

Skyddande ozonskikt

Underlagsrapport till den
fördjupade utvärderingen av
miljökvalitetsmålen 2027



RAPPORT 7234 | SEPTEMBER 2026



Skyddande ozonskikt

Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen
av miljökvalitetsmålen 2027

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7234-6

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2026

Grafisk produktion: Arkitektkopia AB, Bromma 2026

Omslag:

Fotograf: Pärlemormoln i stratosfären, Julia Hytteborn

Illustratör: Miljömålslogga, Tobias Flygar

Förord

Sveriges miljömålssystem beslutades av riksdagen år 1999 och har sedan dess varit styrande för det svenska miljöarbetet. Miljökvalitetsmålen följs upp årligen och minst vart fjärde år görs en fördjupad utvärdering av förutsättningarna att nå målen.

Den fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålen 2027 är den sjunde i sitt slag och ska fungera som underlag för regeringens politik och prioriteringar, men också till myndigheters och andra aktörers planering och prioritering i deras miljöarbete.

Rapporten för miljömålet Skyddande ozonskikt är ett av underlagen till den samlade slutrapport som Naturvårdsverket redovisar till regeringen i januari 2027. Underlagsrapporten slutfördes under hösten 2026 och bedömningarna baseras på kunskap om befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder vid den tidpunkten.

Stockholm 17 september 2026

Johan Kuylenstierna
Generaldirektör

Innehåll

Förord	3
Skyddande ozonskikt	5
Sammanfattning	6
1. Nuläget – miljötillstånd, styrmedel och åtgärder	7
1.1. Miljötillstånd	7
1.2. Miljöarbete	15
1.3. De centrala problemen för målet	18
2. Gapanalys – analys av förutsättningar och effekter	20
2.1. Aktörer och drivkrafter	20
2.2. Centrala styrmedel och åtgärder samt deras effekter på miljötillståndet	21
2.3. Övrig påverkan	23
2.4. Osäkerheter	25
2.5. Sammanfattande tabell	26
2.6. Sammanfattande gapanalys	27
2.7. Andra aspekter av målet	28
3. Bedömning av måluppfyllelse – når vi miljökvalitetsmålet?	29
3.1. Bedömning av måluppfyllelse	29
4. Prognos för utveckling – hur långt räcker åtgärdsarbetet?	31
4.1. Utvecklingen av miljötillståndet till 2030	31
4.2. Utvecklingen av miljötillståndet på längre sikt, efter 2030	32
5. Behov av styrmedel och åtgärder – vad krävs för att målet ska nås?	34
5.1. Åtgärdsförslag	34

Skyddande ozonskikt

Ozonskiktet ska utvecklas så att det långsiktigt ger skydd mot skadlig UV-strålning.
Riksdagens definition av miljömålet

Regeringen har fastställt två preciseringar:

VÄNDPUNKT OCH ÅTERVÄXT

Vändpunkten för uttunnningen av ozonskiktet har nåtts och början på återväxten observeras.

OFARLIGA HALTER OZONNEDBRYTANDE ÄMNEN

Halterna av klor, brom och andra ozonnedbrytande ämnen i de övre luftlagren understiger den nivå där ozonskiktet påverkas negativt.

Sammanfattning

Tillståndet i miljön

Uttunnningen av ozonskiktet globalt har upphört men det är fortfarande cirka två procent tunnare än innan nedbrytningen började. I Sverige bedöms ozonskiktet vara omkring tre till fyra procent tunnare jämfört med perioden 1964–1980. Mätdata visar att återväxten av ozonskiktet kan ha påbörjats och att utsläppen av flertalet ozonnedbrytande ämnen fortsätter att minska. En säkerställd ökning av ozonhalten har konstaterats i övre stratosfären samt över Antarktis. För nedre delen av stratosfären är bilden mer splittrad men på låga latituder finns indikationer på en minskning av ozonet i detta skikt. En globalt säkerställd påbörjad återväxt förväntas ske under perioden 2020–2040. Fullständig återhämtning av ozonskiktet till referensvärdet bedöms, för det globala genomsnittet till omkring 2040 utom för Arktis och Antarktis där ozonskiktet bedöms ha återhämtat sig till 2045 respektive 2065.

Förutsättningar för att nå målet till 2030

Osäkerheterna i bedömningen av miljökvalitetsmålet är stora på grund av ozonskiktets naturliga variationer samt klimatets fortsatta påverkan. Kvarstående utmaningar är utsläpp av lustgas och kortlivade ozonnedbrytande ämnen som kan nå upp till stratosfären, samt utsläpp av ozonnedbrytande ämnen som regleras av Montrealprotokollet från otillåten användning, från undantagna användningar under protokollet, och från befintliga och uttjänta produkter. Globalt ökar utsläppen av lustgas dessutom mer än man tidigare bedömt. Eftersom många kväveföreningar kan omvandlas till lustgas är det även viktigt att minska dessa utsläpp.

Utvecklingen efter 2030

Den fullständiga återhämtningen av ozonskiktet riskerar att fördröjas. För att säkerställa återväxten av ozonskiktet, och om möjligt även tidigare lägga den fullständiga återhämtningen, behöver både det internationella och det nationella arbetet inom ramen för Montrealprotokollet fortsätta med oförminskad kraft.

Förändringar av insatser

På nationell nivå har flera insatser påbörjats eller fortgått sedan den fördjupade utvärderingen 2023. Regionalt har frågan om såväl utsläpp från uttjänta produkter som jordbrukets utsläpp av lustgas fått fortsatt ökad uppmärksamhet och konkreta åtgärder har ökat.

Här finns dock fortfarande ett behov av mer kunskap och att befintlig information förs ut. I synnerhet gäller detta de aktörer som i olika steg är inblandade i hanteringen av klorfluor-karboner (CFC) i rivningsavfall samt gödselanvändningen inom jordbruket, eftersom dessa områden utgör de två största källorna till ozonnedbrytande ämnen i Sverige.

Ja → Miljökvalitetsmålet är uppnått eller kommer kunna nås.

→ NEUTRAL. Det går inte att se en tydlig riktning för utvecklingen i miljön.

1. Nuläget – miljötillstånd, styrmedel och åtgärder

1.1. Miljötillstånd

1.1.1 Precisering 1: Vändpunkt och återväxt

Globalt

Uttunnningen av ozonskiktet på global nivå upphörde enligt observationer och modelldata omkring år 2000. Ozonskiktet, mäts i Dobsonenheter, DU, bedöms idag vara två procent tunnare än under perioden 1964–1980, vilken används som referensperiod där ozonskiktet fortfarande till stor del var opåverkat av mänskliga utsläpp.^{1,2}

Observationer från marken, satellitmätningar och datamodelleringar är samstämmiga och visar att den globala återväxten av ozonskiktet har påbörjats. Bilden är dock komplex och återväxten av ozonskiktet skiljer sig åt för olika delar av stratosfären:

- Mellan 60 och 90 grader nord pågår troligen en återhämtning av ozonskiktet i den övre stratosfären.
- Över Antarktis sker en fortsatt säkerställd ökning av ozonskiktet.³
- Mellan 35 och 60 grader nord respektive syd visar observationer att ingen förändring av ozonskiktet är skönjbar i detta område.

Ökningarna av ozonskiktet i den övre stratosfären och ovanför Antarktis är säkerställda, dock inte övriga delar av stratosfären.⁴ I två artiklar från 2022 beskrivs att minskningen av ozonskiktet har upphört och att detta främst beror på en minskning av ozonnedbrytande ämnen i atmosfären.^{5,6} Om påverkan från kända och mindre kända naturliga effekter beaktas finns indikationer på att ozonskiktets återväxt kan ha påbörjats och en statistisk säkerställd återhämtning globalt förväntas ske under perioden 2020–2040.⁷ Fullständig återhämtning av ozonskiktet till referensvärdet bedöms, för det globala genomsnittet (exklusive Antarktis och Arktis), till omkring 2040.⁸

¹ En Dobson-enhet (DU) representerar ett lager av ozon som är 0,01 mm tjockt vid 0 °C och 1 atm.

² World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp.; WMO: Geneva, 2022.

³ Neale, R.E. m.fl. Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020. Photochemical & Photobiological Sciences. 2021.

⁴ Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. Photochem. Photobiol. Sci., 2018.

⁵ Melanie Coldewey-Egbers m.fl. Global, regional and seasonal analysis of total ozone trends derived from the 1995-2020 GTO-ECV climate data record. Atmospheric Chemistry and Physics. 2022

⁶ Mark Weber m.fl. Global total ozone recovery trends attributed to ozone-depleting substance (ODS) changes derived from five merged ozone datasets, Atmospheric Chemistry and Physics. 2022.

⁷ WMO Ozone and UV Bulletin No 3 – september 2025.

⁸ Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022-Executive-Summary.pdf

Arktis

På grund av att en ökad växthuseffekt kyler stratosfären, vilket både kan gynna och reducera nedbrytningen av ozon – har även Arktis drabbats av ozonhålsliknande episoder under det senaste decenniet.⁹ Under 2020 var ozonskiktet över Arktis ovanligt tunt och enligt World Meteorological Organization (WMO) var det ett av de tunnaste ozonskikten sedan mätningarna påbörjades på 1970-talet. Trots att uttunnningen över Arktis är mindre i omfång jämfört med Antarktis var det första gången ett regelrätt ozonhål bildades.¹⁰ Sett som månadsmedelvärde över Arktis (mars–juni) under 2021 och 2022 var förtunnningen över Arktis som helhet inte lika allvarlig.¹¹ I och med den pågående klimatförändringen finns dock en risk för återkommande kraftiga uttunnningar över Arktis av samma storlek som under 2020.¹² Enligt en nyligen publicerad studie var det en liten men signifikant ökning av ozonmängden för perioden 2000–2024 och Arktis som helhet. Det finns dock regionala skillnader och över Skandinavien syns ännu ingen signifikant trend.¹³ Ozonhålet över Arktis bedöms dock vara fullständigt återhämtat cirka 2045.

Antarktis

Den årliga variationen av ozon över Antarktis är stor. Under 2019 uppmättes ozonskiktet över Antarktis till det största sedan 2002 medan 2020 och 2021 var skiktet tunnare. Uttunnningarna av ozonlagret har överlag varit mindre allvarliga under det senaste decenniet än de kraftiga uttunnningar som skedde under perioden 1990–2010.¹⁴ Trots att ozonskiktet över Antarktis under 2020 och 2021 var tunnare än genomsnittet har en fortsatt minskning av utsläpp av ozonnedbrytande ämnen resulterat i en påbörjad återväxt av ozonskiktet. Ozonhålet över Antarktis bedöms vara fullständigt återhämtat omkring 2065.

Utöver att det kraftigt uttunnade ozonskiktet ökar risken för skador på växter och djur så påverkas även troposfärens klimat. Under främst sommaren har det på södra halvklotet tidigare identifierats förändringar i fördelningen av både vind och nederbörd. Enligt ny forskning är dessa förändringar nu på väg att bromsas och eventuellt även återställas i takt med ozonets långsiktiga ökning över Antarktis.¹⁵

Nationellt

Ozonskiktet varierar mycket i tjocklek både geografiskt sett och från år till år. Nationellt framtagna data för 2025 visar en något försämrad situation beträffande ozonskiktets tjocklek över Sverige, figur 1, bland annat som resultat av ett mycket tunt ozonskikt över Sverige under mars månad.¹⁶ Mätningarna visar dock att det

⁹ När ozonskiktet blir så tunt att ozonmängden understiger 220 Dobsonenheter kallas det för ett ozonhål.

¹⁰ <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00904-w>

¹¹ <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/NH.html>

¹² Peter von der Gathen m.fl. Climate change favours large seasonal loss of Arctic ozone. *Nature Communications* 12, 2021.

