en ±57% voor PM_{2,5} en NMVOS, ±32% voor NO_x, -95%/+147% voor NH₃ en ±22% voor SO₂ in 2035.

Voor PM_{2,5}, NO_x en NH₃ wordt verwacht dat de emissies als gevolg van de vernieuwing van het kachelpark in de komende jaren zullen dalen van 4,1 kiloton PM_{2,5}, 2,2 kiloton NO_x en 0,13 kiloton NH₃ in 2022 naar 2,7 (1,2-4,3) kiloton PM_{2,5}, 1,9 (1,3-2,5) kiloton NO_x en 0,08 (0,004-0,2) kiloton NH₃ in 2035. Alleen in het geval het houtverbruik toeneemt volgens het hoge scenario en de verjonging van het kachelpark stagneert, dan is het mogelijk dat de emissies van deze stoffen toenemen in deze periode.

5 Literatuur

- › CBS, 2023, Klimaatverandering en energietransitie: opvattingen en gedrag van Nederlanders in 2023. <https://longreads.cbs.nl/klimaatverandering-en-energietransitie-2023/>
- › CBS, 2024, Hernieuwbare energie in Nederland 2023. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/hernieuwbare-energie-in-nederland-2023>
- › Jansen, B., 2016, Vernieuwd Emissiemodel Houtkachels, TNO rapport TNO 2016 R10318, maart 2016
- › KNMI, 2023, KNMI'23-klimaatscenario's, 9 oktober 2023, De Bilt: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut; <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>.
- › PBL, TNO, CBS en RIVM, 2022, Klimaat-en energieverkenning 2022. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag.
- › PBL, TNO, CBS en RIVM, 2024, Klimaat-en energieverkenning 2024. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag.
- › PBL en RIVM, 2025, Emissieramingen Luchtverontreinigende stoffen 2025. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag.
- › Segers, R., 2010, Houtverbruik bij huishoudens, CBS rapportage, 2010
- › Segers, R., 2013, Houtverbruik huishoudens WoON-onderzoek 2012, CBS rapportage, 2013
- › Van Middelkoop, M. & R. Segers, 2019, Houtverbruik huishoudens WoON-onderzoek 2018, CBS rapportage, 2019
- › Visschedijk, A.J.H., R. Dröge, 2020, Aanpassing TNO houtkachemodel aan de WoON 2018 houtverbranding enquêteresultaten en prognoses van emissies van huishoudelijke houtkachels tot 2030, 2020
- › Visschedijk, A.J.H., Dröge, R. en Denier van der Gon, H.A.C., 2023, Overlast houtrook kan gaan stijgen, Tijdschrift Lucht Nummer 3, 2023

Ondertekening

TNO) Energy & Materials Transition) Utrecht, 27 februari 2025

Sam van Goethem
Research Manager

Marijke Menkveld
Project Manager

Bijlage A

Emissiefactoren

Tabel A.1: Emissiefactoren voor verbranding van stookhout in open haarden en houtkachels, en verbranding van pellets in pelletkachels (uit: Jansen, 2016 en Visschedijk en Dröge, 2020)

Emissiestof	Eenheid	Open haard	Conventioneel	Verbeterd	DINplus	Ecodesign	Pellet
CO ₂ -niet IPCC	kg/GJ	112	112	112	112	112	112
CH ₄	kg/GJ	0,300	0,300	0,100	0,100	0,100	0,010
N ₂ O	kg/GJ	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
CO	g/GJ	3226	6452	3871	2903	2000	300
NMVOS	g/GJ	1290	774	387	252	250	10,0
NO _x	g/GJ	77,4	129	129	129	95,0	80,0
NH ₃	g/GJ	29,4	29,4	1,47	1,47	1,47	0,29
SO ₂	g/GJ	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
PM ₁₀	g/GJ	670	534	233	136	97,0	30,0
PM _{2,5}	g/GJ	637	507	221	129	93,0	30,0
Black carbon	g/GJ	76,4	73,3	27,5	10,3	25,9	9,0
Benzo(a)pyreen	mg/GJ	64,5	116,1	74,8	59,4	10,0	10,0
PCDD/F	ng/GJ	1613	174	174	174	174	100
PCB	ng/GJ	60,0	60,0	45,0	30,0	7,0	10,0

Bijlage B

Emissies volgens het lage, hoge en midden scenario van houtconsumptie

Tabel B.1, Tabel B.2 en Tabel B.3 tonen de door het houtkachelmodel berekende emissie voor een selectie van stoffen uitgaande van de middenraming (Tabel B.1), lage scenario (Tabel B.2) en hoge scenario (Tabel B.3). Hierbij is de onzekerheid door de samenstelling van het houtkachelpark (zoals beschreven in paragraaf 3.3) niet meegenomen. De emissies berekend in het hoge en lage scenario gaan alleen uit van de bandbreedte in houtconsumptie.

