

TNO report

TNO 2020 R10652

Aanpassing TNO houtkachelmodel aan de WoON 2018 houtverbranding enquêteresultaten en prognoses van emissies van huishoudelijke houtkachels tot 2030

Date	24 november 2020
Author(s)	Antoon Visschedijk Rianne Droge
Number of pages	30 (incl. appendices)
Number of appendices	1
Sponsor	RIVM
Project name	Emissieregistratie 2020
Project number	060.40656

Inhoud

1	Samenvatting	3
2	Inleiding	4
3	Aanpassing kachelmodel aan de CBS analyses op WoON 2018	5
3.1	Aanpassing/verfijning modelparameters	5
3.2	Emissiefactoren	9
3.3	Resultaten aanpassing model aan Woon2018.....	11
4	Prognoses voor 2030	14
4.1	Uitgangspunten bij de prognose.....	14
4.2	Vastgesteld en voorgenomen beleid	15
4.3	Resultaten prognoses.....	15
4.4	Bandbreedtes	20
5	Conclusies.....	24
6	Literatuur	25
7	Ondertekening	26
	Appendices	
	A NH3 emission factors	

1 Samenvatting

TNO onderhoudt een model dat het Nederlandse houtkachelpark beschrijft. Met behulp van dit model wordt het houtverbruik en de emissies van particuliere houtkachels ingeschat. Het model schat hoeveel kachels er jaarlijks bijgeplaatst worden in Nederland en tegelijkertijd hoeveel kachels er jaarlijks worden afgevoerd. Ook wordt het houtverbruik en aantal gebruiksuren per kacheltipe en kachelleeftijdsklasse door het model geschat. Het model bevat emissiefactoren per type kachel om voor verschillende stoffen de jaarlijkse emissie uit houtverbranding bij particulieren te berekenen.

Periodiek worden boven genoemde modelparameters geijkt aan enquêteresultaten met betrekking tot het stoken van hout door huishoudens. De laatste 10 jaar zijn dit de WoON onderzoeken (2006/7, 2012 en 2018) geweest. Dit document beschrijft de aanpassingen die zijn gedaan aan het model naar aanleiding van de resultaten van analyses op het meest recente WoON 2018 onderzoek.

Samenvattend kan worden gesteld dat er steeds modernere kachels worden gebruikt en verouderde kachels en met name open haarden, steeds minder worden gebruikt. Het totale houtverbruik door huishoudens is echter relatief constant gebleven gedurende 2006 tot 2018, op ca. 1,2 miljoen ton/jaar (vochtgehalte zoals verstoekt). Hoewel de brandstofinzet constant is gebleven, nemen de totale emissies af door het gebruik van nieuwe kachelformen: de $PM_{2,5}$ emissie uit houtverbranding is afgenomen van ca. 2,1 kton/jaar in 2006/2007 naar ca. 1,5 kton/jaar in 2018/2019. Opgemerkt dient te worden dat deze fijnstofemissie exclusief condenseerbare koolwaterstoffen is (deze 'condensables' bestaan hoofdzakelijk uit organische stoffen, die snel na het verlaten van de schoorsteen afkoelen en condenseren tot deeltjes in de lucht, oftewel aerosolen; deze deeltjes dragen ook bij aan de uitstoot fijnstof. De bijdrage van 'condensables' aan de hoeveelheid fijnstof uit houtkachels is substantieel; indien condenseerbare koolwaterstoffen mee worden gerekend als fijnstof stijgt de hoeveelheid fijnstof uit houtverbranding met een factor 2 tot 3).

Voor de Klimaat en EnergieVerkenning (KEV) zijn met dit model ook prognoses van het houtverbruik en de emissie voor de periode 2019 t/m 2030 gemaakt. Deze zijn grotendeels gebaseerd op voorzichtige extrapolatie van de trends waargenomen gedurende 2006 tot 2018, dat wil zeggen een verdere modernisering van het park en een globaal gelijkblijvend houtverbruik. Van invloed is verder de afschaffing na 2020 van de ISDE subsidie voor pelletkachels, het per 2022 verplichte Ecodesign keurmerk voor nieuwe kachels en inbouwhaarden en een verdergaande isolatie van woningen gedurende 2018 - 2030. Er wordt verwacht dat het verbruik van stookhout en houtpellets door huishoudens in 2030 ten opzichte van 2018 iets daalt van ca. 1,2 naar ca. 1,1 miljoen ton en dat de $PM_{2,5}$ emissie in die periode daalt van ca. 1,5 naar ca. 1,1 kton (exclusief 'condensables'). Er bestaat echter een aanzienlijke onzekerheid in deze prognoses. Ten opzichte van 2018 wordt door het maken van de prognose voor 2030 naar schatting een extra onzekerheid van +40% en -36% geïntroduceerd in het houtverbruik.

2 Inleiding

In Nederland is houtverbranding in particuliere houtkachels, een van de belangrijkste bronnen van fijnstof en verschillende andere luchtverontreinigende stoffen. De emissies van deze bron zijn weliswaar gedaald in de afgelopen decennia maar lang niet in het tempo waarin bijvoorbeeld emissies door wegtransport en industrie zijn gedaald. Er wordt op dit moment zowel in Nederland als Europees geen algemeen verbod op het verbranden van hout door huishoudens verwacht. Houtverbrandingsemissies zullen daarom voorlopig nog zeer relevant blijven voor luchtkwaliteit.

Om de omvang van de emissies in te kunnen schatten is doorgaans kennis nodig omtrent de omvang van de activiteit (in dit geval de hoeveelheid hout als brandstof), en de hoeveelheid van stoffen die emitteren per eenheid van deze activiteit. Laatstgenoemde hoeveelheid is echter sterk afhankelijk van onder andere het type kachel en de wijze waarop deze bedreven wordt. Met betrekking tot de aantallen en gebruiksuren van verschillende type kachels zijn er echter niet voldoende technische details beschikbaar uit statistische gegevens. Daarom heeft TNO een model gemaakt dat de precieze samenstelling van het park van houtkachels en openhaarden schat en ook bijhoudt op basis van diverse directe en indirecte statistische basisgegevens.

Een uitgebreide omschrijving van de opbouw, werking en functionaliteit van het TNO kachelparkmodel wordt gegeven door Jansen (2016) en enkele eerdere rapporten ER methodiekrapporten (o.a. Jansen et al., 2011). In het kort houdt dit model de jaarlijkse voorraad van de verschillende in Nederlandse woningen in gebruik zijnde houtverbrandingseenheden bij (het “kachelpark”), door te modelleren hoeveel eenheden er jaarlijks bij komen en af gaan (dus bijv. plaatsing van nieuwe kachels en afvoer van verouderde kachels). Er wordt dan in het model een constant type-afhankelijk gemiddeld houtverbruik per uur verondersteld voor wanneer de kachel gebruikt wordt. Daarnaast gebruikt het model een jaarlijks variërend gemiddeld aantal gebruiksuren (stookuren) per kacheltype en leeftijdsklasse van de kachel, om zo het totale houtverbruik door consumenten te berekenen. Aan de hand van een serie type-afhankelijke emissiefactoren worden vervolgens de jaarlijkse emissies berekend.

Dit document beschrijft de aanpassingen die zijn gedaan aan het TNO emissiemodel voor houtkachels, naar aanleiding van de resultaten van de analyses op het WoON 2018 onderzoek (Van Middelkoop et al., 2019). Daarnaast zijn voor de Klimaat en EnergieVerkenning (KEV 2019) met dit model ook prognoses van de emissie voor de periode 2019 t/m 2030 gemaakt. Dit document beschrijft naast de aanpassing naar aanleiding van de CBS analyse op WoON 2018 (Van Middelkoop et al., 2019) tevens de aannames die zijn gemaakt en de werkwijze die is gevolgd bij het maken van deze prognoses.

Het aanpassen van het kachelparkmodel zodat het model de bevindingen van Van Middelkoop et al. (2019) globaal reproduceert en het maken van de prognose voor 2030 worden in dit document apart besproken in respectievelijk hoofdstuk 2 en 3.

3 Aanpassing kachemodel aan de CBS analyses op WoON 2018

Hoofddresultaat van de CBS analyses op het WoON 2018 over houtverbranding door huishoudens is het totale aantal in Nederland in gebruik zijnde houtverbrandingseenheden, de onderverdeling daarvan naar type (open haard, inbouwhaard, vrijstaande kachel en pelletkachel) en het houtverbruik per kachetype en leeftijdsklasse (Van Middelkoop et al., 2019).

Afgezien van de afhankelijkheid van leeftijdsklasse zijn deze parameters ook vastgesteld naar aanleiding van eerdere WoON onderzoeken (2006/2007 en 2012) zodat er een bepaalde ontwikkeling kan worden waargenomen. Daarin zitten reële trends (bijvoorbeeld afname gebruik open haard en toename in gebruik van vrijstaande kachels) en wat eerder artefacten lijken te zijn, zoals de sterke schommeling in het gebruik van inzethaarden, mogelijk als gevolg van definitiekwesties en/of steekproeffouten.

Het kachemodel is zodanig aangepast dat de hoofdbevindingen van Van Middelkoop et al. (2019) door het model gereproduceerd kan worden. Er zijn twee nieuwe kachetypes geïntroduceerd in het model: Pelletkachels (in aanzienlijke aantallen verkocht in de laatste jaren, mede als gevolg van de ISDE regeling) en inbouw- en vrijstaande Ecodesign kachels (nu nog een deel van de markt maar vanaf 2022 verplicht). Het voorgenomen beleid is om Ecodesign met ingang van 2020 verplicht te stellen in de nieuwverkoop.