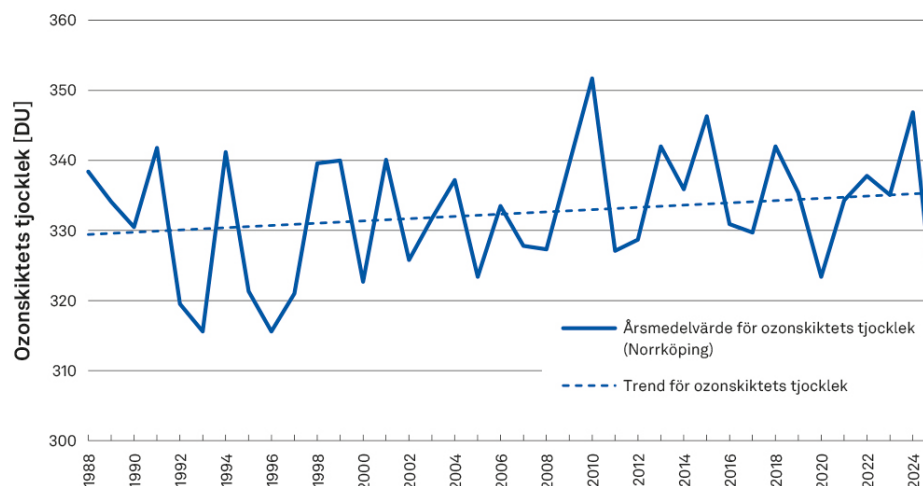
¹³ Jonas, C. m.fl. Detection of ozone recovery in the Arctic from ground-based measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 26, 8089–8124, <https://doi.org/10.5194/acp-26-8089-2026>, 2026

¹⁴ OzoNews Volume XXI – 15-30 October 2021.

¹⁵ Antara Banerjee m.fl. A pause in Southern Hemisphere circulation trends due to the Montreal Protocol, *Nature* 2020.

¹⁶ UV rådets rapport 2026 och tillhörande referenser: 202609-rapport-fran-ssms-vetenskapliga-rad-om-ultra-violett-stralning-2025.pdf

på längre sikt, sedan omkring år 2000, inte skett några större förändringar av ozonskiktets utveckling över Sverige, dock är utvecklingen försiktigt positiv. I Sverige bedöms ozonskiktet vara omkring tre till fyra procent tunnare jämfört med perioden 1964–1980.¹⁷



Figur 1. Ozonskiktets tjocklek över Sverige 1988–2025 vid mätplatser i Sverige. Ozonskiktet varierar mycket i tjocklek (heldragen linje), men är i genomsnitt (prickad linje) tunnare i dag än före introduktionen av ozonnedbrytande ämnen. Mellan 1988 och 2024 ser man en trend att ozonskiktets tjocklek ökar och det finns allt fler indikationer på en påbörjad återhämtning, men ännu syns ännu ingen säkerställd trend. Tjockleken på ozonskiktet mäts i Dobson-enheter, DU.

Källa: Sveriges miljömål, SMHI.¹⁸

UV-strålningen vid markytan påverkas kraftigt av bland annat variation i molnighet, ozonskiktets tjocklek och mängden aerosoler.¹⁹ Nationella data för UV-strålningen över Sverige visar på en ökande trend sedan början av 1980-talet trots att fler indikationer visar på att ozonskiktet återhämtar sig, figur 2. En bidragande orsak till detta kan vara att molnigheten verkar ha minskat något över Skandinavien under de senaste 35 åren.²⁰ År med hög UV-strålning såsom somrarna 1983 och 2002 samt under våren 1993, var ozonskiktet tunt eller mycket tunt samtidigt som molnigheten var låg eller relativt låg. UV-strålningen bedöms fortsättningsvis vara cirka 3–5 procent högre i södra Sverige än vad den skulle ha varit utan ozonförtunning.²¹

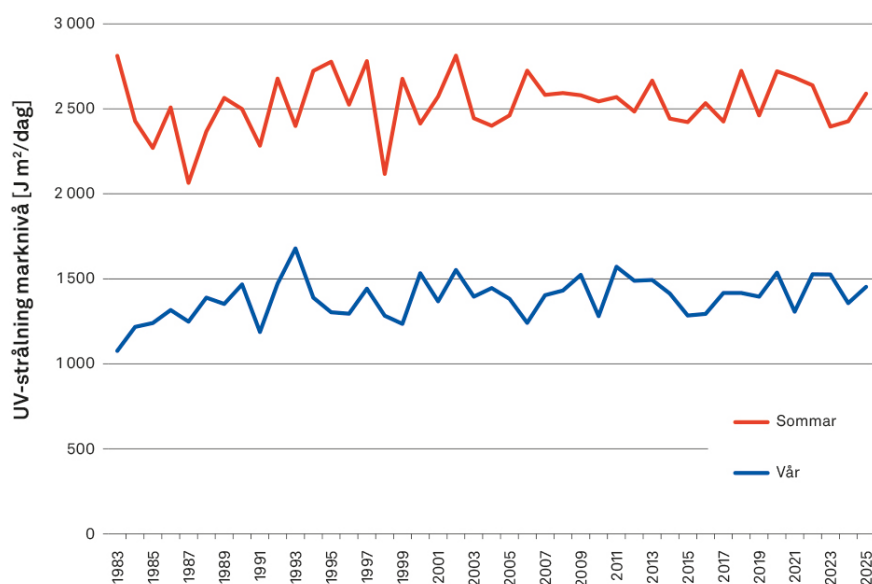
¹⁷ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022*, GAW Report No. 278, 56 pp.; WMO: Geneva, 2022.

¹⁸ Ozonskiktets tjocklek – Sveriges miljömål

¹⁹ Erytemviktad UV-strålning = Internationellt bestämd viktning av UV-strålningens olika våglängder för att motsvara känsligheten hos mänsklig hud för att utveckla solbränna.

²⁰ Karl-Göran Karlsson och Abhay Devasthale. Inter-Comparison and Evaluation of the Four Longest Satellite-Derived Cloud Climate Data Records: CLARA-A2, ESA Cloud CCI V3, ISCCP-HGM, and PATMOS-x. Remote sensing. 2018.

²¹ UNEP, 20 Questions and Answers



Figur 2. UV-strålning på marknivå 1983–2025 över Sverige har förändrats från 1980-talet, då påverkan från ozonnedbrytande ämnen var som störst. UV-strålningen i Sverige ökar normalt under våren för att vara som högst under sommaren. Trots allt fler indikationer på att ozonskiktet återhämtar sig syns ännu ingen tydlig minskning av UV-strålning. UV-strålningen mäts i joule per kvadratmeter och dag.

Källa: Svensk miljöövervakning, SMHI.

1.1.2 Precisering 2: Ofarliga halter ozonnedbrytande ämnen

REGLERADE ÄMNEN

Globalt

Montrealprotokollet reglerar konsumtion och produktion av ett hundratal ozonnedbrytande ämnen och innehåller datum för när produktion och konsumtion av dessa ämnen ska ha upphört med undantag för vissa undantagna användningar.

Produktion och konsumtion av ozonnedbrytande ämnen med en hög ozonnedbrytande potential (ODP) såsom klorfluorkolföreningar (CFC) och andra långlivade klorerade och bromerade föreningar har varit globalt förbjudna sedan 2010. Väteklorfluorkolföreningar (HCFC) som introducerades som alternativ till ozonnedbrytande ämnen med hög ODP är fortfarande tillåtna att producera i begränsade mängder fram till 2040 i majoriteten av världens länder (de länder som definieras som utvecklingsländer enligt Montrealprotokollet). HCFC är också ozonnedbrytande ämnen men de har lägre ODP än exempelvis CFC.

Ett av de stora återstående problemen är utsläpp av ozonnedbrytande ämnen från befintliga eller uttjänta produkter och utrustningar.²² Det handlar om ozonnedbrytande ämnen som finns i kyl- och luftkonditioneringsutrustning, skumpaneler och brandskyddssystem. Utan åtgärder kommer en del av de ingående ämnena gradvis att släppas ut under utrustningens eller produktens livstid, och

²² Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022-Executive-Summary.pdf

en del kommer att släppas ut när utrustningen eller produkten tas ur bruk och skrotas.

En användning som inte omfattas av protokollet är produktion av reglerade ozonnedbrytande ämnen för användning som råmaterial i tillverkningen av andra kemikalier.

Den totala produktionen av reglerade ämnen för råvaror ökar. Den rapporterade råvaruproduktionen har ökat med 75 viktprocent under det senaste decenniet. Om man antar att andelen utsläpp relaterade till råvaruproduktion inte har förändrats har utsläppen ökat i motsvarande grad.

Utsläpp av Koltetraklorid (CCl_4) från råvaruproduktion och användning dominerar för närvarande påverkan på ozonskiktet av alla reglerade ozonnedbrytande ämnen som används som råmaterial. Användning av CCl_4 förväntas fortsätta att öka främst på grund av dess tillämpning i den växande produktionen av hydrofluorolefiner (HFO:er) som ersätter fluorkolväten (HFC:er) i många tillämpningar.²³

HCFC-22 är med stor marginal det ozonnedbrytande ämne som tillverkas i störst mängd för råmaterialanvändning, 2024 användes ca 1 miljon ton HCFC-22 i detta syfte. HCFC-22 används huvudsakligen för att producera tetrafluoreten (TFE), som används vid tillverkning av fluorpolymerer, såsom polytetrafluoreten, med många tillämpningar.

Även användning av andra ozonnedbrytande ämnen såsom HCFC-142b förväntas öka. Mellan 2025–2034 uppskattas användningen av HCFC-142b växa årligen med 6 procent (4–8 %) på grund av dess huvudsakliga användning som råvara för polyvinylidenfluorid (PVDF) som används i avancerade elbilsbatterier.²⁴ Utsläpp av reglerade ozonnedbrytande ämnen sker även från illegal produktion.

Övervakning av reglerade ämnen i atmosfären

Under 2018 upptäcktes oförklarliga halter av CFC-11 i atmosfären. Genom undersökningar, initierade inom ramen för Montrealprotokollet, konstaterades att drygt hälften av utsläppen av CFC-11 orsakats av produktion som strider mot Montrealprotokollet och som kunde spåras till Kina. Inom ramen för Wienkonventionen och det tillhörande Montrealprotokollet pågår ett arbete för att etablera nya stationer för atmosfärsövervakning av kontrollerade ämnen i regioner där det idag saknas övervakning för att försöka utröna varifrån utsläppen kommer.

Haven har sedan 1930-talet lagrat stora mängder CFC-11 och fungerar som en reservoar för ämnet. Nya studier visar att havets upptag och framtida utgasning påverkar både CFC-11:s livslängd och uppskattade historiska utsläpp. När utsläppen fortsätter att minska väntas haven börja släppa tillbaka CFC-11 till atmosfären. Detta förväntas bli mätbart kring mitten av 2100-talet. Klimatförändringar kan dessutom bidra till att försvaga havens lagringsförmåga och tidigarelägga denna utgasning.

