# Achtergronddocument:2% broeikasgasuitstoot uit zoetwatersystemen

en de uitstoot in perspectief

Inleiding

De Deltafact “Broeikasgasemissies uit zoetwater” beschrijft de huidige stand van kennis op het gebied van broeikasgasproductie en uitstoot uit aquatische systemen. Daarin wordt aangegeven dat emissies van broeikasgassen uit oppervlaktewater mogelijk wel drie procent bijdragen aan de totale broeikasgasemissies van ons land. In dit achtergronddocument gaan we kort in op hoe we tot deze eerste grove schatting zijn gekomen en gaan we dieper in op de vergelijkingen van de verschillende watersystemen onderling en de relatie met landgebruik.

Methode

Om het aandeel van emissie uit oppervlaktewater ten opzichte van de totale jaarlijkse uitstoot in Nederland te bepalen, is gebruik gemaakt van de volgende uitgangspunten:

* Enkele emissiefactoren van het IPCC en de wetenschappelijke publicaties relevant voor Nederlandse wateren;
* Cijfers van het Centraal Bureau voor Statistiek over landgebruik (<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70262ned/table?ts=1729847391671>);
* De bodemkaart voor Nederland (LGN 2023; <https://lgn.nl/basiskaart>);
* De nationale rapportage broeikasgassen 1990-2022 (Van der Net et al., 2024)

De inschatting is gestoeld op de berekende areaalcijfers voor zoetwatersystemen in Nederland zoals berekend vanuit de cellen zoetwater in kaart LGN2023. Iedere cel aangegeven als “zoet water” is geteld en vermenigvuldigd met 25 m2. Hier komt een totaal areaal uit van 4 569 690 325 m2 of 456 969 ha. Hier zitten de oppervlakten van de Rijn, Maas en de grote meren nog bij. Voor de meren wordt een andere emissiefactor gebruikt dan voor kanalen op minerale en organische bodems, dus die worden uitgesplitst en apart berekend. Slibdepots hebben ook een andere emissiefactor, dus daarbij wordt eenzelfde uitsplitsing gedaan. De verdeling van de arealen en de uitstootberekeningen zijn te zien in Tabel 1.

*Tabel 1. Berekende uitstoot per watertype in ton CO2-eq per hectare per jaar, én de totale uitstoot op basis van het gehele areaal van het watertype in ton CO2-eq per jaar.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Waterlichaam** | **Areaal in ha** | **IPCC default uitstoot\* in** **ton CO2-eq ha-1 jaar--1** | **Totale uitstoot in** **ton CO2-eq jaar-1** |
| IJsselmeer en Markermeer\* | 182 893 | 1,46 | 266 658 |
| Slibdepots\* | 484 | 4,94 | 2391 |
| Rijn en Maas\* | 18 178 | 11,2 | 203 593,6 |
| Randmeren\* | 15 514 | 1,46 | 22650,4 |
| Overig\*\* (sloten/kanalen/vijvers/kleine plassen) | 239 900,032 | 11,2 | 2 686 880,39 |
| Totaal | 456 969,032 | - | 3 182 173,4 |

*\*de waarden van 1,46 ton CO2-eq/ha/jaar voor meren (reservoirs remaining reservoirs), 4,94 ton CO2-eq/ha/jaar voor slibdepots (freshwater ponds) en 11,2 ton CO2-eq/ha/jaar voor sloten (canals and ditches on mineral soils) zijn gebaseerd op de CH4-uitstoot van de betreffende systemen zoals aangegeven in het IPCC-rekenregels (2019); de CO2-equivalenten zijn bepaald met een omrekenfactor van 27 voor CH4 (Forster et al. 2021);*

*\*\* Geen IPCC waarde beschikbaar, dezelfde waarde als voor sloten gebruikt*

Inschatting

De totale jaarlijkse uitstoot in Nederland bedraagt 158,4 Mton CO2-eq (Van der Net et al., 2024). De bijdrage van oppervlaktewater is bijna 3,1 Mton CO2-eq (Tabel 1) als wordt uitgegaan van het totaal wateroppervlak en default emissie waardes uit de IPCC 2019 Wetlands sector refinement (IPCC, 2019), ofwel 2 % van de nationale emissie. Hierbij is uitgegaan van een omrekenfactor van 27 voor CH4.

