

Bara naturlig försurning

Underlagsrapport till den
fördjupade utvärderingen av
miljökvalitetsmålen 2027



RAPPORT 7232 | SEPTEMBER 2026



Bara naturlig försurning

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 978-91-620-7232-2

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2026

Grafisk produktion: Arkitektkopia AB, Bromma 2026

Omslag

Illustration "Bara naturlig försurning": Tobias Flygar

Blandskog med höstfärger: Thomas Adolfsén, Johnér bildbyrå

Undervattensbild med fiskar och vass: Magnus Melin, Johnér bildbyrå

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 *Bara naturlig försurning* 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
Bara naturlig försurning	6
Sammanfattning	7
1. Uppföljning av miljötilståndet och det viktigaste miljöarbetet	8
1.1 Försurning som miljöutmaning – bakgrund och konsekvenser	8
1.2 Miljötilståndet i Sverige – uppföljning av de fyra preciseringarna	9
1.2.1 Överskridande av kritisk belastning	10
1.2.2 Nedfallet av svavel har minskat kraftigt men påverkan kvarstår	12
1.2.3 Nedfall av kväve minskar långsamt och är fortfarande en risk för markförsurning	14
1.2.4 Utsläppen av försurande ämnen minskar – men för vissa ämnen går det långsamt	17
1.2.5 Skogsbruket bidrar till fortsatt försurning	23
1.2.6 Försurade sjöar och vattendrag	30
1.2.7 Försurad mark	37
1.2.8 Kvävets roll i försurningen	39
1.3 Det viktigaste miljöarbetet för att nå målet	44
1.4 De centrala problemen för målet	45
1.4.1 Fortsatt risk för skador på miljön när naturen återhämtar sig långsamt	45
2. Miljöarbete – styrmedel och åtgärder för att nå målet	48
2.1 Aktörer, drivkrafter och beteenden	48
2.2 Centrala styrmedel och åtgärder samt deras effekter på miljötilståndet	49
2.2.1 Internationella styrmedel och åtgärder mot utsläpp av försurande ämnen till luft	49
2.2.2 Nationella styrmedel mot utsläpp av försurande ämnen till luft	54
2.3 Styrmedel och åtgärder som påverkar försurning från skogsbruk	57
2.3.1 Nationellt miljöarbete med påverkan på skogsbrukets försurning	57
2.3.2 Internationellt miljöarbete som kan påverka försurning från skogsbruk	58
2.4 Övriga styrmedel som kan påverka målet	59
2.5 Sammanfattande tabell över centrala styrmedel	59
2.6 Andra aspekter av målet	60
3. När vi målet? – Bedömning av måluppfyllelse	62
3.1 Bedömning av målet som helhet	62
3.2 Det centrala i bedömningen av målets preciseringar	63
3.2.1 Påverkan genom atmosfäriskt nedfall – precisering 1	63
3.2.2 Påverkan genom skogsbruk – precisering 2	64
3.2.3 Försurade sjöar och vattendrag – precisering 3	64
3.2.4 Försurad mark – precisering 4	65
3.2.5 Sammanfattande tabell över måluppfyllelse	65

4.	Hur långt räcker åtgärdsarbetet? – Prognos för utveckling	68
4.1	Utvecklingen av miljötillståndet till 2030	68
4.1.1	Scenario för utsläpp av försurande ämnen till 2030	69
4.2	Utvecklingen av miljötillståndet på längre sikt, efter 2030	70
4.2.1	Scenario för utsläpp av försurande ämnen till 2040 och 2050	70
4.2.2	Scenarion för överskridande av kritisk belastning till 2040	71
4.2.3	Utveckling av andelen försurade sjöar till 2050	74
5.	Vad krävs för att målet ska nås? – Behov av insatser och ändrad styrning	75
5.1	Behov av fortsatta internationella åtaganden och samarbeten	75
5.2	Behov av fortsatta nationella åtgärder för att minska kväveutsläpp	76
5.2.1	Kväveoxidavgiften och åtgärder inom transportsektorn för att minska utsläpp av kväveoxider	76
5.2.2	Åtgärder för att minska utsläpp av ammoniak	77
5.3	Behov av ökad kunskap om kvävet miljöeffekter	78
5.4	Behov av styrmedel, åtgärder och uppföljning inom skogsbruket	79
5.5	Ytterligare behov av forskning och miljökvalitetsmålets roll	80

Bara naturlig försurning

De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska heller inte öka korrosionshastigheten i markförlagda tekniska material, vattenledningssystem, arkeologiska föremål och hållristningar.

Riksdagens definition av miljömålet

REGERINGEN HAR FASTSTÄLLT 4 PRECISERINGAR FÖR MILJÖMÅLET:

PÅVERKAN GENOM ATMOSFÄRISKT NEDFALL: Nedfallet av luftburna svavel- och kväveföreningar från svenska och internationella källor medför inte att den kritiska belastningen för försurning av mark och vatten överskrids i någon del av Sverige.

PÅVERKAN GENOM SKOGSBRUK: Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet.

FÖRSURADE SJÖAR OCH VATTENDRAG: Sjöar och vattendrag uppnår oberoende av kalkning minst god status med avseende på försurning enligt förordningen (2004:660) om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön.

FÖRSURAD MARK: Försurningen av marken inte påskyndar korrosion av tekniska material och arkeologiska föremål i mark och inte skadar den biologiska mångfalden i land- och vattenekosystem.

Sammanfattning

Miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* syftar till att försurningen av mark och vatten till följd av mänsklig påverkan ska vara så låg att ekosystem, biologisk mångfald, kulturmiljöer och tekniska material inte skadas. Denna fördjupade utvärdering visar att utvecklingen i Sverige går åt rätt håll, men att målet inte är uppnått och bedöms inte heller kunna nås till 2030 med befintliga och beslutade styrmedel. Utvecklingen i miljön är positiv, men för att försurningen ska fortsätta minska och målet kunna nås krävs ytterligare insatser både i Sverige och internationellt.

Sedan 1980-talet har utsläppen och nedfallet av försurande ämnen minskat kraftigt. Utvecklingen visar att internationellt samarbete och långsiktigt miljöarbete kan ge tydliga resultat. Framför allt har de internationella insatserna för att minska utsläppen av svavel varit framgångsrika. Sverige har under lång tid deltagit aktivt i arbetet inom EU och FN:s luftvårdskonvention och bidragit till de förbättringar som skett i miljön. Resultaten syns idag i form av att svavelnedfallet ligger nära förindustriella nivåer, att de flesta sjöar och vattendrag inte längre är försurade och att merparten av Sveriges mark och vatten inte längre utsätts för ett försurande nedfall som överskrider vad naturen tål.

Trots de positiva framstegen kvarstår utmaningar. Nedfallet av kväve minskar långsammare än svavelnedfallet och är fortfarande för högt i delar av södra Sverige. Återhämtningen i mark och vatten går dessutom långsamt eftersom effekterna av den historiska försurningen finns kvar under lång tid. Även om utsläppen fortsätter att minska kommer det att ta flera decennier innan många ekosystem har återhämtat sig fullt ut.

I takt med att nedfallet av försurande ämnen har minskat har skogsbrukets relativa betydelse för försurningen ökat. Idag bedöms skogsbrukets bidrag till försurningen vara av samma storleksordning som nedfallet av försurande ämnen. Uttag av biomassa påverkar markens tillgång på näringsämnen och kan försvåra återhämtningen från tidigare försurning. Samtidigt sker askåterföring i betydligt mindre omfattning än vad som bedöms behövas för att kompensera för uttagen på många platser.

Miljökvalitetsmålet påverkas alltmer av hur olika samhällsomställningar genomförs. För att kunna nå alla miljökvalitetsmål, inklusive *Bara naturlig försurning*, behövs ett helhetsperspektiv där åtgärder inom transport, industri, energi, skogsbruk, jordbruk och vattenförvaltning genomförs på ett sätt som skapar synergier och minskar målkonflikter.

För att målet ska kunna nås på sikt krävs fortsatta nationella och internationella insatser för att minska utsläppen av kväveoxider och ammoniak samt styrmedel som bättre kan motverka skogsbrukets försurningspåverkan. Det behövs också fortsatt miljöövervakning och ökad kunskap om hur försurning samspelar med klimatförändringar, markanvändning och andra miljöutmaningar.

1. Uppföljning av miljö tillståndet och det viktigaste miljö arbetet

I detta avsnitt presenteras miljö tillståndet för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Kapitlet inleds med en kort historisk översikt av försurningens konsekvenser för att sätta miljö målet i ett sammanhang (avsnitt 1.1). Därefter ges en sammanfattning av miljö tillståndet idag, följt av en mer detaljerad beskrivning för respektive av målets fyra preciseringar (avsnitt 1.2). De fyra indikatorer som används för uppföljning av miljö tillståndet presenteras i samband med relevant precisering.

I denna fördjupade utvärdering ges en övergripande bild av kvävet roll för försurning (avsnitt 1.3), mot bakgrunden att kvävet roll har blivit relativt sett viktigare i takt med att svavelnedfallet har minskat kraftig. Nedfall av kväve har en komplex påverkan på miljön och bidrar till bland annat försurning, övergödning och effekter på biologisk mångfald. Kvävet förorenande roll har därför även fått större fokus i internationella sammanhang och lyfts också det i denna utvärdering med fokus på försurningseffekter. Mot slutet av avsnittet ges även en sammanfattning av de centrala styrmedel och åtgärder som bidrar till att uppnå målet (avsnitt 1.4) och vilka centrala problem som återstår (avsnitt 1.5).

Fördjupade utvärderingar av miljö målet har tidigare genomförts och publicerats 2003, 2007, 2012, 2015, 2019 samt 2023.

1.1 Försurning som miljö utmaning – bakgrund och konsekvenser

Försurning har historiskt varit ett av de stora miljö problemen i Sverige. De europeiska utsläppen av svavel från användning av fossila bränslen som kol och olja ökade under 1900-talets andra hälft och var som högst under 1970-talet. Dessa luftburna svavelutsläpp kunde transporteras över landgränser och kopplas till försurande nederbörd, med påtagliga effekter på ekosystem, i bland annat Norden. Skogar skadades och bestånd av fiskar och andra vattenlevande arter i sjöar och vattendrag kollapsade till följd av försurningen. Sedan 1980-talet har dock utsläppen minskat kraftigt, bland annat till följd av internationellt samarbete inom FN:s luftvårdskonvention.

Försurning av mark och vatten kan få flera negativa konsekvenser för miljö och människor. Försurningens effekter har märkts tydligt i natur- och vattenmiljöer där känsliga arter av fisk och bottenlevande djur skadas. Både vuxna fiskar, yngel och fiskrom kan ta skada av försurning. När vissa arter minskar eller slås ut kan näringskedjan påverkas, med konsekvenser för den biologiska mångfalden och hela ekosystemet. Försurning förknippas ofta med låga pH-värden, men leder också till att andra kemiska och fysikaliska parametrar påverkas. Till exempel kan det frigöras tungmetaller och aluminium vilket leder till förhöjda halter av dessa ämnen i bland

annat grundvatten och brunnar.^{1,2} Påverkan på brunnar och dricksvatten gör att även människors hälsa kan drabbas av försurningens effekter. Försurning bidrar också till ökad korrosion, det vill säga att material vittrar sönder. Detta drabbar kulturmiljöer då sur nederbörd påskyndar nedbrytning av byggnadsmaterial och fornlämningar, men även nedgrävda material såsom rörledningar.

I mitten på 1980-talet uppmättes ett svavelnedfall på upp emot 30 kg per hektar och år i södra Sverige, vilket kan jämföras med dagens nedfall på runt 1–2 kg. Trots de stora framsteg som gjorts med att minska utsläppen av försurande ämnen så påverkar försurningen fortsatt den svenska miljön. Ett minskat nedfall av försurande ämnen har följts av minskad surhet i sjöar, vattendrag och mark och tecken på biologisk återhämtning. Men naturens återhämtning från försurning är en långsam process. På grund av den höga historiska belastningen är många sjöar och marker känsliga och har en dålig motståndskraft mot ny mänsklig försurningspåverkan. Därför är det fortsatt viktigt att minska och hålla utsläppen av försurande ämnen på en låg nivå. Det är och förblir också viktigt att känna till hur andra faktorer påverkar naturens återhämtningsförmåga, såsom klimatförändringar, och anpassa andra mänskliga aktiviteter som påverkar försurningen, såsom skogsbruk. Skogsbruket bidrar till skogsmarkens försurning på lång sikt genom trädens tillväxt. I takt med att utsläppen av försurande ämnen har minskat har påverkan till följd av nedfall också minskat, och därmed har skogsbrukets relativa betydelse för försurning av mark i Sverige blivit större. Ett intensivare skogsbruk påverkar försurningsprocesser och gör återhämtningen långsammare och svårare att uppnå.

Det förekommer både naturlig och mänskligt orsakad försurning. I Sverige är skogsmark generellt sett sur och många sjöar och vattendrag i dessa miljöer är naturligt sura och har ofta låg buffringsförmåga redan från början, vilket kan göra dem känsligare för ytterligare försurningstryck. Naturlig försurning är en långsam process medan den antropogena försurningen har lett till snabbare förändringar som ekosystem inte hinner anpassa sig till. Miljömålet *Bara naturlig försurning* riktar in sig på den mänskligt orsakade försurningen och dess effekter.

1.2 Miljötillståndet i Sverige – uppföljning av de fyra preciseringarna

Nedfallet av försurande ämnen (svavel och kväve) över Sverige har minskat kraftigt sedan 1980-talet. Nedfallet av svavel är i dag i närheten av förindustriella nivåer men kvävenedfallet är fortsatt högt i delar av Sverige. Försurningstrycket är både historiskt och idag störst i södra och sydvästra Sverige. Det minskade nedfallet har också bidragit till att antalet försurade sjöar och vattendrag stadigt har minskat. Det sker en stadig förbättring och andelen försurade sjöar och vattendrag minskar, men med en avtagande hastighet.

Skogsbrukets relativa betydelse för försurning av mark och vatten har ökat i och med att nedfallet av försurande ämnen har minskat. Tillväxt, förändring i virkes-

¹ Petersson, G. (2008). *Försurning: Svavel, svaveldioxid, sulfat, kväve, kväveoxider, nitrat, deposition, vegetation, mark, vatten, sjöar, kadmium, bly, kvicksilver*. Göteborg: Kemi- och Bioteknik, Chalmers tekniska högskola.

² Havs- och vattenmyndigheten (2026). *Försurningspåverkan i grundvatten*, <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/data-och-statistik/officiell-statistik/officiell-statistik---havs--och-vattenmiljo/forsurnings-paverkan-i-grundvatten.html>

förråd, stamvedsuttag, avverkningsmetod, uttag av grenar och toppar samt vittring avgör storleken på påverkan. Försurning till följd av skogsbruk kommer att fortsätta få större relativ betydelse i takt med minskat nedfall och kan också påverkas av konsekvenserna av klimatförändringar

I avsnitten nedan beskrivs miljötillståndet i mer detalj, i huvudsak uppdelat på miljökvalitetsmålets fyra preciseringar:

- påverkan genom atmosfäriskt nedfall (avsnitt 1.2.1–1.2.4), inklusive överskridande av kritisk belastning och utsläpp av försurande ämnen samt de två indikatorerna *Mängd vått- och torrt nedfall av svavel per hektar granskog* och *Utsläpp av försurande ämnen från sjöfart*
- påverkan genom skogsbruk (avsnitt 1.2.5), inklusive indikatorn *Skogsbrukets försurande påverkan*
- försurade sjöar och vattendrag (avsnitt 1.2.6), inklusive indikatorn *Andel försurade sjöar (> 1 ha) klassade enligt bedömningsgrunder*
- försurad mark (avsnitt 1.2.7).

1.2.1 Överskridande av kritisk belastning

Enligt riksdagens definition av miljökvalitetsmålet ska de försurande effekterna av nedfall och markanvändning underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Ett verktyg för att bedöma vilken påfrestning mark och vatten tål utan att oönskade effekter uppstår är så kallad kritisk belastning.³ Vid ett överskridande av kritisk belastning för nedfall så är depositionen av försurande ämnen större än markens och ekosystemens förmåga att ta upp eller neutralisera dessa ämnen.

Konceptet kritisk belastning togs fram som ett mått för att uppskatta försurningsproblem under en period då utsläpp och nedfall av försurande luftföroreningar var höga. Det har varit ett viktigt och framgångsrikt verktyg för utveckling av åtgärder och uppföljning av gränsöverskridande luftföroreningar i Europa. Genom att titta på effekterna och sätta effektbaserade mål så har man inom luftvårdskonventionen kunnat kvantifiera behoven av utsläppsminskningar utifrån ett ekosystemperspektiv.

Inom luftvårdskonventionens arbete har man gjort flera beräkningar av överskridande av kritisk belastning för bland annat försurning. I tabell 1.1 nedan visas överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige för åren 1990⁴, 2015 och 2023.⁵ Beräkningarna har gjorts baserat på inrapporterade data till luftvårdskonventionens övervakningsprogram EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) och Sveriges inrapporterade gränser för kritisk belastning.

³ Umweltbundesamt (2024). *Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks, and Trends – Update 2024*. Dessau-Roßlau: German Environment Agency (Umweltbundesamt, UBA). DOI: 10.60810/openumwelt-7448.

⁴ Slootweg J, Posch M, Hettelingh J-P och Mathijssen L (red.) (2014). *Modelling and Mapping impacts of atmospheric deposition on plant species diversity in Europe: CCE Status Report 2014*. Bilthoven: Coordination Centre for Effects (CCE), RIVM. Rapport 2014-0075. ISBN 978-90-6960-276-9.

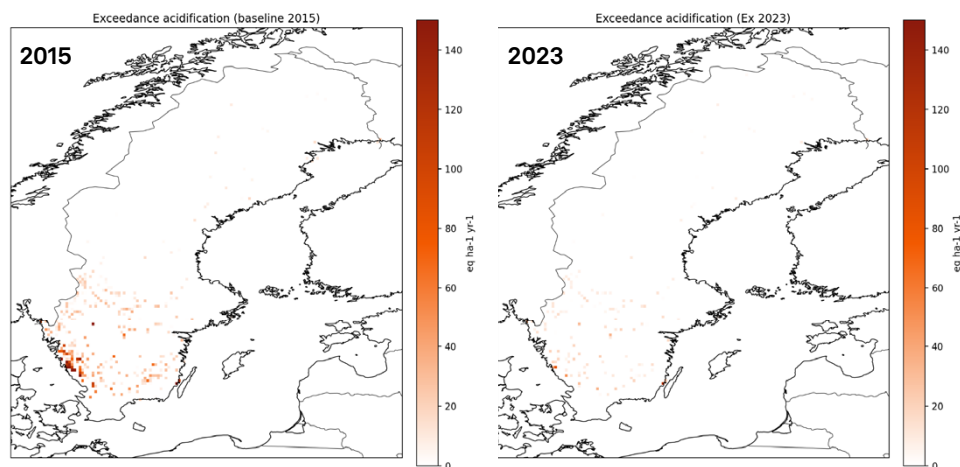
⁵ Geupel, M., Plha, T., Galert, W. och Loran, C. (2026). *CCE Status Report 2026: ICP Modelling & Mapping, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Texte 105/2026. DOI: 10.60810/openumwelt-8389.

Tabell 1.1. Beräknat överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige för 1990, 2015 och 2023. Siffrorna baseras på Sveriges areal, där ytan med överskridande av kritisk belastning visas både som total yta (kvadratkilometer) och andel av Sveriges totala areal (procent), samt genomsnittligt ackumulerat överskridande (AAE). Överskridandeberäkningar baseras på påverkan på sjöar i området.

	1990	2015	2023
Yta (kvadratkilometer)	231 082	17 276	8 113
Yta (procent)	59	4,4	2,1
Median AAE (> 0) (eq/ha/år)	311	17	8
Median AAE (> 0) (kgS/ha/år)	5,0	0,3	0,1

Tabell 1.1 visar att andelen areal med överskridande av kritisk belastning i Sverige var nära 60 procent år 1990. Andelen har minskat kraftigt sedan dess, och år 2023 nere på strax över två procent.

Figur 1.1 visar två kartor baserade på samma underlag som i tabell 1.1 ovan. Till vänster syns de ytor i Sverige där överskridande av kritisk belastning överskreds 2015 och till höger visas överskridandet år 2023. Mörkare färg indikerar en högre nivå av överskridande över belastningsgränsen jämfört med ljusare. Redan 2015 syns att förekomsten av överskridande av kritisk belastning är koncentrerad till södra och framför allt sydvästra Sverige. Mönstret är återkommande även 2023. I samband med den planerade revideringen av Göteborgsprotokollet har man inom luftvårdskonventionen också tagit fram motsvarande beräkningar för olika scenarion till år 2040, detta redovisas i avsnitt 4.2.2 i denna rapport.