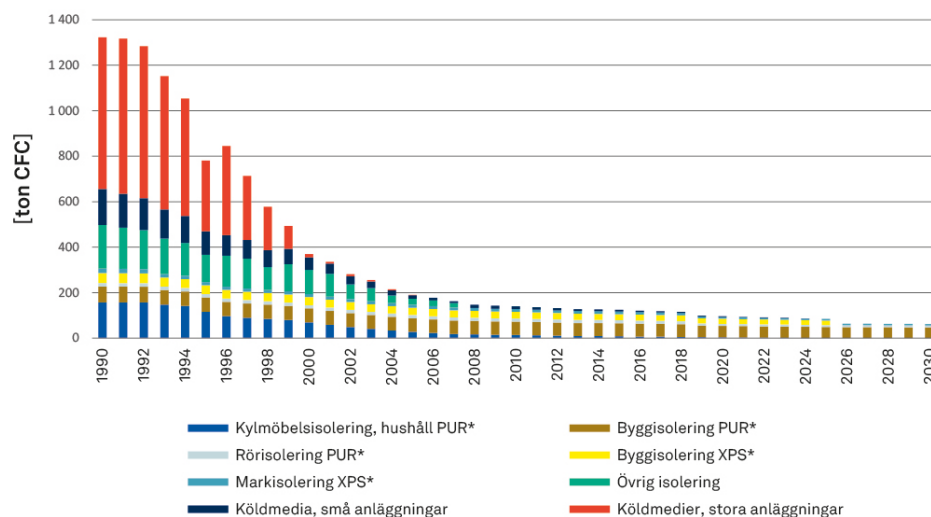
Nationellt

De nationella utsläppen av reglerade ozonnedbrytande ämnen består nästan uteslutande av CFC från befintliga och uttjänta produkter. Dessa utsläpp är däremot

²³ Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022-Executive-Summary.pdf

²⁴ Reimann, S. *et al.* 2026. Continuing industrial emissions are delaying the recovery of the stratospheric ozone layer. *Nature Communications*, (2026) 17:3190.

inte reglerade i Montrealprotokollet eftersom protokollet endast reglerar produktion och konsumtion av ämnen. Utsläppen från exempelvis kyl- och frysanläggningar samt bygg-, rör- och markisolering har minskat kraftigt sedan 1990, och utsläppen har fortsatt att minska under de senaste åren, om än i lägre takt, figur 3. År 2025 beräknas utsläppen av CFC i Sverige uppgå till cirka 84 ton. Det kan jämföras med utsläppen 1990 som var cirka 1320 ton. Huvuddelen av de kvarvarande nationella utsläppen av CFC uppstår genom bristfälligt omhändertagande av isoleringsmaterial vid rivningar.



Figur 3. Utsläpp av klorfluorkarboner (CFC) i Sverige 1990–2030 från olika produktgrupper utifrån modellberäkningar. De nationella utsläppen beräknades 2025 vara cirka 84 ton per år och de bedöms fortsätta att minska ytterligare till 2030.

Källa: Naturvårdsverket.²⁵

*PUR = Polyuretan och XPS = Extruderad polystyren.

Utsläppen uppstår i första hand som läckage av CFC från isoleringsmaterial, som använts i väggar, tak, golv samt runt varmvattenberedare och fjärrvärmerör. Läckaget uppstår främst vid rivning av byggnader som uppförts eller tilläggsisolerats från 1960 till mitten av 1990. I stället för att förbrännas på anläggningar som har kapacitet att destruera CFC, skickas en stor andel av isoleringsmaterialet i stället på vanliga sopförbränningsanläggningar eller läggs på deponier. I Sverige kan destruktionsanläggningar följas upp via rapportering från destruktionsanläggningar; dessa särredovisar emellertid inte varifrån de ozonnedbrytande ämnena kommer, varför uppföljningen av de nationella utsläppen istället måste göras i form av beräkningar och utredningar.

ICKE REGLERADE ÄMNEN

Kväveföreningar och lustgas

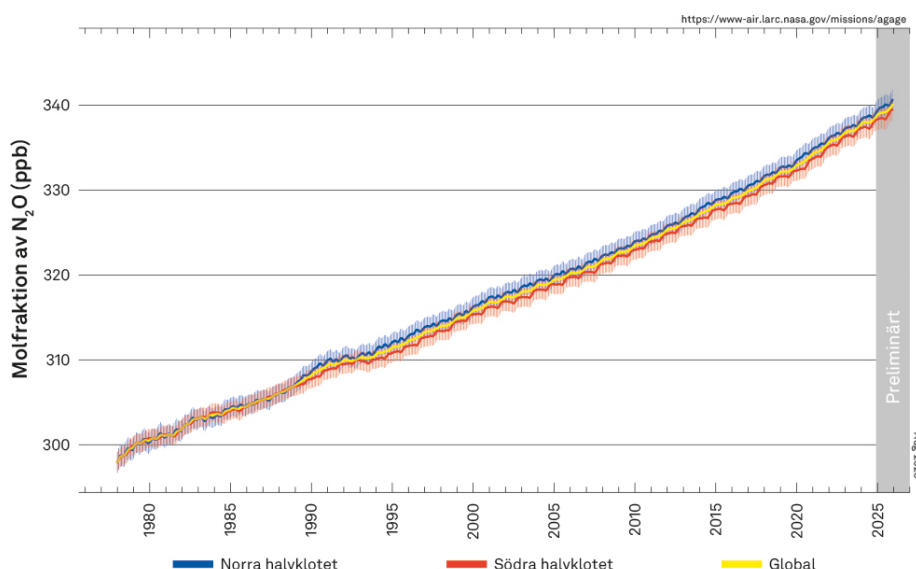
Utsläpp av kväveföreningar kan bilda lustgas (N_2O), som både bryter ned ozonskiktet och bidrar till växthuseffekten. Lustgas är ett ämne som inte regleras av Mont-

²⁵ Uppföljning av emissioner och kvarvarande mängder av CFC i Sverige, IVL 2019.

realprotokollet och den globala koncentrationen av lustgas i atmosfären fortsätter att öka, figur 4.²⁶ De globala utsläppen av kväveoxider slutade öka 2014 medan utsläpp av ammoniak globalt fortsatt bedöms öka.^{27, 28}

Tre fjärdedelar av de antropogena utsläppen, som ökat med 40 procent globalt sedan 1980, har sitt ursprung i jordbruket – till största del på grund av användning av syntetisk gödsel på jordbruksmark. Industriella källor står för cirka fem procent av utsläppen, som domineras av produktion av adipinsyra för framställning av syntetiska fibrer och skum, och produktion av salpetersyra för tillverkning av gödning, ammunition och adipinsyra. Återstående femtedelen av de antropogena utsläppen kommer från förbränning av fossila bränslen, vattenrening mm.

FN:s miljöprogram, UNEP, gör bedömningen att ca 40 procent av de globala utsläppen från jordbruket skulle kunna åtgärdas med idag tillgängliga metoder och kunskap. Gällande de industriella utsläppen av lustgas bör 90–99 procent av utsläppen kunna åtgärdas med i dag tillgänglig och kostnadseffektiv teknik, med potentialen att minska utsläpp av lustgas motsvarande upp till 2,5 miljarder CO₂-ekvivalenter, motsvarande 160 000 ODP ton till 2050.^{29, 30}



Figur 4. Mätningar av halten av lustgas i atmosfären 1978–2024 med månadsmedelvärden av halten lustgas (N₂O) i atmosfären globalt och för norra respektive södra halvklotet åren 1978 till 2024.

Källa: AGAGE, Advanced Global Atmospheric Gases Experiment.³¹

Under de senaste åren har forskarvärlden insett att även kortlivade ozonnedbrytande ämnen såsom diklormetan kan nå upp till ozonlagret och påverka ozon-

²⁶ <https://agage.mit.edu>

²⁷ Tianbo Huang m.fl. Spatial and Temporal Trends in Global Emissions of Nitrogen Oxides from 1960 to 2014. Environmental science and technology, 2017.

²⁸ Rongting Xu m.fl. Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and processbased estimates and uncertainty, 2018.

²⁹ Ozone Depletion Potential – Ozon nedbrytande potential.

³⁰ UNEP, 2024. Global Nitrous Oxide Assessment.

³¹ https://www-air.larc.nasa.gov/missions/agage/static/figures/monthly/pdf/N2O_mm.pdf

skiktet negativt. Specifika väderförhållanden som till exempel den asiatiska sommarmonsunen kan transportera kortlivade ämnen till stratosfären innan de hinner brytas ned. Dessa förhållanden förväntas öka i ett varmare klimat.³² Eftersom de produceras i mycket stora kvantiteter har de trots en i många fall låg ozonnedbrytande potential och kort uppehållstid i atmosfären en betydande inverkan på nedbrytningen av ozon i stratosfären.

De kortlivade ämnena utgörs av både syntetiska klorerade föreningar och bromerade föreningar som exempelvis diklormetan, triklormetan (kloroform, CFM), 1,2-dikloretan (etylendiklorid, EDC), trikloretylen (TCE) och perkloretylen (PCE). Var och en av dessa kemikalier används som process agent, lösningsmedel eller som råmaterial i tillverkningen av ämnen som regleras av Montrealprotokollet (HFC-32, HCFC-22, CFC-113 m.fl.), deras alternativ (t.ex. HFO) och vid plastproduktion (PVC).

Forskning har visat att även havets naturliga innehåll av jod kan spela en roll i nedbrytningen av ozonskiktet.³³ Förklaringen är att marknära ozon från land kan reagera med havsytan och föra upp jod till nedre stratosfären. Mycket tyder även på att marknära ozon ökar globalt vilket därmed kan öka mängden jod som förs upp på detta vis.³⁴ Modeller som simulerar återväxten av ozonskiktet omfattar för närvarande inte jod men om ämnet tas med i beräkningarna skulle det kunna bidra till att förklara till varför mängden ozon i nedre stratosfären fortsätter att minska.³⁵

Nationellt

De nationella utsläppen av oreglerade ämnen utgörs framför allt av lustgas. 2024 var de totala antropogena utsläppen i Sverige cirka 17 000 ton, en minskning med cirka 20 procent jämfört med 1990. Utsläppen av lustgas härrör främst från jordbrukssektorn vars andel av de totala utsläppen under samma period minskat med cirka nio procent (se figur 5). Utsläppsminskningen inom jordbruket beror främst på reducerat antal djur och lägre användning av mineralgödsel samt effektivisering inom sektorn.³⁶

Åtgärder som införts för att minska kväveförlusterna inom jordbruket har också bidragit till minskningen av lustgasutsläppen som till exempel ökad användningen av flytgödsel. Även om en minskning av utsläppen har skett sedan 1990 så har det skett en ökning av utsläppen under de senaste åren. Sedan 2012 har utsläppen ökat med cirka sju procent och mellan 2019 och 2020 ökade utsläppen från jordbrukssektorn med närmare fyra procent (se figur 5) vilket främst förklaras med en ökad försäljning av mineralgödsel gödselåret 2019/2020. Eftersom en stor del av gaserna som leder till ozonnedbrytning styrs av biologiska processer kan utsläppen variera mycket och osäkerheterna i beräkningarna blir därför stora.³⁷

³² <https://www.naturvardsverket.se/publikationer/7000/978-91-620-7070-0>

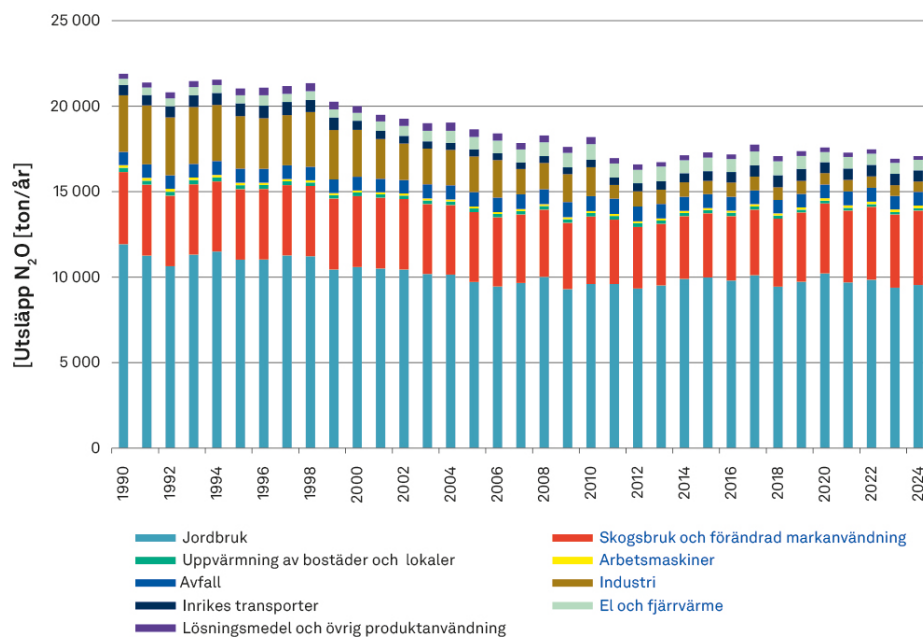
³³ Theodore K. Koenig m.fl. Quantitative detection of iodine in the stratosphere. PNAS. 2020.