3.1 Aanpassing/verfijning modelparameters

Voor zover er sprake is van echte trends is getracht om de parksamenstelling zoals gerapporteerd door Van Middelkoop et al. (2019) voor 2018, ook de parksamenstelling gerapporteerd voor 2012 te reproduceren met het houtkachemodel. Het dient echter opgemerkt te worden dat het model alleen op indirecte wijze aan geobserveerde parksamenstellingen kan worden aangepast. De geobserveerde parkgrootte en -samenstelling kan namelijk niet rechtstreeks in het model worden ingevoerd, noch kan het model een erg grillig verloop tussen 2006/2007, 2012 en 2018 reproduceren. De modelaanpassing gebeurt (dus indirect) door de volgende modelparameters aan te passen:

- Jaarlijks totaal aantal aan het model toegevoegde eenheden (nieuw verkochte maar ook tweedehandse en opnieuw in gebruik genomen eenheden); grofweg gebaseerd op zeer beperkte verkoopinformatie, de woningvoorraad en gefinetuned naar aanleiding van parkwaarnemingen; zie 3.1.1 en 3.1.2.
- De jaarlijkse aandelen van de verschillende kachetypes daarin (open haard, inbouw, vrijstaand, pellet; met emissienormering “conventioneel”, “verbeterd”, DIN+ of Ecodesign); globaal op basis van bouwpraktijken in het verleden en nu (vooral voor open haarden), verkoopinformatie en huidige/historische wetgeving, en gefinetuned op basis van parkwaarnemingen; zie 3.1.1 en 3.1.2.
- De uitvalparameters per type zoals de gemiddelde levensduur en de spreiding daarin; weer grofweg op basis van schatting en daarna gefinetuned op basis van waarnemingen; voor de nieuwe Ecodesign en pelletkachels is uitgegaan van een gemiddelde levensduur van 25 jaar (net

als de overige vrijstaande kachels) terwijl eerder voor open haarden 35 jaar en inzethaarden 20 jaar is aangenomen (Jansen, 2016).

- De type-afhankelijke, maar tijdens de stookcyclus constant veronderstelde brandstofconsumptie per uur, tijdens bedrijf; afgeleid van analyses op WoON 2018 (Van Middelkoop et al., 2019) en TNO schattingen; zie 3.1.4.
- Het type- en leeftijdsafhankelijke jaarlijks aantal bedrijfsuren (stookuren); voornamelijk op basis van waarnemingen, zie 3.1.3 en 3.1.5.

Ten aanzien van het aantal pelletkachels in het model dient nog te worden opgemerkt dat dit aantal niet alleen op Van Middelkoop (2019) is gebaseerd maar ook op getallen uit het evaluatie-document ISDE (SEO 2019).

3.1.1 *Jaarlijks aantal aan het model toegevoegde eenheden*

Invoer voor het model is de jaarlijks aan het park toegevoegde hoeveelheid houtverbrandingseenheden. Dit aantal is in principe niet gebaseerd op verkoopstatistieken, behalve voor pelletkachels. Het betreft een hoeveelheid die jaarlijks dusdanig gekozen wordt dat gegeven de aangenomen uitvalparameters het geobserveerde park er globaal mee gereproduceerd wordt. In die zin heeft dit aantal maar een beperkte fysische betekenis. Het aantal is opgebouwd uit een bijdrage nieuw verkochte eenheden, tweedehands verkochte eenheden en anderszins geherintroduceerde eenheden. Op tweedehands verkochte en om andere redenen geherintroduceerde eenheden wordt in paragraaf 3.1.2 verder ingegaan. Voor 2018 (als voorbeeld) is het totale aan het model toegevoegde aantal eenheden als volgt opgebouwd:

Type	Aantal	Belangrijkste route introductie
Open haard	1620	Hergebruikname
Conventionele inbouwkachel	324	Tweedehands
Verbeterde inbouwkachel	162	Tweedehands
DINplus inbouwkachel	8100	Nieuw
Ecodesign inbouw kachel	1134	Nieuw
Conventionele vrijstaande kachel	972	Tweedehands
Verbeterde vrijstaande kachel	1620	Tweedehands
DINplus vrijstaande kachel	4861	Nieuw
Ecodesign vrijstaande kachel	648	Nieuw
Vrijstaande pelletkachel	12961	Nieuw

Het totale aantal nieuw verkochte eenheden (inclusief pelletkachels) zou volgens bovenstaande tabel dan ca. 27500 eenheden bedragen, het aantal tweedehands verkochte eenheden ca. 3100, en het aantal anderszins geherintroduceerde eenheden ca. 1600. Opgemerkt dient verder te worden dat de “Belangrijkste route introductie” niet wil zeggen enige route. Er werden in 2018 namelijk nog steeds open haarden en conventionele/verbeterde kachels nieuw geplaatst en tevens ook DIN+ kachels tweedehands gekocht. Te zien valt ook dat door de ISDE subsidie er veel pelletkachels verkocht zijn (ca. 13000, zie SOE, 2019). In het model is aangenomen dat de verkoop van pelletkachels voornamelijk ten koste gaat van de vrijstaande DIN+/Ecodesign kachels, niet zozeer van de inbouwkachels. Zonder ISDE zou het aantal nieuwe vrijstaande DIN+/Ecodesign kachels ca. 10000 stuks hoger geschat zijn.

Van Middelkoop et al. (2019) heeft naast de grootte van het park ook een globale leeftijdsverdeling van het park aangegeven.

Uit de analyse op WoON 2018 volgt dat er ca. 150000 eenheden jonger dan vijf jaar oud opgesteld zouden staan. Indien dit aantal lineair over de tijd verdeeld wordt zouden er dus jaarlijks ca. 30000 nieuwe eenheden bijkomen. Ondanks dat er een behoorlijk grote steekproeffout aanwezig is in de leeftijdsverdeling volgens Van Middelkoop et al. (2019) is dit getal redelijk vergelijkbaar met de 27500 die uit het model volgt.

3.1.2 *Geschatte herintroductie oude of overjarige eenheden in kachelpark*

In de praktijk worden niet alle oude kachels aan het einde van hun levensduur definitief uit het park verwijderd. Nog goed functionerende eenheden worden soms ook tweedehands opnieuw verkocht. Er zijn tenminste enkele bedrijven in Nederland die gespecialiseerd zijn in de verkoop van gebruikte kachels. Daarnaast worden overjarige modellen die niet aan de nieuwste standaard voldoen vaak toch nog langs andere wegen verkocht. Ook de geobserveerde park-leeftijdsopbouw door Van Middelkoop et al. (2019) suggereert een beperkte maar relevante tweedehands markt: er blijft een klein percentage oude toestellen veel langer in gebruik dan op grond van de gemiddelde levensduur en Weibull uitvalcurve mag worden verwacht. Dit is in het model ondervangen door naast de uitvalparameters een beperkte mate van herintroductie van oudere types aan te nemen. Tweedehands kachels beginnen dan in het model als het ware een tweede leven, waarbij er weer een hoog initieel gebruik wordt aangenomen en een levensduur die even lang is als het eerste leven. Er is aangenomen dat 5 – 10% van alle jaarlijks verkochte kachels (of beter, van alle eenheden die aan het park worden toegevoegd) tweedehands of overjarige modellen zijn. Indien met een kortere levensduur voor tweedehands kachels gerekend zou worden, zou het aantal tweedehands verkochte kachels naar boven bijgesteld moeten worden om het park weer in overeenstemming met observaties te brengen. Ook voor open haarden is een aanzienlijke mate van herintroductie aangenomen. Open haarden worden immers zelden definitief verwijderd uit een woning en kunnen bijvoorbeeld als de woning van eigenaar verandert opnieuw in gebruik genomen worden. Door aan te nemen dat 5% van alle jaarlijks verkochte (of toegevoegde) eenheden opnieuw in gebruik genomen open haarden betreft, wordt een redelijke overeenstemming met parkobservaties naar aanleiding van WoON 2006/2007, 2012 en 2018 verkregen.

3.1.3 *Schatting gemiddeld aantal stookuren in een gemiddelde stookdag*

Naast het aantal in gebruik zijnde houtverbrandingseenheden dient ook de gemiddelde hoeveelheid hout die jaarlijks verstoekt wordt geschat te worden, om zo het totale houtverbruik te kunnen berekenen. Van Middelkoop et al. (2019) rapporteert aantal stookdagen per jaar, per kacheltipe terwijl het model in stookuren per jaar per type rekent. Om beide getallen te kunnen vergelijken is dus een conversiefactor nodig om stookdagen naar stookuren om te rekenen. Als de door Van Middelkoop et al. (2019) afgeleide brandstofhoeveelheden per stookdag vergeleken worden met de houtverbruik per uur uit het kachelmodel dan wordt een stookduur van gemiddeld ongeveer 6 a 7 uur per dag gesuggereerd. Het afgeleide gemiddelde aantal stookdagen per kacheltipe door Van Middelkoop et al. (2019) voor 2006/2007, 2012 en 2018 fluctueert echter behoorlijk, mede als gevolg van steekproeffouten. Voor aardgas wordt in de literatuur vaak van gemiddeld 7 stookuren per dag uitgegaan.

Voor houtverbranding als middel voor ruimteverwarming wordt aangenomen dat gemiddelde stookduur voor handgestookte houtkachels ca 45 minuten langer is dan die van een gasgestookte verwarming. Dit geldt dan weer niet voor een snel opstartende en afschakelende pelletkachel: deze worden veelal automatisch gestookt. Voor open haarden die voor sfeerverwarming worden gebruikt wordt een veel kortere stookduur aangenomen. Uiteindelijk zijn de volgende type-afhankelijke conversiefactoren afgeleid voor gebruik in het model:

Type	Aanname stookuren per stookdag
Open haard	4
Inzet haard	7,75
Vrijstaande kachel	7,75
Pelletkachel	7

3.1.4 Brandstofverbruik

In het model wordt gerekend met een door de jaren constant verondersteld kacheltipe-specifiek brandstofverbruik per uur (Jansen, 2016) voor wanneer de kachel in gebruik is. Ten opzichte van de aannames door Jansen (2016) is voor open haarden het brandstofverbruik in het model naar beneden bijgesteld op basis van de analyses op WoON 2018 (was 5 kg/uur en is nu 3,2 kg/uur). Voor inbouw- en vrijstaande kachels met het Ecodesign keurmerk is hetzelfde brandstofverbruik aangenomen als voor DIN+ inbouw- en vrijstaande kachels (1,5 respectievelijk 1,88 kg/uur) volgens Jansen (2016). Voor de nieuw geïntroduceerde pelletkachel is uitgegaan van de beste schatting door Van Middelkoop et al. (2019) van 1.8 kg houtpellets/uur, welke op verschillende literatuurbronnen gebaseerd is. De door het model gebruikte brandstofverbruiken komen goed overeen met de brandstofverbruiken in Van Middelkoop et al. (2019).