De IPCC-emissiefactoren zijn gebaseerd op een analyse van studies die op diverse plekken wereldwijd zijn uitgevoerd. Nederlandse wateren zijn relatief rijk in nutriënten, waardoor het waarschijnlijker is dat er meer broeikasgassen uitgestoten worden in vergelijking met andere landen (zie ook het achtergronddocument ‘relevante processen’ voor nadere toelichting over de relatie tussen belasting en emissie). Voor sloten op organische gronden is er vanuit enkele studies bewijs dat de uitstoot hoger ligt dan de emissiefactor van het IPCC (Peacock et al., 2021; Hendriks et al., 2024).

Discussie

Bovenstaande inschatting is gebaseerd op emissiefactoren die geschikt zijn voor ieder specifiek watertype in Nederland. Door onderzoeksprojecten zoals het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden wordt duidelijk dat niet ieder slotennetwerk dezelfde uitstoot heeft. Dit zorgt op nationaal niveau voor een grote onzekerheid in de gerapporteerde uitstootcijfers. Tegelijkertijd biedt het IPCC de optie om met getallen vanuit onderzoek te rekenen. Hier zit voor veel grote en lijnvormige wateren in Nederland een kennislacune. Om een totaalbeeld te krijgen van de broeikasgasuitstoot zijn een aantal factoren essentieel:

* **Vastlegging van CO2:** In sommige wateren wordt veel koolstof vastgelegd, wat netto gezien tot minder uitstoot leidt. Er zijn nog veel onzekerheden rondom koolstofvastlegging, waardoor dit aspect voorlopig nog niet is meegenomen in de berekening van 5%. We schatten in dat de bijdrage beperkt is, omdat het voornamelijk om vastlegging van CO2 gaat en CO2 in verhouding tot CH4 en N2O een veel minder sterk broeikasgas is.
* **Aanvoer vanuit het buitenland:** Naast de aanvoer van organisch materiaal uit het omliggende stroomgebied is er ook sprake van aanvoer van koolstof uit het buitenland via de Rijn, Maas en overig water. Dit aspect is nog niet goed onderzocht. Omdat dit koolstof niet van Nederlandse oorsprong is, zou de emissie als gevolg van afbraak van dit materiaal dus van de 2% afgetrokken moeten worden. We schatten in dat de bijdrage beperkt is, ook omdat een groot deel van het rivierslib snel in zee belandt.
* **Ebullitie:** De gehanteerde IPCC default waarde is gebaseerd op CH4 emissie via diffusie. Hierbij wordt nog geen rekening gehouden met N2O en CH4 emissie via ebullitie. Enkele studies wijzen uit dat emissie via bellen tussen de 50-80% van de totale uitstoot kan zijn (Van Bergen et al., 2019; Hendriks et al., 2024).
* **Emissie door baggerwerkzaamheden:** Als gevolg van slibvorming moet er periodiek worden gebaggerd, met name in lijnvormige wateren. Hierbij wordt organisch materiaal uit de waterlichamen verwijderd en op het land verspreid of bijvoorbeeld in een depot verwerkt. Tijdens het baggeren komt veel gas vrij dat daardoor niet de kans heeft gekregen om opgeslagen of afgebroken te worden. Bij de afbraak van baggermateriaal op de kant komen ook broeikasgassen vrij, die nog niet in de 2% inschatting zijn meegenomen.

Broeikasgasemissie vergeleken

Het vergelijken van broeikasgasemissies uit verschillende watersystemen is een lastige opgave. Resultaten van verschillende modellen en veldmetingen zijn niet altijd één op één te vergelijken door gebruik van verschillende meetmethodes, door verschillen in gemeten fluxen (uitstoot via bellen wordt vaak niet meegenomen) en door grote verschillen in chemische factoren tussen verschillende wateren.