³⁴ Jerry R. Ziemk m.fl. Trends in global tropospheric ozone inferred from a composite record of TOMS/OMI/MLS/OMPS satellite measurements and the MERRA-2 GMI simulation. Atmospheric Chemistry and Physics, 2019.

³⁵ Theodore K. Koenig m.fl. Quantitative detection of iodine in the stratosphere. PNAS. 2020.

³⁶ Naturvårdsverket, utsläpp av växthusgaser Jordbruk, utsläpp av växthusgaser

³⁷ Naturvårdsverket. Fördjupad analys av den svenska klimatomställningen 2021, rapport 7014, 2022.



Figur 5. Nationella utsläpp av lustgas (N₂O), exkl. utländska transporter, fördelat på olika sektorer under åren 1990 till 2024. De nationella utsläppen har minskat sakta från 1990 till cirka 17 000 ton per år 2024.

Källa: Naturvårdsverket, Sveriges officiella statistik

1.2. Miljöarbete

1.2.1. Montrealprotokollet och Wienkonventionen

Internationellt förhandlingsarbete för att skydda ozonskiktet bedrivs inom ramen för Wienkonventionen för skydd av ozonskiktet och det tillhörande Montrealprotokollet med Kigali-tillägget om utfasningen av ämnen som bryter ned ozonskiktet bidrar till reducerad klimatförändring. Parterna till protokollet möts årligen i det så kallade partsmötet (MOP) och det förberedande arbetsgruppsmötet (OEWG). Vart tredje år möts parterna till konventionen i konventionsmötet (COP). Under mötena fattas beslut som syftar till att driva arbetet med att skydda ozonskiktet framåt. Under mötena arbetas beslut fram som syftar till att driva arbetet med att skydda ozonskiktet framåt.³⁸

Till stöd för genomförandet av Montrealprotokollet finns den Multilaterala fonden (MLF). Syftet med fonden är att tillhandahålla ekonomiskt och tekniskt bistånd till utvecklingsländer för att möjliggöra för dessa länder att uppfylla kraven i Montrealprotokollet. MLF finansierar aktiviteter som nedläggning av ODS-produktionsanläggningar (anläggningar som producerar ozonnedbrytande ämnen), konvertering till icke-ODS-teknik, energieffektivisering i samband med utfasning av HFC, atmosfärisk övervakning av kontrollerade ämnen, stärkande av nationella institutioner inklusive licensiering och utbildning samt etablering av kvotsystem och utbildning av tekniker och tulltjänstemän. Den Multilaterala fondens verkställande kommitté (ExCom) fattar beslut och rapporterar om de finan-

³⁸ <https://ozone.unep.org/science/overview>

siella aspekterna av de projekt som syftar till att fasa ut ozonnedbrytande ämnen i utvecklingsländer. ExCom möts två gånger årligen.

I förhandlingarna driver Sverige bland annat att undantag och dispenser från förbud att använda ozonnedbrytande ämnen successivt bör minska och till slut helt upphöra. Sveriges driver även att utsläpp av ämnen som bryter ned ozonskiktet, oavsett om de omfattas av Montrealprotokollet eller inte, bör omfattas av kontrollåtgärder.

1.2.2. EU:s förordning om ozonnedbrytande ämnen

Montrealprotokollet genomförs inom EU av förordningen om ozonnedbrytande ämnen, ODS-förordningen 2024/590.³⁹ ODS-förordningen innehåller allmänna förbud om produktion, import, export och utsläppande på marknaden, samt regler om användning, återvinning, återanvändning, regenerering och destruktion av ämnen som bryter ner ozonskiktet. ODS-förordningen innehåller även undantag för ett fåtal områden där alternativ fortfarande saknas (användning som råmaterial och som agens i tillverkningsprocesser, samt för viktiga analys- och laboratorieändamål).

En av de viktigare delarna i förordningen är bestämmelserna för vissa typer av skumplast som säger att utsläpp av ozonnedbrytande ämnen från skumpaneler och laminerade skivor av skumplast i möjligaste mån ska undvikas vid rivning eller renovering. Från och med 1 januari 2025 ska skumplasten och de ämnen som ingår i den återvinnas eller destrueras. Skumplast är den huvudsakliga källan till kvarvarande utsläpp av ozonnedbrytande ämnen inom EU.

EU:s förordning är mer långtgående än Montrealprotokollet, dels för att den har ett tidigare avvecklingsdatum för klor-fluor-kolväten (HCFC) dels för att den innehåller ett förbud mot påfyllnad av CFC och HCFC i kyl-, frys och luftkonditioneringsanläggningar. Även redan avvecklade ämnen och användningsområden har fasats ut i snabbare takt. Att en viktig grupp länder (EU) redan vidtagit strängare åtgärder i och med den tidigare lagda avvecklingen har haft stor betydelse för revideringen av Montrealprotokollet.

1.2.3. Styrmedel och åtgärder mot lustgasutsläpp

Parisavtalet anger att länderna ska vidta nationella åtgärder för begränsningar av klimatgaser (uttryckt i koldioxidekvivalenter) utifrån principen om gemensamma men olikartade ansvar och respektive förmåga. Parisavtalet reglerar dock inte hur detta ska göras eller hur mycket varje land ska bidra. Parisavtalet bygger i stället på frivilliga nationella åtaganden som ska uppdateras enligt Parisavtalets ambitionscykel. Det innebär att det inte finns några direkta krav på att minska utsläppen från enskilda ämnen som till exempel lustgas. Man kan följaktligen lika gärna minska utsläppen från andra växthusgaser, vilket oftast är tekniskt lättare och billigare.

Ett viktigt styrmedel för att påverka utsläpp av lustgas från jordbrukssektorn och dess markanvändning är EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP). I Sverige genomförs CAP till stor del i den strategiska planen. Inom ramen för CAP finns

³⁹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2024/590 av den 7 februari 2024 om ämnen som bryter ned ozonskiktet och om upphävande av förordning (EG) nr 1005/2009

olika stöd och ersättningar för miljö, hållbarhet och innovation. Investeringsstöd genom CAP finns även för olika teknikrelaterade åtgärder kopplade till gödselhantering och gödselspridning. Den strategiska planen för perioden 2023–2027 innehåller även ettåriga miljö- och klimatersättningar (s.k. ecoschemes) för precisionsjordbruk i syfte att undvika att det blir outnyttjade gödselmängder kvar i marken och att tillförd växtnäring utnyttjas effektivt.

Projektet *Greppa Näringen* erbjuder kostnadsfri rådgivning till lantbrukare med målen att minska utsläpp av klimatgaser, minska övergödningen samt att bidra till säker användning av växtskyddsmedel. Projektet drivs av Jordbruksverket, Lantbrukarnas riksförbund och länsstyrelserna. Rådgivningarna riktar sig huvudsakligen till växtgårdar med en areal om minst 50 hektar alternativt djurgårdar med minst 25 djurenheter.⁴⁰ Små jordbruk är på så sätt till stor del exkluderade från de enskilda rådgivningsbesöken. Företag med mer än 50 hektar åkermark brukade emellertid cirka 83 procent av åkerarealen åren 2010–2020.

Inom *Klimatklivet* är jordbruket en prioriterad sektor, stöd kan sökas bland annat för investeringar i syfte att öka produktionen av biogas baserat på gödsel. Denna åtgärd kan bidra till minskade utsläpp av i första hand metan men även av lustgas från lagring och från spridning av gödseln. Samtidigt ökar kväveutnyttjandegraden vilket minskar behovet av mineralgödsel och därmed bildningen av lustgas.

Kväveklivet är ett nytt nationellt investeringsstöd. Budgeten för stödet är 100 miljoner kronor per år under 2026–2028. Syftet med stödet är att minska Sveriges utsläpp av ammoniak från jordbruk, men också att bidra till ett mer effektivt utnyttjande av kväve.⁴¹ I Sverige står jordbruket för drygt 90 procent av de totala utsläppen av ammoniak. För att minska vår miljöpåverkan och nå de miljömål som vi har förbundit oss till i EU, behöver vi minska utsläppen. Att förbättra och effektivisera utnyttjandet av gödsel kan även minska sårbarheten och öka lönsamheten, vilket i sin tur bidrar till att stärka Sveriges livsmedelsförsörjning.

I Sverige pågår forskning och studier om bildning och utsläpp av lustgas vid flera universitet bland annat vid Göteborgs universitet och Sveriges lantbruksuniversitet.

Övriga insatser för att minska utsläpp av kväveföreningar hänvisas till den årliga uppföljningen av miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning*, *Bara Naturlig försurning* respektive *Frisk luft*.

1.2.4. Nationell reglering av utsläpp från befintliga och uttjänta produkter

Utsläppen av ozonnedbrytande ämnen från befintliga och uttjänta produkter (så kallade banker) regleras inte av Montrealprotokollet, men inom EU är destruktion av ozonnedbrytande ämnen reglerat genom EU:s ODS-förordning, i vilken överblivna mängder hanteras som miljöfarligt avfall. I Sverige är EU:s reglering framförallt genomförd genom förordningen om ozonnedbrytande ämnen (2016:1129), avfallsförordningen (2020/614), och Plan- och bygglagen (2010:900). Huvuddelen av de kvarvarande nationella utsläppen av CFC kommer från bristfälligt omhändertagande av isoleringsmaterial vid rivningar. Det finns tydliga tecken

⁴⁰ En djurenhet beräknas utifrån djurslag. Exempelvis motsvarar en mjölkko en djurenhet och en slaktkyckling 0,005 djurenheter. De flesta län ställer kravet om 50 hektar alternativt 25 djurenheter.

⁴¹ Minskad mängd ammoniak minskar indirekt bildandet av lustgas.

på att den informationssatsning som Naturvårdsverket och Boverket tillsammans har genomfört under de senaste åren har resulterat i en ökad kunskap men också lett till att faktiska åtgärder ökat i omfattning. Det finns en önskan om fortsatta informationsåtgärder vilket framgår till exempel i den regionala årliga uppföljning som länsstyrelserna gör (se vidare avsnittet 1.2.5).

1.2.5. Regionala insatser

På nationell nivå har flera insatser påbörjats eller fortgått sedan den fördjupade utvärderingen 2023.⁴² Enligt länsstyrelsernas regionala årliga uppföljning 2025 av miljömålet *Skyddande ozonskikt* arbetar flertalet län med rådgivningsinsatser inom ramen för *Greppa Näringslivet* samt har en fungerande kontroll och insamling av köldmedieanläggningar.⁴³ Flertalet länsstyrelser tar även upp behovet av ökad information och tillsyn beträffande arbetet med omhändertagande av CFC-haltigt isolermaterial. De rapporterar dessutom att samarbete sker mellan de kommunala byggnads- och miljönämnderna i samband med ärenden om rivningslov samtidigt som flera uppmärksammar behovet av att detta samarbete ökar.

Flera länsstyrelser har i sin årliga uppföljning lyft fram den nya avfallsförordningen med krav på källsortering av bygg- och rivningsavfall i ett antal fraktioner samt förbud mot att förbränna eller deponera avfall som samlats in separat för att materialåtervinnas. Dessa krav har förbättrat förutsättningarna att ta hand om avfall som innehåller CFC vid rivningar. Många har även uppmärksammat synergieffekterna till andra miljömål vid minskande utsläpp av såväl reglerade ozonnedbrytande ämnen som lustgas och kväveföreningar. För en fullständig redogörelse över länens insatser se Länsstyrelsernas regionala årliga uppföljning 2025.⁴⁴

1.3. De centrala problemen för målet

1.3.1. Vändpunkt och återväxt

För preciseringen om ozonskiktets vändpunkt och återväxt är ozonskiktets tjocklek det viktigaste uppföljningsmåttet. Preciseringen bedöms som uppnådd då trenden för ozonuttunnningen är bruten, och det går att observera att en återväxt av ozonskiktet har påbörjats. En vändpunkt i ozonuttunnningen samt påbörjad tillväxt av ozonskiktet är lättare att säkerställa än en fullständig återhämtning. Om man utgår från att en påbörjad tillväxt av ozonskiktet är ett resultat av minskad påverkan från ozonnedbrytande ämnen, antas den önskvärda miljö kvaliteten – fullständig återhämtning till naturliga nivåer – uppnås vid ett senare tillfälle.