3.1.5 Stookuren/-dagen per jaar

In het kachelmodel was voorheen het aantal stookuren altijd alleen afhankelijk van het type kachel en zichtjaar, waarbij de meer geavanceerde types aangenomen werden wat intensiever te worden gebruikt. Op basis van Van Middelkoop et al. (2019) zijn de stookuren in het model bijgesteld. In de analyses door Van Middelkoop et al. (2019) is voor het eerst het aantal stookdagen als functie van de kachelleeftijdsklasse afgeleid (voor open haarden, inzethaarden, vrijstaande kachels en pelletkachels afzonderlijk). Het blijkt dan naarmate een kachel langer in gebruik is en ouder wordt de kachel gemiddeld steeds minder gebruikt wordt. Bij de aanpassing van het kachelmodel is deze afhankelijkheid door het model grotendeels overgenomen. Aldus is voor de periode na 2012 het jaarlijks aantal stookuren per kacheltipe afhankelijk gemaakt van de (uit het model berekende) gemiddelde leeftijd van alle eenheden van dat kacheltipe in het model. Door deze aanpassing gaat dus ook voor modernere kacheltypen (zoals DIN+ en Ecodesign) het aantal stookuren naarmate de leeftijd van de kachel toeneemt, omlaag (i.t.t. in eerdere kachelmodel versies). Dit is vooral van belang voor de prognoses. Het uit de analyse op WoON 2018 overgenomen aantal stookuren per leeftijdsklasse ziet er als volgt uit:

Type	<5 jaar oud	5 – 15 jaar oud	15 – 25 jaar oud	>25 jaar oud
Inzethaard (alle)	736	682		233
Vrijstaande kachel (alle)	1132	860	767	450

Hierbij moet worden opgemerkt dat de gemiddelde levensduur van een kachel op 20 – 25 jaar geschat wordt.

Van open haarden is in het model de leeftijd voor een groot deel echter niet goed bekend (veel waren er al lang voor 1990). Daarom is voor open haarden een constant (leeftijd-onafhankelijk) gemiddeld aantal stookuren aangenomen (156 uur/jaar, Van Middelkoop et al., 2019). Voor pelletkachels wordt verder aangenomen dat vooral de onder ISDE aangeschafte eenheden meestal als hoofdverwarming en niet als bij- of sfeerverwarming gebruikt zullen gaan worden. Ook voor pelletkachels wordt er daarom een constant (hoog) aantal stookuren aangenomen (973 uur/jaar, Van Middelkoop et al., 2019). In werkelijkheid zal naar verwachting ook een gedeelte van de nieuwe Ecodesign kachels als hoofdverwarming gebruikt gaan worden, tegen een gedeelte van de pelletkachels dat dan weer als bijverwarming gebruikt zal worden. De stookuren van de pellet- en Ecodesignkachels zijn met name voor de prognose van belang.

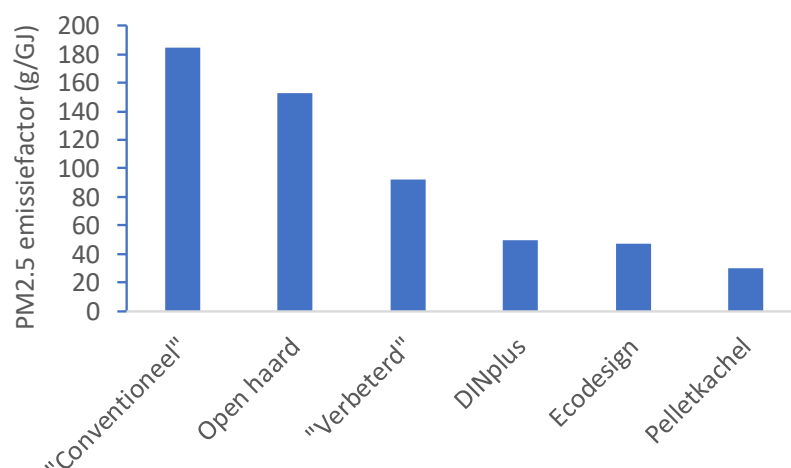
- 3.1.6 *Periode waarvoor het kachelmodel aangepast is naar aanleiding van WoON 2018*
Zoals eerder vermeld hebben bijna alle genoemde aanpassingen van het kachelmodel betrekking op de periode na 2012. Voor de periode 1990 tot 2012 is het model grotendeels ongewijzigd gebleven. Enkel de uitvalparameters en beginhoeveelheid van open haarden zijn vanaf 1990 bijgesteld om de door Van Middelkoop et al. (2019) geobserveerde afnemende trend in het gebruik van open haarden in 2006/2007, 2012 en 2018 beter te kunnen beschrijven.

3.2 Emissiefactoren

Over het algemeen wordt getracht om in het model zoveel mogelijk gebruik te maken van praktijkemissiefactoren, in plaats van emissiefactoren bijvoorbeeld berekend uit emissienormen. Vooral bij houtkachels waar de invloed van stookgedrag en brandstofkwaliteit aanzienlijk is, kan er een groot verschil bestaan tussen praktijkemissie en emissie onder standaard omstandigheden. Alleen bij pelletkachels met een volledig automatische brandstof en luchttoevoer is dat verschil minder groot, al kan ook hier door bijvoorbeeld interne vervuiling de emissie na enige tijd hoger worden.

De emissiefactoren in het TNO kachelmodel zijn op meerdere literatuurbronnen gebaseerd (zie bijv. Jansen, 2016) maar er is een tendens om steeds vaker het EEA Guidebook (EEA, 2019) te gaan gebruiken, aangezien deze factoren voortdurend geüpdatet en verbeterd worden. Voor de twee kacheltypes die nieuw aan het model zijn toegevoegd (pelletkachels en Ecodesign kachels) is eveneens gedeeltelijk van Guidebook factoren uitgegaan.

Voor PM_{2,5} (exclusief condenseerbare fractie, zie tekstkader) zijn de emissiefactoren voor de verschillende types/emissienormeringen weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 *PM_{2.5} emissiefactoren per type houtkachel (exclusief condenseerbare fractie).*

Figuur 1 laat zien dat het verschil in praktijkemissiefactor tussen een conventionele houtkachel en een pelletkachel meer dan een factor 6 is. Indien de condenseerbare PM_{2.5} fractie (zie tekstkader) in ogenschouw wordt genomen is dat verschil nog groter. Houtkachels met het Ecodesign label liggen qua emissiefactor ondanks de vergaand geoptimaliseerde verbranding waarschijnlijk toch nog iets hoger dan pelletkachels. Dit komt omdat er in de praktijk nog steeds een sterke invloed van de gebruiker bestaat wat betreft het soort, afmeting en vochtgehalte van het gestookte hout en het stookgedrag, terwijl dat allemaal bij een pelletkachel geheel geautomatiseerd is. Andere polluenten die eveneens geëmitteerd worden als gevolg van onvolledige verbranding zoals condenseerbaar PM, PAKs, CO, NMVOC en benzeen volgen een vergelijkbare afnemende trend als PM_{2.5}, naarmate verbrandingscondities verbeteren.

Veel soorten fijn stof die naar de atmosfeer geëmitteerd worden (bijvoorbeeld door verbrandingsprocessen) bestaan uit een 'vast' deel (in de literatuur vaak met PM_{solid} of PM_{filterable} aangeduid) en een 'condenseerbaar' deel ('PM_{condensable}' of 'condensables'). Eenvoudig gezegd is het vaste (niet vluchtige) deel dat wat op een heet filter achterblijft (bijv. 300°C) en het condenseerbare (half-vluchtige) deel dat wat er aan massa bij komt indien eerst het rookgas en het filter verder wordt afgekoeld (tot bijv. 50°C). Semi-vluchtig materiaal in het rookgas slaat dan door afkoeling neer en vormt extra fijn stof (PM_{condensable}). Om fijn stof rookgasconcentraties aan te duiden is het bij stationaire verbrandingsprocessen gebruikelijk alleen het vaste deel te nemen. Dit om verschillende concentratie-gegevens vergelijkbaar te houden. Ook emissienormen zijn vaak op alleen het vaste deel gebaseerd. Voor houtkachels is echter het condenseerbare deel erg groot (zelfs dominant). In de Emissieregistratie is voor houtkachels het condenseerbare deel ('KWScond') nog apart opgenomen en niet bij PM₁₀/PM_{2.5} opgeteld. Voor houtkachels is de totale fijn stof emissie (vaste plus condenseerbare deel) twee tot vier keer zo hoog als het vaste deel.

De stofgroep PCBs is in deze studie aan het kachelmodel toegevoegd. Hierbij is gebruik gemaakt van Guidebook emissiefactoren. Dit naar aanleiding van een internationale review van de Nederlandse emissieschattingen.

Voor NH₃ zijn in deze studie naar aanleiding van kort literatuuronderzoek eveneens de emissiefactoren aangepast.

Een (Engelstalige) verantwoording van de nieuwe NH₃ emissiefactoren is gegeven in Appendix A. Voor de broeikasgassen CO₂, N₂O en CH₄ worden type onafhankelijke emissiefactoren gebruikt. Voor CH₄ is dit een eigenlijk een te grove aanname die tot een overschatting van de CH₄ emissie leidt. Mogelijk bedraagt die overschatting op dit moment een factor twee.

3.3 Resultaten aanpassing model aan Woon2018

3.3.1 Gemodelleerde parkopbouw en houtverbruik 2012 – 2018

Tabel 1 hieronder geeft de voor 2006, 2012, 2018 en 2019 de gemodelleerde aantallen in gebruik zijnde houtverbrandingseenheden. Ook aangegeven is het houtverbruik per kacheltipe. Let op dat de peildatum van het houtkachelmodel op 1 januari ligt. De waarde voor 2018 representeert dus de situatie op 1 januari 2018. De situatie medio 2018 en aan het einde van 2018 kan worden benaderd met respectievelijk het gemiddelde van 2018 en 2019, en de 2019 waarde. In het algemeen reproduceert het model de aantallen aangegeven voor 2006/2007, 2012 en 2018 door Van Middelkoop et al. (2019) vrij goed. Met betrekking tot emissiestandaarden neemt aantal in gebruik zijnde open haarden en conventionele kachels af. Recentelijk begint ook het aantal Verbeterde kachels af te nemen. DIN+ kachels zijn het laatste decennium sterk in aantal toegenomen.