**Sloten**

Nederlandse sloten zijn vanwege hun beperkte grootte veelal niet opgenomen als waterlichamen in zowel de KRW als in de nationale rapportage van de broeikasgassen uit landgebruik. In Nederland rapporteert het Compendium voor de leefomgeving 330 000 km aan sloten. In West-Nederland bestaat tot wel 20% van het oppervlak uit sloten. Als we kijken naar de impact van sloten op het klimaat, zijn de emissies uit Nederlandse sloten voor methaan gemiddeld 56.7 ton CO2-eq ha-1 jr-1 (Hendriks et al., 2024). De CO2-uitstoot van sloten is daarentegen 7.5 ton CO2 ha-1 jr-1 (Vermaat et al., 2011). De klimaatimpact van sloten wordt dus voornamelijk veroorzaakt door de CH4 uitstoot. De CH4 emissie uit sloten is potentieel verantwoordelijk voor maar liefst 12% van de totale CH4 uitstoot in Nederland (Peacock et al., 2021). Naar verwachting vormen zeer nutriëntrijke sloten ook hotspots voor lachgasemissie, wat onderzocht wordt binnen het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV).

**Meren**

Gerapporteerde emissies uit Nederlandse meren zijn voor CH4 0.3 ± 0.1 ton CH4 ha-1 jr-1 en voor CO2 5.4 ± 0.6 ton CO2 ha-1 jr-1 (Schrier-Uijl et al., 2011). Omgerekend naar CO2-eq draagt CH4 emissie 68% bij (11.6 ± 4.8 ton CO2 eq. ha-1 jr-1) aan de klimaatimpact van meren (Schrier-Uijl et al., 2011), wat in lijn is met andere (internationale) studies waar CH4 zo’n 75% bijdroeg aan de totale impact (DelSontro et al., 2018; Webb et al., 2019). Waarschijnlijk is dit een onderschatting, omdat in genoemde onderzoeken de uitstoot via gasbellen niet is meegenomen in de fluxen, net als in vele andere studies.

**Vijvers**

In vijvers is gebleken dat CH4 uitstoot via opborrelen de grootste bijdrage levert aan de totale klimaatbelasting van de stadsvijver (van Bergen et al. 2019). De CH4 uitstoot via bellen maakte 50% van de totale emissie uit, gevolgd door CO2 diffusie (38%) en CH4 diffusie (12%). De CH4 emissie bleek voornamelijk afkomstig uit het midden van de plas (van Bergen et al., 2019). CH4-uitstoot via bellen als diffusie blijken sterk gekoppeld aan temperatuur, resulterend in disproportioneel hogere CH4 emissies (met name via gasbellen) bij hogere temperatuur (van Bergen et al., 2019; Aben et al., 2017). Hierdoor lijken dergelijke vijvers erg op de sloten qua methaanuitstoot.

**Veenweidegebieden**

Veel van het Nederlands oppervlak (8,43%) bestaat uit veenweidegebied. Veruit het grootste deel van de veenweiden is in gebruik als landbouwgebied en daarom gedraineerd (Van den Born et al., 2016). Dit leidt tot bodemdaling door veenoxidatie en daarmee ook hoge uitstoot van broeikasgassen. Elke 10 cm drainage resulteert in 3,5 ton CO2-eq ha-1  jr-1 (Aben et al., 2024). Jaarlijks stoten veenweidegebieden hierdoor zo’n 5,2 megaton CO2-eq uit (Hutjes & Van der Velde, 2024). Het veranderen van het landgebruik van veenweidegebieden naar natte teelt door verhogen van de waterstand reduceert de CO2-uitstoot. Meerjarig onderzoek binnen het NOBV heeft aangetoond dat het vernatten in eerste instantie leidt tot een hogere methaanuitstoot (Harpenslager et al., 2015; Buzacott et al., 2024).