Figur 1.1. Geografisk fördelning av överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige år 2015 (vänster) och 2023 (höger). Mörkare färg indikerar en högre nivå av överskridande.

Källa: Coordination Centre for Effects (Luftvårdskonventionen)

1.2.2 Nedfallet av svavel har minskat kraftigt men påverkan kvarstår

En utav de fyra preciseringar som regeringen fastställt för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är *Påverkan genom atmosfäriskt nedfall*. Preciseringen innebär att nedfallet av luftburna svavel- och kväveföreningar från svenska och internationella källor inte medför att den kritiska belastningen för försurning av mark och vatten överskrids i någon del av Sverige. Preciseringen följs bland annat upp med hjälp av indikatorn *Mängd vått- och torrt nedfall av svavel per hektar granskog*.

Nedfall av försurande ämnen omfattar den process där svavel- och kväveföreningar från atmosfären överförs till mark och vatten. Detta sker genom så kallad deposition, som innefattar både våtdeposition (via nederbörd) och torrdeposition (ämnen fastnar direkt på mark- och vegetationsytor). Hur stort nedfallet blir beror delvis på utsläppen av svavel- och kväveföreningar till luft. Svavel- och kväveföreningar kommer från olika utsläppskällor, både innanför och utanför Sveriges gränser. Landbaserade källor i andra europeiska länder och internationell sjöfart i Sveriges närområde har historiskt sett varit de största bidragande faktorerna till antropogen försurning. Nedfallet av försurande ämnen påverkas dock inte bara av hur stora utsläppen är utan också av mängden nederbörd. Nederbörden kan variera mycket mellan olika platser och årstider, samt från år till år.

Mängden försurande nedfall i form av våtdeposition har generellt minskat under flera årtionden, och tydligast är trenden för svaveldioxid. Minskningen är tydligast i den södra delen av Sverige där nedfallet historiskt sett varit störst. Att nedfallet av försurande ämnen är som störst i södra Sverige beror på att det är geografiskt nära till andra utsläppskällor i Europa och att det faller mer nederbörd i området jämfört med andra delar av landet.

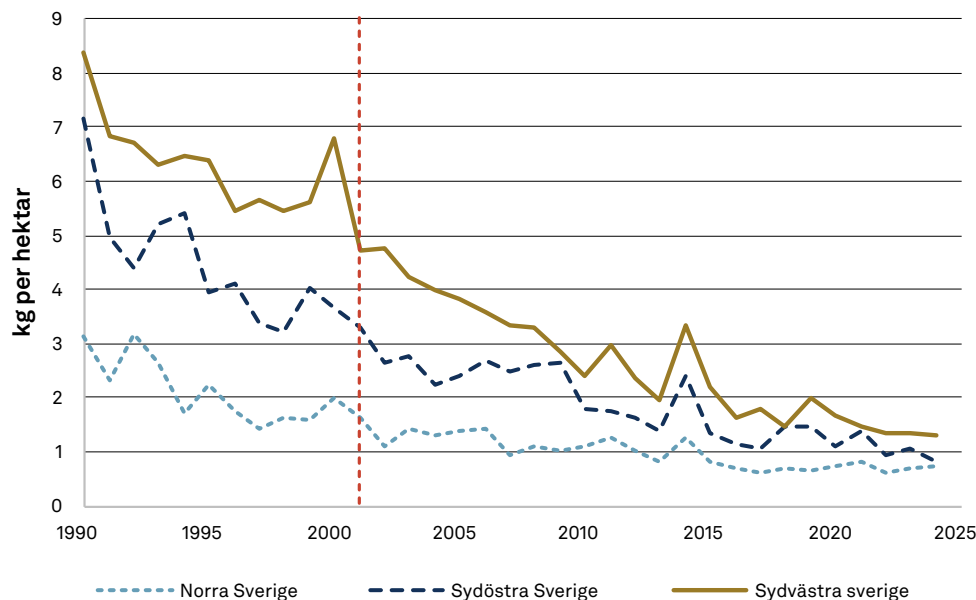
Inom miljöövervakningens programområde luft⁶ genomförs mätningar av bland annat halter och nedfall av försurande ämnen.⁷ Mätningar inom miljöövervakningen visar att under perioden 2001–2024 har mängden nedfall av svavel via våtdeposition (nedfall via nederbörd) minskat med 65 procent i norra Sverige, med 81 procent i sydöstra Sverige samt med 90 procent i sydvästra Sverige.

Figur 1.2 visar det uppmätta nedfallet av svavel från Krondroppsnätet från 1990 till 2024. Mätningarna motsvarar nedfall från öppet fält och är inte den totala depositionen (våt och torr) utan enbart våtdeposition (så kallad bulkdeposition). Mättnätverket har förändrats på olika sätt sedan de första nedfallsmätningarna påbörjades i slutet av 1980-talet. I figur 1.2 markeras detta med en vertikal streckad linje, där nedfallet under perioden före respektive efter år 2001 representeras av olika mätstationer och är inte fullständigt jämförbara. Den procentuella minskningen av nedfallet som presenterats ovan är beräknad för perioden 2001–2024, under vilken mättnätverket har varit likartat. Trots variationer i utformningen av mättnätverket, visar figur 1.2 en tydligt avtagande trend i alla landsdelar. Trenden är som tydligast under 1990-talet och början av 2000-talet och har planat ut de senaste åren då nedfallet närmar sig förindustriella nivåer. Minskningen av svavelnedfallet

⁶ Naturvårdsverket (2025). *Miljöövervakningens Programområde Luft*, <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoovervakning/programomraden/luft/>

⁷ Idag inom genomförs mätningar inom delprogrammet Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd. Efter en revision slogs programmet år 2021 ihop med delprogrammet Krondroppsnätet-NV till ett gemensamt delprogram.

beror på minskade svavelutsläpp i Europa. Ur ett historiskt perspektiv är nedfallet som uppmäts sedan 2001 lågt jämfört med de högsta nivåerna innan utsläppsminskande åtgärder kom på plats.

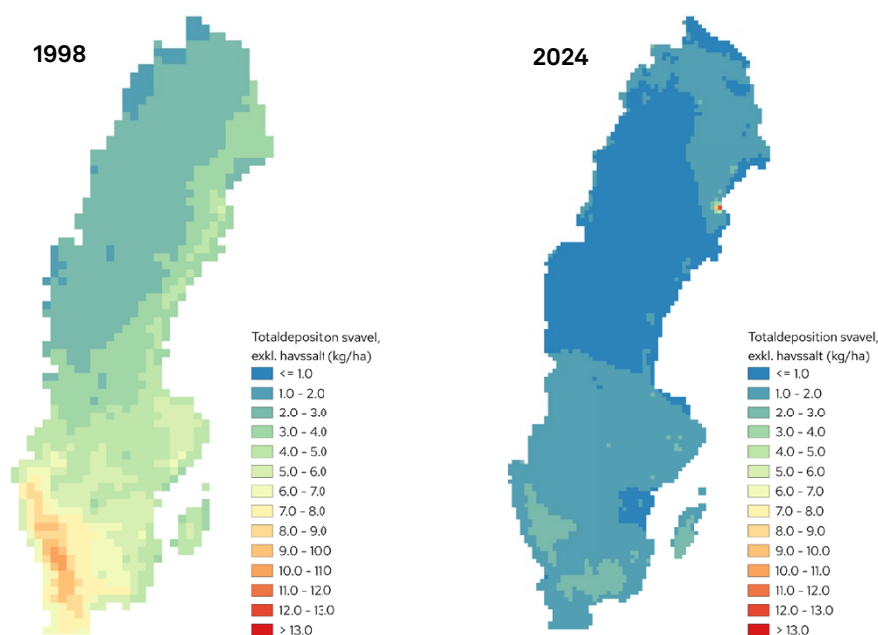


Figur 1.2. Uppmätt nedfall av svavel med nederbörd (bulkdeposition utan havssaltbidrag) i tre olika geografiska områden i Sverige under perioden 2001–2024. Antalet mätstationer skiljer sig mellan perioderna 1990–2000 respektive 2001–2024, vilket markeras med en vertikal streckad linje.

Källa: Svensk miljöövervakning inom Svenska luft- och depositionsnätverket (SveLoD) och Krondroppsnätet (IVL Svenska miljöinstitutet).

Inom miljöövervakningens programområde luft genomförs, utöver mätningar, även modelleringsberäkningar av halter och nedfall av försurande ämnen.⁸ Modellberäkningen görs med MATCH-Sverigesystemet som är en atmosfärskemisk spridningsmodell som används för att beräkna halter av svavel, kväve och marknära ozon i luft samt nedfall av svavel, kväve och baskatjoner. Modellberäkningarna täcker Sverige, delar av Östersjön och Västerhavet. Nedfallet delas upp i våt- och torrdeposition och det går även att separera ut Sveriges bidrag till det totala nedfallet. Figur 1.3 nedan visar samma mönster som beskrivits ovan, att nedfallet har minskat väsentligt, i detta fall jämfört med det tidigaste beräknade året 1998. Kartan i figur 1.3 visar den geografiska fördelningen av nedfallet, där de största mängderna historiskt har fallit över de södra och framför allt sydvästra delarna av landet.

⁸ Naturvårdsverket (2025). *Modellering av lufthalter och deposition med MATCH-Sverigesystemet*, <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoovervakning/programomraden/luft/match-sverigesystemet/>



Figur 1.3. Geografisk fördelning av det modellerade totala nedfallet av svavel exklusive havssalt över Sverige, år 1998 (vänster) och år 2024 (höger).

Källa: Svensk miljöövervakning inom delprogrammet MATCH Sverigesystemet (SMHI).

Luftvårdskonventionen (CLRTAP) och dess övervakningsprogram EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) beräknar varje år hur varje medlemslands utsläpp transporteras och påverkar nedfallet av bland annat försurande ämnen i de andra länderna.⁹ Av det svavel som föll ner över Sverige under 2024 kom cirka åtta procent från inhemska utsläpp. De största internationella bidragen till svavelnedfall över Sverige kom från Polen (10 procent), Tyskland (10 procent) och Ryssland (9 procent). Intransporten av svavelnedfall från sjöfart i Östersjön och Nordsjön var 2023 nere på under 3 procent.¹⁰ Exakt varifrån nedfallet är som störst varierar från år till år, beroende på bland annat väderförhållanden. Men fördelningen brukar se liknande ut, att cirka 10 procent av nedfallet härrör från inhemska utsläpp medan majoriteten av nedfallet kommer från de närmaste stora länderna i norra Europa. Under 2024 kunde också en andel av svavelnedfallet (cirka 14 procent) härledas till vulkaniska utsläpp från Island, vilket observeras vissa år men är inte vanligt förekommande.

1.2.3 Nedfall av kväve minskar långsamt och är fortfarande en risk för markförsurning

Liksom för svavel så orsakas kvävenedfall av utsläpp av luftföreningar från både från stationära källor och från transporter, i Sverige och andra länder. Nedfall av kväve kan ske i formen av oxiderat kväve (nitratkväve) samt reducerat kväve (ammoniumkväve). Kväveoxider (NO_x) kommer från förbränning i höga temperaturer, där de

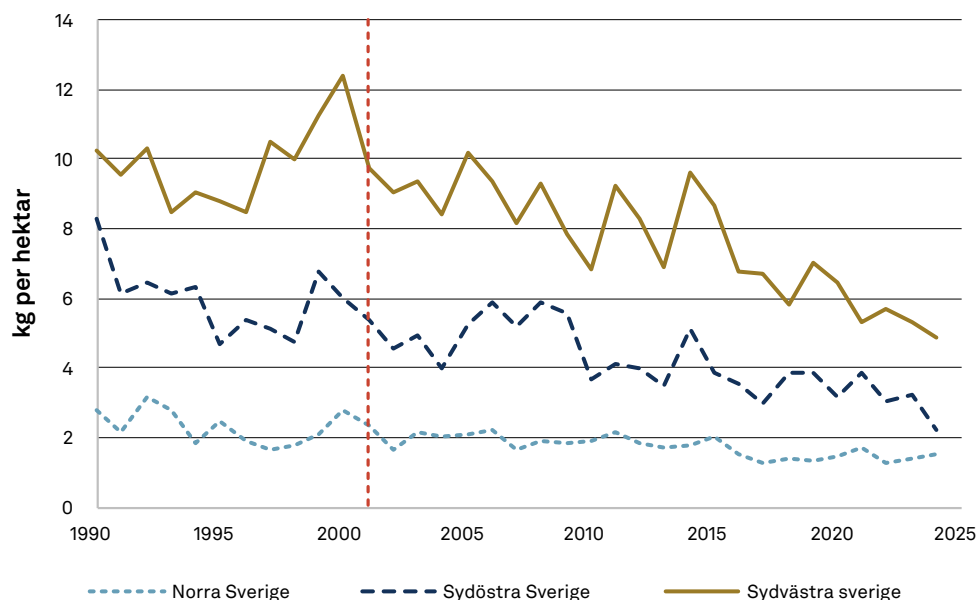
⁹ EMEP (2026). *Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components*. EMEP Status Report 1/2026. Joint MSC-W, CCC, CEIP and CIAM Report.

¹⁰ Klein, H., Gauss, M., Nyiri, A. och Tsyro, S. (2026). *Transboundary Air Pollution by Sulphur, Nitrogen, Ozone and Particulate Matter in 2024: Sweden*. MSC-W Data Note 1/2026, EMEP.

främsta källorna till luft är transporter och industri. Kväveoxider släpps ut vid förbränningsprocesser, omvandlas i atmosfären till nitrat (NO_3^-) och deponeras som nitratkväve. Ammoniak (NH_3) släpps ut i gasform, där den främsta källan är jordbruket och hantering av gödsel, och omvandlas i atmosfären till ammonium (NH_4^+) och deponeras som ammoniumkväve.

Nedfall av kväve påverkar försurning av mark och vatten, men kvävet har också andra effekter i miljön (se avsnitt 1.3) och påverkar bland annat möjligheten att nå miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning*, *Skyddande ozonskikt* och *Begränsad klimatpåverkan*.

Figur 1.4 visar det uppmätta nedfallet av oorganiska kväveföreningar från Krondroppsnätet från 1990 till 2024. Mätningarna motsvarar nedfall från öppet fält och är inte den totala depositionen (våt och torr) utan enbart våtdeposition (så kallad bulkdeposition). Av samma skäl som för svavel i avsnitt 1.2.2 har den procentuella minskningen av nedfall som presenteras nedan endast beräknats för perioden 2001–2024, under vilken mätnätverket har varit likartat. Men hela tidsperioden 1990–2024 visas i figur 1.4 för att ge ett längre tidsperspektiv.



Figur 1.4. Uppmätt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörd (bulkdeposition) till barrskog fördelat över tre olika geografiska områden i Sverige under perioden 2001–2024. Antalet mätstationer skiljer sig mellan perioderna 1990–2000 respektive 2001–2024, vilket markeras med en vertikal streckad linje.

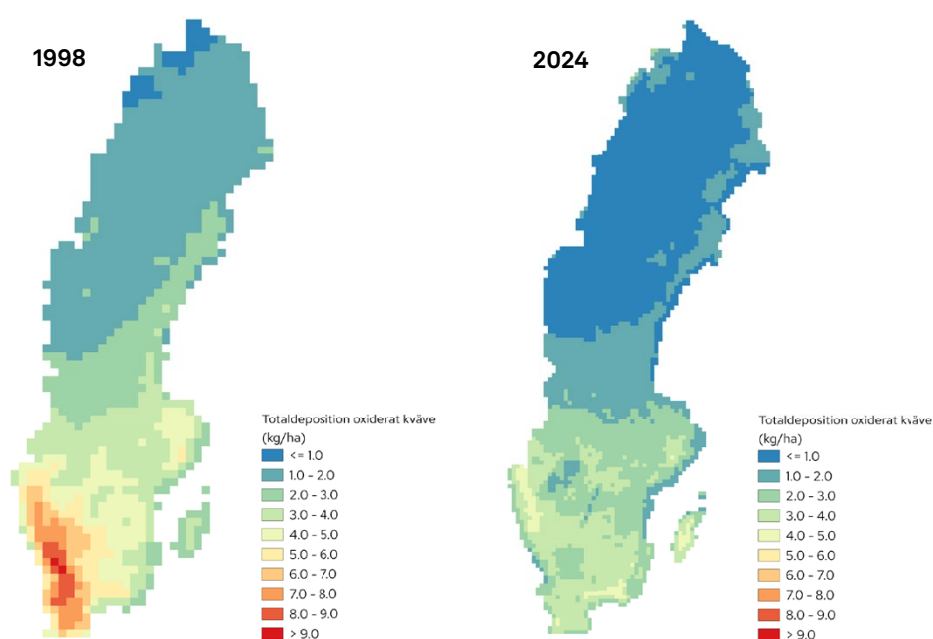
Källa: Svensk miljöövervakning inom Svenska luft- och depositionsnätverket (SveLoD) och Krondroppsnätet (IVL Svenska miljöinstitutet).

Nedfallet av båda formerna av kväve har varit relativt konstant från början på 1990-talet fram till ungefär år 2005. Efter 2005 började en minskning märkas, men trenden är inte lika tydlig som för svavel. Nedfallet av kväve är fortfarande högt i sydvästra och sydöstra Sverige. Mätningar inom miljöövervakningen visar att under perioden 2001–2024 har kvävenedfallet (både nitrat- och ammoniumkväve) minskat med 43 procent i norra Sverige, 50 procent i sydöstra och 46 procent i sydvästra Sverige. Minskningen beror bland annat på de totala minskade utsläppen av luftföroreningar i Europa.

Enligt EMEP:s senaste statusrapport kom det nitratkväve som föll ner över Sverige under 2024 delvis från inhemska utsläpp (11 procent) och den största intransporten kom från Östersjön och Nordsjön (15 respektive 12 procent) samt från Tyskland (12 procent), Polen (8 procent) och Storbritannien (6 procent).

För ammoniumkväve så kom 31 procent av nedfallet under 2024 från inhemska utsläpp, medan de största internationella bidragen kom från Tyskland (14 procent), Polen (12 procent) och Danmark (7 procent).¹¹

Nedan visas kartor från modelleringsberäkningar av kvävenedfallet över Sverige, från miljöövervakningens delprogram MATCH-Sverigesystemet.¹² Figur 1.5 visar nedfallet av oxiderat (nitrat) kväve år 1998 respektive 2024, och figur 1.6 visar nedfallet av reducerat (ammonium) kväve för samma år.

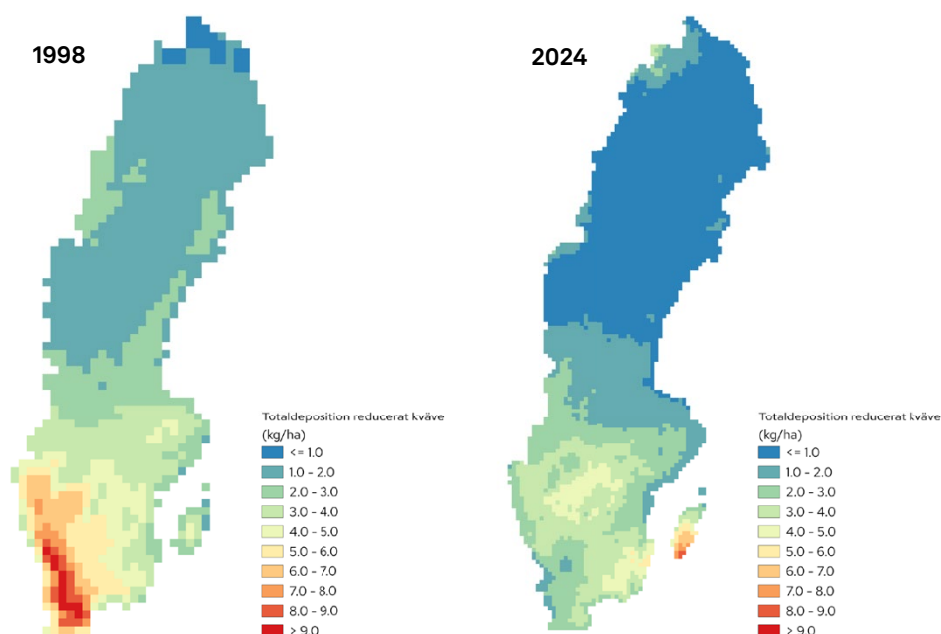


Figur 1.5. Geografisk fördelning av det modellerade totala nedfallet av nitratkväve över Sverige, år 1998 (vänster) och år 2024 (höger).

Källa: Svensk miljöövervakning inom delprogrammet MATCH Sverigesystemet (SMHI).

¹¹ Klein m.fl. (2026). *Transboundary Air Pollution by Sulphur, Nitrogen, Ozone and Particulate Matter in 2024: Sweden* (EMEP).

¹² Naturvårdsverket (2025). *Modellering av lufthalter och deposition med MATCH-Sverigesystemet*, <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoovervakning/programomraden/luft/match-sverigesystemet/>



Figur 1.6 Geografisk fördelning av det modellerade totala nedfallet av ammoniumkväve över Sverige, år 1998 (vänster) och år 2024 (höger).