Tabel 1 Gemodelleerde aantallen in gebruik zijnde houtverbrandingseenheden en bijbehorende houtverbruik per kacheltipe in 2006, 2012, 2018 en 2019.

Type/standaard	Aantal eenheden				Houtverbruik (kton)			
	2006	2012	2018	2019	2006	2012	2018	2019
Totaal	948000	991000	991000	988000	1186	1222	1170	1152
Open haarden	435000	375000	310000	300000	217	187	155	148
Inbouwkachels	207000	187000	184000	184000	330	247	178	167
W.v. Conventioneel	148000	105000	67000	62000	237	161	65	51
W.v. Verbeterd	44000	38000	29000	27000	70	43	30	27
W.v. DIN+	14000	43000	82000	88000	23	43	77	81
W.v. Ecodesign			5800	6900			6	7
Vrijstaande kachels	307000	428000	466000	461000	639	788	783	762
W.v. Conventioneel	82000	68000	54000	52000	172	145	112	106
W.v. Verbeterd	146000	151000	135000	131000	304	255	214	205
W.v. DIN+	78000	209000	274000	273000	163	388	450	443
W.v. Ecodesign			3300	4000			7	8
Pelletkachels			31000	44000			54	76

Over het algemeen lijken de aantallen in gebruik zijnde houtverbrandingseenheden volgens het model behoorlijk goed op de resultaten van Van Middelkoop et al. (2019). De modeluitkomsten liggen ook ruim binnen de onzekerheidsmarge aangegeven door Van Middelkoop et al. (2019). Er dient verder opgemerkt te worden dat de modeluitkomsten gebaseerd zijn op een gemodelleerde continue vernieuwing van het kachelpark aan de hand van modelparameters, terwijl uit WoON het aantal opgestelde eenheden rechtstreeks is afgeleid (Van Middelkoop et al., 2019). Met die achtergrond is het niet verwonderlijk dat de uitkomsten iets verschillen. Ook dienen de verschillende peildata in ogenschouw worden genomen. In het model is de peildatum 1 januari van dat jaar, terwijl voor de analyses op WoON de peildatum in de praktijk rond de zomer dat jaar ligt (toen het WoON onderzoek is uitgevoerd).

In geval van langzame transitie is het effect hiervan te verwaarlozen maar gezien de snelle ontwikkeling van het aantal pelletkachels de afgelopen jaren kan voor dit kacheltypen beter het gemiddelde van de modeluitkomst voor 2018 en 2019 vergeleken worden met de analyse op WoON 2018. In dat geval komt Van Middelkoop et al. (2019) iets hoger uit voor pelletkachels, hetgeen terug te voeren is op de gedeeltelijk verschillende basisdata gebruikt voor pelletkachels (WoON vs. ISDE evaluatie).

Eveneens een verschil tussen Van Middelkoop et al. (2019) en het houtkachemodel is het gemodelleerde aantal inbouwhaarden, waarbij het vermoeden bestaat dat de cijfers van Van Middelkoop et al. (2019) enigszins beïnvloed zijn door definitieverschillen tussen 2006/2007, 2012 en 2018. WoON komt uit op 183000, 167000 en 215000 stuks voor 2006, 2012 en 2018 respectievelijk, terwijl het model 206000, 186000 en 184000 verwacht. Ondanks het hoge aantal inbouwhaarden in 2018 ten opzichte van 2012 geeft Van Middelkoop et al. (2019) later aan (in de tabellen over de leeftijdsopbouw van inbouw haarden) dat er in 2014 – 2018 aanzienlijk minder inbouwkachels verkocht zouden zijn dan in 2008 – 2013, hetgeen wat in tegenspraak lijkt met de eerder gerapporteerde stijging van de aantallen (hoewel alle verschillen ruim binnen de onzekerheidsmarge vallen). Door het parkmodel kunnen dergelijke schommelingen zonder kunstgrepen niet gereproduceerd worden en strijkt het model deze verschillen tussen de jaren als het ware glad.

3.3.2 Overzicht emissies 2012 – 2018

Tabel 2 geeft een overzicht van de emissie van de belangrijkste aan houtverbranding gerelateerde polluenten voor de periode 2012 t/m 2018. Let op dat de peildatum steeds 1 januari van het jaar is. In het algemeen lijken de emissies relatief constant. Koolmonoxide (CO), fijn stof (zowel PM₁₀ als PM_{2,5}) en componenten daarvan zoals Black carbon vertonen een afname als gevolg van de geleidelijke penetratie van schonere toestellen in het kachelpark. Strikt genomen moeten condenseerbare organische verbindingen (KWScond) bij PM₁₀ en PM_{2,5} emissies opgeteld worden maar in de Nederlandse emissierapportage is dat (nog) niet het geval. PM_{2,5} emissie uit houtverbranding zou dan op 4,4 kton uitkomen. Verder valt het op dat verschillende micropolluenten (bijvoorbeeld benzo(a)pyreen en dioxines (PCDD/F)) relatief weinig afname laten zien. Mogelijk is hier sprake van enige overschatting van de emissie in 2018 en dienen de emissiefactoren voor DIN+ toestellen wat naar beneden bijgesteld te worden. Ook methaan (CH₄) laat relatief weinig afname zien in vergelijking tot zwaardere koolwaterstoffen (NMVOS). Eerder werd al opgemerkt dat CH₄ emissie uit houtkachels mogelijk een factor twee overschat wordt.

Tabel 2 Emissies door houtverbranding in particuliere houtkachels in 2012-2018.

Stof/polluent	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CO ₂ -niet IPCC (Mton)	1,87	1,88	1,86	1,84	1,83	1,81	1,81
CH ₄ (kton)	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8	4,9
N ₂ O (kton)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
CO (kton)	68	67	65	63	61	59	57
NMVOS (kton)	9,6	9,4	9,0	8,7	8,4	8,1	7,7
NO _x (kton)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
NH ₃ (kton)	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
SO ₂ (kton)	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21

PM ₁₀ (kton)	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
PM _{2,5} (kton)	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5
KWScond (kton)	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,8
Black carbon (kton)	0,67	0,65	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52
Benzo(a)pyreen (ton)	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
PCDD/F (g I-Teq)	6,6	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8
PCB (g)	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6

4 Prognoses voor 2030

Voor de Klimaat- en Energieverkenning 2019 (KEV) zijn op verzoek van PBL prognoses gemaakt met het kachelmodel voor de periode 2020 tot 2030. Onder een serie aannames wat betreft kachelverkoop, warmtevraag en beleidsmaatregelen rekent het model op basis van wat er aan het park toegevoegd wordt en de uitvalparameters de verwachte geleidelijke modernisering van het kachelpark tot 2030 door. Het model voorspelt vervolgens het totale houtverbruik dat bij het park in 2030 hoort en de resulterende emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen.

Het dient opgemerkt te worden dat het kachelmodel geen energiemodel is, in die zin dat het niet effect van 'drivers' zoals gasprijs of een groeiend milieubewustzijn op het gebruik van biomassa als brandstof kan voorspellen. Biomassa is in principe een hernieuwbare brandstof en kan hierdoor bijdragen aan de reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen zoals aardgas. Dit zou tot een groei van het gebruik van hout voor woningverwarming kunnen leiden. Daarentegen is er ook sprake van groeiend maatschappelijk bewustzijn ten aanzien van de extra luchtvervuiling die een toenemend houtverbruik met zich mee kan brengen. Het kachelmodel kan niet het netto resultaat van deze tegengesteld werkende drivers voorspellen. Het globale aantal huishoudens met een houtverbrandingstoestel in de periode 2020 tot 2030 moet als randvoorwaarde aan het model worden opgelegd, door het bijstellen van "verkoopcijfers". Het model voorspelt wel een verdere verschuiving van houtstook voor louter sfeerverwarming (met traditionele open haarden) naar houtstook voor effectieve ruimteverwarming, zoals die reeds plaats heeft gevonden in Nederland gedurende de afgelopen 2006 t/m 2018 (Van Middelkoop et al., 2019).

4.1 Uitgangspunten bij de prognose

Een van de belangrijkste conclusies die uit de drie WoON enquêtes getrokken kan worden is dat houtgebruik door Nederlandse huishoudens relatief stabiel is geweest de afgelopen 10-15 jaar (Van Middelkoop et al., 2019). Aangezien de meerderheid van het hout dat door Nederlandse huishoudens gebruikt wordt ook uit Nederland afkomstig is en dat aanbod in principe begrensd is, is er mogelijk ook niet veel ruimte voor significante groei. Een daling zou weer betekenen dat een aanzienlijke hoeveelheid (goedkope) brandstof niet gebruikt zou worden. Er is om deze redenen voor de prognose van het houtverbruik uitgegaan van aannames die hiermee in lijn zijn. Dit houdt in dat er geen grote veranderingen verwacht worden wat betreft het gebruik van houtkachels en de verkoop van nieuwe kachels. Wel treedt er voortdurende modernisering van het kachelpark op, zoals door het model voorspeld wordt. Beleidsmaatregelen en wetgeving kunnen daarop nog van invloed zijn. Over de effecten van bijvoorbeeld stijgende energieprijzen of een mogelijk toenemende maatschappelijke weerstand tegen houtverbranding, zijn helaas geen gegevens beschikbaar op basis waarvan deze effecten gekwantificeerd kunnen worden.

Bij de prognose van het houtverbruik en de emissies voor de periode 2020 tot 2030 is verder van het volgende uitgegaan:

- Totale kachelverkoop blijft bij benadering constant (zie boven).
- Per 2022 moeten alle in Nederland nieuw verkochte kachels het Ecodesign keurmerk dragen (geldt zowel voor inbouw- als vrijstaande kachels);

Bij het scenario Voorgenomen Beleid is aangenomen dat met ingang van 2020 alle nieuw verkochte kachels het Ecodesign keurmerk dragen.