Det referensvärde som använts inom ramen för Montrealprotokollet utgörs av ett globalt medelvärde för det tillstånd som rådde innan ozonskiktet var utsatt för nämnvärd mänsklig påverkan. Referensvärdet är för närvarande ozonskiktets tillstånd 1980 (medelvärde 1964–1980). På senare tid har konstaterats att det över vissa områden fanns det en påverkan redan 1960, men man har ändå valt att ha kvar 1980 som referensvärde, framför allt på grund av att data före 1980 är mindre säkra.

⁴² Fördjupad utvärdering av Sveriges miljömål 2023

⁴³ <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning>

⁴⁴ <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning>

Bättre förståelse för de komplexa kopplingarna mellan mängden ozon i atmosfären, atmosfärens kemi och storskaliga cirkulation samt klimatförändringen är av hög prioritet. Insikten om behovet av ytterligare forskning och systematisk övervakning inom detta område har ökat de senaste åren men ett fortsatt arbete behövs.

1.3.2. Ofarliga halter ozonnedbrytande ämnen

Det önskvärda miljötillståndet för preciseringen om ofarliga halter ozonnedbrytande ämnen uppnås när de av människan orsakade halterna i atmosfären av sådana ämnen – mätt som effektiva klorekvivalenter i stratosfären, EESC – återgår till sådana nivåer att ozonskiktet inte längre påverkas negativt. Enligt WMO utgår man fortfarande från de halter som rådde 1980, trots att forskarna nu anser att halterna var över det naturliga redan 1960.⁴⁵ Bedömningen är dock att 1980 års värden ändå anses vara tillräckliga för att det inte ska föreligga någon risk för uppkomst av ett så kallat ozonhål., det vill säga områden med väldigt tunt ozonskikt. Halten EESC har enligt internationell expertis ansetts som en god indikator på tillståndet när det gäller ozonnedbrytande ämnen.

Montrealprotokollet har i dagsläget resulterat i en 99-procentig utfasning av de ozonnedbrytande ämnen som regleras. Den återstående procenten utgörs i huvudsak av HCFC (ersättning för CFC).⁴⁶ Utsläppen av reglerade ämnen från befintliga och uttjänta produkter och utrustningar är ett av de stora återstående problemen. Om det vore möjligt att eliminera alla utsläpp av långlivade ozonnedbrytande ämnen, som domineras av utsläpp från befintlig utrustning och produkter, skulle detta tidigarelägga återgången av EESC vid medel-latitud till 1980 års nivå med cirka 16 år och öka genomsnittet av globalt stratosfäriskt ozon under perioden 2023–2070 med cirka 2 DU.⁴⁷

Utsläppen av reglerade ämnen från råmaterialproduktion och användning är ett ökande problem. Utan ytterligare åtgärder kan utsläpp från den här produktionen försena återhämtningen av ozonskiktet vid medel-latitud med 7 (6–11) år.⁴⁸

För att uppnå det önskvärda tillståndet av ofarliga halter krävs även en minskning av andra ozonnedbrytande ämnen som inte regleras av Montrealprotokollet. Det gäller framför allt utsläppen av lustgas, som omfattas av Parisavtalet. De globala utsläppen av lustgas ökar och den destruktiva kapaciteten hos dagens lustgasutsläpp är ungefär lika med summan av utsläppen av alla andra ozonnedbrytande ämnen. Enligt FN kommer ett scenario där lustgasutsläppen fortsätter i samma takt som idag leda till att ozonnivåerna mot slutet av 2100-talet kommer vara så pass låga att den UV-strålning som jordens befolkning utsätts för är högre än under 1995–2005 då ozonnedbrytningen i atmosfären var som störst.⁴⁹

Även utsläppen av kortlivade ozonnedbrytande ämnen måste åtgärdas. Utsläppen av diklormetan (CH_2Cl_2), den dominerande kortlivade klorgasen, fortsätter att öka. Framtida prognoser är osäkra på grund av de mycket varierande utsläppen under de senaste åren. Om diklormetanutsläppen fortsätter på sin nuvarande nivå kommer de orsaka en minskning av ozonskiktet med 1 DU per år.

⁴⁵ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp., WMO, Geneva, Switzerland, 2022.

⁴⁶ <http://ozone.unep.org/en/focus/montreal-protocol-achievements-date-and-challenges-ahead>

⁴⁷ Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022-Executive-Summary.pdf

⁴⁸ Reimann, S. *et al.* 2026. Continuing industrial emissions are delaying the recovery of the stratospheric ozone layer. *Nature Communications*, (2026) 17:3190.

⁴⁹ UNEP, 2024. Global Nitrous Oxide Assessment.

2. Gapanalys – analys av förutsättningar och effekter

2.1. Aktörer och drivkrafter

Globalt sett är det produktionen av ozonnedbrytande ämnen som i första hand lett till nedbrytningen av ozonskiktet. Ämnena har bland annat använts i kyl- och frystrustning, klimatanläggningar, isoleringsmaterial, brandsläckningsutrustning och bekämpningsmedel inom jordbruket.

I takt med att produktion och utsläpp av flertalet av de ozonnedbrytande ämnena succesivt minskat inom ramen för Montrealprotokollets utfasnings-schema, har utsläpp av ämnen som inte omfattas av protokollet fått en ökad betydelse. Framför allt har utsläppen av lustgas fått en allt mer framträdande roll. De globala, antropogena utsläppen av lustgas kommer främst från jordbrukets gödselhantering och djurhållning. Detta sker främst genom att kväve tillförs via mineralgödsel, stallgödsel och kvävefixerande växter för att sedan omvandlas till lustgas i marken.

Även industriell produktion, främst tillverkning av adipinsyra och salpetersyra, tillsammans med förbränning av fossila bränslen, skogsbränder inklusive förbränning av skörderester samt reningsverk står för betydande direkta utsläpp av lustgas.⁵⁰ Dessutom bidrar jordbrukets kvävehantering samt all förbränning av fossila bränslen även indirekt genom utsläpp av kväveoxider, som efter deposition på mark och vatten kan omvandlas till lustgas.

Det finns även kvar stora mängder ozonnedbrytande ämnen i befintliga och uttjänta produkter. Brister i omhändertagandet av dessa är den främsta orsaken till utsläppen. Flera kortlivade ämnen som tidigare inte bedömts utgöra ett hot mot ozonskiktet regleras inte inom Montrealprotokollet. En stor andel av dessa består av naturliga emissioner från mark och vatten och förväntas öka i samband med klimatförändringen. Resterande är dock industrikemikalier och används till exempel som lösningsmedel eller vid framställandet av andra ämnen.

Nationellt är det utsläppen från befintliga och uttjänta produkter som står för merparten av våra kvarvarande utsläpp. Även i Sverige domineras dock utsläppen totalt sett av lustgas.

⁵⁰ UNEP. Drawing Down N2O to Protect Climate and the Ozone Layer, 2013.

2.2. Centrala styrmedel och åtgärder samt deras effekter på miljötillståndet

2.2.1. Utsläpp som regleras under Montrealprotokollet

Montrealprotokollet utgör tillsammans med EU:s ODS förordning (2024/590) och den förordningen om fluorerade växthusgaser (2016/1128) de centrala styrmedlen för att nå det önskade miljötillstånd som miljökvalitetsmålet eftersträvar. Samtliga tre styrmedel har varit i bruk sedan länge och bedöms i stora drag ha lett till förväntade effekter. Sedan 1987, då protokollet beslutades, har produktionen av de ozonnedbrytande ämnen som regleras av protokollet, mätt som ODP, minskat med ca 99 procent.^{51, 52}

Modelluppskattningar gjorda av United States Environmental Protection Agency, USEPA, indikerar att ett fullständigt genomförande av Montrealprotokollet förväntas förhindra 432 miljoner fall av keratinocyt cancer (icke-melanom hudcancer) och 11 miljoner fall av melanom i USA för personer födda åren 1890–2100. Det förväntas också förhindra 2,3 miljoner dödsfall av hudcancer (främst melanom, men också kutan skivepitelcancer och 63 miljoner fall av grå starr. Dessa siffror är större än tidigare uppskattningar på grund av uppdaterade fysikalisk-kemiska parametrar, förbättrade UV-strålningsberäkningar och uppdaterade befolkningsdata.⁵³

Även om avvecklingsarbetet under Montrealprotokollet i det hela fortskrider enligt schemat finns det fortfarande möjligheter för undantag och dispenser från förbud att använda ozonnedbrytande ämnen. Detta gäller bland annat metylbromid, CFC-er, koltetraklorid (CCl_4) och HCFC-er. Behovet av att få kontroll på och hantera dessa utsläpp demonstreras till exempel av CCl_4 , för vilken stora globala utsläpp återfinns, varav en stor del inte rapporteras och tros komma från pågående industriella produktionsprocesser.⁵⁴

Ett ytterligare problem utgörs av de utsläpp som sker i strid mot Montrealprotokollet som till exempel de utsläpp av CFC-11 som nu till stor del åtgärdats. Utsläppen av CFC-11 har minskat betydligt de senaste åren och om den nuvarande positiva utvecklingen fortsätter kommer skadorna på ozonskiktet från flera års olagliga utsläpp att vara relativt små.⁵⁵

2.2.2. Reglering av lustgas

De globala utsläppen av lustgas har ökat sedan 90-talet. Detta är allvarligt, med tanke på de ytterligare fall av exempelvis hudcancer och ögonstarr som ett uttunnat ozonskikt medför. Resultat från en global inventering av lustgasutsläpp visar

⁵¹ ODP (Ozone Destructive Potential) står för den ozonnedbrytande potential en förening har jämfört med CFC-11 (CFC-11 har ett ODP-värde = 1).

⁵² Solomon, S. M.fl. Unfinished business after five decades of ozone-layer science and policy. *Nature Communications*. 2020.

⁵³ Neale, R.E. m.fl. Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2021.

⁵⁴ Martin K. Vollmer m.fl. Unexpected nascent atmospheric emissions of three ozone depleting hydrochlorofluorocarbons. *PNAS*. 2021.

⁵⁵ Sunyoung Park m.fl. A decline in emissions of CFC-11 and related chemicals from eastern China. *Nature*. 2021.

att Afrika står för de största utsläppen av lustgas under det senaste decenniet följt av Sydamerika och södra Asien. Inventeringen pekar även på ökande lustgasutsläpp i tillväxtekonomier, särskilt Brasilien, Kina och Indien mellan 2007–2016.⁵⁶

Lustgas regleras under Parisavtalet. Här finns emellertid inte några direkta krav på minskningar av specifika ämnen (se avsnitt 1.2.3). Förhoppningarna om att klimatkonventionen ska leda till minskade utsläpp av lustgas har dock ökat sedan Parisavtalet trädde i kraft i november 2016. Inte minst eftersom många av ländernas fastställda nationella åtaganden (Nationally Determined Contributions, NDC) omfattar åtgärder som kan leda till minskade utsläpp.