Källa: Svensk miljöövervakning inom delprogrammet MATCH Sverigesystemet (SMHI).

Kartorna ovan visar att kvävenedfallet har minskat över hela landet mellan 1998 och 2024. Nedfallsgradienten påminner om den för svavel, med högre halter i söder och sydväst. Detta övergripande mönster beror på att nederbörds mängderna är högre här samt att nedfallet domineras av intransport, även om nationella utsläpp också bidrar, framför allt till nedfallet av ammoniumkväve. Jämfört med kartorna över svavelnedfallet (figur 1.3) kan man också se att nedfallet av kväve inte har minskat i lika stor utsträckning utan är fortfarande förhållandevis högt i delar av landet.¹³

1.2.4 Utsläppen av försurande ämnen minskar – men för vissa ämnen går det långsamt

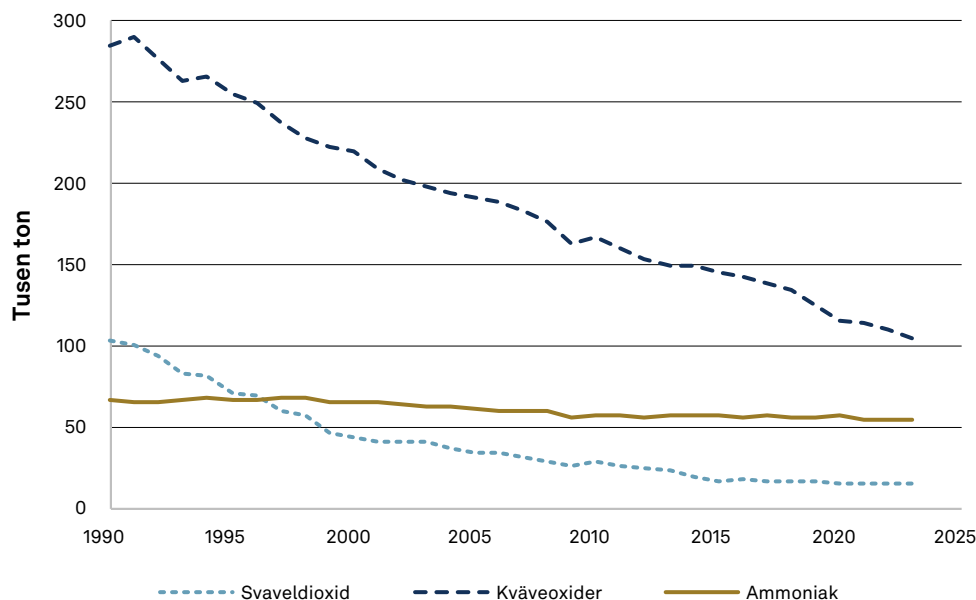
Utsläpp av försurande ämnen till luft är inte en precisering eller indikator för miljömålet, men hur stort nedfallet av försurande ämnen blir beror till stor del på utsläppen av försurande ämnen till luften. För att minska belastningen till följd av nedfall av försurande ämnen till mark och vatten över tid så behöver utsläppen minska.

Sveriges utsläpp av försurande ämnen har minskat kraftigt sedan år 1990. Under perioden 1990–2024 har utsläppen av svaveldioxid minskat med 86 procent, utsläppen av kväveoxider har minskat med 65 procent och ammoniakutsläppen har minskat med 16 procent (se figur 1.7).

Sedan den förra fördjupade utvärderingen, det vill säga under perioden 2020–2024, har en relativ utsläppsminskning skett med cirka 3 procent (svaveldioxid), 13 procent (kväveoxider) respektive 4 procent (ammoniak). Vilka källor

¹³ Klemetz, V., Danielsson, H., Hansson, K., Nerentorp, M. m.fl. (2025). *Nationell luftövervakning: Sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m. 2023*. Göteborg: IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport C10038. ISBN 978-91-7883-703-8.

som dominerar utsläppen samt trender beskrivs mer ingående för respektive ämne i avsnitten nedan.



Figur 1.7. Sveriges totala utsläpp av de försurande ämnena svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak, under perioden 1990–2024.

Källa: Naturvårdsverket.

Utsläppsminskningarna har varit stora även utanför Sveriges gränser. Under perioden 2005–2023 har utsläppen inom EU-27 av svaveldioxider minskat med 84 procent, kväveoxider med 53 procent och ammoniak med 17,3 procent.¹⁴ Inom EU-27 bidrar framför allt Tyskland och Polen med utsläpp som leder till ökad försurning i Sverige.

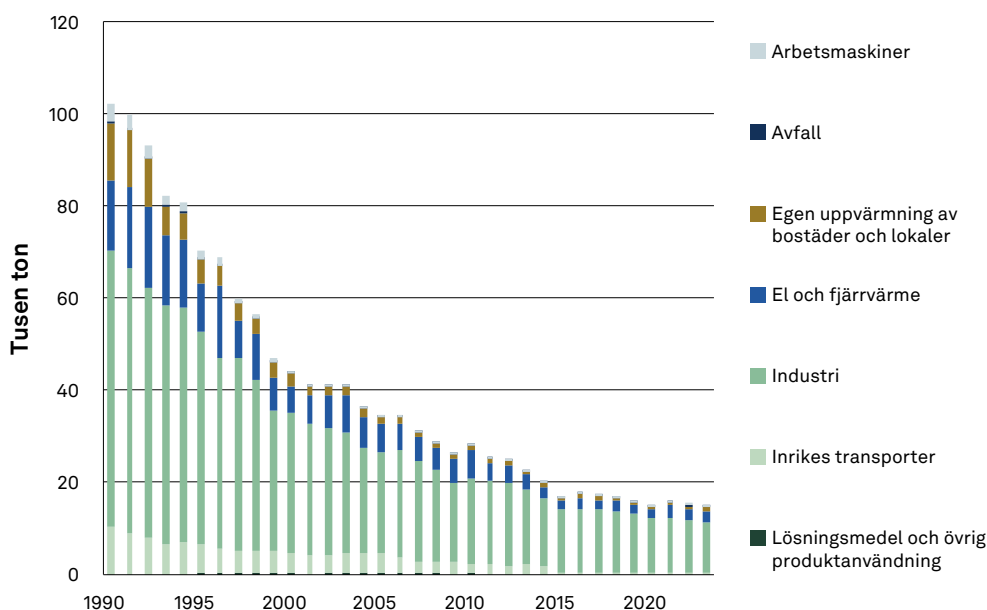
SVERIGES UTSLÄPP AV SVAVELDIOXID HAR MINSKAT MED ÖVER 85 PROCENT SEDAN ÅR 1990

År 1990 uppgick Sveriges totala årliga utsläpp av svaveldioxid till luft till cirka 102 tusen ton. År 2024 var utsläppen nere på cirka 14 tusen ton. Utsläppen har därmed minskat med 86 procent är idag i närheten av förindustriella nivåer. Sedan den förra fördjupade utvärderingen, det vill säga under perioden 2020–2024, har utsläppen minskat med 3 procent.¹⁵

Utsläpp av svaveldioxid kommer framför allt från industriella processer och från förbränning av svavelhaltiga bränslen såsom kol och eldningsolja. Vid förbränning av kol, olja och gas frigörs svaveldioxid som i atmosfären kan omvandlas till svavelsyra och vid nederbörd ge upphov till så kallat surt regn. I Sverige stod industrin för den största andelen av de totala nationella utsläppen till luft år 2024, ungefär 78 procent (se figur 1.8).

¹⁴ European Environment Agency (2025). *Emissions of the Main Air Pollutants in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/emissions-of-the-main-air>

¹⁵ Naturvårdsverket (2025). *Svaveldioxid, utsläpp till luft*, <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/svaveldioxid-utslapp-till-luft/>



Figur 1.8. Sveriges utsläpp till luft av svaveldioxid under perioden 1990–2024, uppdelat på olika sektorer.

Källa: Naturvårdsverket.

De sjunkande svavelutsläppen beror främst på utsläppsminskningar inom industrin, inrikes transporter, el- och fjärrvärme samt uppvärmning av bostäder och lokaler, till följd av minskad användning av olja och kol samt installation av reningsutrustning. Utsläppen av svaveldioxid från förbränningsprocesser inom flera sektorer har minskat i takt med att bränslen med hög svavelhalt har ersatts med lågsvavliga bränslen. Inom industrin har även en ökad användning av biobränslen samt skärpta regler för utsläpp och införandet av ny teknik bidragit till minskade svavelutsläpp. Sverige påverkas fortfarande i stor utsträckning av gränsöverskridande luftföroreningar från andra länder, vilket också har varit en stor orsak till försurningen av mark och vatten i Sverige historiskt.

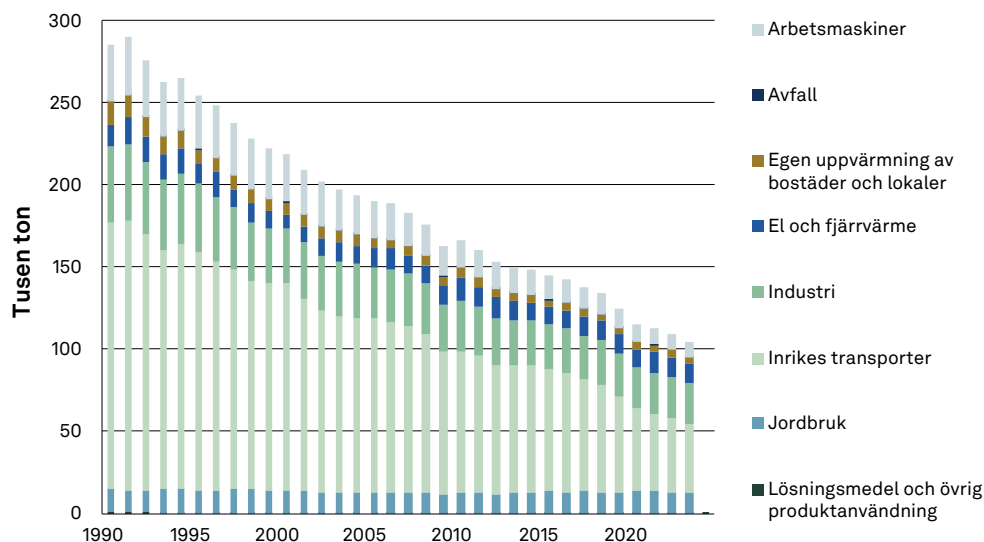
SVERIGES UTSLÄPP AV KVÄVEOXIDER HAR MINSKAT MED NÄSTAN TVÅ TREDJEDELAR SEDAN ÅR 1990

År 1990 uppgick Sveriges totala årliga utsläpp av kväveoxider till luft till cirka 285 tusen ton. År 2024 var utsläppen nere på cirka 99 tusen ton. Utsläppen har därmed minskat med 65 procent. Sedan den förra fördjupade utvärderingen av miljömålen, har utsläppen minskat med ungefär 13 procent.¹⁶

Kväveoxider bildas vid förbränning i höga temperaturer, till exempel i motorer, energianläggningar och industriella processer. I atmosfären kan kväveoxider omvandlas till försurande ämnen som transporteras till mark och vatten med nederbörden (se mer om kvävetts roll för försurning i avsnitt 1.3). I Sverige stod inrikes transporter för den största andelen av de totala nationella utsläppen till luft år 2024, ungefär 39 procent (se figur 1.9).

¹⁶ Naturvårdsverket (2025). *Kväveoxider, utsläpp till luft*, <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/utslapp-av-kvaveoxider-till-luft/>

Utsläppen av kväveoxider har minskat inom alla sektorer sedan år 1990. Den största minskningen har skett inom transportsektorn, vilket framför allt beror på katalytisk avgasrening och effektivare förbränning. En annan bidragande faktor till minskade kväveoxidutsläpp är den så kallade kväveoxidavgiften, eller NO_x-avgiften, som minskat utsläppen från framför allt el- och värmeproduktionen och förbränningsprocesser inom industrin.¹⁷ NO_x-avgiften infördes 1992, och utsläppen per producerad energienhet har sedan dess halverats (se även avsnitt 2.2.2).



Figur 1.9. Sveriges utsläpp till luft av kväveoxider under perioden 1990–2024, uppdelat på olika sektorer.

Källa: Naturvårdsverket.

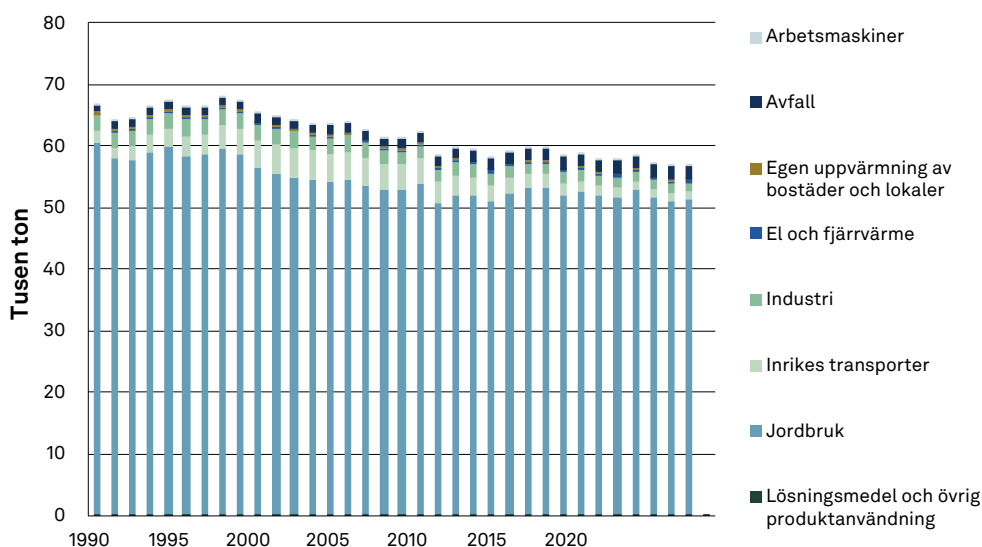
SVERIGES UTSLÄPP AV AMMONIAK MINSKAR INTE TILLRÄCKLIGT MYCKET

År 1990 uppgick Sveriges totala årliga utsläpp av ammoniak till luft till cirka 67 tusen ton. År 2024 var utsläppen nere på cirka 56 tusen ton. Utsläppen har därmed minskat med 16 procent. Sedan den förra fördjupade utvärderingen har utsläppen minskat med ungefär 4 procent.¹⁸

Utsläppen av ammoniak till luft har legat på ungefär samma nivå under det senaste decenniet, och den största källan är jordbrukssektorn. I Sverige stod jordbruket för den största andelen av de totala nationella utsläppen till luft år 2024, ungefär 90 procent (se figur 1.10).

¹⁷ Naturvårdsverket (2025). *Kväveoxidavgiften*, <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/luft-och-klimat/kvaveoxidavgiften/>

¹⁸ Naturvårdsverket (2025). *Ammoniak, utsläpp till luft*, <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/ammoniak-utslapp-luft/>



Figur 1.10. Sveriges utsläpp till luft av ammoniak under perioden 1990–2024, uppdelat på olika sektorer.

Källa: Naturvårdsverket.

Ammoniakutsläpp till luft kommer främst från jordbruket, och uppstår särskilt vid hantering och spridning av stallgödsel samt vid användning av mineralgödsel. I atmosfären kan ammoniak omvandlas till försurande ammoniumföreningar som transporteras till mark och vatten med nederbörden (se mer om kvävetts roll för försurning i avsnitt 1.3). Ammoniak kan även bildas som biprodukt i katalysatorer hos fordon vid bränsleförbränning, olika industriella processer samt vid skogsbränder. Hur stora utsläppen blir inom jordbruket beror bland annat på antalet djur, hur gödsel lagras och sprids, lagringstiden samt användningen av kvävehaltig mineralgödsel. De minskade utsläppen av ammoniak beror främst på att antalet djur har minskat inom jordbrukssektorn, samt på förbättrad gödsellagring och effektivare jordbruksproduktion. En ökad import av exempelvis mjölk, mejeri- och köttprodukter innebär dock att en större andel av de totala utsläppen sker i andra länder.

EU:s direktiv för nationella utsläpp av vissa luftföroreningar, även kallat takdirektivet, antogs 2016 och medför krav om minskade utsläpp till 2020 och 2030. Sverige klarade inte att uppfylla sitt åtagande om minskade utsläpp av ammoniak till 2020. Därför finns ett pågående överträdelseärende mot Sverige om överskridande av utsläppsåtagandet för ammoniak till 2020.

UTSLÄPP TILL LUFT AV FÖRSURANDE ÄMNEN FRÅN SJÖFART

Miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* har en specifik indikator för *utsläpp av försurande ämnen från sjöfart*.¹⁹ Utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider till luft från internationell sjöfart har historiskt varit, och är fortfarande, en stor källa till försurande luftföroreningar i Sverige. De senaste siffrorna från EMEP visar att över 25 procent av nedfallet av oxiderat kväve över Sverige härrör från Östersjön och

¹⁹ Sveriges miljömål (2026). *Sjöfartens utsläpp av försurande ämnen*, <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/bara-naturlig-forsurning/sjofartens-utslapp-av-forsurande-amnen/>

Nordsjön (15 respektive 12 procent år 2023).²⁰ Tittar man på utsläpp av kväveoxider från internationell sjöfart i Östersjöområdet så var dessa mer än dubbelt så höga som Sveriges totala utsläpp av kväveoxider från alla sektorer år 2024 (cirka 220 tusen ton jämfört med cirka 100 tusen ton).^{21,22}

För svaveldioxid härrör numera bara ett fåtal procent av nedfallet över Sverige från sjöfart på Östersjön och Nordsjön (under 3 procent år 2024).²³ Tittar man på utsläppen så uppgick den internationella sjöfartens utsläpp i området till cirka 7 ton år 2024, jämfört med Sveriges totala utsläpp av svaveldioxider från alla sektorer på 14 ton.^{24,25}

Sedan den förra fördjupade utvärderingen av *Bara naturlig försurning*, 2022 (motsvarar utsläppår 2020), så har utsläppen från den internationella sjöfarten i Östersjön minskat med ungefär 10 procent för kväveoxider och med cirka 13 procent för svaveldioxid.²⁶ För mer information om vilka styrmedel och åtgärder som är centrala för att minska utsläpp av försurande ämnen, inklusive från sjöfartssektorn, se avsnitt 2.2.

Östersjön ingår i ett så kallat svavelutsläppskontrollområde. Sedan 2015 gäller här de striktaste gränserna för tillåten svavelhalt i bränsle, vilket syns tydligt i figur 1.11 med en kraftig minskning i utsläpp av svaveldioxid från över 60 tusen ton 2014 till under 10 tusen ton 2015, och fortsatt låga värden sedan dess. Effekterna av begränsningarna har varit tydliga och ihållande och utsläppen av svaveldioxid är fortsatt relativt låga.

Figur 1.11 visar också att utsläppen av kväveoxider inte har minskat på samma sätt. Sedan 2021 ingår Östersjön även i ett kvävekontrollområde, vilket innebär att alla fartyg byggda från 2021 och framåt, samt befintliga fartyg som byter motor, måste implementera teknik som gör att de klarar satta krav på kväveoxidutsläpp. Kväveutsläppen låg länge på en relativt konstant nivå, men sedan 2021 då området blev ett kvävekontrollområde har utsläppen av kväveoxider minskat med ungefär 14 procent. En utsläppsminskning syntes även år 2020 vilken kan bero på minskad trafik under Covid-19-pandemin. Mätningar har dock visat att endast omkring en tredjedel av de fartyg som omfattas av kraven har kväveoxidutsläpp som ligger inom de förväntade nivåerna, medan hälften av mätningarna visar på utsläpp som är två till fem gånger högre än tillåtna utsläppsnivåer.²⁷ Det är fortsatt viktigt att alla fartyg efterlever nuvarande regler.

²⁰ Klein m.fl. (2026). *Transboundary Air Pollution by Sulphur, Nitrogen, Ozone and Particulate Matter in 2024: Sweden* (EMEP).

²¹ Jalkanen, J.-P., Majamäki, E. och Johansson, L. (2025). *Emissions from Baltic Sea Shipping in 2024*. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets (BSEFS). Helsingfors: Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM).

²² Naturvårdsverket (2025). *Kväveoxider, utsläpp till luft*.