- De Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE) stopt na 2020 met het subsidiëren van pelletkachels; hierdoor daalt het verkoopaandeel van pelletkachels van 40% van alle verkochte kachels vóór 2020 (geschat op basis van de analyses op WoON 2018) naar 15% in 2020 en daarna (geschat op basis van interpretatie enquête ISDE evaluatie (SEO, 2019)); dit heeft geen invloed op het totaal aantal verkochte kachels, enkel het aandeel pelletkachels daarin.
- Uitfasering van oude kachels gebeurt volgens de in het model op WoON 2006/2007, 2012 en 2018 gefinetunede uitvalparameters.
- Er blijft sprake van een relevante tweedehands markt, waardoor oudere eenheden in het model worden geherintroduceerd; ook overjarige (meest DIN+) modellen worden vaak alsnog ergens verkocht nadat Ecodesign label al verplicht is geworden (aannee is dat nog steeds 10% van alle nieuw verkochte kachels na 2022 van DIN+ type zijn).
- Door verwachte verdere isolatiemaatregelen na 2018 en een iets warmer klimaat daalt de warmtevraag per huishouden iets; hiervoor zijn gegevens van ECN-TNO gebruikt (KEV 2019) die afhankelijk van het type woning ca. 5% afname over 2018 t/m 2030 aangeven.

4.2 Vastgesteld en voorgenomen beleid

Bovengenoemde uitgangspunten worden verondersteld onderdeel te zijn van “Vastgesteld beleid”. Naast de verwachte ontwikkelingen bij vastgesteld beleid is er ook een scenario doorgerkend waarin beleidsvoornemens zijn meegenomen. Met name de vervroegde inwerkingtreding van de Ecodesign-richtlijn voor houtkachels, het Ministerie overweegt de inwerkingtreding per 2020 i.p.v. 2022 laten plaatsvinden, is relevant voor dit scenario. Dit scenario wordt aangeduid met “Voorgenomen beleid”. De totale kachelverkoop is in beide scenario's gelijk, alleen de beleidsuitgangspunten voor 2020 – 2030 verschillen dus iets, zoals hieronder is samengevat:

Scenario	Periode	Beleidsuitgangspunt
Vastgesteld beleid	2020	Wel ISDE, geen Ecodesign
	2021	Geen ISDE, geen Ecodesign
	2022 - 2030	Ecodesign, geen ISDE
Voorgenomen beleid	2020	ISDE en Ecodesign naast elkaar
	2021 - 2030	Geen ISDE, wel Ecodesign

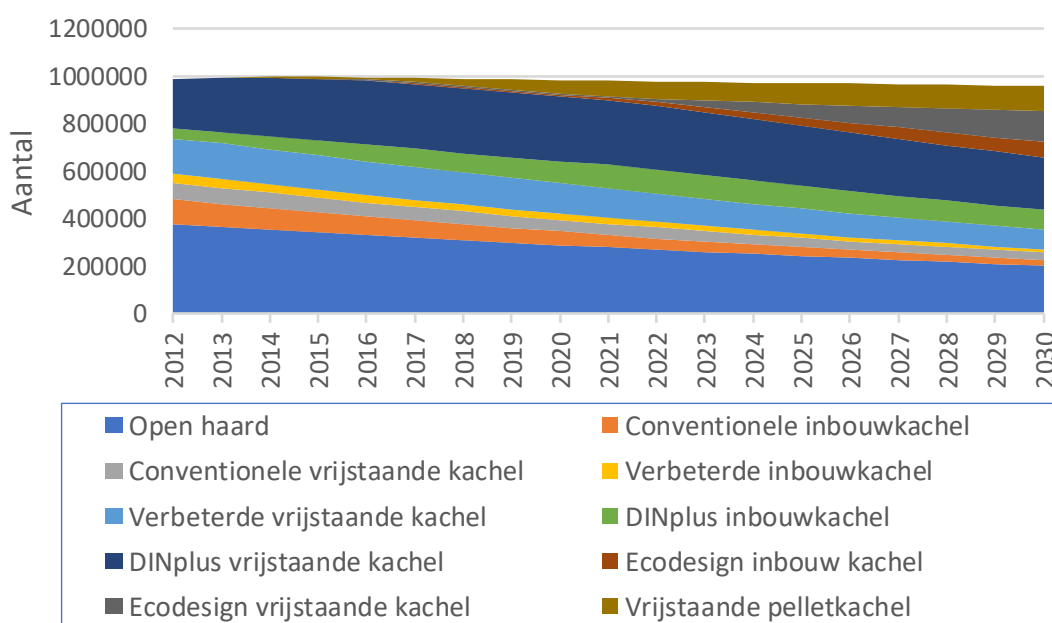
4.3 Resultaten prognoses

4.3.1 Kachelaantallen

De gemodelleerde aantallen kachels voor de periode 2012 t/m 2030 zijn weergegeven in Figuur 2. Hierbij heeft er dus voor 2012 en 2018 ijking plaatsgevonden van modelparameters aan de WoON onderzoeken. Zoals al eerder is uitgelegd blijft het geprognosticeerde totale aantal kachels over de periode 2018 – 2030 ongeveer gelijk als gevolg van de aangenomen constante verkoopaantallen. De samenstelling van het park verandert wel.

Het aantal in gebruik zijnde open haarden neemt over de gehele periode af van 375000 in 2012 tot ca. 200000 in 2030, ondanks het feit dat er geen specifiek beleid tegen het gebruik ervan is aangenomen. De afname van open haarden is een trend die reeds lange tijd gaande is. Open haarden blijken in het algemeen steeds minder populair, mogelijk speelt het lage energetische rendement hier een rol. Het aantal DIN+ kachels blijft tot de introductie van Ecodesign toenemen om daarna langzaam weer wat af te nemen. DIN+ blijft in 2030 nog zo'n 30% van het park uitmaken.

Pelletkachels waren sinds de ISDE regeling sterk in opkomst, maar dit vlakt naar verwachting weer wat af nu de ISDE wordt afgeschaft in 2020. Na 2022 komen de Ecodesign kachels sterk op, om in 2030 uiteindelijk zo'n 20% van het kachelpark uit te maken. In 2030 bestaat het park voor 60 – 65% uit laag-emitterende kachels (DIN+, Ecodesign en pelletkachels). Voor 2018 was dat zo'n 40%.



Figuur 2 Gemodelleerde aantallen kachels voor de periode 2012 t/m 2030 per kacheltipe.

4.3.2 Houtverbruik

Figuur 3 geeft het bij het park horende houtverbruik over 2012 tot 2030 weer. Over deze hele periode neemt het totale houtverbruik af met 7,5%). Tot 2018 was dat conform Van Middelkoop et al. (2019) (ca. 4% afname). Daarna is de afname netto vergelijkbaar met de aangenomen dalende warmtevraag per woning door verdere isolatiemaatregelen in 2018 – 2030 (3,4% en – 2,8% respectievelijk).

Deze afname is echter het gecombineerde effect van verschillende ontwikkelingen:

- 1) Er is aangenomen dat verbeterde isolatie effect heeft op inzet van reeds opgestelde kachels en zich dus direct door vertaalt naar een lager houtverbruik. Dit effect vindt vooral in de jaren direct volgend op 2018 plaats. Hetzij opgemerkt dat de totale warmtevraag van huishoudens iets gestegen zal zijn in 2030 omdat er dan ook meer woningen zullen zijn. Het stijgende aantal woningen wordt echter op een andere plaats in het model al verdisconteerd.

2) Verder neemt het gemiddelde warmterendement van het park tussen 2018 en 2030 toe, van 53% naar 63%. Dat is vooral het gevolg van het feit dat in 2030 meer huizen met hout als brandstof verwarmd worden. Dit gebeurt met efficiënte kachels en er is dus sprake van een hoger nuttig gebruik van de warmte, waardoor ook het gebruik van fossiele brandstof vermeden wordt.

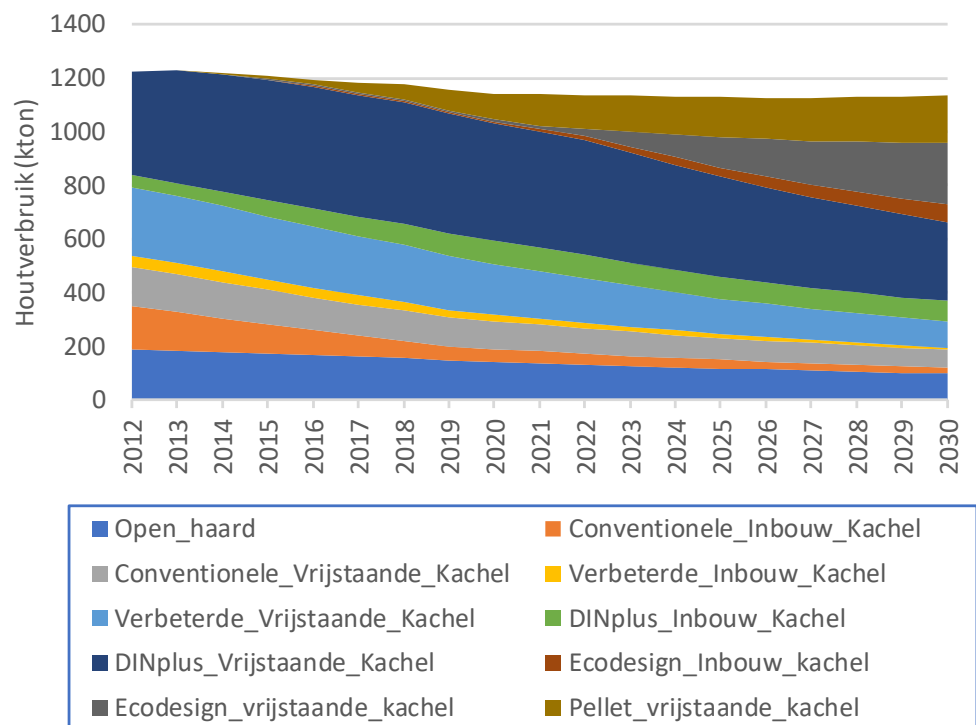
3) Voor houtkachels met een hoog rendement wordt echter uitgegaan van een veel intensiever gebruik dan bijvoorbeeld dat van een open haard. Dit kan dus tot een stijging van het houtverbruik leiden.