Tabel B.1: Door het houtkachelmodel berekende emissie van een selectie van stoffen, uitgaande van de middenraming, voor de periode 2012 t/m 2040.

Stof (eenheid)	2012	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
CO ₂ -niet IPCC (Mt)	1,87	1,84	1,78	1,89	2,10	2,09	2,09	2,08	2,06	2,03	2,00
CH ₄ (kt)	3,0	2,7	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8
N ₂ O (kt)	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
CO (kt)	68	63	52	54	58	56	54	53	47	42	39
NMVOS (kt)	9,6	8,7	7,0	7,1	7,4	7,2	7,0	6,8	6,0	5,4	5,0
NO _x (kt)	2,0	2,0	1,9	2,0	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8
NH ₃ (kt)	0,21	0,18	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,09	0,08	0,07
SO ₂ (kt)	0,22	0,21	0,21	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23
PM ₁₀ (kt)	5,7	5,1	4,1	4,1	4,3	4,2	4,0	3,9	3,3	2,9	2,6
PM _{2,5} (kt)	5,4	4,9	3,9	3,9	4,1	4,0	3,8	3,7	3,1	2,7	2,5
Black carbon (kt)	0,67	0,59	0,47	0,48	0,50	0,49	0,49	0,48	0,45	0,43	0,42
Benzo(a)pyreen (ton)	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5
PCDD/F (g I-Teq)	6,6	6,2	5,4	5,4	5,6	5,5	5,4	5,2	4,7	4,3	4,0
PCB (g)	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3

Tabel B.2: Door het houtkachelmodel berekende emissie van een selectie van stoffen, uitgaande van het lage scenario, voor de periode 2012 t/m 2040.

Stof (eenheid)	2012	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
CO ₂ -niet IPCC (Mt)	1,87	1,84	1,78	1,89	2,10	2,29	2,35	2,35	2,45	2,48	2,47
CH ₄ (kt)	3,0	2,7	2,2	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2
N ₂ O (kt)	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09
CO (kt)	68	63	52	54	58	61	61	59	54	50	46
NMVOS (kt)	9,6	8,7	7,0	7,1	7,4	7,8	7,7	7,5	7,0	6,5	6,1
NO _x (kt)	2,0	2,0	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2
NH ₃ (kt)	0,21	0,18	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,11	0,09	0,08
SO ₂ (kt)	0,22	0,21	0,21	0,22	0,24	0,26	0,27	0,27	0,28	0,29	0,28
PM ₁₀ (kt)	5,7	5,1	4,1	4,1	4,3	4,5	4,4	4,3	3,8	3,4	3,1
PM _{2,5} (kt)	5,4	4,9	3,9	3,9	4,1	4,3	4,2	4,1	3,6	3,2	2,9
Black carbon (kt)	0,67	0,59	0,47	0,48	0,50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Benzo(a)pyreen (ton)	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1	0,9	0,7	0,6
PCDD/F (g I-Teq)	6,6	6,2	5,4	5,4	5,6	5,9	5,9	5,8	5,5	5,2	4,9
PCB (g)	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4

Tabel B.3: Door het houtkachelmodel berekende emissie van een selectie van stoffen, uitgaande van het hoge scenario, voor de periode 2012 t/m 2040.

Stof (eenheid)	2012	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
CO ₂ -niet IPCC (Mt)	1,87	1,84	1,78	1,89	2,10	2,29	2,35	2,35	2,45	2,48	2,47
CH ₄ (kt)	3,0	2,7	2,2	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2
N ₂ O (kt)	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09
CO (kt)	68	63	52	54	58	61	61	59	54	50	46
NMVOS (kt)	9,6	8,7	7,0	7,1	7,4	7,8	7,7	7,5	7,0	6,5	6,1
NO _x (kt)	2,0	2,0	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2
NH ₃ (kt)	0,21	0,18	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,11	0,09	0,08
SO ₂ (kt)	0,22	0,21	0,21	0,22	0,24	0,26	0,27	0,27	0,28	0,29	0,28
PM ₁₀ (kt)	5,7	5,1	4,1	4,1	4,3	4,5	4,4	4,3	3,8	3,4	3,1
PM _{2,5} (kt)	5,4	4,9	3,9	3,9	4,1	4,3	4,2	4,1	3,6	3,2	2,9
Black carbon (kt)	0,67	0,59	0,47	0,48	0,50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Benzo(a)pyreen (ton)	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1	0,9	0,7	0,6
PCDD/F (g I-Teq)	6,6	6,2	5,4	5,4	5,6	5,9	5,9	5,8	5,5	5,2	4,9
PCB (g)	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl

TNO innovation
for life