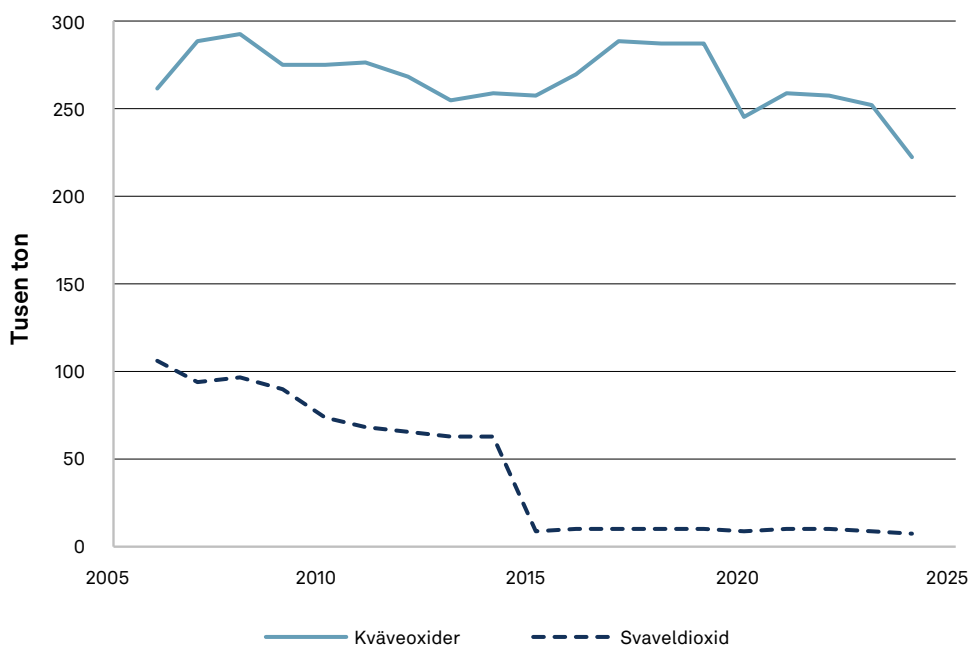
²³ Klein m.fl. (2026). *Transboundary Air Pollution by Sulphur, Nitrogen, Ozone and Particulate Matter in 2024: Sweden* (EMEP).

²⁴ Jalkanen m.fl. (2025). *Emissions from Baltic Sea Shipping in 2024*.

²⁵ Naturvårdsverket (2025). *Kväveoxider, utsläpp till luft*.

²⁶ Jalkanen m.fl. (2025). *Emissions from Baltic Sea Shipping in 2024*.

²⁷ E. Fridell, R. Verbeek, V. Matthias, & J. Mellqvist (2023). *Policy recommendations related to regulations, monitoring and enforcement*. SCIPPER Project D5.5. Shipping Contributions to Inland Pollution Push for the Enforcement of Regulations (SCIPPER Project).



Figur 1.11. Utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider från internationell sjöfart på Östersjön under perioden 2006–2024, i enheten kiloton per år. Uppgifterna baseras på positionsdata (AIS) från fartygen.

Källa: HELCOM.

1.2.5 Skogsbruket bidrar till fortsatt försurning

En av de fyra preciseringar som regeringen fastställt för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är *Påverkan genom skogsbruk*. Preciseringen innebär att markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet. Preciseringen följs bland annat upp med hjälp av indikatorn *Skogsbrukets försurande påverkan*, som beskrivs mer i detalj senare i detta avsnitt.

HUR SKOGSBRUKET KAN PÅVERKA FÖRSURNINGSTRYCKET PÅ MARK OCH VATTEN OCH MÖLIGHETEN TILL ÅTERHÄMTNING

Skogsbruket bidrar till skogsmarkens försurning på lång sikt genom trädens tillväxt. När träden växer tar de upp baskatjoner samtidigt som markens förråd av organiska syror byggs upp. Vid uttag av skogsbiomassa tas näringsämnen och syraneutraliserande ämnen ut från systemet. Eftersom biomassan tas ut i stället för att brytas ned i skogen, utarmas baskatjonförrådet i marken jämfört med skogsmark som inte brukas. Skogsbrukets försurande påverkan ökar med den ökande mängden biomassa i skogen och med ökat uttag av biomassa.

I vissa delar av landet (framför allt sydligaste och sydvästra Sverige) är markens förråd av baskatjoner och den syraneutraliserande förmågan redan utarmade på grund av att marken under många decennier mottagit stora mängder nedfall av försurande ämnen. Det innebär att i vissa delar av landet är mark och vatten mer känsliga för försurningseffekter av skogsbruk. En återhämtning från effekten av försurande nedfall pågår, men går långsamt, och effekten av skogsbruk kan försena återhämtningen. Naturliga processer kan motverka försurning genom tillförsel av näringsämnen och förbrukning av vätejoner. Vittring är en viktigt men långsam

process som motverkar försurning och atmosfäriskt nedfall av baskatjoner ger en begränsad tillförsel. Dessa processer kan vid ett större uttag av biomassa inte kompensera för förlusterna, vilket medför att markens baskatjonförråd och syraneutraliserande förmåga minskar på sikt.

Försurningen äger rum under hela trädets tillväxt, ackumuleras under lång tid och blir fullt ut realiserad vid avverkning. Skogar som avverkas blir normalt sett mindre sura i hyggesfasen och de första decennierna efter slutavverkning, på grund av alkalisering till följd av nedbrytning av dött organiskt material. Skörd av grenar och toppar (grot) innebär att mer baskatjoner och syraneutraliserande förmåga förs bort än vid enbart stamvedsskörd, vilket har stor påverkan på den ackumulerade försurningen.

Avrinningsvatten påverkas också eftersom det markvatten som så småningom övergår till grund- och avrinningsvatten är i kemisk jämvikt med marken. Lägre innehåll av basiska ämnen, oftast uttryckt som markens basmättnadsgrad, påverkar vattnets alkalinitet. Kemisk jämvikt mellan markens jonbyteskomplex, det vill säga de ler- och humuspartiklar som kan binda och byta joner, och markvatten är en viktig orsak till tidsfördröjning i avrinningens försurning efter att surt nedfall ökar eller minskar. Markens buffringsförmåga modererar avrinningens kemiska sammansättning och den ändrar sig inte lika snabbt som nedfallet av försurande ämnen.

Skogsbruket orsakar ett nettouttag av baskatjoner och därmed på lång sikt en minskning av basmättnadsgrad i marken på en nivå som kvantitativt går att jämföra med påverkan från nedfall av försurande ämnen. Transportvägen för baskatjoner är olika beroende på om processen är nedfall av försurande ämnen eller skogsbruk. Försurande nedfall orsakar ökad utlakning av baskatjoner i avrinningen medan skogsbruket för bort baskatjoner genom uttag av de olika träddelar som skördas. Förutom denna skillnad blir den försurande effekten på marken jämförbara. En principiell skillnad mellan försurningstryck från nedfall respektive skogsbruk är att skogsbruket ger nytta då markens bördighet används till att producera stamved och biomassa. Nedfall av försurande ämnen bidrar till markförsurning, men utan några andra positiva effekter.

I takt med att utsläppen av försurande ämnen har minskat har påverkan på skogsmarken på grund av nedfall också minskat, och därmed har skogsbrukets relativa påverkan blivit större. Idag är bidraget från nedfall och skogsbruk i samma storleksordning. Försurningsbelastningen som orsakas av skogsbruket har, i motsats till nedfallet, ökat sedan 1950-talet, även om variationen i avverkning är stor från år till år.²⁸ Försurningsbelastningen till följd av förlust av baskatjoner ökar på grund av nettoökning av både stående trädbiomassa, avverkning samt uttag av grenar och toppar, och är störst i sydvästra Sverige, följt av sydöstra och minst i norra Sverige.

Ett sätt att kompensera uttaget av baskatjoner och syraneutraliserande förmåga inom skogsbruket är att återföra aska. Efter förbränning av biomassa finns många näringsämnen (alla utom kväve) kvar i askan, som då kan återföras och spridas i skogen. Skogsstyrelsen har länge rekommenderat askåterföring som en viktig del i ett uthålligt skogsbruk, men askåterföringen är förhållandevis låg till mängden grot som tas ut.

²⁸ Iwald, J., Karlton, E., Stendahl, J. och Löfgren, S. (2019). *Effekter på mark av 50 års försurningsbelastning från atmosfärisk deposition och katjonupptag i biomassa – en analys av data från Riksskogstaxeringen och Markinventeringen*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö. Rapport 20. ISBN 978-91-576-9692-2.

EN INDIKATOR FÖR BEDÖMNING AV SKOGSBRUKETS FÖRSURANDE PÅVERKAN

Skogsbrukets försurande påverkan är en komplex process och innefattar både fysikaliska, kemiska och biologiska variabler. För den nationella utvärderingen av preciseringen *Påverkan genom skogsbruk* används en indikator för att bedöma skogsbrukets försurande påverkan. Indikatorn har använts sedan 2018 och har som syfte att på ett förenklat sätt kunna följa upp skogsbrukets försurande påverkan på nationell och regional nivå.²⁹

Indikatorn togs fram eftersom nedfallet av försurande ämnen hade minskat och skogsbrukets försurande påverkan hade ökat, vilket skapade ett behov av en indikator för att följa upp skogsbrukets försurande påverkan. Indikatorn definieras som ”andel avverkad granskog med överskridande av kritiskt baskatjonupptag vid grotuttag och där askåterföring inte sker”. Höga indikatorvärden indikerar att det tas ut mer grot, i förhållande till hur mycket aska som återförs, än vad som är långsiktigt uthålligt. Indikatorn är tänkt att användas på nationell och regional nivå för att få en övergripande bild av storleken på påverkan. Indikations syfte är inte att gå ner på lokal nivå eller ståndortsnivå då osäkerheterna ökar.

Beräkningen av indikatorn utgår från konceptet kritiskt baskatjonuttag som bygger på konceptet kritisk belastning (se 1.2.1). Med kritiskt baskatjonuttag menas den nivå av uttag som kan göras utan att det totala förrådet minskar, baserat på massbalansberäkningar. Detta ger en riktning och hastighet på utvecklingen, men säger inget om utgångsläget. Indikatorn ger därför ett mått på huruvida ett specifikt baskatjonuttag är långsiktigt uthålligt, men det säger däremot inte när effekter kommer att ske. Ett överskridande av kritiskt baskatjonuttag innebär att markens syraneutraliserande förmåga (ANC) på sikt inte kan hållas över noll.

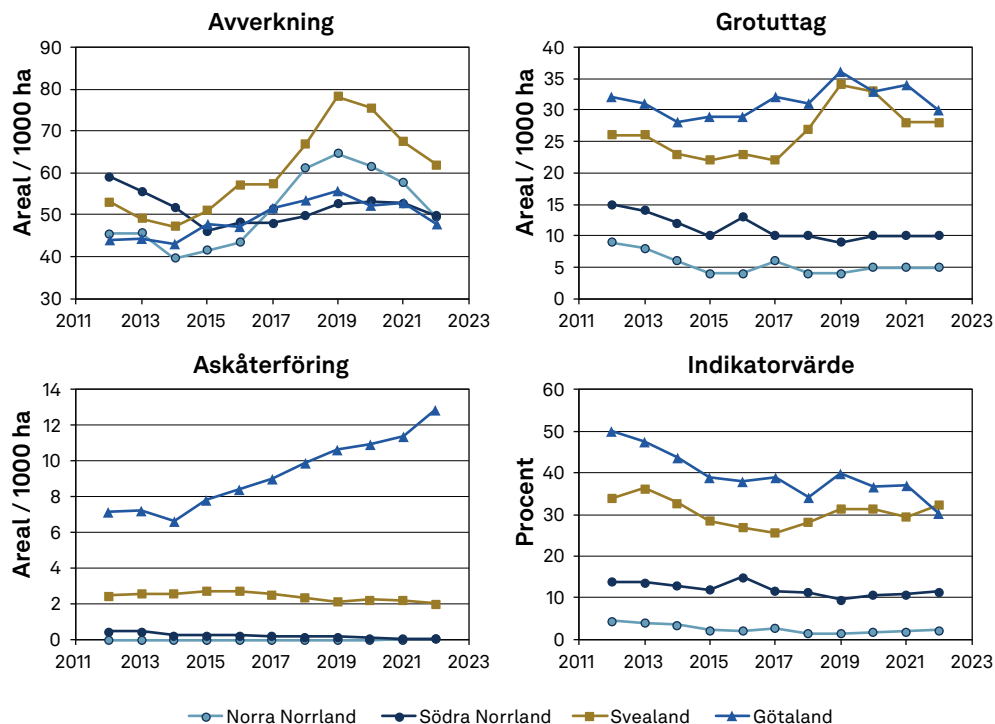
TRENDER OCH REGIONALA SKILLNADER I INDIKATORVÄRDEN

Generellt uppvisar indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan en gradient från norr till söder. Norra Norrland och Södra Norrland har generellt låga indikatorvärden medan Svealand och Götaland har högre indikatorvärden men också större årsvariationer. Hur mycket grot som tas ut varierar mellan olika år. Det är svårt att urskilja någon tydlig trend under de senaste åren, men en faktor som påverkar uttaget är priset på grot.

Avverknings-, grotuttags- och askåterföringsarealer samt beräknade indikatorvärden för perioden 2012–2022 visas i figur 1.12. Resultaten för det senaste beräknade året 2022 (motsvarar perioden 2020/21–2024/25) visar på små förändringar jämfört med 2021. I Götaland har askåterföringen fortsatt att öka sedan 2014, men ligger fortfarande på låga nivåer och askåterföringen påverkar därför inte indikatorvärdena mycket. I Svealand har avverkningsarealen minskat för tredje året i rad efter en period med uppgång, en trend som i viss mån även syns i norra Norrland. Grotuttaget har varit på ungefär samma nivå som året innan förutom i Götaland där det minskat något. Eftersom indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan avser en andel av den avvergade arealen innebär det att indikatorvärdet ökar om avverkningen minskar men allt annat är konstant, vilket syns i Svealand där indikator-

²⁹ Akselsson, C. och Belyazid, S. (2018). *Critical biomass harvesting – Applying a new concept for Swedish forest soils*. Forest Ecology and Management, 409, 67–73. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.11.020.

värdet ökat något jämfört med föregående år. I Götaland, där både avverkad areal och grotuttagsareal minskat, har indikatorvärdet i stället minskat. I norra Norrland har indikatorvärdet legat på mycket låga nivåer under de senaste åren.



Figur 1.12. Avverknings-, grotuttags- och askåterföringsarealer samt beräknade indikatorvärden uppdelat på fyra landsdelar, Norra Norrland, Södra Norrland, Svealand och Götaland. Figuren visar utveckling över tid för perioden 2012–2022. Varje datapunkt motsvarar ett femårsmedelvärde.

Källa: Skogsstyrelsen, Riksskogstaxeringen och Lunds universitet.

INDIKATORNS UTVECKLING OCH FÖRÄNDRAT DATAUNDERLAG

Den övergripande metodiken för att beräkna indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan togs fram 2018. Metoden har därefter vidareutvecklats genom att beräkningarna inte bara omfattar upptag av baskatjoner utan även upptag av anjoner som klor, svavel och fosfor.

I den förra fördjupade utvärderingen redovisades indikatorn som treårsmedelvärden för perioden 2009–2020 samt som ett medelvärde för hela perioden. Treårsmedelvärden används i stället för årliga värden eftersom mellanårsvariationerna kan vara stora och därmed inte representativa för långsiktiga trender.

Sedan 2021 baseras grotuttagsarealer på Riksskogstaxeringens data eftersom Skogsstyrelsens åtgärdsundersökningar för grotuttag inte längre genomförs. Grotuttagsarealer redovisas där som femårsmedelvärden och på landsdelsnivå³⁰, vilket innebär en lägre rums- och tidsupplödning än vad som använts tidigare. Dessutom används uppgifter om avverkad areal i stället för avverkningsanmälningar från Riksskogstaxeringen, då avverkningsanmälningar kan skilja sig avsevärt från

³⁰ Norra Norrland, Södra Norrland, Svealand och Götaland

faktiskt avverkning. Den avverkade arealen erhålls också för femårsperioder och landsdelar, till skillnad från avverkningsanmälningar som hade högre geografisk och temporal upplösning.

Data om askåterföring kommer numera från Skogsstyrelsens åtgärdsundersökning, som har högre geografisk och temporal upplösning (årliga data per län).³¹

Förändringen i tillgängligt dataunderlag har haft som konsekvens att miljömålsindikatorns upplösning behöver anpassas. Förändringen av indikatorberäkning beskrevs i den årliga uppföljningen av miljö kvalitetsmålet 2025.³²

Sedan den förra fördjupade utvärderingen har ett utvecklingsarbete pågått för att förbättra dataunderlaget. Avverkningsdata från Skogsstyrelsens satellitbildsbaserade skillnadsanalys har testats och jämförts med Riksskogstaxeringens uppgifter. Jämförelsen visar relativt små skillnader mellan datakällorna. Eftersom skillnadsanalysen kan redovisas som treårsmedelvärden på länsnivå så kan det vara ett lämpligt alternativ för framtida indikatorberäkningar.

Utvecklingen av dataunderlaget för grotttag pågår också. I nuvarande beräkningar så begränsas tids- och rumsupplösningen av befintliga data över grotttagsarealer. Under 2026 presenterades för första gången grotttagsarealer från Skogsstyrelsens hänsynsuppföljning, redovisade som treårsmedelvärden på landsdelnivå, vilket innebär en högre tidsmässig upplösning jämfört med Riksskogstaxeringens femårsmedelvärden. I början av 2028, när fem års data är insamlade, planeras försök för att presentera data på länsnivå, som femårsmedelvärden.

Hänsynsuppföljningens och Riksskogstaxeringens data skiljer sig i flera avseenden. Hänsynsundersökningen avser bruttouttag, där hela avverkningstrakter inkluderas om grotttag förekommer, medan Riksskogstaxeringen avser nettouttag på provyttnivå. Hänsynsuppföljningen anges också som treårsmedelvärden, medan Riksskogstaxeringen anges som femårsmedelvärden. Hänsynsuppföljningen baseras dessutom på fler observationer, vilket kan innebära lägre statistisk osäkerhet. Slutligen anges data från hänsynsuppföljningen som andel av avverkad areal och kräver därför omräkning med hjälp av avverkningsdata, medan data från Riksskogstaxeringen avser direkta arealer. Det pågår dock arbete med att utreda om data kan redovisas direkt som arealer i stället för andelar, vilket skulle minska osäkerheter kopplade till omräkning.

Jämförelser mellan hänsynsuppföljningen och Riksskogstaxeringen visar vissa skillnader i indikatorvärden. Dessa skillnader behöver utredas vidare innan ett eventuellt byte av dataunderlag kan genomföras. Fler års data kommer att ge bättre möjligheter att bedöma datakällornas jämförbarhet och användbarhet i miljömålsuppföljningen.

INDIKATORNS AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR

Indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan används för att följa skogsbrukets försurningstryck över tid på nationell och regional nivå. Indikatorer bygger på vissa avgränsningar och förenklingar, vilket innebär att den inte fångar alla aspekter av skogsbrukets påverkan på mark och vatten.

³¹ Skogsstyrelsen (2026). *Åtgärder i skogsbruket*, <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/skogsskotsel/atgarder-i-skogsbruket/>

³² Naturvårdsverket (2025). *Bara naturlig försurning. I: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljö mål 2025*.

I miljömålsuppföljningen används främst relationen mellan grotuttag och askåterföring för att bedöma skogsbrukets försurningspåverkan. Detta innebär en begränsning eftersom även uttag av enbart stamved kan leda till överskridanden av vad som bedöms som långsiktigt uthålligt på försurningskänsliga marker. Skogsbrukets försurningspåverkan kan då behöva ses över en hel skogsgeneration, där grotuttag är en faktor som kan förvärra effekterna.^{33,34}

Indikatorn beskriver en riktning och hastighet på försurningstrycket, men inte markens utgångsstatus. Indikatorn ger på så sätt information om huruvida ett visst baskatjonuttag är långsiktigt uthålligt men däremot inte när effekterna förväntas uppstå. Det är möjligt att kombinera indikatorvärden med information om markens utgångsstatus och försurningskänslighet, för att få ytterligare information om huruvida ett visst försurningstryck är mer eller mindre skadligt på lång sikt.³⁵

Skogsbrukets försurningspåverkan beror på flera samverkande faktorer som verkar över långa tidsperioder. Försurningstrycket uppstår inte enbart vid avverkningstillfället utan påverkas av trädens tillväxt, och avverkningsmetod, omfattningen av biomassa-uttag och ståndortens egenskaper samt val av trädslag. Långsiktiga försök visar att skillnader i tillväxt och näringsackumulation efter olika avverkningsformer kan bestå i flera decennier och därmed påverka markens kemiska utveckling över skogsgenerationer.³⁶

Bedömningar av skogsbrukets försurningspåverkan behöver ta hänsyn till hela skogssystemets dynamik och tidsskala, snarare än enskilda åtgärder eller kortsiktiga effekter. Även om processer bakom markförsurning är komplexa är det viktigt att ha en god förståelse för både processerna och effekterna för att kunna göra korrekta bedömningar av miljö tillståndets utveckling. I takt med att ny kunskap tas fram behöver också indikatorerna för miljömålsuppföljningen utvecklas.