Även flera utvecklingsländer med stora lustgasutsläpp lämnade in åtaganden som innehöll sådana åtgärder. Markanvändning och lantbruk var också frågor som diskuterades på FN:s klimatmöte COP26 i Glasgow vilket kan komma att få en positiv inverkan på lustgasutsläppen. En global översyn för att följa upp framstegen mot Parisavtalets mål kommer att ske med start 2023. I en vetenskaplig artikel publicerad under 2020 görs bedömningen att man nu har tillräckligt med kunskap och teknologi för att länder, i sina kommande NDC-er, ska kunna ta fram specifika mål och strategier för att minska lustgasutsläppen.⁵⁷ Detta anses, enligt samma artikel, även bli kostnadseffektivt om man räknar hem alla de synergier som minskade utsläpp av kväve för med sig. Forskarna bakom en annan vetenskaplig artikel visar samtidigt att många länders kvävepolicy har brister, som bland annat beror på svårigheten att hantera frågans komplexitet. Bland annat har länder generellt sett fler styrmedel och policyer inom jordbrukets matproduktion som främjar kväveanvändning än som förhindrar dess miljöpåverkan.⁵⁸

Ett annat viktigt styrmedel för att påverka utsläpp av lustgas från jordbrukssektorn och dess markanvändning är EU:s gemensamma jordbrukspolitik, se avsnitt 1.2.3. Beträffande reglering i övrigt för att minska utsläpp av kväveföreningar till luft och vatten hänvisas till uppföljningen av miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning, Bara naturlig försurning* och *Frisk luft*.

2.2.3. Utsläpp från befintliga och uttjänta produkter

Utsläpp från befintliga och uttjänta produkter beräknas ur ett globalt perspektiv nu bidra till en större andel av den framtida ozonnedbrytningen än utsläppen från samtliga de ämnen som regleras under Montrealprotokollet.⁵⁹ I en rapport framtagen av Naturvårdsverket görs bedömningen att endast tio procent av CFC i isoleringsmaterial i Sverige tas om hand vid rivning och ombyggnationer.⁶⁰ Den främsta orsaken är, enligt rapporten, bristande kunskap. Bristerna berör en rad områden, exempelvis vilken miljöpåverkan CFC har, hur man ska göra för att identifiera det, och hur det ska tas om hand. Vidare berör den bristande kunskapen så gott som alla aktuella aktörer: fastighetsägare, inventerare, inblandade entreprenörer, tillsynsmyndigheter, sorteringsanläggningar och förbränningsanläggningar.

⁵⁶ Hanqin Tian m.fl. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. Nature. 2020.

⁵⁷ David R Kanter m.fl. Building on Paris: integrating nitrous oxide mitigation into future climate policy. Science-Direct 2020.

⁵⁸ David R. Kanter m.fl. Gaps and opportunities in nitrogen pollution policies around the world. Nature Sustainability, 2020.

⁵⁹ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp., WMO, Geneva, Switzerland, 2022.

⁶⁰ WSP. Utvärdering av återvinning av CFC i byggisoleringsmaterial, 2013.

Det finns inget som tyder på att detta skulle vara ett unikt problem för Sverige – övriga länder brottas förmodligen med en liknande problematik.

Det informationsarbete som har bedrivits från Naturvårdsverket och Boverket har ökat kunskapen om problemet, och har även fått genomslag i åtgärdsarbetet. Det framgår bland annat av de senaste årliga regionala uppföljningarna av miljömålen.^{61, 62} Det finns dock behov av ytterligare insatser främst inom kommunerna samt genom Sveriges medverkan inom ramen för Montrealprotokollet. Sverige bör även fortsatt bidra till den Multilaterala fonden.

2.2.4. Summering

De centrala styrmedlen Montrealprotokollet, EU:s ODS-förordning och den svenska förordningen om fluorerade växthusgaser har gett den effekt som behövs för att nå det miljötillstånd som eftersträvas. Samtliga tre styrmedel har varit i bruk sedan länge och sedan 1987, då protokollet beslutades, har produktionen av reglerade ozonnedbrytande ämnen, minskat med ca 99 procent.

Beträffande utsläpp av lustgas som regleras under Parisavtalet har detta ännu inte lett till de förändringar av de beteenden eller aktiviteter som eftersträvas. Ett annat viktigt styrmedel för att påverka utsläpp av lustgas från jordbrukssektorn är EU:s gemensamma jordbrukspolitik, se avsnitt 1.2.3, och den slutliga miljöeffekten av Sveriges genomförande beror sedan på vilka åtgärder Sverige väljer att införa, hur många lantbrukare som väljer att söka stöd samt hur stor den slutliga budgeten blir.

Sammanfattningsvis bedöms de aktiviteter och åtgärder, som är en följd av de centrala styrmedlen, påverka miljötillståndet så att det på sikt kan nås. Detta understryks av det faktum att nedbrytningen av ozonskiktet har upphört och allt fler indikationer pekar på en återväxt samtidigt som de ozonnedbrytande ämnena fortsätter att minska i stort.

2.3. Övrig påverkan

2.3.1. Klimatets och växthusgasernas påverkan på ozonskiktet

Den fortsatta utvecklingen av ozonskiktet beror inte enbart på mängden ozonnedbrytande ämnen. Genom sin förmåga att hålla kvar jordens värmeutstrålning påverkar mängden växthusgaser stratosfärens temperatur och cirkulation. Vissa växthusgaser ingår också i de kemiska reaktioner som leder till bildning och nedbrytning av ozonmolekyler. En ökning av växthusgaserna bedöms leda till en fortsatt nedkylning av stratosfären. Klimatförändringen minskar därigenom nedbrytningshastigheten av ozon och bidrar också till en förstärkt transport av ozonrik luft till polarområdena. Under förutsättning att klor- och bromhalterna i atmosfären hålls låga, bedöms båda dessa förändringar (minskad nedbrytning av ozon samt transport av ozonrik luft) tillsammans leda till en ökning av ozonet över polarområdena.

⁶¹ Regional uppföljning av miljömålen: <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning/>

⁶² Naturvårdsverket: Tillsyn av bygg- och rivningsavfall

Om halterna av klor och brom istället fortsätter att vara förhöjda kan det i stället leda till en ökad nedbrytning av ozonet. Nedkylningen av stratosfären ökar nämligen förutsättningarna för bildandet av polarstratosfäriska moln. Dessa moln katalyserar ozonnedbrytningen samtidigt som stora mängder ozonnedbrytande ämnen ackumuleras. Detta har störst betydelse för Arktis på grund av att stratosfärens temperatur där, till skillnad från Antarktis, normalt sett inte är så låg att polarstratosfäriska moln bildas. De kraftiga uttunningsarna över Arktis 2011 och 2020 var lika stor i omfång som över Antarktis i mitten av 1980-talet. En fortsatt ökning av växthusgaserna riskerar att öka förutsättningarna för liknande framtida episoder.

Högre temperaturer i troposfären (kilometrarna närmast jordytan) kan även leda till ökande utsläpp av naturliga kortlivade bromerade föreningar från hav utmed ekvatorn. Dessutom förstärks specifika väderförhållanden, exempelvis den asiatiska sommarmonsunen vilket ökar risken för att både naturliga och antropogena kortlivade ämnen hinner nå stratosfären innan de bryts ner. Vidare kan ett varmare klimat medföra en ökad frekvens av vegetationsbränder, som i sin tur ger upphov till ökade utsläpp av kortlivade föreningar som klormetan (CH_3Cl) och brommetan (CH_3Br) samt lustgas.⁶³ Högre temperaturer som medför allt allvarligare skogsbränder kan enligt en ny forskningsstudie även leda till att partiklarna i röken till slut når upp till stratosfären ovanför såväl nord- som sydpolen för att där bidra till bildandet av polarstratosfäriska moln som katalyserar nedbrytningen av ozon.⁶⁴

Samtidigt som den positiva utvecklingen för de reglerade ämnen i stora drag fortsätter, ökar vikten av att hantera de återstående problemen. Det framgår allt tydligare att framtida utsläpp av koldioxid, metan och lustgas kommer att spela en väldigt viktig roll för ozonskiktets fortsatta utveckling, genom den effekt dessa växthusgaser har på klimatet och den kemiska sammansättningen i atmosfären. Modeller visar att ökade halter av koldioxid och metan sannolikt kommer att bidra till en ökning av ozonhalterna, medan ökade halter av lustgas kommer att bidra till en minskning i stratosfären.⁶⁵

2.3.2. Vulkanutbrott och geoingenjörskonst

Så länge halterna av ozonnedbrytande ämnen fortfarande är höga, skulle en kraftig tillförsel av svaveldioxid till stratosfären kunna åstadkomma en ökad nedbrytning av ozonskiktet genom bildandet av polarstratosfäriska moln (se även avsnitt 2.3.1). Svaveldioxid skulle kunna nå stratosfären efter exempelvis ett större vulkanutbrott. Tillförsel av svaveldioxid eller andra partiklar skulle också kunna ske avsiktligt i framtiden genom så kallad geoingenjörskonst, där man på storskalig nivå försöker manipulera klimatet för att begränsa den pågående uppvärmningen av jorden. Trots de uppenbara riskerna med en sådan avsiktlig manipulering i stor skala, har intresset för geoingenjörskonst ökat de sista åren som en sista utväg att

⁶³ Qing Liang, m.fl. Concerns for ozone recovery Climate change mitigation and compliance with the Montreal Protocol are crucial for ozone layer recovery. Science vol. 358, 2017.

⁶⁴ Kevin Ohniser m.fl. The unexpected smoke layer in the High Arctic winter stratosphere during MOSAiC 2019–2020. Atmospheric Chemistry and Physics. 2021.

⁶⁵ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp., WMO, Geneva, Switzerland, 2022.

balansera klimatet. En ökad mängd partiklar i syfte att manipulera klimatet kommer dock sannolikt att öka den globala ozonnedbrytningen.⁶⁶

2.3.3. Rymdturism och satelliter

I dagsläget utgör rymdresor en mycket liten källa till ozonnedbrytande ämnen. Rymdturism är i sin linda men skulle kunna utgöra ett potentiellt problem i framtiden. En växande marknad är också uppsändande av satelliter och frågan om vilka ozonnedbrytande ämnen som frigörs då satelliterna brinner upp vid återinträder i atmosfären. Beroende på vilket bränsle som används kan dock klor och kväveoxider frigöras direkt i stratosfären. En studie väntas snart vara klar där man beräknar vad ökandet av antalet raketuppskjutningar kan komma att betyda för luft och klimat, baserat på bränslen som används och företagens prognoser om antalet rymdresor.⁶⁷ En möjlig åtgärd skulle till exempel kunna vara att reglera vilka bränslen som får användas för rymdresor i framtiden.⁶⁸

2.4. Osäkerheter

Redan tidigare har det funnits en osäkerhet kring frågan om ozonskiktets påbörjade återhämtning som grundar sig i naturliga variationer i ozonskiktets tjocklek och klimatets fortsatta påverkan. Denna osäkerhet har på senare tid ökat i takt med ökad kunskap om frågans komplexitet. Det är särskilt svårt att jämföra dagens kunskap om ozonskiktet, som bygger på mätdata från några decennier tillbaka, med prognoser som sträcker sig hundratals år framåt i tiden. Sådana prognoser baseras på modeller och innehåller därför osäkerheter. Flera faktorer bidrar dessutom till denna osäkerhet, bland annat:

- att halterna av vissa ämnen som omfattas av Montrealprotokollet inte minskar i den takt som förväntats, samt att det finns osäkerheter kring dagens och framtida utsläpp av dessa ämnen,
- att det har visat sig att vissa oreglerade kortlivade ämnen kan nå stratosfären,
- att utsläppen av lustgas fortsätter att öka,
- att befintliga och uttjänta produkter, så kallade banker, fortsätter att läcka ozonnedbrytande ämnen till omgivningen,
- att utvecklingen i den nedre delen av stratosfären är mer osäker, men att det på låga latituder finns tecken på minskade ozonhalter, samt
- att komplicerade interaktioner med klimatförändringar finns där uppvärmning av troposfären kyler stratosfären vilket påverkar ozonomsättningen.

⁶⁶ <https://ozone.unep.org/meetings/11th-meeting-ozone-research-managers-part-ii>. Session 7: Discussion on and adoption of the recommendations.

⁶⁷ Rockets and Air Pollution. Robert Ryan, University College London.