Conclusie

Voor de ecosystemen die hierboven beschreven zijn, vormen sloten zover nu bekend gemiddeld de grootste bron van broeikasgas, zowel absoluut als per hectare (Tabel 1). Omdat de meeste Nederlandse studies van sloten in het veenweidegebied hebben plaatsgevonden, is er weinig bekend over sloten op zand- en kleigronden.

Sloten zorgen met name voor een hoge uitstoot door het grote aandeel CH4 in de totale broeikasgas uitstoot. Doordat CH4 zo’n sterk broeikasgas is (27x sterker dan CO2 op 100 jaar tijdschaal (Forster et al., 2021), is het aandeel CH4 in de totale emissie uit plassen en meren disproportioneel belangrijk ten opzichte van CO2.

Daarnaast hebben verhoging van de nutriëntenbelasting, evenals de temperatuur effect op de CH4 uitstoot van sloten, plassen en meren. Vooral de emissie via gasbellen neemt bij die verandering toe, maar is ook de grootste onzekerheid (van Bergen et al., 2019; Aben et al., 2017). In de aankomende jaarlijkse rapportages van de Nederlandse nationale broeikasgasuitstoot worden sloten en andere watertypen vanaf rapportagejaar 2023 explicieter meegenomen, met emissiefactoren van het IPCC. Omdat een groot gedeelte van de Nederlandse sloten, vijvers, plassen en meren wellicht meer uitstoten dan deze emissiewaarden is de ontwikkeling van een Nederland-specifieke methode noodzakelijk.

Referenties

Aben, Ralf C. H., Nathan Barros, Ellen Van Donk, Thijs Frenken, Sabine Hilt, Garabet Kazanjian, Leon P. M. Lamers, Edwin T. H. M. Peeters, Jan G. M. Roelofs, Lisette N. De Senerpont Domis, Susanne Stephan, Mandy Velthuis, Dedmer B. Van De Waal, Martin Wik, Brett F. Thornton, Jeremy Wilkinson, Tonya Delsontro, and Sarian Kosten. (2017). Cross Continental Increase in Methane Ebullition under Climate Change. Nature Communications 8(1):1–8.

Aben, R. C., Van De Craats, D., Boonman, J., Peeters, S. H., Vriend, B., Boonman, C. C., ... & Van Den Berg, M. (2024). CO 2 emissions of drained coastal peatlands in the Netherlands and potential emission reduction by water infiltration systems. Biogeosciences, 21(18), 4099-4118.

Beaulieu, J. J., DelSontro, T., & Downing, J. A. (2019). Eutrophication will increase methane emissions from lakes and impoundments during the 21st century. Nature Communications, 10(1), 3–7. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09100-5>

van Bergen, T. J., Barros, N., Mendonça, R., Aben, R. C., Althuizen, I. H., Huszar, V., Lamers, L.P.M., Lurling, M., Roland, F. & Kosten, S. (2019). Seasonal and diel variation in greenhouse gas emissions from an urban pond and its major drivers. Limnology and Oceanography 64(5):2129-2139. <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lno.11173>

van den Born, G. J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Van Bemmel, B., & Van der

Sluis, S. (2016). Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen

veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. In Planbureau voor de

Leefomgeving: Rapportnummer 1064.

<http://www.pbl.nl/publicaties/dalende-bodems-stijgende-kosten>

Buzacott, A.J.V., Kruijt, B., Bataille, L., van Giersbergen, Q., Heuts, T.S., Fritz, C., Nouta, R., Erkens, G., Boonman, J., van den Berg, M., van Huissteden, J. and van der Velde, Y. (2024), Drivers and Annual Totals of Methane Emissions From Dutch Peatlands. Glob Change Biol, 30: e17590. <https://doi.org/10.1111/gcb.17590>