Inom den nationella miljöövervakningen tittar man på skogsbrukets totala försurande påverkan över tid i hela landet, med en viss regional uppdelning (landsdelar eller länsnivå). För att bedöma risken för negativ påverkan av olika åtgärder på ståndortsnivå krävs mer detaljerad information om marken och beståndet. Som stöd för detta finns vägledning från Skogsstyrelsen, som beskrivs närmare i avsnitt 2.3.1.

Ny forskning bidrar också med kunskap som kan vara relevant för den fortsatta utvecklingen av indikatorn. Nya studier tyder på att förrådet av växttillgängliga baskatjoner i humuslagret i svenska skogar har ökat under en period med ökande trädvolym och återkommande avverkningar.³⁷ Forskning har även identifierat en skillnad i växttillgängliga baskatjoner inom svenska IM-områden³⁸ beroende på

³³ Karlton, E., Iwald, J., Stendahl, J., Fridman, J., Lundin, L. och Akselsson, C. (2022). *Forest Biomass Accumulation Is an Important Source of Acidity to Forest Soils: Data from Swedish Inventories of Forests and Soils 1955 to 2010*. *Ambio*, 51, 199–208. DOI: 10.1007/s13280-021-01540-y.

³⁴ Löfgren, S., Stendahl, J. och Karlton, E. (2021). *Critical Biomass Harvesting Indicator for Whole-Tree Extraction Does Not Reflect the Sensitivity of Swedish Forest Soils*. *Ecological Indicators*, 132, 108310. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108310.

³⁵ Akselsson, C., Kronnäs, V., Stadlinger, N. m.fl. (2021). *A Combined Measurement and Modelling Approach to Assess the Sustainability of Whole-Tree Harvesting—A Swedish Case Study*. *Sustainability*, 13(4), 2395. DOI: 10.3390/su13042395.

³⁶ Olsson, B. A., Egnell, G., Gustafsson, J. P., Löfgren, S. och Sahlén Zetterberg, T. (2026). *Effects of Whole-Tree Harvesting on Nutrient Accumulation in the Subsequent Forest Stand: An Examination of 6 Swedish Long-Term Experiments*. *Forest Ecology and Management*, 583, 123240. DOI: 10.1016/j.foreco.2025.123240.

³⁷ Spohn, M., Karlton, E. och Stendahl, J. (2026). *Strong Changes in Soil Nutrient Stocks in Northern Forests Over Four Decades*. *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.70615.

³⁸ IM – Integrerad övervakning av miljö tillståndet i svensk skogsmark, delprogram inom miljöövervakningens programområde Skog, Integrerad miljöövervakning (IM) | slu.se

vilken mätteknik som används, vilket indikerar att det kan finnas mer baskatjoner tillgängliga för träden att ta upp.³⁹ Sådana resultat kan ha betydelse för bedömningar av näringsbalanser och försurning och är därför viktiga att beakta i det fortsatta utvecklingsarbetet. De illustrerar också hur forskning som primärt syftar till att öka kunskapen om exempelvis skogens tillväxt, kolupptag och klimatnytta samtidigt kan bidra med ny kunskap om markkemi och försurningsprocesser. Detta visar på möjliga synergier mellan olika miljöområden och vikten av att ta tillvara resultat från forskning med flera tillämpningsområden.

ANDRA FAKTORER SOM KAN PÅVERKA FÖRSURNING FRÅN SKOGSBRUK

Klimatförändringen och dess effekter

Klimatförändringar kan komma att påverka svensk skog på flera sätt. Ett varmare klimat och mildare vintrar ger längre växtsäsonger vilket då kan bidra till ökad tillväxt och biomassa i skogen. Mer nederbörd och förändrade nederbörds-mönster påverkar också förutsättningarna för skogstillväxt. Klimatförändringar ökar samtidigt risken för olika former av klimatrelaterade påfrestningar på skogsekosystemen, såsom värmeböljor, skogsbrand, torka eller skyfall. Trädens motståndskraft mot sjukdomar och insektsangrepp kan också påverkas negativt av dessa påfrestningar.⁴⁰

Det finns även studier som tyder på att stigande koldioxidhalt i atmosfären visserligen kan stimulera trädens tillväxt, men samtidigt minska tillgången på kväve, vilket i förlängningen kan begränsa skogens upptag av kol och andra närings-ämnen.⁴¹ Klimatförändringens olika effekter verkar sällan isolerat utan effekterna kan samverka och antingen förstärka eller förändra påverkan från andra faktorer. De sammantagna effekterna på skogen och skogstillväxten av ett förändrat klimat är komplexa och därför svåra att uppskatta, och varierar också geografiskt. Hur klimatförändringar hanteras, både genom motverkande åtgärder och klimatanpassning, kommer också spela in i utvecklingen framöver.

Ur ett försurningsperspektiv skulle en ökad skogsbiomassa kunna bidra till ökad markförsurning. Försurningsprocesser är också ett komplext samspel mellan skog, mark, vatten och luft. Exempelvis så påverkar nederbördsmängder och mönster vitt-ring och utlakning, där ökad vittring skulle kunna leda till motverkad försurning.⁴² Ett varmare klimat och ändrad luftfuktighet kan också påverka mikroorganismer i marken vilket i sin tur kan påverka nedbrytning av organiskt material och andra markprocesser.

Skogsgödsling

En fråga som har diskuterats de senaste åren, och som kan ha en påverkan på försurningstrycket från skogsbruket, är skogsgödsling. Syftet med skogsgödsling är främst att öka skogens tillväxt och samtidigt dess kolupptag. Tillförsel av kväve till skogen

³⁹ Bel, J., Legout, A., Saint-André, L. m.fl. (2020). *Conventional Analysis Methods Underestimate the Plant-Available Pools of Calcium, Magnesium and Potassium in Forest Soils*. Scientific Reports, 10, 15703. DOI: 10.1038/s41598-020-72741-w.

⁴⁰ Skogsstyrelsen (2025). *Klimat- och sårbarhetsanalys 2025*. Rapport 2025/08.

⁴¹ Bassett, K. R., Hupperts, S. F., Jämtgård, S. m.fl. (2026). *Rising Atmospheric CO₂ Reduces Nitrogen Availability in Boreal Forests*. Nature, 650(8102), 629–635. DOI: 10.1038/s41586-025-10039-5.

⁴² de Wit, H. A., Garmo, Ø. A., Jackson-Blake, L. A. m.fl. (2023). *Changing Water Chemistry in One Thousand Norwegian Lakes During Three Decades of Cleaner Air and Climate Change*. Global Biogeochemical Cycles, 37(2). DOI: 10.1029/2022GB007509.

kan bidra till försurning genom de processer som beskrivs i avsnitt 1.3. Gödsling på platser där försurningstrycket har varit högt, eller där den kritiska belastningen för försurning överskrids, skulle ha en negativ påverkan på måluppfyllelsen av *Bara naturlig försurning* samt *Ingen övergödning*.

Miljömålsberedningen har föreslagit ett ekonomiskt stöd under perioden 2026–2030 för att öka skogsgödslingen⁴³ och Skogsstyrelsen har redovisat ett regeringsuppdrag om ökad skogsgödsling för ökad tillväxt i skogen för att uppnå en ökad långsiktig tillgång på biomassa.^{44,45} Riskerna för försurningspåverkan varierar över landet och bedöms vara störst på marker med låg buffertkapacitet, låg basmättnadsgrad, tunt jordtäckte eller där marken redan är påverkad av historisk försurning. I sin slutredovisning betonar Skogsstyrelsen att kumulativa effekter måste vägas mot gällande miljökvalitetsmål och konstaterar att ytterligare kvävetillförsel på kemiskt ansträngda marker kan stå i konflikt med miljömålet *Bara naturlig försurning*.

Sveriges lantbruksuniversitet har i en förstudie om miljöanpassad skogsgödsling analyserat hur ökad kvävegödsling kan påverka markens näringsbalans och kemiska status.⁴⁶ Här görs bedömningen att stora delar av den svenska skogsmarken ännu inte har återhämtat sig från tidigare försurning och att ökad kvävegödsling riskerar att förstärka långsiktig utarmning av baskatjoner och försämra markens kemiska status. Detta kan påverka markens långsiktiga bördighet negativt och försvåra uppfyllelsen av miljömålet *Bara naturlig försurning*, även om skogsgödsling ger kortsiktiga tillväxteffekter.

I Skogsstyrelsen rapporter nämns även askåterföring som en möjlig tillväxthöjande åtgärd. Effekten av askåterföring på skogstillväxt är osäker, där resultaten inte är statistiskt signifikanta eller visar tendens att kunna påverka tillväxten både positivt eller negativt, beroende på markens bördighet.^{47, 48} Eftersom askåterföring är en åtgärd för att motverka skogsbrukets försurande påverkan vid uttag av grot så skulle en ökad askåterföring på lämpliga platser kunna ha en positiv påverkan på buffringskapaciteten och för måluppfyllelsen av *Bara naturlig försurning*.

1.2.6 Försurade sjöar och vattendrag

En utav de fyra preciseringar som regeringen fastställt för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är *Försurade sjöar och vattendrag*. Preciseringen innebär att svenska sjöar och vattendrag, oberoende av kalkning, uppnår minst god status med avseende på försurning enligt förordningen (2004:660) om förvaltningen av

⁴³ SOU 2025:21 Miljömålsberedningen (2025). *Miljömålsberedningens förslag om en strategi för hur Sverige ska leva upp till EU:s åtaganden inom biologisk mångfald respektive nettoupptag av växthusgaser från markanvändningssektorn (LULUCF)*.

⁴⁴ Skogsstyrelsen (2025). *Åtgärder för ökad skogsgödsling – system, arealer, styrmedel och konsekvenser. Regeringsuppdrag. Rapport 2025/07*.

⁴⁵ Skogsstyrelsen (2026). *Åtgärder för ökad skogsgödsling – slutredovisning. Regeringsuppdrag. Rapport 2026/10*.

⁴⁶ Sveriges lantbruksuniversitet (2023). *Förstudie kring miljöanpassad skogsgödsling för ökad skoglig tillväxt – slutrapportering av regeringsuppdrag. Rapport Skog 2023:2*.

⁴⁷ Jacobson, S., Lundström, H., Nordlund, S., Sikström, U. och Pettersson, F. (2014). *Is Tree Growth in Boreal Coniferous Stands on Mineral Soils Affected by the Addition of Wood Ash?* Scandinavian Journal of Forest Research, 29(7), 675–685. DOI: 10.1080/02827581.2014.959995.

⁴⁸ de Jong, J., Akselsson, C., Egnell, G. m.fl. (2018). *Miljöpåverkan av skogsbränsleuttag – En syntes av forskningsläget baserat på Bränsleprogrammet hållbarhet 2011–2016*. Eskilstuna: Energimyndigheten. ER 2018:02.

kvaliteten på vattenmiljön. Preciseringsen följs upp med en indikator som är andelen sjöar som klassas som försurade och som är större än en hektar.

I sjöar som är kraftigt försurade påverkas känsliga djur och växter. Naturliga ekosystem i Sverige domineras av skogsmark, sjöar och vattendrag som i många fall är naturligt sura. Jordar med låg vittringshastighet och en upplagring av organiskt material i marken har medfört en långsam naturlig försurning sedan senaste istiden. Den långsamma förändringen av miljön har medfört att organismerna haft tid för anpassning. De naturgivna förutsättningarna gör sjöarna i Sverige särskilt känsliga för försurning, liksom i övriga Skandinavien. Det försurande nedfallet har därför haft stor effekt på levande organismer i sjöar och vattendrag med fiskdöd och förlust av biologisk mångfald som följd.

KALKNING SOM ÅTGÄRD FÖR ATT UPPRÄTTHÅLLA VATTENKVALITET

I Sverige kalkas många försurade sjöar för att mildra effekterna av försurning och motverka skador på ekosystemen. Sedan 1977 har staten satsat totalt över fem miljarder kronor på kalkning, vilket gör det till en av de största miljövårdsåtgärder som genomförts i Sverige. Kalkning har på många ställen gett önskade och positiva effekter. Väl fungerande kalkning gör att arter som är känsliga för försurning kan fortleva och reproducera sig⁴⁹. Även om nedfallet fortsätter att minska kommer mark och vatten att vara försurade under lång tid framöver, och återhämtningen kommer att gå mycket långsamt. Detta innebär att kalkning i delar av Sverige kommer att behövas i många decennier framöver för att undvika skador på försurningskänslig fauna och flora i sjöar och vattendrag.

Kalkningen förändrar däremot inte de bakomliggande orsakerna till försurningen, vilket gör att sjöar som behöver kalkas fortfarande betraktas som försurade vid uppföljning av miljökvalitetsmålets precisering. Preciseringsen om försurade sjöar och vattendrag säger att minst god status ska uppnås oberoende av kalkning. Det innebär att kalkning inte räknas som en åtgärd som kan bidra till att uppfylla miljökvalitetsmålet, men däremot kan det fortsatt vara en viktig åtgärd för att skydda försurade sjöar och vattendrag under återhämtningsperioden. Detta förutsätter dock att naturligt sura objekt inte kalkas.

SJU PROCENT AV SVERIGES SJÖAR ÄR FORTSATT FÖRSURADE OCH ÅTERHÄMTNINGEN GÅR LÅNGSAMT

För perioden 2019–2024 bedöms sju procent av Sveriges sjöar som försurade.⁵⁰ Det är samma andel som vid den förra fördjupade utvärderingen, då beräkningen gjordes för perioden 2015–2020. Det finns regionala skillnader och störst andel försurade sjöar kvarstår i sydvästra Sverige som historiskt har haft störst försurningspåverkan.

Andelen försurade sjöar baseras på nuvarande bedömningsgrunder för försurning.⁵¹ De senaste åren har ett nytt förslag till bedömningsgrund för kvalitetsfaktorn

⁴⁹ Se till exempel Havs- och vattenmyndighetens rapporter 2015:23 och 2018:4.

⁵⁰ Fölster, J. (2026). *Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2027: Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag*, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), NV-25-031077.

⁵¹ Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2019:25).

”Försurning i sjöar och vattendrag” tagits fram⁵² och varit ute på remiss.⁵³ Eftersom de nya bedömningsgrunderna föreslås träda i kraft under 2026 så har beräkningar för miljömålets precisering om andel försurade sjöar gjorts även baserat på dessa kriterier. Utifrån de nya föreslagna bedömningsgrunderna skulle sex procent av Sveriges sjöar klassas som försurade.⁵⁴

Skillnaden mellan beräkningarna är alltså liten sett till landet som helhet. Jämförs fördelningen av de försurade sjöarna över Sverige visar de nya föreslagna bedömningsgrunderna att fler försurade sjöar återfinns i den sydvästra delen av landet, medan de nuvarande bedömningsgrunderna ger en något större spridning av de försurade sjöarna över landet.

Sett till hela landet fortsätter trenden att andelen försurade sjöar i Sverige minskar, dock i en allt långsammare takt jämfört med tidigare. Att återhämtningen fortsätter i mycket låg takt beror på av flera faktorer. Nedfallet av svavel har minskat kraftigt, vilket snabbt har förbättrat ytvattenkemin. En stor del av förbättringen beror på den så kallade jonstyrkeeffekten. När svavelnedfallet minskar, minskar jonstyrkan i nederbörden och därefter i markvatten, avrinningsvatten och grundvattnet. Det leder till lägre koncentrationer av både huvudanjoner och katjoner, inklusive vätejoner och oorganiskt aluminium. När effekterna av minskande nedfall inte längre räcker för att nå önskad vattenkemi krävs långsammare förändringar i marken som ökad basmättnad. Dessa processer tar lång tid, ofta flera decennier, till skillnad från jonstyrkeeffekten som verkar snabbt.

HALTER OCH TRENDER I SVERIGES SJÖAR

Andelen försurade sjöar i avsnitten ovan baseras på de senaste femårsperioden för omdrevssjöarna, 2019–2024. Omdrevssjöarna omfattar ca 4 800 sjöar i den nationella miljöövervakningen samt knappt 300 sjöar som övervakas av länsstyrelser. Varje år provtas en sjättedel av sjöarna, som utgör ett stratifierad slumpat urval ur SMHI:s sjöregister.

En analys av trender har även gjorts för längre tidsperioder för att visa på hur återhämtningen från försurningen fortgått de senaste decennierna.⁵⁵ Analysen omfattar samtliga Sveriges sjöar under perioden 2008–2024 samt försurningskänsliga sjöar och vattendrag med trendövervakning 1990–2024. Resultaten visar att sulfathalternas utbredning inte direkt avspeglar svaveldepositionen vilket indikerar att markens tillskott idag är betydligt viktigare än nedfallet för de genomsnittliga halterna. De högsta halterna av sulfat återfinns i östra Mälarenregionen och beror på påverkan från svavelrika postglaciala sediment. Halterna av baskatjoner avspeglar samverkan mellan vittring och avrinning och mönstret liknar det för sulfat. Den syraneutraliserande förmågan, ANCo, är ett mått på buffertkapaciteten för surhetspåverkan och beror av vittringens buffrande förmåga, förekomsten av naturliga humussyror och påverkan från antropogent försurande nedfall. Utbredningen av

⁵² Fölster, J., Carlsson, P., Johnson, R., Holmgren, K., Garmo, Ø. och Velle, G. (2024). *Förslag till gemensamma nordiska bedömningsgrunder för försurning i sjöar och vattendrag*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö. Rapport 2024:13.

⁵³ Remiss om ändring av Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2019:25) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten och föreskrifter (HVMFS 2015:26) om övervakning av ytvatten enligt vattenförvaltningsförordningen. Dnr 2025-003172 och 2024-000123.

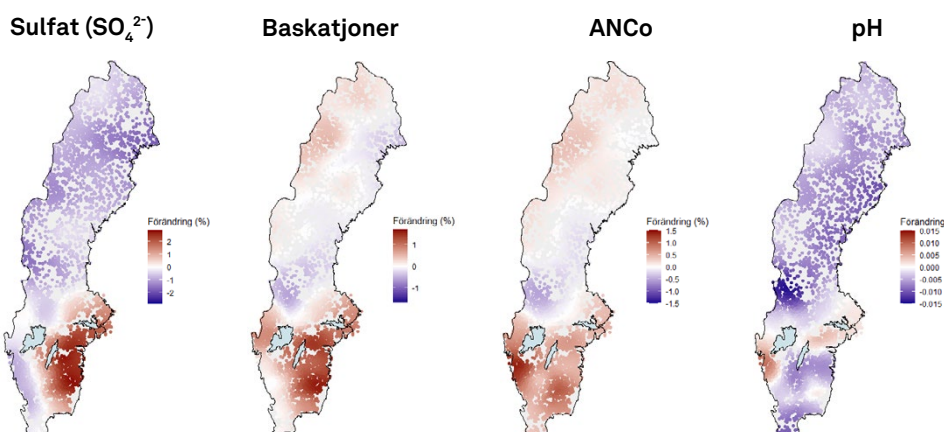
⁵⁴ Fölster, J. (2026). *Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag*.

⁵⁵ Fölster, J. (2026). *Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag*.

låga värden av ANCo avspeglar till stora delar den region där försurningspåverkan är störst, det vill säga södra Sverige förutom sydligaste Skåne, västkusten och Värmland. För pH är samma mönster ännu tydligare.

Figur 1.13 visar de genomsnittliga trenderna under perioden 2008–2024, där rött indikerar relativ ökning och blått relativ minskning. I figur 1.13 syns minskande halter av sulfat (SO_4^{2-}) i hela landet förutom sydöstra Sverige där halterna i stället ökar. Ökningarna är oväntade eftersom dessa regioner har påverkats av surt nedfall i betydligt större omfattning än Norra Sverige. Ökningarna kan förklaras av att tids-serien börjar först 2008, det vill säga efter de kraftigaste minskningarna av svavel-nedfall 1995–2005, och de senaste årens torka som lett till att koncentrationerna av alla lösta ämnen har ökat. Svavel kan dessutom ha frigjorts genom oxidation av sulfid i våtmarker som torkat ut.

För baskatjoner syns en ökande trend under perioden över större delen av landet och även här observeras de kraftigaste ökningarna i sydöstra Sverige. Ökningarna i Norra fjällkedjan kan bero på en ökad vittring till följd av klimatförändringar. Den syraneutraliserande förmågan ökar i större delen av landet med den största ökningen i Bohuslän, som ingår i den mest försurningspåverkade regionen. Ökande pH-värden observeras enbart i Bohuslän och i östra Mälarenregionen.



Figur 1.13. Regionalt utjämnade trender i sjöar för sulfat (SO_4^{2-}), baskatjoner, syraneutraliserande förmåga (ANCo) och pH baserat på Omdrevssjöar 2008–2024. Rött avser ökning och blått minskningar.