⁶⁸ Revell, L.E., Bannister, M.T., Brown, T.F.M. *et al.* Near-future rocket launches could slow ozone recovery. *npj Clim Atmos Sci* **8**, 212 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01098-6>

2.5. Sammanfattande tabell

Tabell 1. Miljöarbetet utifrån centrala styrmedel. Sammanfattande analys av miljöarbetet och tydliggörande av eventuellt genomförandeunderskott, det vill säga var i kedjan brister finns. Tabellen utgör utgångspunkt och stöd till tabell 2 nedan. Ett (x) sätts i en av kolumnerna 3–5, beroende på var styrmedlet befinner sig i implementeringskedjan. Ett (x) anges i kolumn 6 och 7 om effekten av styrmedel är tillräcklig för att miljökvalitetsmålet ska kunna nås på sikt. Otillräcklig kunskap anges som (–).⁶⁹

Precisering/ centralt uppföljnings- mått	Centralt styrmedel	Styrmedel utformas	Införande planeras	Förvaltnings- åtgärder genomförs	Effekt i samhället, förändrad aktivitet	Miljöeffekt, förändrat miljötill- stånd
Ozonskiktets vändpunkt och återväxt	Montreal- protokollet			x	x	x
	EU:s ODS- förordning (2024/590)			x	x	x
	Förordning om fluore- rade växt- husgaser (2016:1128)			x	x	x
Ofarliga halter ozon- nedbrytande ämnen	Montreal- protokollet			x	x	x
	EU:s ODS- förordning (2024/590)			x	x	x
	Förordning om fluore- rade växt- husgaser (2016:1128)			x	x	x
Nationella utsläpp av CFC	Förordning om fluore- rade växt- husgaser (2016:1128)			x	x	x
	Plan- och bygglagen (2010:900)			x	-	
	Informa- tionsinsatser			x	x	

⁶⁹ Styrmedel för att motverka utsläpp av kväveföreningar (som kan omvandlas till lustgas) hanteras framför allt inom Miljömålen *Ingen övergödning och Bara naturlig försurning*.

2.6. Sammanfattande gapanalys

Tabell 2. Sammanfattande gapanalys. Bedömningen av målets olika delar utifrån avsnitt 1 och 2. Kolumn 1–4 utgörs av information om tillståndet i miljön, kolumn 5 beskriver rådigheten över måttets utveckling och kolumn 6–9 utgörs av bedömning av vilka förutsättningar kommer finnas på plats 2030. Ett mål bedöms som möjligt att nå om antingen tillståndet i miljön kan nås, eller om beslutade styrmedel leder till att tillräckliga åtgärder blir genomförda för att på sikt nå miljökvaliteten. Styrmedels och åtgärders effekt anges på fallande skala 2–5, där 5 anger att styrmedel respektive åtgärder är fullt ut tillräckliga. 1 visar att kunskapen är bristfällig.

Precisering/centralt uppföljningsmått	Uppföljningsmåttets bidragande andel till måluppfyllelsen	Nivå som behöver nås	Aktuell situation/nivån som är nådd idag	Rådighet över måttets utveckling	Måluppfyllelse 2030 per uppföljningsmått om styrmedel och åtgärder är på plats och fungerar som tänkt	Bedömning av effekt av styrmedel på plats till 2030	Bedömning av effekt av åtgärder på plats till 2030	Bedömning som helhet
Ozonskiktets vändpunkt och återväxt	Hög	Återväxten av ozonskiktet ska ha påbörjats, vilket följs upp via ett referensvärde (tillståndet 1980) och trend	Medel ^a	Svenskt: 1 % EU/internationellt: 99% ^c	Stor utsträckning	4	4	Ja
Ofarliga halter ozonnedbrytande ämnen	Hög	Förändring, vilket följs upp via ett referensvärde (tillståndet 1980) och trend.	Medel ^b	Svenskt: 1 % EU/internationellt: 99 % ^c	Stor utsträckning	4	4	Ja

a) I övre stratosfären, mellan 60 och 90 grader nord pågår troligen en återhämtning av ozonskiktet. Över Antarktis sker en fortsatt säkerställd ökning av ozonskiktet. Mellan 35 och 60 grader nord respektive syd visar observationer att ingen förändring av ozonskiktet är skönjbar i detta område. För totalkolumnen ozon globalt finns en tendens till ökning (ej säkerställd).

b) Även om flertalet av de reglerade ozonnedbrytande ämnen minskar enligt Montrealprotokollets nedfasningsplan så uppvisar t.ex. koltetraklorid (CCl₄) och CFC-11 oförklarligt höga utsläpp. Samtidigt sker oreglerade utsläpp av lustgas, kortlivade ämnen samt utsläpp från befintliga och uttjänta produkter.

c) De kvarvarande utsläppen i Sverige är mycket små jämfört med de globala utsläppen (betydligt mindre än en procent för såväl CFC som lustgas).

2.7. Andra aspekter av målet

På våra breddgrader är UV-strålning under molnfria förhållanden förhöjd med cirka fem procent jämfört med referensvärdet för 1980.⁷⁰ Eventuella effekter på UV-strålningen som en följd av ozonskiktets positiva utveckling från år 2000 och framåt, har ännu inte kunnat fastställas då de naturliga variationerna är stora. Antalet fall av hudcancer fortsätter emellertid att öka.⁷¹ Förändringar i UV-strålningen, såväl observerade historiska förändringar som framtida uppskattade förändringar, bedöms på våra breddgrader emellertid vara små i förhållande till den överexponering som olämpliga solvanor medför.

I områden med kraftig uttunning av ozonskiktet pekar forskningsresultat på att ökad UV-strålning kan minska växtproduktionen på land.⁷²

Resultat från modeller baserade på ozonskiktets förändringar under perioden 2000–2100 indikerar att det kan ske en ökning av UV-strålning över tropikerna och en minskning över de mellersta och högre breddgraderna. Detta kan i sin tur medföra en risk för en ökning av antalet hudcancerfall i tropikerna, samtidigt som det finns en möjlig risk för att UV-strålningen på de mellersta och högre breddgraderna kommer att vara för låg för produktion av tillräckligt med D-vitamin.⁷³

⁷⁰ Jay R. Herman. Global increase in UV irradiance during the past 30 years (1979–2008) estimated from satellite data. *Journal of geophysical research*, vol. 115, D04203, doi:10.1029/2009JD012219. 2010.

⁷¹ <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/6-Saker-stralmiljo/>

⁷² Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2018.

⁷³ 9th Meeting of the Ozone Research Managers of the Vienna Convention (recommendations). 2014.

3. Bedömning av måluppfyllelse – när vi miljökvalitetsmålet?

3.1. Bedömning av måluppfyllelse

JA → Miljökvalitetsmålet är uppnått eller kommer kunna nås.

3.1.1. Gemensam bedömning för miljökvalitetsmålets två preciseringar

För att miljökvalitetsmålets preciseringar ska anses vara uppnådda ska återväxten av ozonskiktet ha påbörjats, och orsaken ska vara kopplad till att halterna av ozonnedbrytande ämnen inte längre påverkar ozonskiktet negativt. Då de båda preciseringarna på så vis är beroende av varandra görs nedan en gemensam bedömning av de båda preciseringarna.

3.1.2. Analys

Trots osäkerheter och delvis negativa trender är det Naturvårdsverkets bedömning att Montrealprotokollet på sikt har kapacitet att hantera dessa utmaningar. Detta kan ske genom fortsatta insatser på ett antal områden:

- Miljöövervakning – som ger bättre mätdata och längre tidsserier.
- Forskning och utveckling – som bland annat leder till bättre modeller och ökad datakvalitet.
- Åtgärder i syfte att hantera utsläpp av ämnen i strid mot Montrealprotokollet.
- Att till Montrealprotokollet införliva nya ämnen som hotar ozonskiktet.
- Att säkerställa ekonomiska resurser till den multilaterala fonden, som syftar till att stödja utvecklingsländernas genomförande av Montrealprotokollet.
- Fortsatt nationellt arbete med att öka kunskapen om vikten av att omhänderta rivningsavfall.
- Fortsatt arbete med att minska utsläpp av kväveföreningar.

Tidigare bedömningar har utgått från att minskningen av ozon i nedre stratosfären kan ha orsakats av antingen förändringar i luftutbytet mellan troposfär och stratosfär, naturliga mellanårsvariationer eller kortlivade ozonnedbrytande ämnen.

Om det, så som ny forskning antyder, visar sig att jod från havet spelar en roll i nedbrytningen av ozonet i nedre stratosfären – genom att marknära ozon från land kan reagera med havsytan – kan även det framöver leda till en bekymmersam utveckling för ozonskiktets utveckling.

Eftersom kväveföreningar i atmosfären kan omvandlas till lustgas, är det viktigt att minska utsläppen även av dessa, framför allt ammoniak och kväveoxider.

Den pågående ökningen av utsläppen av såväl ammoniak som lustgas kan komma att försena en fullständig återhämtning av ozonskiktet.

Det är i sammanhanget viktigt att poängtera att åtgärder som leder till minskade utsläpp av kväveföreningar även ökar förutsättningarna att nå många andra miljökvalitetsmål, bland annat *Begränsad klimatpåverkan*, *Ingen övergödning*, *Bara naturlig försurning* och *Frisk luft*.

Nationellt behöver åtgärdsarbetet mot utsläpp från uttjänta produkter och utsläpp av lustgas fortsätta. Inte minst i syfte att få genomslagskraft i det fortsatta internationella förhandlingsarbetet, där det är viktigt att kunna visa på ett framgångsrikt nationellt åtgärdsarbete. Genom att föregå med gott exempel kan Sverige påverka det internationella arbetet och påskynda nödvändiga tekniska omvandlingar på ett sätt som maximerar den globala insatsen.

Utifrån länens regionala uppföljningar av miljökvalitetsmålet *Skyddande ozonskikt* framgår att frågan om de kvarstående utsläppen får fortsatt ökad uppmärksamhet. Här redovisades även ett antal konkreta åtgärder för att minska utsläpp av CFC, HCFC och lustgas, och synergieffekterna med andra miljömål lyfts allt oftare. Samtidigt pekar de regionala uppföljningarna även på brister där behovet av ökad tillsyn, samordning och mer information fortfarande utgör de vanligaste. Särskilt viktigt i sammanhanget är att den kunskap och information som finns tillgänglig också förs vidare till de kommunala aktörerna som i olika steg är inblandade i hanteringen av rivningsavfall. Detta kan exempelvis ske med stöd av länsstyrelserna som har ansvar för tillsynsvägledning mot kommunerna. Här finns fortfarande en förbättringspotential som kan åtgärdas med relativt enkla och kostnadseffektiva medel och som även ger klimatnytta.⁷⁴

⁷⁴ Regional uppföljning av miljömålen: <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning>

4. Prognos för utveckling – hur långt räcker åtgärdsarbetet?

4.1. Utvecklingen av miljötillståndet till 2030

➞ NEUTRAL. Det går inte att se en tydlig riktning för utvecklingen i miljön.

4.1.1. Analys

Det går i nuläget inte med statistisk säkerhet se att återhämtningen av ozonskiktet har påbörjats. Forskare bedömer att en säkerställd återväxt av ozonskiktet förväntas inträffa någon gång under perioden 2020–2040.⁷⁵

De flesta reglerade ozonnedbrytande ämnen uppvisar en minskande trend beträffande både utsläpp och halter i atmosfären, och det gäller såväl nationellt som globalt. De utsläpp av ozonnedbrytande ämnen som inte regleras av Montrealprotokollet ökar dock samtidigt i betydelse. Hit hör utsläppen från befintliga och uttjänta produkter samt utsläppen av kortlivade ozonnedbrytande ämnen och lustgas. Denna utveckling bedöms fortsätta.

Dessutom har kunskapen om frågans komplexitet ökat. Framför allt handlar det om osäkerhet om hur den pågående klimatförändringen kan påverka ozonskiktet genom:

- den storskaliga atmosfärens vertikala temperaturfördelning och dynamik (cirkulationen) samt atmosfärens kemi,
- ökade utsläpp av lustgas och kortlivade ämnen från vatten och mark, samt
- förstärkta väderförhållanden, exempelvis monsuner, som kan transportera upp kortlivade ämnen till stratosfären inklusive jod.