4) Tenslotte geldt: de meerderheid van het hout dat door Nederlandse huishoudens gebruikt wordt, is ook uit Nederland afkomstig en dat aanbod is in principe begrensd. Er is mogelijk dus ook niet veel ruimte voor significante groei. Een daling zou weer betekenen dat een aanzienlijke hoeveelheid (goedkope) brandstof niet gebruikt zou worden. Dit onderstaand vernoemde verwachting t.a.v. houtverbruik.

5) Wat daarnaast ook nog een rol speelt is de vanaf 2012 aangenomen relatie tussen kachelleeftijd en stookuren/-dagen. Aangeschafte kachels raken volgens deze relatie als het ware eerder in onbruik dan vóór 2012 maar het aanvankelijke gebruik is weer hoger. Dit resulteert weer in een afname van het houtverbruik.

Het netto effect van al deze verschuivingen is dus een afname van het houtverbruik van 3,4% tussen 2018 en 2020.

Het dient opgemerkt te worden dat de voorspelde afname in het totale houtverbruik onzeker is. Over de lange termijn neemt houtverbranding voor louter sfeerverwarming (met traditionele open haarden) verder af maar voor ruimteverwarming (met een inbouw- of vrijstaande kachel) juist weer toe. Naarmate houtkachels meer gebruikt worden als hoofdverwarming (in 2018 nog maar beperkt het geval) wordt de aangenomen afname van het houtverbruik met leeftijd wat onwaarschijnlijker (zie paragraaf 4.4). Tot nu wordt alleen voor pelletkachels aangenomen dat het verbruik constant blijft over de gebruiksperiode. De hoeveelheid hout die in emissie-arme kachels gebruikt wordt stijgt van ca. 50% in 2018 naar 70 – 75% in 2030.



Figuur 3 Gemodelleerd houtverbruik (kton) voor de periode 2012 t/m 2030, per kachelttype.

4.3.3 Emissies

De berekende emissies uit houtverbranding voor de jaren 2018, 2020, 2025 en 2030 zijn gegeven in Tabel 3. CO₂ en de andere broeikasgassen blijven hierin ongeveer constant, waarbij moet worden opgemerkt dat de methaan (CH₄) emissiefactoren voor modernere kacheltypes waarschijnlijk naar beneden aangepast moeten worden. Dan zou de totale CH₄ emissie wel eens meer dan 50% lager uit kunnen vallen. Koolmonoxide (CO), vluchtige koolwaterstoffen (NMVOS) en fijn stof en gerelateerde componenten dalen volgens verwachting. Voor fijn stof daalt het semivluchtige aandeel (KWScond en PAK zoals benzo(a)pyreen) sneller dan het vaste deel (PM₁₀, PM_{2.5}, Black carbon). Stikstof- en zwavelemissies (NO_x, NH₃ en SO₂) blijven ongeveer gelijk maar houtverbranding is geen grote bron voor stikstof of zwavel. Toxische gechloreerde organische verbindingen (bijv. dioxines (PCDD/F) en PCB) dalen ook door de verdere modernisering van het kachelpark.

Tabel 3 Gemodelleerde emissies voor de periode 2018-2030

Emissiestof	2018	2020	2025	2030
CO ₂ -niet IPCC (Mt)	1,81	1,78	1,78	1,80
CH ₄ (kton) (kton)	4,9	4,8	4,8	4,8
N ₂ O (kton)	0,06	0,06	0,06	0,06
CO (kton)	57	52	46	41
NMVOS (kton)	7,7	7,0	6,1	5,5
NO _x (kton)	1,9	1,9	1,8	1,7
NH ₃ (kton)	0,15	0,13	0,11	0,09
SO ₂ (kton)	0,21	0,21	0,20	0,21
PM ₁₀ (kton)	1,5	1,4	1,2	1,1
PM _{2,5} (kton)	1,5	1,4	1,2	1,1
KWScond (kton)	2,8	2,6	2,2	1,9
Black carbon (kton)	0,52	0,47	0,43	0,41
Benzo(a)pyreen (ton)	1,1	1,0	0,8	0,7
PCDD/F (g I-Teq)	5,8	5,4	4,8	4,5
PCB (g)	0,6	0,6	0,5	0,4

4.3.4 Verschillen Vastgesteld en Voorgenomen beleid

Hiervoor is beschreven dat er ook een extra beleidsscenario is doorerekend waarbij het Ecodesign keurmerk twee jaar eerder verplicht zou worden (in 2020 i.p.v. 2022). Bij vergelijking van de resultaten voor Vastgesteld en Voorgenomen vallen de volgende zaken op:

- Hoewel de totale kachelverkoop in beide scenario's gelijk zijn aan elkaar, verschilt dit in 2020 en 2021 wel per type kachel, met als gevolg dat er daarna meer Ecodesign kachels zijn (vooral ten koste van DIN+).
- Het houtverbruik bij Voorgenomen beleid is marginaal (0,4%) hoger in 2030, omdat het model voor de gemiddelde Ecodesign kachel een wat hoger aantal stookuren gebruikt dan een gemiddelde DIN+ kachel; dit is echter een artefact dat te maken heeft met de programmastructuur van het model; er is geen reden dat het houtverbruik zou moeten verschillen tussen vastgesteld en voorgenomen beleid.
- Voor de broeikasgassen zijn voor alle typen kachels dezelfde emissiefactoren gebruikt, dus voor deze stoffen zijn de emissies bij Voorgenomen beleid dus ook 0,4% hoger in 2030.
- Ecodesign kachels hebben wel iets lagere emissiefactoren in vergelijking tot DIN+; hierdoor zijn bijvoorbeeld de PM₁₀ en PM_{2,5} emissies maar 0,1% hoger (i.p.v. 0,4%) in 2030 bij Voorgenomen beleid.

In vergelijking met andere ontwikkelingen heeft de iets vervroegde introductie van Ecodesign een vrij marginaal effect. Een één jaar vervroegde introductie van Ecodesign zou ten koste gaan van de verkoop van de ook al behoorlijk schone DIN+ kachel. Het verwijderen en/of weren van bestaande, oude kachels (bijv. die met conventioneel/traditioneel ontwerp) zou veel effectiever zijn maar is moeilijker uitvoerbaar. Wel is het belangrijk te vermelden dat er nagenoeg geen meting van praktijkemissiefactoren aan Ecodesign kachels heeft plaatsgevonden. Met name de fijn stof emissiefactoren zijn hierdoor conservatief ingeschat. Mogelijk zal de milieuwinst later toch groter blijken.

4.4 Bandbreedtes

Er is in dit project een inschatting gemaakt van semi-kwantitatieve betrouwbaarheidsintervallen ("bandbreedtes") voor de houtverbruik- en emissieprognoses, voor de periode 2019 – 2030 (jaren na Woon2018, t/m 2030). In principe is hierbij een aanpak gevolgd die de individuele bandbreedtes in de berekeningscomponenten schat en vervolgens combineert tot een totale bandbreedte.

In eerste instantie is er door TNO alleen gekeken naar de extra onzekerheid die geïntroduceerd wordt door het maken van de prognose, niet naar de al bestaande onzekerheid in houtverbruiks- en emissiecijfers voor 2018.

Voor de prognoses wordt met dezelfde emissiefactoren gerekend als voor het basisjaar en is er dus geen sprake van extra onzekerheid in de prognoses hierdoor ten opzichte van het basisjaar. De onzekerheid in de emissiefactoren is sterk afhankelijk van de betreffende stof maar onafhankelijk verondersteld van het kachelttype.

Voor de KEV is zoals gezegd vooral de extra onzekerheid door het maken van prognoses ten opzichte van de reeds aanwezige onzekerheid voor het basisjaar van belang. Deze onzekerheid is geschat voor het jaar 2030 en wordt vanaf 2030 teruggellend, aangenomen geleidelijk tot nul af te nemen voor het basisjaar 2018.

Daarna is de totale onzekerheid in het houtverbruik en de emissies voor 2030 bepaald door de onzekerheid in de prognose te combineren met de onzekerheid in de emissiefactoren en het houtverbruik voor het basisjaar (2018). Dat laatste is bij benadering gelijk aan de onzekerheid in de analyse op WoON 2018 (Van Middelkoop et al., 2019) en is op verzoek door CBS bepaald.

Om eerst voor de KEV de bandbreedte van het geprognostiseerde houtverbruik te schatten is onder een serie aannames de bandbreedte bepaald in de onzekerheid van de kachelverkoop, houtverbruik per uur, gemiddeld aantal stookuren per dag en het aantal stookdagen per jaar.

Voor de totale onzekerheid in de emissies is deze uitkomst vervolgens zoals gezegd gecombineerd met de door CBS geschatte bandbreedte in het houtgebruik voor 2018, en met de onzekerheid in de emissiefactoren. Voor twee zichtjaren (2020 en 2030) is de totale bandbreedte daadwerkelijk berekend.

4.4.1 *Bandbreedtes in de prognoses van het houtverbruik*

De bandbreedtes in de prognoses van het houtverbruik zijn tot stand gekomen op basis van de volgende aannames:

1) De verkoop van nieuwe kachels lijkt over de afgelopen 10 jaar relatief stabiel. Voor 2019 - 2030 wordt (redelijk conservatief) $\pm 20\%$ aangenomen aan als bandbreedte hierin. Met het model is per kachelttype doorerekend in welke bandbreedte in het houtverbruik dit resulteert voor 2020 en 2030. In 2020 zal dit nog weinig effect hebben.

2) Voor wat betreft het houtverbruik per uur per kacheltipe is op basis van verschillen tussen de analyses op WoON 2006/2007, 2012 en 2018, en Hamstra (2018) een spreiding van $\pm 20\%$ aangenomen. Dit werkt lineair door op het houtverbruik.

3) In het model worden stookdagen omgerekend naar stookuren met een geschatte gemiddelde stookduur. Hiervoor is een bandbreedte van $\pm 20\%$ aangenomen voor kachels en $\pm 50\%$ voor open haarden aangenomen. Ook dit werkt lineair door in het houtverbruik.