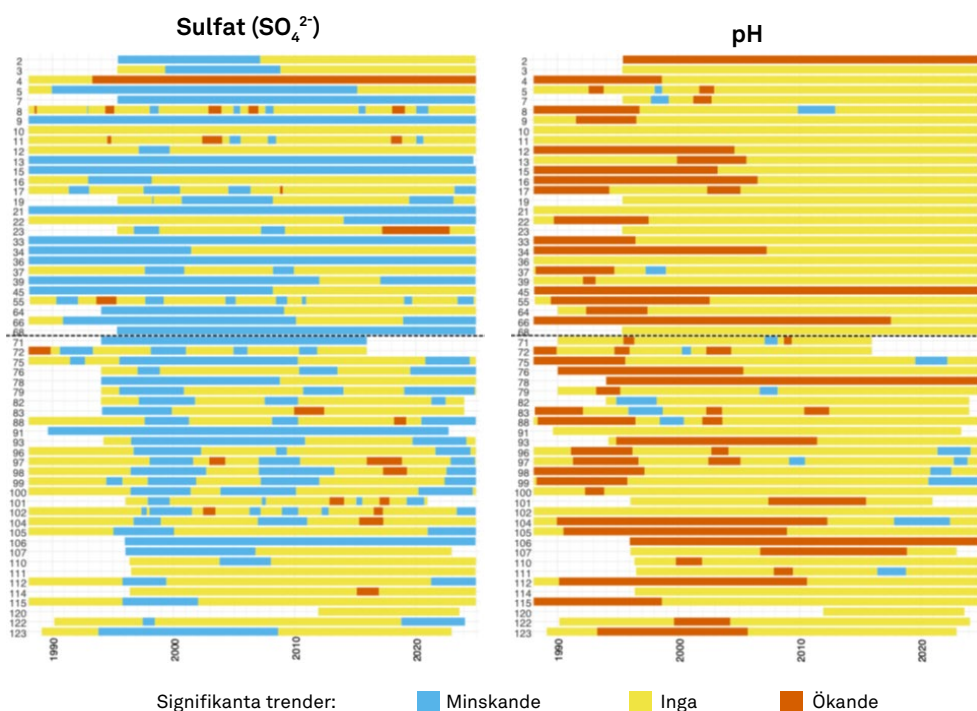
Källa: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

En analys har även gjorts av vattenkemitrender i särskilt försurningskänsliga sjöar och vattendrag. 118 sjöar och 58 vattendrag har analyserats och utvärderats med en så kallad GAMM modell.⁵⁶ Figur 1.14 visar hur resultaten från analysen kan illustreras, genom att visa exempel på två analyser för de 58 vattendragen (förändring i sulfathalt respektive pH-värde).

För sulfathalter visar trenderna på en tydlig minskning runt millennieskiftet som respons på det minskande nedfallet under 1990-talet. Hur långvarig den minskande trenden är varierar mellan sjöarna. I norra Sverige är trenderna generellt svagare och det har i många fall inte gått att anpassa någon trendkurva. De senaste

⁵⁶ Fölster, J. (2026). Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag.

åren har sulfathalterna fortsatt minska i många vatten efter en period av utplanade eller till och med ökade halter. Den generella minskande trenden av sulfat under huvuddelen av tidsserien är gemensam för de flesta sjöarna. Ett undantag är två sjöar i nordligaste Sverige där glaciäravsmältning troligtvis lett till oxidation av svavelhaltiga mineraler. I södra Sverige minskar också halterna av baskatjoner kring millennieskiftet som en respons på den minskade halten mobila sulfatanjoner. Den syraneutraliserande förmågan (ANCo) ökade kring millennieskiftet i hela landet och i södra Sverige åtföljdes ökningen även av att pH ökade. Generellt visar trenderna på en kombination av den trend som beror på den minskade depositionen samt den naturliga klimatrelaterade variationen.



Figur 1.14. Exempel på GAM-modeller anpassade till sulfathalten (vänster) respektive pH-värde (höger) i 58 sura referensvattendrag. Rött anger signifikant ökande trend och blått anger signifikant minskande trend. Vattendragen är sorterade från norr till söder med den övre tredjedelen av data norr om norrlandsgränsen.

Källa: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

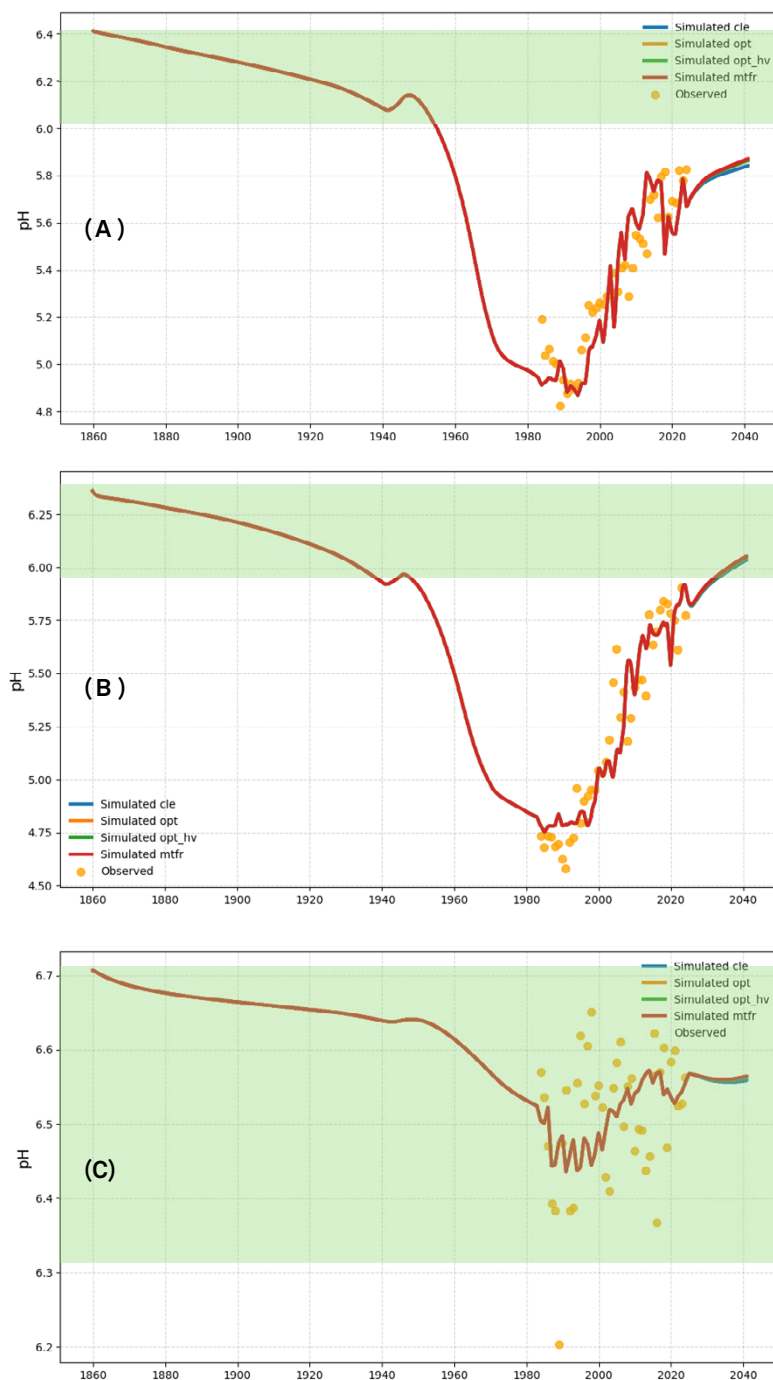
EXEMPEL PÅ FÖRSURNINGSFÖRLOPP I TRE SVENSKA SJÖAR

I bedömningen av försurningsstatus bedöms varje sjö mot sitt eget beräknade referensvärde. Detta är viktigt eftersom många vatten i Sverige är naturligt humösa och kan ha lågt pH utan att vara antropogent försurade, och det är förändringen relativt referenstillståndet som är relevant i bedömningen. Biologiska förändringar är dock ofta mer tydligt kopplade till syraneutraliserande förmåga snarare än pH.

Figur 1.15 illustrerar tre exempel på olika sjöar med olika utvecklingsförlopp, i relation till de nuvarande bedömningsgrunderna som baseras på förändringar i pH-värde. En förändring i pH-värde på 0,4 från det ursprungliga värdet är markerat med en grön zon i figur 1.15, det vill säga om pH ligger under denna zon så klassas sjön som antropogent försurad. Dessa tre sjöar är en del av resultatet från en modelleringsstudie av cirka 100 tidsseriesjöar med MAGIC, som jämförs med uppmätta värden, och representerar därför tre verkliga sjöar i Sverige.

Den översta bilden (figur 1.13 (A)) illustrerar en sjö som har haft en betydande avvikelse från referensen och pH (samt syraneutraliserande förmåga) ligger kvar under biologiskt kritiska nivåer. Denna sjö har klassats som försurad och har inte heller återhämtat sig ännu. Den mellersta bilden (figur 1.13 (B)) illustrerar en sjö som har passerat tröskelområdet men som också visar en återhämtning mot referensvärdet. Denna sjös status förbättras successivt och beräknas kunna återhämta sig till år 2040. Den nedersta bilden (figur 1.13 (C)) illustrerar en sjö som uppvisar en viss kemisk förändring, men avvikelsen från referensen är mindre än 0,4 pH-enheter och den syraneutraliserande förmågan ligger över de biologiska trösklarna. Denna sjö kan därför betraktas som inte antropogent försurad.

Modelleringen av sjöarnas vattenkemi visar även vilka skillnader som är förväntade i framtiden, beroende på framtida utsläppsscenario (olikfärgade linjer i respektive figur). I korthet kan man säga att skillnaderna i återhämtning mellan olika scenarion är mycket små. Den minsta återhämtningen förväntas med nuvarande lagstiftning (current legislation, CLE), förutsatt att alla lever upp till sina åtaganden, och den största återhämtningen observeras med maximala tekniskt möjliga åtgärder (maximum technical feasible reduction, MTFR). Men alla scenarion uppvisar en liknande trend och ungefär lika stor effekt fram till år 2040.



Figur 1.15. Schematisk illustration av typfall för tre olika sjöar enligt svenska bedömningsgrunder för försurning. Linjer visar modellerad utveckling av pH från förindustriell referens (ca 1860) till nutid och framtid. Punkter markerar observerade värden. Grön zon anger nivåer över biologiska trösklar.

A, överst: Sjö med kvarstående försurning och otillräcklig återhämtning.

B, mitten: Sjö som varit försurad men återhämtas i takt med minskad deposition.

C, nederst: Sjö med viss kemisk förändring men utan tillräcklig avvikelse från referens för att klassas som försurad.

Källa: IVL Svenska miljöinstitutet.

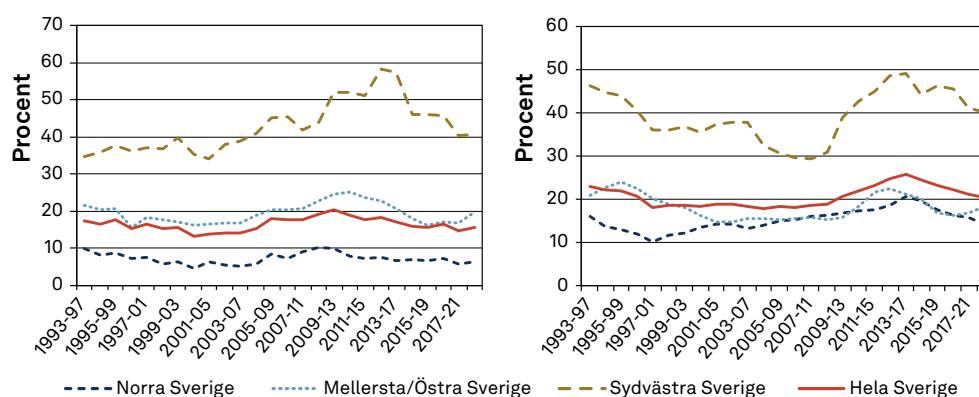
1.2.7 Försurad mark

En utav de fyra preciseringar som regeringen fastställt för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning är Försurad mark*. Preciseringen innebär att försurningen av marken inte påskyndar korrosion av tekniska material och arkeologiska föremål i mark och inte skadar den biologiska mångfalden i land- och vattenekosystem. Uppföljningen och utvärderingen av precisering fokuserar på de biologiska effekterna i land- och vattenekosystem.

I Sverige är marken i skogen generellt sur, vilket är ett normalt tillstånd för barrskog i norra Europa. Hur sur marken är beror på flera faktorer. En faktor är hur stort nedfallet av försurande ämnen har varit historiskt och hur stort det är idag. En annan faktor är i vilken utsträckning skogsbruk bedrivs, vilka trädslag som finns i skogen och skogens ålder. Skogsmarken är som surast i sydvästra Sverige, vilket beror på ett stort historiskt högt nedfall av försurande ämnen. Försurning i marken orsakar bland annat minskade halter av baskatjoner och ökade halter av aluminium i löslig form. Höga aluminiumhalter är skadligt för många marklevande organismer.

OLIKA MÅTT PÅ MARKENS FÖRSURNINGSTILLSTÅND OCH TRENDER ÖVER TID

För att bedöma markens surhetsgrad används två mått som visar på olika egenskaper och utveckling i marken, i olika jordmånshorisonter. Det ena måttet är basmättnadsgrad i B-horisonten (rostjord).⁵⁷ Tillståndet i B-horisonten speglar både skogsbrukets påverkan och försurning till följd av nedfall. Det andra måttet är pH (surhet) i C-horisonten (mineraljord). C-horisonten är ett djupare markskikt och bedöms därför spegla försurningspåverkan från främst nedfall, då det är mer opåverkat av markprocesser. Bas mättnadsgrad i B-horisonten och pH i C-horisonten delas in i olika tillståndsklasser (2 till 5), där tillståndsklass 4 och 5 indikerar störst försurningspåverkan. Figur 1.16 visar andelen försurade marker som faller inom tillståndsklasserna 4 och 5 och figur 1.17 visar en mer detaljerad uppdelning av tillståndsklassningen.

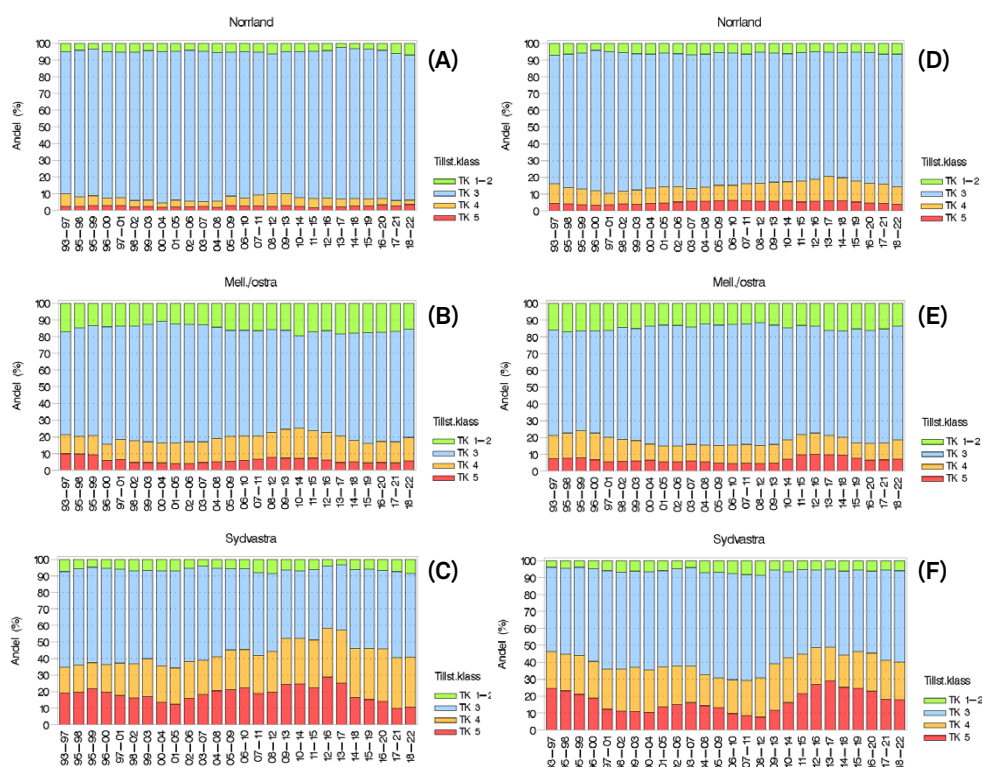


Figur 1.16. Andelen områden där pH-värdet i C-horisonten (vänster) och basmättnadsgraden i B-horisonten (höger) bedöms vara i tillståndsklass 4 eller 5 och därmed klassas som mest försurningspåverkade.

Källa: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

⁵⁷ Sveriges lantbruksuniversitet (2025). *Katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad*, <https://www.slu.se/om-slu/organisation/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/markinfo/markkemi/katjonbyteskapacitet-och-basmattnadsgrad/>

För pH-värde i C-horisonten (vänstra grafen i figur 1.16) observeras i sedan mitten av 2010-talet en ihållande minskning av andelen marker med hög eller mycket hög surhetsgrad i sydvästra Sverige. I de andra landsdelarna och sett till hela landet observeras ingen tydlig trend och andelen försurade marker ligger på ungefär samma nivå som på 1990-talet. För basmättnadsgraden i B-horisonten (högra grafen i figur 1.16) observeras en minskande trend av marker med hög eller mycket hög surhetsgrad de senaste tio åren, efter en period med en ökande trend. Mönstret är tydligast i sydvästra Sverige. Sammantaget kan man se att en långsam återhämtning pågår i svenska skogsmarker.



Figur 1.17. Fördelning av tillståndsklasser för försurning uppdelat på landsdelar, Norrland (A och D), mellersta/östra Sverige (B och E) och sydvästra Sverige (C och F). Klassningen är uppdelad på tillståndsklass 1–5, där 5 (röd) klassas som mest försurningspåverkad. Figuren visar två indikatorn, där pH-värdet i C-horisonten visas till vänster (A–C) och basmättnadsgraden i B-horisonten till höger (D–F).

Källa: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

Ytterligare ett sätt att bedöma försurningstillståndet i mark är att titta på markvattnet. Långa tidserier av markvattenmätningar finns inom Krondroppsnätet.⁵⁸ Markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) under rotzonen ger ett mått på effekterna av atmosfäriskt nedfall och skogens påverkan. Ett ANC som är noll eller lägre i markvattnet under rotzonen innebär att det inte finns någon buffrande förmåga i markvattnet. Det vatten som exporteras från skogsmark bör därför ha ett värde över noll för att ge buffringskapacitet i ytvattnet.

⁵⁸ Krondroppsnätet (IVL Svenska Miljöinstitutet). <https://krondroppsnatet.ivl.se/>

Resultat från krondroppsnätet för perioden (1996–2022)⁵⁹ visar en återhämtning i markvattnets kemiska status, även om denna går långsamt. Skogsmarken förmåga att stå emot ytterligare försurningstryck är därför fortfarande försvagad. Halterna av svavel i markvatten har minskat väsentligt de senaste 25 åren (cirka 58 procent) men inte fullt ut i samma utsträckning som nedfallet av svavel (som minskat med cirka 77 procent). ANC och pH har endast ökat signifikant på vissa platser men inte överallt. På platser som hade låg ANC och lågt pH i markvattnet i början av tidsperioden, på 1990-talet, var ökningen av ANC generellt större och ökningen av pH mindre. På platser som hade högre pH-värden och ANC-värden över noll var ökningen av pH större. Detta förklaras av ett icke-linjärt sambandet mellan pH och ANC i markvattnet. För halter av nitrat i markvatten observeras ingen tydlig nedåtgående trend, trots minskat kvävenedfall. Förhöjda halter av nitrat i markvattnet förekommer främst i sydvästra Sverige, men variationer över tid kopplas mer troligt till lokala störningar såsom stormfällning eller barkborreangrepp än till förändringar i kvävenedfall.

INGEN UPPFÖLJNING AV KORROSION I MARK

I miljömålets precisering om *Försurad mark* anges, utöver påverkan på biologisk mångfald, även att försurningen av marken inte ska påskynda korrosion av tekniska material och arkeologiska föremål i mark. Kulturmiljöer kan påverkas av försurning då många kulturhistoriska byggnader, lämningar och miljöer är uppförda i material som är känsliga för försurande ämnen, såsom kalksten, sandsten, puts och äldre murbruk. Idag finns ingen specifik indikator för uppföljning av försurningens påverkan på arkeologiska föremål. Riksantikvarieämbetet har beskrivit den påverkan som luftföroreningar och försurad nederbörd kan ha på arkeologiska föremål samt förutsättningar för att utveckla uppföljningen av kulturmiljön med avseende på korrosion till följd av markförsurning.^{60,61} Interaktionen mellan olika markfaktorer vid nedbrytning av material gör det svårt att hitta kostnadseffektiva metoder för att mäta nedbrytningen som orsakas av antropogen försurning.