Coenen, P.W.H.G., Van der Maas, C.W.M., Zijlema, P.J., Arets, E.J.M.M., Baas, K., Van den Berghe, A.C.W.M., Van Huis, E.P., Geilenkirchen, G., Hoogsteen, M., Spijker, J., Te Molder, R., Dröge, R., Montfoort, J.A., Peek, C.J., Vonk, J., Oude Voshaar, S., Dellaert, S. (2017). Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2015: National Inventory Report. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL2017_Greenhouse-gas-emissions-in-the-Netherlands-1990-2015-national-inventory-report-2017.pdf>

Compendium voor de Leefomgeving (2009). Oppervlaktewater in Nederland.https://www.clo.nl/indicatoren/nl1401-oppervlaktewater-in-nederland

CBS (2023). Bodemgebruik; uitgebreide gebruiksvorm, per gemeente; Jaar 2017 Bezocht op 28/10/2024. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70262ned/table?ts=1729847391671>

DelSontro, T., Beaulieu, J. J., & Downing, J. A. (2018). Greenhouse gas emissions from lakes and impoundments: Upscaling in the face of global change. Limnology and Oceanography Letters, 3(3), 64–75.

<https://doi.org/10.1002/lol2.10073>

Forster, P. et al. (2021). The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923–1054, <https://doi.org/10.1017/9781009157896.009>

Harpenslager, S. F., van den Elzen, E., Kox, M. A. R., Smolders, A. J. P., Ettwig, K.

F., & Lamers, L. P. M. (2015). Rewetting former agricultural peatlands: Topsoil removal as a prerequisite to avoid strong nutrient and greenhouse gas emissions. Ecological Engineering, 84, 159–168.

Hutjes, R. & Van der Veld, Y. (2024). NOBV jaarrapportage 2024 Integratierapport Broeikasgassen Versie: 2024-11-25. <https://www.nobveenweiden.nl/wp-content/uploads/2024/12/NOBV-Rapportage-2024-Broeikasgassen-Integratierapport.pdf>

IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S.(eds). Published: IPCC, Switzerland.

Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland 2023. Wageningen Environmental Research. <https://lgn.nl/basiskaart>

van der Net, L., Staats, N., Coenen, P. W. H. G., Rienstra, J. D., Zijlema, P. J., Arets, E. J. M. M., ... & van Zanten, M. C. (2024). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2022. National Inventory Report 2024.

Peacock, M., Audet, J., Bastviken, D., Futter, M. N., Gauci, V., Grinham, A., ... & Evans, C. D. (2021). Global importance of methane emissions from drainage ditches and canals. *Environmental Research Letters*, *16*(4), 044010.

Schrier-Uijl, A. P., Veraart, A. J., Leffelaar, P. A., Berendse, F., & Veenendaal, E. M. (2011). Release of CO2 and CH4 from lakes and drainage ditches in temperate wetlands. Biogeochemistry, 102(1-3), 265-279. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-010-9440-7>

Vermaat, J. E., Hellmann, F., Dias, A. T. C., Hoorens, B., van Logtestijn, R. S. P., &

Aerts, R. (2011). Greenhouse Gas Fluxes from Dutch Peatland Water Bodies:

Importance of the Surrounding Landscape. *Wetlands*, *31*(3), 493–498.

<https://doi.org/10.1007/s13157-011-0170-y>

Vertegaal, P., Borren, W., & Schoute, B. (2019). Natte natuur in het klimaatakkoord

- win win in het kwadraat. Vakblad: Natuur Bos Landschap, 152, 12–15.

<https://vakbladnbl.nl/wp-content/uploads/VNBL_feb2019_NatteNatuur.pdf>

Webb, J. R., Leavitt, P. R., Simpson, G. L., Baulch, H. M., Haig, H. A., Hodder, K. R.,

& Finlay, K. (2019). Regulation of carbon dioxide and methane in small agricultural

reservoirs: optimizing potential for greenhouse gas uptake. Biogeosciences, 16(21),

4211–4227. <https://doi.org/10.5194/bg-16-4211-2019>