4) De bandbreedte in het gemiddelde aantal stookdagen per jaar, per kacheltipe uit Woon 2018 is geschat rondom de relatie met kachelleeftijd. Voor de bovengrens is aangenomen dat het aantal stookdagen voor kachels (niet open haarden) niet afneemt met leeftijd, maar op de initiële waarde blijft (die voor 5 jaar en jonger). Mogelijk worden kachels in de toekomst als hoofdverwarming gebruikt waardoor het aantal stookdagen hoog blijft, ondanks dat de kachel ouder wordt. Als ondergrens is aangenomen dat het aantal stookdagen voor kachels en open haarden die in het park opnieuw in gebruik worden genomen laag blijft (gelijk aan die voor 25 jaar en ouder) in plaats van weer een hoog aanvankelijk verbruik. Met het model is uitgerekend wat dan de boven- en ondergrens van het houtverbruik per kacheltipe bedraagt in 2020 en 2030.

Een onzekere factor die niet wordt meegenomen is de mate van representativiteit van de uitvalparameters voor de oudere kacheltypes voor de toekomst. Voor 2018 en eerder zijn die vrij zorgvuldig gefinetuned op basis van parkobservaties. Als in de toekomst Conventionele of Verbeterde kachels (of open haarden) eerder buiten gebruik gesteld gaan worden heeft dat invloed op de emissies van bijvoorbeeld fijn stof. Er is in de prognoses echter geen beleid op dit punt aangenomen dus er is nu verondersteld dat de uitvalparameters nog steeds representatief zijn voor 2030. Ook wordt verondersteld dat zelfs als in de toekomst oudere types een andere levensduur krijgen, het verschil in emissie dat daardoor veroorzaakt wordt klein is ten opzichte van de genoemde onzekerheid van andere factoren.

De hiervoor besproken onzekerheden zijn verder bij benadering als onafhankelijk verondersteld (de onzekerheden middelen elkaar dus gedeeltelijk uit) en voor 2030 is met behulp van een foutpropagatieformule de totale bandbreedte in het geprognoseerde houtverbruik geschat. Voor 2020 is de onzekerheid nog laag ten opzichte van het basisjaar 2018 (slechts $\pm 7\%$ omdat 2020 nog dicht bij het basisjaar ligt) maar voor 2030 wordt alleen door het maken van de prognoses een extra onzekerheid van $+40\%$ en -36% als respectievelijk boven- en ondergrens geïntroduceerd (te gebruiken voor de KEV). Vanaf 2030 teruggellend naar het basisjaar neemt de onzekerheid lineair af naar nul voor 2018.

Door CBS is op verzoek een eerste schatting van de onzekerheid in de waarneming van het totale houtverbruik in Woon2018 gemaakt. Deze bedraagt $\pm 31\%$ en is vooralsnog onafhankelijk verondersteld van de boven genoemde prognose-onzekerheid. Gecombineerd wordt de resulterende overall-bandbreedte in de prognose van het totale houtverbruik geschat op $\pm 34\%$ voor 2020, en $+52\%$ en -49% voor 2030 (bij benadering $\pm 50\%$ dus).

4.4.2 *Bandbreedte in de emissies*

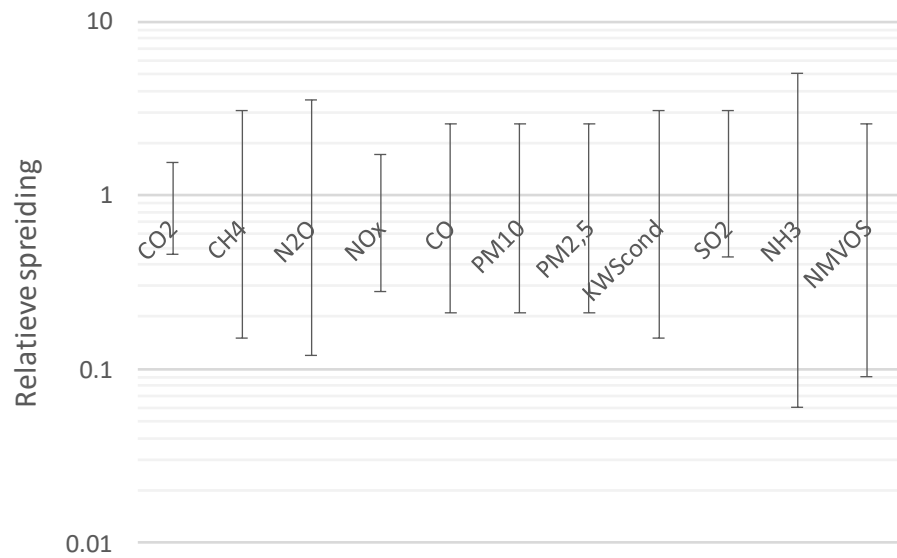
In principe worden de totale onzekerheden in de emissies bepaald door zowel de onzekerheid in het houtverbruik (basisjaar en prognose) als de onzekerheden in de emissiefactoren.

De onzekerheden in de emissiefactoren zijn als volgt geschat:

Stof	EF onzekerheid	Bron
CO ₂ -niet IPCC	±15%	IPCC Guidelines
CH ₄	Factor 3	IPCC Guidelines
N ₂ O	Factor 3,5	IPCC Guidelines
NO _x	±50%	EEA Guidebook 2016
CO	Factor 2,5	EEA Guidebook 2016
PM ₁₀	Factor 2,5	Eigen schatting TNO
PM _{2,5}	Factor 2,5	Eigen schatting TNO
KWScond	Factor 3	Eigen schatting TNO
SO ₂	Factor 3 naar boven; -20% naar beneden	EEA Guidebook 2016
NH ₃	Factor 5	Eigen schatting TNO
NMVOS	Factor 2,5 naar boven; 4 naar beneden	EEA Guidebook 2016

Zoals te zien is in bovenstaande tabel is de onzekerheid van de meeste emissiefactoren lognormaal verdeeld (vooral indien de onzekerheid hoog is) terwijl de onzekerheid in het houtverbruik bij benadering normaal verdeeld en dikwijls (veel) kleiner is. In deze gevallen is emissiefactor-onzekerheid bepalend voor de totale onzekerheid in de emissie, die dan ook bij benadering lognormaal verdeeld is. Om een indruk te geven van de boven- en ondergrens van de emissies zijn deze benaderd met behulp van een foutpropagatieformule. Dit is strikt genomen echter niet toegestaan statistisch gezien¹ maar geeft wel op een eenvoudige manier een enigszins bruikbare indicatie van een bandbreedte. Figuur 4 geeft de relatieve onzekerheidsmarge voor 2030 aan voor een aantal polluenten. Behalve voor CO₂ en misschien NO_x ligt de overall onzekerheid erg dicht bij de onzekerheden in de emissiefactoren alleen.

¹ Dit omdat een lognormale en een normale verdeling niet zo gecombineerd mogen worden en de standaarddeviaties van de emissiefactoren in het algemeen relatief hoog zijn. Een betere methode zou een Montecarlo simulatie zijn. Hier is echter meestal een van onzekerheden dominant en bepalend voor de totale onzekerheid



Figuur 4 Relatieve onzekerheidsmarge voor 2030 per emissiestof,

Om de berekening van bijvoorbeeld de fijn stof emissie uit houtverbranding met meer zekerheid vast te stellen, is reductie van de onzekerheid in de emissiefactoren veel effectiever dan reductie van de onzekerheid in het houtverbruik.

5 Conclusies

De resultaten van de recente CBS analyses met betrekking tot houtverbranding door huishoudens op het WoON onderzoek voor 2018 [Van Middelkoop et al., 2019] zijn in het TNO houtkachel model geïmplementeerd. Daarbij zijn diverse modelparameters direct overgenomen en andere parameters zodanig bijgesteld dat het TNO model de CBS resultaten zo goed mogelijk benadert. Het model benadert het totale houtverbruik in 2018 afgeleid uit WoON binnen enkele procenten. Per type kachel zijn de verschillen weer wat groter (8 – 18%). Vergeleken met Van Middelkoop et al. (2019) zit er tussen waarneming en eindresultaat in het TNO model namelijk nog een parksamenstelling die consistent moet blijven met de jaarlijkse hoeveelheid toegevoegde en verwijderde eenheden. Hierdoor kan het model niet zomaar waargenomen discontinuïteiten in verschillende WoON enquêtejaren reproduceren. Het model heeft daarom een enigszins egaliserend effect op CBS waarnemingen. Dit uit zich in een iets lager aantal inbouwkachels en een iets groter aantal vrijstaande kachels in de TNO uitkomsten.

Het TNO parkmodel geeft een grotere mate van detail in de parksamenstelling dan Van Middelkoop et al. (2019). Dit extra detail is essentieel voor het berekenen van emissies naar lucht door houtverbranding. De emissies van luchtverontreinigende stoffen zoals $PM_{2,5}$ nemen over het algemeen af in 2012 t/m 2018, terwijl de broeikasgasemissie ongeveer gelijk blijft. Opgemerkt dient te worden dat de huidige $PM_{2,5}$ emissie exclusief condenseerbaar materiaal is. Indien dit opgeteld zou worden bij $PM_{2,5}$ zou de emissie veel hoger zijn maar wel nog steeds afnemen tijdens genoemde periode.

Er wordt op basis van de trends waargenomen in de WoON enquêtes voor 2006/2007, 2012 en 2018, en vastgesteld en voorgenomen beleid, voor 2030 verwacht dat de hoeveelheid gebruikt hout ongeveer constant zal blijven. Door modernisering van het kachelpark en beleid op dit gebied zullen wel de emissies van luchtverontreinigende stoffen verder dalen. Er is aangenomen dat het houtverbruik relatief stabiel blijft. Er bestaat daardoor een onzekerheid in de prognoses van het houtverbruik van ongeveer 40%, bovenop de al aanwezige onzekerheid in het houtverbruik in 2018. Voor de meeste stoffen is het echter zo dat de onzekerheid in de emissiefactoren nog aanzienlijk hoger zijn dan de onzekerheid in het houtverbruik.