1.2.8 Kvävet roll i försurningen

Under flera decennier var svavel den dominerande orsaken till försurning av mark och vatten i Sverige. När svavelbelastningen nu har minskat i stor omfattning har kvävet i stället fått en mer framträdande roll när det kommer till att förstå och kvantifiera försurningen. Kväve kommer från flera olika källor och ingår i ekosystemens naturliga kretslopp vilket gör dess påverkan på försurning mer komplicerad.

⁵⁹ Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. och Karlsson, P. E. (2024). *Atmospheric Deposition and Soil Water Chemistry in Swedish Forests Since 1985 – Effects of Reduced Emissions of Sulphur and Nitrogen*. Science of the Total Environment, 913, 169734. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.169734.

⁶⁰ Riksantikvarieämbetet (2020). *Kulturmiljön i miljömålssystemet – Kulturmiljööversikt delrapport I*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. ISBN 978-91-7209-864-0.

⁶¹ Riksantikvarieämbetet (2021). *Kulturmiljööversikt del II: förslag som kan bidra till att kulturmiljön blir en tydligare del av miljömålsuppföljningen*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

FRÅN SVAVEL TILL KVÄVE

Försurningen av mark och vatten i Sverige har historiskt dominerats av svavelnedfall, som ett resultat av förbränning av fossila bränslen som kol och olja. Sedan 1980-talet har reglering av svavelinnehåll i bränsle och internationella utsläppsminskningar lett till att svavelnedfallet minskat med mer än 90 procent i stora delar av landet. Detta har resulterat i en tydlig återhämtning i både mark och ytvatten.

Kvävenedfallet har däremot inte minskat i samma omfattning. Trots minskningar sedan början av 2000-talet ligger nedfallet i stora delar av södra Sverige fortfarande över gränsen för kritisk belastning för flera känsliga ekosystem (avsnitt 1.2.3). Därmed har kvävet blivit en allt viktigare faktor bakom kvarstående försurning. Även i den förra fördjupade utvärderingen av *Bara naturlig försurning* lyftes att svavlets relativa betydelse för försurning minskar, samtidigt som kvävet betydelse ökar, inte minst i skogsmark där ekosystem långsamt närmar sig kvävemättnad. Detta väcker frågor om framtida risker, långsiktiga effekter och behovet av anpassade åtgärder.

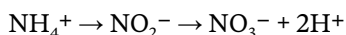
HUR KVÄVENEDFALL DRIVER FÖRSURNING – KVÄVECYKELN OCH KVÄVEKASKADEN

Kvävenedfall sker främst i två former:

- oxiderat kväve (kväveoxider, $\text{NO}_x \rightarrow \text{nitratkväve}, \text{NO}_3^-$)
- och reducerat kväve (ammoniak, $\text{NH}_3 \rightarrow \text{ammoniumkväve}, \text{NH}_4^+$).

När reaktivt kväve (NO_x och NH_3) släpps ut till atmosfären och sedan faller ned på mark och vatten går det in i en kedja av kemiska och biologiska processer, den så kallade kvävekaskaden. I ekosystem där kvävetillgången är begränsad utnyttjas kvävet effektivt av vegetation och mikroorganismer. Men vid ihållande högt nedfall fortsätter markens kväveförråd att byggas upp över decennier, något som beskrivits omfattande i litteraturen om kvävemättnad.⁶² Samma kväveatom kan ge upphov till en rad olika miljöeffekter när den omvandlas mellan olika föreningar och förflyttas mellan luft, mark, ytvatten och hav, innan den slutligen återgår till inert kvävgas (N_2).

När ammonium oxideras till nitrat (nitrifikation) frigörs vätejoner:



Detta bidrar direkt till markförsurning, särskilt i marktyper med låg buffringskapacitet.⁶³ I markekosystem är kväve ofta ett begränsande näringsämne. Vid måttligt nedfall tas kvävet upp av växter och mikroorganismer, eller binds i organiskt material. Detta kan initialt öka skogstillväxten utan att ge större nitratutlakning. Problem kan dock uppstå när den samlade kvävebelastningen (deposition och gödsling) under lång tid överskrider ekosystemets förmåga att ta upp och lagra kväve, systemet når kvävemättnad.

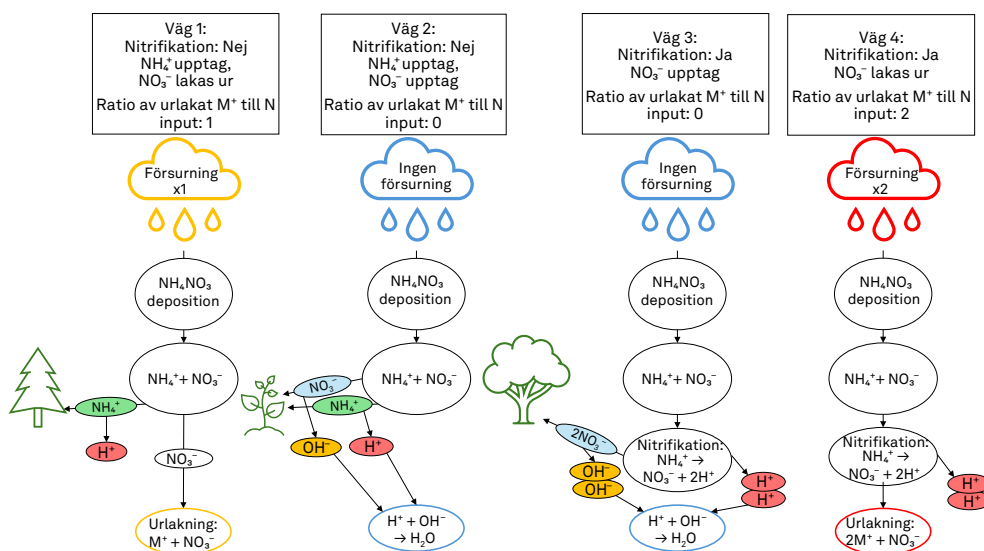
⁶² Aber, J., McDowell, W., Nadelhoffer, K. m.fl. (1998). *Nitrogen Saturation in Temperate Forest Ecosystems: Hypotheses Revisited*. BioScience, 48(11), 921–934. DOI: 10.2307/1313296.

⁶³ Dise, N. B. och Wright, R. F. (1995). *Nitrogen Leaching from European Forests in Relation to Nitrogen Deposition*. Forest Ecology and Management, 71(1–2), 153–161. DOI: 10.1016/0378-1127(94)06092-W.

KVÄVEMÄTTNAD OCH NITRATUTLAKNING

Vid kvävemättning ökar risken att nitrat (NO_3^-) börjar läcka ut till grundvatten och ytvatten. När nitrat börjar läcka orsakar det försurning på samma sätt som svaveldeposition och utlakning av sulfat (SO_4^{2-}). Den försurande effekten kommer dels av själva nitrifikationsprocessen (omvandling av ammonium till nitrat, som genererar vätejoner), dels av att nitraten ofta följs av baskatjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) som lakas ut ur markprofilen. Markens förråd av baskatjoner minskar därmed över tid och påverkar markens förmåga att motverka försurning. När buffringskapaciteten är förbrukad sjunker pH, aluminium mobiliseras och försurningen manifesteras i både mark och vatten.

Nitratutlakning inte är lika vanlig i Sverige som i starkt kvävebelastade länder som Danmark, Tyskland och Nederländerna, men risken ökar vid högt kvävenedfall och efter störningar som avverkning. Detta stöds av både svenska och internationella studier, där kroniskt högt kvävenedfall visats leda till ökande läckage av oorganiskt kväve och därmed ökad försurning och övergödning i ytvatten.



Figur 1.18. Illustration av några principiella försurande effekter av kvävenedfall beroende på kvävet's biogeokemiska väg i marken.

Källa: IVL Svenska miljöinstitutet.

Kvävet kan omsättas genom flera biologiska och geokemiska processer i marken, och hur dessa påverkar surhetsgraden beror på hur de samverkar med markens jonbalans och buffertsystem (figur 1.18). När ammonium (NH_4^+) tas upp av växter eller mikroorganismer sker i regel en frisättning av vätejoner (H^+), vilket bidrar till försurning. Upptag av nitrat (NO_3^-) innebär däremot en nettoförbrukning av vätejoner eller frisättning av neutraliserande ämnen ($\text{OH}^-/\text{HCO}_3^-$) vilket motverkar försurning.

Omvandlingen av NH_4^+ till NO_3^- (nitrifikationen) genererar i sig vätejoner och sänker marklösningens pH, men denna syrabildning ger inte nödvändigtvis upphov till långsiktig nettoförsurning om det bildade nitraten immobiliseras eller tas upp biologiskt. Den avgörande faktorn är i stället om nitrat exporteras från rotzonen. När nitrat lakas ut måste elektroneutralitet upprätthållas, vilket innebär att anjonen åtföljs av positiva joner. I praktiken är det oftast baskatjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)

som mobiliseras från markens katjonbyteskomplex. Förlusten av baskatjoner sänker basmättnaden och kan på sikt leda till ökad mobilisering av aluminium och andra potentiellt toxiska metalljoner. Därför drivet kopplingen mellan nitratutlakning och baskatjonförlust den långsiktiga försurningen av både mark och avrinnande vatten.

För en mer fullständig bild av syrabas-förhållandena behöver även andra kväveprocesser beaktas. Denitrifikation, där NO_3^- reduceras till N_2 eller N_2O under syrefattiga förhållanden, konsumeras vätejoner och kan därmed generera bufferkapacitet. Om en betydande andel av det tillförda eller nitrifierade kvävet avgår som gasformigt kväve reduceras därför den potentiella försurningsbelastningen. På motsvarande sätt påverkar katjonutbytesreaktioner hur snabbt och i vilken omfattning baskatjoner mobiliseras från markens fasta fas till vattenlösning.

Figur 1.18 illustrerar att kvävenedfall inte automatiskt orsakar försurning. Nettoeffekten bestäms av en massbalans mellan (1) syrabildande processer som nitrifikation och katjonupptag, (2) neutraliserande processer som nitratupptag och denitrifikation, samt (3) exporten av nitrat i kombination med baskatjoner. Först när NO_3^- lämnar systemet i avrinningsvattnet uppstår en varaktig förlust av syra-neutraliserande baser och därmed en långsiktig försurningseffekt. Detta innebär att risken för kväveinducerad försurning är nära kopplad till ekosystemets kvävemättnadsgrad. I kvävebegränsade system kan en stor del av nedfallet immobiliseras biologiskt utan nettoförsurning, medan kvävemättade system uppvisar ökad nitrifikation och nitratläckage, vilket kopplar kvävebelastning direkt till förlust av baskatjoner och försämrad kemisk status i mark och vatten.

GÅRDSJÖN – FRÅN SVAVEL TILL KVÄVEDOMINERAD FÖRSURNING

Ett exempel där ovan beskrivna effekter har studerats är NITREX-försöken i Gårdsjön i Bohuslän.⁶⁴ Där har svavelnedfallet minskat med drygt 90 procent sedan slutet av 1980-talet, medan kvävenedfallet bara har minskat med cirka 30 procent. Svavelnedfallet ligger därför idag under nivåerna för kritisk belastning, medan kvävenedfallet på 5–8 kg N/ha/år bedöms vara för högt för att vara långsiktigt hållbart. I NITREX-experimentet har en skogsdominerad avrinningsyta gödslats med cirka 40 kg N/ha/år sedan 1990, för att simulera ett tillstånd med mycket högt nedfall. I början av försöket var systemet kraftigt försurat och försurningen dominerades av sulfatutlakning kopplad till svaveldeposition, nitrathalterna i avrinningen låg oftast under detektionsgränsen. Med tiden har nitratutlakningen till avrinningen ökat kraftigt, och i dag är nitrat (räknat i ekvivalenter) en större försurande faktor än sulfat, när man räknar bort icke-försurande havssaltbidrag.

Långtidsstudier från Gårdsjön visar att endast en begränsad del av den tillförda kvävegivan förloras som läckage, medan en stor del ackumuleras i mark och biomassa, vilket tyder på en långsam men fortgående uppbyggnad mot kvävemättnad.⁶⁵ Kvävegödsling fungerar därmed som ett praktiskt experiment för att visa hur kväve gradvis kan ta över rollen som dominerande försurande faktor i skogsdominerade avrinningsområden när svavelbelastningen har minskat. I Gårdsjön har man

⁶⁴ Gårdsjöstiftelsen (2023). *Luftföroreningar, klimat och framtid – 50 års forskning vid Gårdsjön*. Gårdsjöstiftelsens årsskrift. ISBN 978-91-85221-46-2.

⁶⁵ Moldan, F., Jutterström, S., Oulehle, F. m.fl. (2025). *Nitrogen Saturation and Carbon Sequestration in a Coniferous Forest Catchment: 32 Years of Nitrogen Additions at Gårdsjön, Sweden*. Water, Air, & Soil Pollution, 236, 216. DOI: 10.1007/s11270-025-07848-9.

genom gödsling simulerat ett högt kvävenedfall för att experimentellt studera dess potentiella effekter. Generellt så minskar dock halterna av kväve i Sveriges ytvatten på grund av minskad deposition och ökat vegetationsupptag på grund av klimatförändringen.^{66,67}

SKOGSBRUK, KVÄVE OCH LÅNGSIKTIG MARKFÖRSURNING

Kväve påverkar försurningen inte bara via nedfallet och nitrattutlakningen, utan också indirekt genom att driva på skogstillväxt och därmed baskatjonupptag. Som beskrivits i avsnitt 1.2.5 bidrar skogsbruket till markförsurning genom att trädens tillväxt innebär upptag av baskatjoner och uppbyggnad av organiska syror i marken. Vid slutavverkning och uttag av biomassa tas delar av dessa baskatjoner bort från ekosystemet i stället för att återföras via nedbrytning och uttag av grenar och toppar förstärker denna effekt ytterligare. Skogsbrukets relativa betydelse för försurningen har ökat i takt med att nedfallet av svavel och kväve minskat.

Ett överskott av kväve i skogsmark leder till ytterligare markförsurning när reducerat kväve oxideras, och vid avverkning kan kväveläckaget förväntas öka. Den samlade effekten av nedfall, markberedning, klimat och eventuell kvävegödsling påverkar kväveläckage till yt- och grundvatten. Frågan om kväve och dess miljöeffekter kan därför inte ses som separat från skogsbrukets utformning. Kvävedepositionen samverkar med biomassauttaget, genom att högre kvävebelastning leder till högre tillväxt, vilket leder till större uttag av baskatjoner, vilket i sin tur leder till större försurningsrisk om inte askan återförs.

EFFEKTER PÅ EKOSYSTEM OCH BIOLOGISK MÅNGFALD

Kvävedriven försurning ger samma typ av effekter på vattenkemi och biologi som svavelrelaterad försurning. När försurning leder till sänkta pH-värden i ytvatten mobiliseras oorganiskt aluminium (Al^{3+}) från marken. Detta kan orsaka skador på fisk och andra vattenlevande organismer, genom bland annat försämrad överlevnad hos rom och yngel, skador på gälar och påverkan på känsliga ryggradslösa djur.⁶⁸

Kväve bidrar samtidigt till övergödning av sjöar, vattendrag och hav, vilket ytterligare påverkar ekosystemens sammansättning och funktion. I denna rapport är fokus på kväve som försurande ämne, men kväve spelar också, och kanske främst, en roll som näringsämne i miljön. Ett ökande läckage av nitrat och ammonium från skogsmark till sjöar, vattendrag och kustvatten kan bidra till övergödning, förändrad artsammansättning och öka risken för algblomningar. I kust- och havsmiljö är kväve en viktig faktor för övergödning och luftburet kväve uppskattas stå för cirka en fjärdedel av kvävet till Östersjön.⁶⁹ Inom miljömålssystemet följs övergödningens problematiken upp genom miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*.

⁶⁶ Isles, P. D. F., Creed, I. F. och Bergström, A.-K. (2018). *Recent Synchronous Declines in DIN:TP in Swedish Lakes*. Global Biogeochemical Cycles, 32(2), 208–225. DOI: 10.1002/2017GB005722.

⁶⁷ Lucas, R. W., Sponseller, R. A., Gundale, M. J. m.fl. (2016). *Long-term Declines in Stream and River Inorganic Nitrogen (N) Export Correspond to Forest Change*. Ecological Applications, 26(2), 545–556. DOI: 10.1890/14-2413.

⁶⁸ Havs- och vattenmyndigheten (2018). *Biologiska effekter av försurningen*, <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/forsurning/forsurning-och-kalkning/biologiska-effekter-av-forsurningen.html>

⁶⁹ Havs- och vattenmyndigheten (2026). *Uppdrag om förbättrad havsmiljö och minskad övergödning i Östersjön – Delredovisning 2026 av regeringsuppdrag Förbättrad havsmiljö och minskad övergödning i Östersjön*. Dnr 2025-00001.

1.3 Det viktigaste miljöarbetet för att nå målet

Arbetet för att minska försurningen i Sverige och uppfylla miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* består av en kombination av nationellt och internationellt miljöarbete. Internationella åtaganden och nationella styrmedel har tillsammans drivit på för utsläppsminskningar av svavel- och kväveföreningar vilket i sin tur har lett till minskat nedfall av försurande ämnen över Sverige. I detta avsnitt ges en kort översikt av det viktigaste miljöarbetet som bidrar till att nå målet. En mer detaljerad beskrivning av styrmedel, åtgärder och deras effekter återfinns i avsnitt 2.2.

De insatser som haft störst betydelse är Sveriges långvariga engagemang inom FN:s luftvårdskonvention samt EU:s regelverk, kompletterat med nationella program och ekonomiska styrmedel som riktas mot de sektorer där utsläppen är som störst. Luftvårdskonventionens Göteborgsprotokoll och EU:s takdirektiv har begränsat hur mycket luftföroreningar som medlemsländerna får släppa ut och har lett till successiva minskningar av utsläpp i Europa.

FN:s luftvårdskonvention syftar till att minska utsläppen från långväga gränsöverskridande luftföroreningar. Under luftvårdskonventionens Göteborgsprotokoll, som trädde i kraft 2019, ålades Sverige minskningar fram till 2020 jämfört med basåret 2005 med 22 procent för svaveldioxid, 36 procent för kväveoxider och 15 procent för ammoniak. Sverige klarar sina åtaganden för svaveldioxid och kväveoxider men inte det för ammoniak. En process för att revidera Göteborgsprotokollet pågår men inga beslut är tagna än kring exempelvis nya utsläppstak. Revideringen kan på sikt medföra ytterligare utsläppsminskningar internationellt och därmed ytterligare minskad intransport av luftföroreningar till Sverige.

EU:s direktiv om minskade nationella utsläpp av vissa luftföroreningar (2016/2284/EU), även kallat takdirektivet, antogs 2016 och medför krav om minskade utsläpp till 2020 och 2030. Till år 2020 var åtagandena enligt takdirektivet samma som för Göteborgsprotokollet. Sverige uppfyllde sina utsläppsminskningståtaganden för svaveldioxid och kväveoxider till 2020, men inte för ammoniak.

Skärpta krav inom internationell sjöfart har lett till betydande utsläppsminskningar i Sveriges närområde, särskilt genom regleringen av svavelhalten i marina bränslen och införandet av svavel- och kvävekontrollområden (SECA och NECA) i Östersjön och Nordsjön.

Nationellt utgör luftvårdsprogrammet en grund för genomförandet av Sveriges åtaganden om utsläppsminskningar enligt EU:s takdirektiv. Samtliga EU:s medlemsländer ska utarbeta, anta och genomföra nationella luftvårdsprogram, som ska redovisa hur länderna avser att genomföra åtgärder och styrmedel för att uppfylla sina åtaganden. Sverige har hittills rapporterat två luftvårdsprogram till EU, år 2019 och 2024, samt en komplettering i augusti 2025. Arbetet med det tredje luftvårdsprogrammet har inletts och ska rapporteras till EU senast den 1 februari 2028. Sveriges luftvårdsprogram samlar åtgärder för att minska utsläppen av framför allt kväveoxider och ammoniak. Ett styrmedel som återfinns i luftvårdsprogrammet och som har tillkommit sedan den förra fördjupade utvärderingen är investeringsstödet Kväveklivet, som syftar till att minska ammoniakutsläpp från jordbruket som idag står för den största delen av ammoniakutsläppen. Inom energiproduktionssektorn fortsätter kväveoxidavgiften att vara ett centralt styrmedel, och regeringen

har aviserat kommande förändringar som kan öka dess effektivitet genom att inkludera fler anläggningar.⁷⁰

Skogsbruket påverkar försurning genom upptag av buffrande ämnen under trädens tillväxt och vid uttag av biomassa från skogen. Miljöarbetet kopplat till skogsbrukets försurande påverkan är främst inriktat på rådgivning och tillsyn kring askåterföring efter uttag av skogsbränsle. Utöver detta kan utvecklingen inom exempelvis bioenergi och klimatpolitik samt EU:s skogspolitik och regelverk indirekt påverka förutsättningarna för skogsbrukets och dess bidrag till försurning.