Ovan nämnda osäkerhetsfaktorer innebär dock att utvecklingen av miljötillståndet, som tidigare varit positiv, har ändrats. Det går i nuläget inte att se en tydlig trend för miljötillståndet. Detta ställer krav på ytterligare globala atmosfärskemiska mätningar samt ett ökat behov av att utveckla modeller som kan hantera en större komplexitet.

⁷⁵ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp., WMO, Geneva, Switzerland, 2022.

4.2. Utvecklingen av miljötillståndet på längre sikt, efter 2030

4.2.1. Fullständig återväxt globalt

Utvecklingen av ozonskiktet på längre sikt kommer att vara komplex, med förväntade ökningarna och minskningar i olika regioner. Förutsatt en fullständig efterlevnad av Montrealprotokollet förväntas ozonskiktet över norra halvklotet (på breddgrader mellan 30 grader nord och 60 grader nord) återgå till referensvärdet kring 2040 och för södra halvklotet (på breddgrader mellan 30 grader syd och 60 grader syd) kring 2050.^{76, 77}

4.2.2. Återväxt över Antarktis och Arktis

Ozonhålet över Antarktis bedöms vara fullständigt återhämtat 2065 medan ozonhålet över Arktis bedöms vara fullständigt återhämtat före mitten av århundradet.⁷⁸ I denna bedömning inkluderas dock inte effekten av kortlivade ozonnedbrytande ämnen. Om till exempel nuvarande ökning av halten diklormetan i atmosfären fortsätter kan ozonskiktets återhämtning riskera en försening med upp till 30 år enligt en forskningsrapport.⁷⁹ Bedömningen innehåller många osäkerheter och det finns dessutom flera andra kortlivade ämnen som kan komma att påverka utvecklingen. Enligt en vetenskaplig rapport bedöms till exempel återhämtningen av ozonhålet över Antarktis ske mellan 2060 och 2080.⁸⁰ Till skillnad från Antarktis, kommer tidpunkten för återhämtningen av ozonet över Arktis även att vara starkt påverkat av den pågående klimatförändringen.

4.2.3. Halten klor i stratosfären

Halterna av de reglerade, ämnena (räknat som effektiva klorekvivalenter, EESC) kommer enligt modellberäkningar till 2100 att fortsätta att minska även efter 2030. Globalt (mellan 60 grader nord och 60 grader syd) kommer halterna att vara tillbaka till referensvärdet ca 2060 medan Antarktis och Arktis når referensvärdet några år senare.^{81, 82} Fortsatta utsläpp i strid mot Montrealprotokollet samt utsläpp från oreglerade ämnen kan dock komma att senarelägga de beräknade årtalen.

⁷⁶ Medelvärde 1964–1980.

⁷⁷ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp., WMO, Geneva, Switzerland, 2022.

⁷⁸ World Meteorological Organization (WMO), Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 56 pp., WMO, Geneva, Switzerland, 2022.

⁷⁹ Ryan Hossaini m.fl. The increasing threat to stratospheric ozone from dichloromethane. Nature Communications 8, Article number: 15962 doi:10.1038/ncomms15962, 2017.

⁸⁰ Susan E. Strahan and Anne R. Douglass. Decline in Antarctic Ozone Depletion and Lower Stratospheric Chlorine Determined From Aura Microwave Limb Sounder Observations. Geophysical Research Letters, Volume 45, 2018.

⁸¹ År 1980 då ozonskiktet ännu ansågs opåverkad av mänskliga utsläpp av ozonnedbrytande ämnen.

⁸² World Meteorological Organization (WMO). Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer: 2022 Update. Scientific Assessment of Ozone Depletion. 2022.

4.2.4. Halten Lustgas i atmosfären

Utsläpp av lustgas är i dag större än för någon annan ozonnedbrytande gas, och såväl utsläpp som halter fortsätter att öka globalt. Under de kommande decennierna förväntas utsläppen fortsätta att öka till följd av den ökande efterfrågan på t.ex. mat, foder och energi samt en ökning av källor från avfallsproduktion och industriprocesser. En stor andel utgörs även av naturliga källor som även dessa bedöms öka i takt med stigande temperaturer som en följd av klimatförändringen. Enligt samtliga scenarios i IPCC:s femte utvärderingsrapport ökar den globala halten lustgas.⁸³

⁸³ Hanqin Tian m.fl. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. Nature. 2020.

5. Behov av styrmedel och åtgärder – vad krävs för att målet ska nås?

5.1. Åtgärdsförslag

De centrala styrmedlen Montrealprotokollet, EU:s ODS-förordning och den svenska förordningen om fluorerade växthusgaser har gett den effekt som behövs för att nå det miljötillstånd som eftersträvas. Samtliga tre styrmedel har varit i bruk sedan länge och sedan 1987, då protokollet beslutades, har produktionen av reglerade ozonnedbrytande ämnen, minskat med ca 99 procent.

Beträffande utsläpp av lustgas som regleras under Parisavtalet har detta ännu inte lett till de förändringar av de beteenden eller aktiviteter som eftersträvas. Ett annat viktigt styrmedel för att påverka utsläpp av lustgas från jordbrukssektorn är EU:s gemensamma jordbrukspolitik och den strategiska planen, se avsnitt 1.2.3. Flertalet av nedanstående åtgärdsförslag var aktuella redan i den fördjupade utvärderingen 2023.

5.1.1. Förhandlingsarbetet

Sett ur ett globalt perspektiv återstår det fortfarande mycket att göra för att säkerställa en positiv utveckling för ozonskiktet. Det är främst internationellt, inom ramen för Montrealprotokollet och EU, som Sverige idag kan verka för att minska de totala utsläppen av ozonnedbrytande ämnen genom att fortsätta bidra med ekonomiskt stöd, relevant forskning och övervakning samt kunna visa på ett verkningsfullt, praktisk och kostnadseffektivt nationellt åtgärdsarbete som ökar vår trovärdighet och möjligheterna att få gehör i internationella sammanhang.

Regeringen föreslås ha följande övergripande inriktning i det internationella arbetet inom ramen för Montrealprotokollet och EU:s nationella expertgrupp (NEM), som förbereder EU:s position inför de internationella förhandlingarna:

- Begränsa de undantagna användningarna: Avvecklingen av ozonnedbrytande ämnen bör slutföras genom att i möjligaste mån begränsa de undantagna användningarna för att slutligen helt upphöra med bland annat användning av metylbromid (MeBr) som bekämpningsmedel för karantäns- och utskeppningsändamål, och av kontrollerade ämnen som råmaterial och processagent i tillverkning av andra kemikalier.
- Inkludera fler ämnen i protokollet: Ozonnedbrytande ämnen som ännu inte omfattas av Montrealprotokollet bör inkluderas till exempel lustgas och diklormetan.
- Stimulera insamling och destruktion: Insamling och destruktion av upplagrade mängder (så kallade banker) ozonnedbrytande ämnen i befintliga och uttjänta utrustningar och produkter bör kunna stödjas av MLF.
- Främja efterlevnaden: Vidta åtgärder internationellt för att stävja illegal handel med ozonnedbrytande ämnen. Framför allt behöver rutiner gällande rapportering av import och export ses över.

- Stärka övervakningsnätverket: Verka för att de globala mät- och övervakningssystemen fortsatt stärks, i syfte att övervaka efterlevnaden av Montrealprotokollet, upptäcka nya ämnen som kan bromsa ozonskiktets återhämtning samt bidra till förståelsen av ozonets utveckling i ett förändrat klimat.

Beträffande förhandlingsarbete i övrigt internationellt och inom EU med koppling till minskade utsläpp av kväveföreningar är det viktigt att Sverige fortsätter att verka för ett internationellt samarbete (se fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning, Frisk luft och Bara naturlig försurning*).

5.1.2. Nationellt åtgärdsarbete

De nationella utsläppen från CFC beräknades uppgå till 84 ton 2025 medan motsvarande utsläpp för lustgas var cirka 300 ton (i båda fallen räknat som ODP).⁸⁴ De nationella utsläppen av CFC minskar kontinuerligt medan utsläppen för lustgas ökat svagt de senaste åren. De utsläpp av CFC som återstår att åtgärda är utsläpp från rivningsmaterial där bedömningen görs att det kvarvarande arbetet i huvudsak handlar om fortsatt informationsarbete på läns- och kommunnivå. Behovet att vidta åtgärder för att minska utsläppen av lustgas från jordbruket är däremot större och utöver nedanstående förslag hänvisas till styrmedel och åtgärder i andra miljömål som till exempel *Ingen övergödning*.⁸⁵

- I syfte att få till ett ökat nationellt omhändertagande och destruktion av kvarvarande CFC i isoleringsmaterial, föreslås att kommunerna ser över samordning och kommunikation mellan de nämnder som ansvarar för tillsynen enligt plan- och bygglagen och tillsynen enligt miljöbalken. Samordningen är särskilt viktig i samband med att byggnadsnämnden upprättar beslut om rivningslov samt vid beslut om slutbesked. Detta för att säkerställa att avfallet, särskilt det farliga avfallet, omhändertas på ett korrekt sätt. I detta arbete kan länsstyrelserna bistå i sin tillsynsvägläggande roll genom att informera och samordna kommunernas tillsynsarbete som rör hantering av CFC-avfall.
- I syfte att minska utsläppen av kväveföreningar är det viktigt att regeringen säkerställer resurser för åtgärder som leder till minskade kväveutsläpp, såsom det nya nationella investeringsstödet *kväveklivet*, samt fortsatt rådgivning till jordbrukare inom ramen för den strategiska plan som utgör det nationella genomförandet av EU:s jordbrukspolitik.

5.1.3. Forskning och övervakning

- Naturvårdsverket bör fortsatt ansvara för att driva de nationella övervakningsprogrammen "ozonskiktets tjocklek" och "ozonnedbrytande ämnen" samt delta inom befintliga internationella nätverk för övervakning.
- Det finns behov av forskning som syftar till bättre förståelse av hur utsläppen av lustgas kan minskas i jordbruksverksamhet. Det är en utmaning för både forskningen och jordbruksnäringen att utveckla jordbruksmetoder som effektivt minskar utsläppen av reaktiva kväveföreningar och på så vis motverka bildandet och utsläppen av lustgas från jordbruksmark.

⁸⁴ A. R. Ravishankara *et al.*, Nitrous Oxide (N₂O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science* **326**,123-125 (2009).

⁸⁵ Regional uppföljning av miljömålen: <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning>

Skyddande ozonskikt

Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålen 2027

Skyddande ozonskikt är ett av de 16 miljökvalitetsmål som ska visa vägen till ett hållbart samhälle. Miljökvalitetsmålen är antagna av riksdagen och ska fungera som riktlinjer för det konkreta miljöarbetet.

Rapporten för Skyddande ozonskikt utgör underlag till Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljökvalitetsmålen. Innehållet beskriver ozonskiktets tillstånd idag, vilka åtgärder som genomförts, analys av förutsättningar att nå målet och en prognos för den fortsatta utvecklingen med förslag på ytterligare insatser.

Prognosen för miljökvalitetsmålet är god, bedömningen är att målet kommer att klaras inom uppsatt tidsram. Enligt prognoserna kommer man att kunna observera en vändpunkt för ozonuttunnningen omkring 2020–2040. En viktig förutsättning för detta är att arbetet under Montrealprotokollet fortsätter att vara framgångsrikt. Däremot har utvecklingen för miljön ändrats, från positiv till neutral. Detta beror på en ökad osäkerhet, inte minst beträffande växthuseffektens påverkan samt påverkan från ämnen som ännu inte regleras av Montrealprotokollet. Rapporten är ett av underlagen till den samlade slutrapport om arbetet med att nå miljömålen som Naturvårdsverket kommer att redovisa för regeringen i januari 2027.