6 Literatuur

Jansen, B., Vernieuwd Emissiemodel Houtkachels. TNO rapport TNO 2016 R10318. Zie

[http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Lucht%20\(Air\)/Consument.%20Kleinbedrijf%20en%20HDO%20\(Consumers\)/2016%20R10318%20Vernieuwd%20Emissiemodel%20Houtkachels.pdf](http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Lucht%20(Air)/Consument.%20Kleinbedrijf%20en%20HDO%20(Consumers)/2016%20R10318%20Vernieuwd%20Emissiemodel%20Houtkachels.pdf), maart 2016

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

[http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Lucht%20\(Air\)/Consument.%20Kleinbedrijf%20en%20HDO%20\(Consumers\)/Emissiemodel%20Houtkachels.pdf](http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Lucht%20(Air)/Consument.%20Kleinbedrijf%20en%20HDO%20(Consumers)/Emissiemodel%20Houtkachels.pdf), februari 2011

Van Middelkoop, M., R. Segers. Houtverbruik huishoudens WoONonderzoek 2018. CBS sector Leefomgeving (SLO), oktober 2019

EEA, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Technical Report. Luxembourg: EEA–European Environment Agency,

<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>, 2019

KEV, Klimaat- en energieverkenning 2019. CBS ECN part of TNO RIVM RVO.nl.

PBL Productnummer 3508. <https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2019>, november 2019

SEO Economisch Onderzoek. Evaluatie ISDE-KA. Effecten en kosten van subsidies voor duurzame warmte.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/09/01/rapport-evaluatie-isde-ka>, september 2019

Hamstra, G., Rapportage installed base van kachels en (open) haarden en hun gebruiksintensiteit in Nederland 2018. Right Marktonderzoek en Advies BV,

Onderzoek i.o.v. Stichting Nederlandse Haarden en Kachelbranche (NHK), oktober 2018

7 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever

RIVM

Postbus 1

3720 BA Bilthoven

Namen en functies van de projectmedewerkers

A. Visschedijk, onderzoeker

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Juni 2019 – december 2019

Naam en paraaf tweede lezer



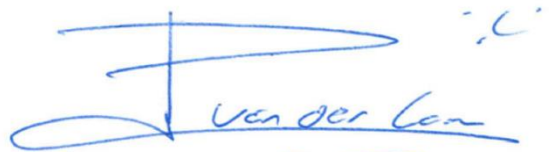
A. Plomp

Ondertekening:



R. Droge
Projectleider

Autorisatie vrijgave:



Dr. ir. G.J. van der Laan
Research Manager

A NH₃ emission factors

For use in the Dutch Emission Registration a set of representative NH₃ emission factors for residential wood combustion is needed. A quick scan of available scientific literature and selected existing international emission inventories was performed for this purpose.

Selected literature information on NH₃ emission from residential wood combustion

Stockwell, C. E., Yokelson, R., Kreidenweis, S. M., Robinson, A. L., DeMott, P. J., Sullivan, R. C., ,,, & Stevens, L. (2014). Trace gas emissions from combustion of peat, crop residue, domestic biofuels, grasses, and other fuels: configuration and Fourier transform infrared (FTIR) component of the fourth Fire Lab at Missoula Experiment (FLAME-4).

Extensive measurement campaign of among others NH₃ emissions for the small scale combustion of various biofuels over a range of combustion efficiencies (stove types). They found a clear relation between the combustion efficiency (MCE¹⁾) and NH₃ emission:

1 – 2.2 g/kg dry matter for MCEs around 0.9
0.15 – 0.65 g/kg dry matter for MCEs between 0.93 – 0.95
0.01 – 0.2 g/kg dry matter for MCEs between 0.97 – 0.99

For improved cooking stoves using wood fuels (MCEs between 0.965 – 0.985) emission factors are around 0.02 g/kg dry matter.

¹⁾MCE = density-corrected modified combustion efficiency based on CO vs, CO₂ concentrations measured in the flue gas. E.g. “Pure” flaming combustion has an MCE of 0.99, while pure smoldering typically has an MCE of 0.8 (usual range 0.75–0.84). Thus, for example, an MCE of 0.9 represents roughly equal amounts of flaming and smoldering.

Mitchell, E. J. S., Ting, Y., Allan, J., Lea-Langton, A. R., Spracklen, D. V., McFiggans, G., ... & Jones, J. M. (2019). Pollutant Emissions from Improved Cookstoves of the Type Used in Sub-Saharan Africa. Combustion Science and Technology, 1-21.

In this study pollutant emissions were measured for two ‘improved’ stoves used in rural Africa (Gyapa and Carbon Zero type). Wood species used were oak (both dry and wet samples) and willow. Measured NH₃ emission factors (g NH₃/kg of dry fuel) and related MCE were for the Gyapa stove 0.4 and 0.8 (for dry and wet oak), with MCEs of 0.92 and 0.76, and for the Carbon Zero stove 0.3, 1.2 and 0.5 (dry and wet oak, and willow) with MCEs of 0.96, 0.90 and 0.94 respectively.

Christian, T. J., Yokelson, R. J., Cárdenas, B., Molina, L. T., Engling, G., & Hsu, S. C. (2010). Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico. Atmospheric Chemistry and Physics, 10(2), 565-584.

This work features a limited number of emission measurement data for a so-called Patsari stove (an improved stove type used in rural Mexico). An NH_3 emission factor of 0.03 g NH_3 /kg dry matter is reported, and (relatively high) MCEs of 0.957 – 0.970.

Vicente, E., Duarte, M., Nunes, T., Tarelho, L., & Alves, C. (2014). Particulate and gaseous emissions from residential pellet combustion,

Several types of biomass pellet were tested in a 9.5 kW pellet stove, Average emission factors ranged from 0.0026 from 0.0082 g/kg. Literature values for the MCE of a modern pellet stove are usually above 99%.

Li, Q., Jiang, J., Cai, S., Zhou, W., Wang, S., Duan, L., & Hao, J. (2016). Gaseous ammonia emissions from coal and biomass combustion in household stoves with different combustion efficiencies. Environmental Science & Technology Letters, 3(3), 98-103.

In this study NH_3 emission factors for traditional heating and cooking stoves burning pressed herbaceous matter or pressed saw dust (biomass briquettes) are measured. Reported emission factors for heating stoves range from 0.72 to 1.08 g/kg dry biomass for MCEs between 87.5 and 92.1, while for cooking stoves emission factors between 0.77 and 1.33 g/kg dry biomass are observed with MCEs between 83.4 and 91.3.

NH_3 Emission factors for wood combustion used in various international inventories

Although on a global scale biomass burning is a relevant source of NH_3 , in national inventories there appears not to be much focus on NH_3 from this source. Used emission factors for comparable appliance types vary widely.

USA:

EPA uses values around 1 g/kg dry wood for all wood stoves and fireplaces. This value is based on observed average emission ratio of NH_3 and CO for biomass burning.

Roe, S. M., Spivey, M. D., Lindquist, H. C., Thesing, K. B., & Strait, R. P. (2004). Estimating ammonia emissions from anthropogenic nonagricultural sources - Draft final report. Emission Inventory Improvement Program. US Environmental Protection Agency.

Norway:

Norway uses NH₃ emission factors of 0 – 0.066 g/kg dry matter for residential wood combustion, with the higher ranges applying to older stoves under part load conditions and 0 for modern appliances. NH₃ is stated to be emitted only at part load operation of old stoves.

Seljeskog, M., Goile, F., & Skreiberg, Ø. (2017). Recommended revisions of Norwegian emission factors for wood stoves. Energy Procedia, 105, 1022-1028.

Sweden:

Sweden uses an average NH₃ emission factor for wood combustion of around 0.03 g/kg dry matter (2 mg/MJ dry matter) for all appliance types and all solid biofuels.

Paulrud, S., Kindbom, K., & Gustafsson, T. (2010). Emission factors and emissions from residential biomass combustion in Sweden, SMHI.

Finland:

Finland uses emission factors based on a fixed NH₃/CO ratio reported earlier by the USEPA (see under "USA") and appliance-specific Finnish CO emission factors. Emission factors range between 0.15 and 0.85 g/kg for modern stoves and open fireplaces (0.015 g/kg for pellet stoves). Note that NH₃ emission factors for wood combustion used by Finland are much higher than those used by Norway and Sweden.

Finland's informative inventory report 2019 Air pollutant emissions 1980 – 2017 under the UNECE CLRTAP and the EU NECD, Part 2 Energy, March 2019

EEA Emission inventory Guidebook 2019:

Guidebook emission factors for NH₃ from residential wood combustions are based on emission factors reported earlier by the USEPA (Roe et al., 2004) and which are in turn based on a fixed NH₃/CO ratio and appliance-specific CO emission factors. Guidebook emission factors are 74 and 70 mg/MJ (0.95 – 1 g/kg dry matter) for fire places and conventional stoves, and 37 and 12 mg/MJ (0.16 – 0.5 g/kg dry matter) for modern stoves and pellet stoves.

Roe, S.M., Spivey, M.D., Lindquist, H.C., Kirstin B., Thesing, K.B., Randy P., Strait, R.P. & Pechan, E.H. & Associates, Inc. 2004: Estimating Ammonia Emissions from Anthropogenic Non-Agricultural Sources. Draft Final Report, April 2004.

Derived emission factors for use in the Dutch Emission Registration

Throughout scientific literature a correlation between NH₃ emission factor and combustion efficiency is observed, with NH₃ emission occurring primarily during smoldering conditions.

The Modified Combustion Efficiency (MCE) is a measure for incomplete combustion and is dependent on stove design, fuel quality and operation, and varies throughout the burning cycle.

For low combustion efficiencies ($MCE < 0.93$) emission factors are consistently reported to be around or above 1 g/kg. With higher combustion efficiencies (MCE between 0.93 and 0.96) an emission factor around 0.4 g/kg seems appropriate based on Stockwell et al. (2014). For higher combustion efficiencies ($MCE > 0.96$) emission will be in the order of 0.02 g/kg dry matter [Stockwell et al. 2014]. For very high combustion efficiencies ($MCE > 99$), like in a pellet stove, emission factors are estimated to be around 0.005 g/kg, based on Vicente et al. (2014).

There are 4 different environmental standards distinguished in the Dutch appliance park model to estimate air emissions from wood burning, being Conventional/traditional, Improved, DIN+ and Ecodesign. Pellet stoves are considered a separate appliance type. Based on among others the average CO emission factors for these types, all are estimated to have an MCE above 0.93, Conventional/traditional stoves and fireplaces are expected to have an average MCE below 0.96 in general. Improved, DIN+ and Ecodesign labeled appliances are considered to have an MCE above 0.96, as these types are designed to control incomplete combustion. Pellet stoves are estimated to have MCE s above 99%, as this type of combustor operates purely under flaming combustion conditions.