Sammantaget utgör dessa åtgärder de viktigaste delarna av miljöarbetet för att minska försurningspåverkan i Sverige. Arbetet är delvis långsiktigt och effekter kan komma att bli tydliga först efter flera år. För att nå målet behövs det att internationella åtaganden fortsätter att utvecklas samt att redan beslutade åtaganden efterlevs och styrmedel genomförs fullt ut.

1.4 De centrala problemen för målet

1.4.1 Fortsatt risk för skador på miljön när naturen återhämtar sig långsamt

Försurning är till viss del en naturlig process men påverkas också starkt av mänsklig aktivitet. Den naturliga försurningen är en långsam process medan den antropogena påverkan på försurningen har haft ett betydligt snabbare förlopp. I takt med industrialiseringen ökade utsläppen av försurande ämnen och kulminerade under slutet på 1970-talet. Historiskt har utsläpp av försurande ämnen till luft varit den främsta anledningen till att miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* inte kunnat uppnås.

Utsläppen av försurande ämnen orsakar även fortsättningsvis skador på växter, djur och bidrar till korrosion om än i lägre grad än tidigare. Även människors hälsa kan drabbas av försurningens effekter, bland annat till följd av dricksvatten från försurade brunnar. Försurningen har skadat djur- och växtlivet i tusentals sjöar och tiotusentals kilometer vattendrag. Låga pH-värden skadar bland annat musslor och andra vattenlevande ryggradslösa djur och försämrar även kläckning av fiskrom. Låga pH-värden kan också leda till att aluminium frigörs från marken och transporteras ut till sjöar och vattendrag i form av aluminiumjoner vilket ger skador på fisk, bland annat genom försämrad syreupptagning.

Trots de stora utsläppsminskningar som skett de senaste decennierna bedöms inte miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* vara uppnått. En stor anledning till att miljökvalitetsmålet inte kan nås till år 2030 är att det tar lång tid för naturen att återhämta sig. Prognoser pekar mot att utsläppen av försurande luftföroreningar kommer att fortsätta minska vilket kommer bidra till en fortsatt positiv utveckling i miljön. Men framtida utsläppsminskningar till följd av beslutade styrmedel bedöms dock inte som tillräckliga för att uppnå miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

Trots att utsläppen av försurande ämnen är betydligt mindre idag än under 1900-talet och återhämtningen i miljön pågår är det svårt att veta exakt hur försurningen kommer att utveckla sig i framtiden. Utlakning av ämnen är av stor betydelse för både markens och vattnets kemiska miljö. Nuvarande och framtida utlakning

⁷⁰ Prop. 2025/26:1, Budgetpropositionen för 2026.

påverkas av olika faktorer, som markanvändning och klimatförändringar. Då det är flera processer involverade och sammankopplade, och som dessutom är behäftade med vissa osäkerheter, är det svår att kvantifiera utvecklingen.

LUFTFÖRORENINGAR TRANSPORTERAS ÖVER GRÄNSER OCH SVERIGE HAR BEGRÄNSAD RÅDIGHET ÖVER UTSLÄPPEN I EUROPA

Försurningen i Sverige har historiskt varit starkt påverkad av utsläppskällor utanför landets gränser. Utsläpp av försurande ämnen kan transporteras långt med luften och påverka ekosystem i andra länder än där utsläppen skett. För att kunna påverka försurningen i Sverige krävs därför både nationella och framför allt internationella insatser, och många internationella styrmedel har redan haft en positiv påverkan på miljömålet. En kvarstående utmaning är att begränsa utsläppen av försurande ämnen från transportsektorn, inklusive sjöfarten där kväveoxidutsläppen fortfarande är stora.

SKOGSBRUKET FÅR EN VIKTIGARE ROLL FÖR FÖRSURNING

Skogsbrukets relativa bidrag till försurningen har ökat i takt med att nedfallet av försurande ämnen har minskat. Skogsbrukets påverkan är idag ungefär lika stor som bidraget från försurande nedfall. Skogsbrukets försurande påverkan bedöms få fortsatt större betydelse i takt med att nedfallet fortsätter att minska och bedöms även komma att öka med ett varmare klimat. Skogsbrukets utveckling har därför betydelse för om miljökvalitetsmålet som helhet ska kunna nås.

Ett ökat uttag av biomassa, till exempel för användning till förnybart bränsle, skulle kunna bidra till ökade arealer där uttag av grot sker. Framtida beslut och åtgärder inom nationell och internationell skogsvårdspolitik som inverkar på skörden av biomassa kan få en betydande påverkan på miljömålet. Hur utvecklingen går och vad effekterna blir är dock svårt att bedöma. En viktig kompensationsåtgärd för att minska skogsbrukets försurande påverkan är askåterföring. Idag sker askåterföring på en för liten del av ytorna där grotuttag sker för att det ska vara långsiktigt hållbart.

ÖKAD KOMPLEXITET OCH EN OSÄKER OMVÄRLD

Flera miljöfrågor, inklusive antropogen försurning, är komplexa och påverkas av flera samverkande faktorer. Försurning av mark och vatten i Sverige är inte ett enskilt problem och har inte heller en enkel lösning. Exempelvis så har övergången från svavel till kväve som dominerande försurande ämne bidragit till viss ökad komplexitet då utsläpp av kväve inte bara påverkar försurning utan också övergödning, biologisk mångfald och klimat. Klimatförändringar bidrar också till nya osäkerheter, då förändrade nederbördsmonster, extremväder och högre temperaturer kan påverka både de försurande processerna samt naturens återhämtning. I vissa fall finns tydliga synergier, till exempel minskade utsläpp från transporter och industri som gynnar både försurning, luftkvalitet och klimat, medan det i andra fall kan finnas målkonflikter. Skogsbruket är ett område som berörs av många frågor, dels olika miljökvalitetsmål, dels olika intressen som berör både produktion, klimat och miljönytta.

Miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* påverkas alltmer av hur olika samhällsomställningar genomförs. För att kunna nå alla miljökvalitetsmål, inklusive *Bara naturlig försurning*, kommer det behövas ett helhetsperspektiv och åtgärder

inom flera sektorer, såsom transport, industri, energi, skogsbruk, jordbruk och vattenförvaltning, behöver genomföras på ett sätt som skapa synergier och minskar målkonflikter.

Utöver osäkerheter kring kunskap om framtida miljöeffekter, så kan ett osäkert omvärldsläge också påverka miljöarbetet och därmed möjligheterna att nå miljö-kvalitetsmålet. När internationella relationer påverkas av konflikter, ekonomisk instabilitet eller minskat förtroende kan samarbeten försvåras, samtidigt som andra politiska och säkerhetsrelaterade frågor ges högre prioritet. Eftersom luft-föroreningar rör sig över nationsgränser är ett fungerande internationellt samarbete en viktig förutsättning för att minska förurningen effektivt. Det kommer, oavsett utveckling, vara av fortsatt vikt att ta fram och bibehålla effektiva styrmedel för att begränsa utsläpp av luftföroreningar och att inte skjuta dessa insatser på framtiden.

2. Miljöarbete – styrmedel och åtgärder för att nå målet

I detta kapitel presenteras och analyseras det nationella och internationella miljöarbete som genomförs och bidrar till måluppfyllnad av miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Inledningsvis ges en sammanfattning av de aktörer, drivkrafter och beteenden som orsakar de centrala problemen för målet (avsnitt 2.1). Därefter presenteras viktiga styrmedel och åtgärder som har betydelse för möjligheterna att nå målet, både när det gäller påverkan från luftföroreningar (avsnitt 2.2) och skogsbrukets försurande påverkan (avsnitt 2.3), samt övrigt miljöarbete som inte direkt riktar sig mot försurning men som kan ha en indirekt påverkan (avsnitt 2.4). En sammanfattande bild av miljöarbetet ges i form av en tabell över centrala styrmedel utifrån preciseringarna (avsnitt 2.5) och slutligen beskrivs några aspekter av målet som inte omfattas av nuvarande preciseringar (avsnitt 2.6).

2.1 Aktörer, drivkrafter och beteenden

De centrala problemen för att nå miljökvalitetsmålet som lyfts i avsnitt 1.5 är fortsatt nedfall av försurande ämnen till följd av utsläpp av luftföroreningar, samt att skogsbruket påverkar försurningstillståndet till följd av bortforsling av markens baskatjoner.

Utsläppen av svavel från förbränning och industriella processer har historiskt haft stor påverkan på försurningen. Dessa utsläpp har minskat genom att olja med hög svavelhalt har ersatts med bränslen med lägre svavelhalt, på senare tid även inom sjöfarten. Utsläppen av kvävedioxider har också minskat, framför allt till följd av katalytisk avgasrening, effektivare förbränning i motorer, samt minskad bränsleförbrukning.

Utsläpp av försurande ämnen till luft sker främst inom sektorerna transport (inklusive sjöfart), energiproduktion, industri och jordbruk. Utsläpp till luft drabbar i första hand andra än de som faktiskt förorenar, till exempel genom negativ påverkan på försurning, miljö och människors hälsa. Nedfallet av försurande ämnen påverkas till stor del av gränsöverskridande luftföroreningar som kan ha transporterats långa sträckor mellan utsläppskälla och depositionsplats. Detta kan bidra till lägre incitament för länder att minska sina egna utsläpp då påverkan sker någon annanstans.

Utöver nedfall av försurande ämnen så är skogsbrukssektorn en viktig aktör när det kommer till skogsbrukets försurande påverkan. Aktiviteter inom skogsbrukssektorn kan påverka markförsurningen på olika sätt. Efterfrågan på skogsråvara påverkar omfattningen av uttag och därmed försurningseffekter. Skogsbruket har också kopplingar till andra miljömål. Exempelvis är övergången från fossila till förnybara bränslen som klimatåtgärd något som kan påverka efterfrågan på biomassa.

Ovan nämnda sektorer styrs av olika finansiella avväganden. Styrmedel som syftar till att minska antropogen försurning behöver därför skapa ekonomiska incitament för att effektivt minska utsläpp av försurande ämnen. I Sveriges nationella luftvårdsprogram beskrivs hinder och brister i nuvarande styrning för att minska utsläppen av kväveoxider och ammoniak från olika sektorer.⁷¹ För den som brukar skogsmark kan det utöver finansiella aspekter också finnas värden i att bedriva skogsbruket så att det inte leder till markförsurning och näringsbortfall, för exempelvis bibehållen eller ökad produktionsförmåga och naturvärden. Incitament och styrning för att anpassa skogsbruket och till exempel öka askåterföringen kan både vara ekonomiska och i form av kunskapshöjande insatser och vägledning.

2.2 Centrala styrmedel och åtgärder samt deras effekter på miljö tillståndet

Utvecklingen för försurningen visar att långsiktigt miljöarbete kan ge tydliga resultat. Internationella överenskommelser om utsläppsminskningar har varit avgörande för att minska försurningen i Sverige. Sverige har under lång tid deltagit aktivt i arbetet inom EU och FN:s luftvårdskonvention och bidragit till de stora förbättringar som skett i miljön. Resultaten syns idag i form av minskat nedfall av försurande ämnen, färre försurade sjöar och en pågående återhämtning i mark och vatten. För att minska de svenska utsläppen har Sverige också infört nationella styrmedel och åtgärder. I detta avsnitt presenteras de viktigaste internationella och nationella styrmedlen och åtgärderna som har bidragit till utvecklingen mot miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

2.2.1 Internationella styrmedel och åtgärder mot utsläpp av försurande ämnen till luft

FN:S LUFTVÅRDSKONVENTION OCH GÖTEBORGS PROTOKOLLET

FN:s luftvårdskonvention (CLRTAP⁷²) undertecknades 1979 och trädde i kraft 1983 och har sedan dess arbetat för att minska utsläppen av gränsöverskridande luftföroreningar på norra hemisfären. Under 1970-talet visade svenska och norska forskare att svavelinnehållande luftföroreningar kunde transporteras över långa avstånd och orsaka miljöskador i andra länder, såsom försurning i Skandinavien. Insikten om långdistanstransport visade behovet av gemensamma internationella åtgärder. Under de årtionden som gått sedan konventionen bildades har kunskaperna ökat och nu drivs arbetet även av att minska luftföroreningars negativa effekter på människors hälsa.

Inom luftvårdskonventionen har Europa, USA, Kanada samt länderna i Kaukasus och Centralasien åtagit sig att begränsa utsläppen av långväga transporterade luftföroreningar som svavel, kväveoxider, tungmetaller och flyktiga organiska föreningar. Till konventionen hör åtta protokoll varav ett om finansiering av luftövervakning. De övriga specificerar mål och åtgärder för att minska utsläppen av

⁷¹ Naturvårdsverket (2023). *Underlag inför uppdatering av det nationella luftvårdsprogrammet*. Underlag inför uppdatering av det nationella luftvårdsprogrammet

⁷² Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution

olika typer av luftföroreningar. För försurande ämnen har de två svavelprotokollen haft historiskt stor betydelse. Enligt det första svavelprotokollet (från 1985) åtog sig medlemsländerna att skära ner sina utsläpp av svaveldioxid med 30 procent jämfört med 1980 års nivå. Det andra svavelprotokollet (från 1994) krävde en minskning med 35 procent jämfört med 1990 års nivå.

Idag är protokollet om försurning, övergödning och marknära ozon, även kallat Göteborgsprotokollet, det viktigaste instrumentet för fortsatt minskning av försurande ämnen. Göteborgsprotokollet antogs i sin ursprungliga form 1999, och reviderades 2012 för att ytterligare begränsa utsläppen av framför allt svaveldioxid, kväveoxider, ammoniak, flyktiga organiska ämnen samt fina partiklar (PM_{2,5}). Enligt den senaste revideringen av Göteborgsprotokollet var Sveriges åtaganden att mellan år 2005 och 2020 minska utsläppen av svaveldioxid med 22 procent, kväveoxider med 36 procent och ammoniak med 15 procent. Sverige har uppfyllt sina åtagande för svaveldioxid och kväveoxider. Utsläppen av ammoniak har däremot inte minskat i tillräckligt hög takt och Sverige har ett konstaterat överskridande för år 2020.

Under 2020 beslutades att Göteborgsprotokollet ska revideras på nytt. En översyn av protokollet har genomförts och på luftvårdskonventions 44:e partsmöte i december 2024 fattades beslut om en plan och tidplan för processen att revidera Göteborgsprotokollet.⁷³ Revideringen kan på sikt medföra åtaganden om mer omfattande utsläppsminskningar för parterna och därmed minskad intransport av luftföroreningar till Sverige. Det är viktigt att Sverige fortsätter att ta en aktiv roll i att driva på arbetet med revideringarna av Göteborgsprotokollet.

Luftvårdskonventionen lyfts ofta fram som en framgångsrik miljökonvention. Till stor del kan framgångarna förklaras av det täta internationella samarbetet mellan beslutsfattare och forskare. Dessutom har man inom konventionen tagit fram nya innovativa verktyg, bland annat för att beräkna bördefördelningen mellan länder. Göteborgsprotokollets utformning har inneburit att det har funnits en stor flexibilitet i att utforma utsläppstaken och de efterföljande åtgärdsprogrammen. Detta har sannolikt varit en fördel jämfört med tidigare internationella avtal, som bestämt strikta, enhetliga utsläppsgränser och begränsad flexibilitet i genomförandet.

EU:S DIREKTIV FÖR NATIONELLA UTSLÄPP AV VISSA LUFTFÖRORENINGAR – TAKDIREKTIVET

EU:s direktiv om minskade nationella utsläpp av vissa luftföroreningar⁷⁴, ofta kallat takdirektivet, gäller för alla länder i EU. Takdirektivet anger hur mycket EU:s medlemsstater får släppa ut av olika luftföroreningar till 2020 och 2030, i jämförelse med basåret 2005. I kraven ingår även att utsläppen ska minska linjärt mellan 2020 och 2030 och det finns därför även ett indikativt mål till 2025 för att följa upp detta. De luftföroreningar som direktivet omfattar är svaveldioxid, kväveoxider, flyktiga organiska ämnen exklusive metan, ammoniak och små partiklar (PM_{2,5}).

EU:s takdirektiv är genomfört i svensk lagstiftning genom luftvårdsförordningen (2018:740). Förordningen omfattar Naturvårdsverkets och andra berörda myndigheters arbete med framtagande av luftvårdsprogram, utsläppsstatistik, scenarier, miljöövervakning samt rapportering till EU som följer av direktivets bestämmelser.

⁷³ UNECE (2025). *Report of the Executive Body on its forty-fourth session*. (ECE/EB.AIR/156).

⁷⁴ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2016/2284 om minskning av nationella utsläpp av vissa luftföroreningar.

Som en del av genomförandet av takdirektivet ska medlemsländerna ta fram och genomföra nationella luftvårdsprogram samt uppdatera och revidera dessa minst vart fjärde år. Det nationella luftvårdsprogrammet beslutas av regeringen och redovisar hur Sverige avser genomföra åtgärder och styrmedel för att uppfylla åtaganden om nationella utsläppsminskningar av olika luftföroreningar. Det första luftvårdsprogrammet rapporterades in 2019 och 2024 beslutade regeringen om ett uppdaterat luftvårdsprogram (se mer under avsnitt 2.2.2).⁷⁵

Baserat på den senaste utsläppsstatistiken ser Sverige ut att klara sina åtaganden enligt EU:s takdirektiv för flera föroreningar, men inte för utsläpp av kväveoxider och ammoniak. Sverige klarade sina åtaganden om utsläppsminskningar av svaveldioxid och kväveoxider till 2020, men inte åtagandet om minskade utsläpp av ammoniak. Därför pågår det ett överträdelseärende gentemot Sverige om överskridande av utsläppsåtagandet för ammoniak till 2020. Kommissionen har tidigare skickat en formell underrättelse om överskridande i januari 2023, följt av ett motiverat yttrande i november samma år. I november 2025 meddelade kommissionen att den avser väcka talan mot Sverige, samt tre andra medlemsstater, vid EU-domstolen för underlåtenhet att minska sina utsläpp och bryta mot direktivet. Om Sverige fälls kan det leda till krav på ytterligare åtgärder och ekonomiska sanktioner.

Till 2030 ser Sverige ut att missa sina åtaganden om minskade utsläpp av både ammoniak och kväveoxider, om inte fler åtgärder och styrmedel genomförs. För övriga föroreningar bedöms Sverige uppfylla sina åtaganden till 2030 utan ytterligare åtgärder.

I tabell 2.1. ges en översikt över Sveriges åtaganden om utsläppsminskningar, både under Göteborgsprotokollet och takdirektivet. Åtagandena är relativa, det vill säga en procentuell minskning relativt ett basår. Basåret är 2005 och motsvarande utsläpp visas också i tabell 2.1 nedan, tillsammans med hur långt åtgärdsarbetet har nått och vad utsläppen var vid den förra fördjupade utvärderingen av miljömålen (utsläppsår 2020) och nu (utsläppsår 2024).

Tabell 2.1. Åtaganden och resultat för utsläppsminskningar av de försurande ämnena svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak. Tabellen visar Sveriges utsläpp i kiloton för basåret 2005, samt åstadkomna utsläppsminskningar i procent till och med år 2020 och 2024. Till höger i tabellen visas Sveriges åtaganden om utsläppsminskningar till år 2020 samt 2030.

Ämne	Utsläpp (kt)	Utsläppsminskning sedan 2005		Sveriges åtaganden	
	Basåret 2005	Vid senaste fördjupade utvärderingen, utsläppsår 2020	Nuläge, utsläppsår 2024	Göteborgs-protokollet och Takdirektivet 2005–2020	Takdirektivet 2005–2030
Svaveldioxid	34,33	–57,5 %	–58,7 %	–22 %	–22 %
Kväveoxider	190,58	–39,8 %	–47,8 %	–36 %	–66 %
Ammoniak	62,37	–6,3 %	–10,1 %	–15 %	–17 %

⁷⁵ Regeringen (2024). *Nationellt luftvårdsprogram – Sveriges reviderade luftvårdsprogram 2024*. Regeringsbeslut II 7 vid regeringssammanträde den 1 februari 2024. KN2024/00234, KN2023/03240, KN2023/00756.

STYRMEDEL INOM INTERNATIONELL SJÖFART

Den internationella sjöfarten utgör fortfarande ett betydande bidrag till nedfallet av försurande ämnen i Sverige. Flera internationella regler har införts för att minska utsläppen av luftföroreningar, inklusive försurande ämnen, från sjöfarten vilket har lett till kraftiga minskningar av svaveldioxidutsläpp inom sektorn det senaste decenniet. För kväveoxider sker också en minskning av utsläppen, men effekterna är inte lika tydliga utan sker mer gradvis. Nedan beskrivs de viktigaste styrmedlen och deras betydelse för sjöfartens utsläpp av försurande ämnen.

Reglering av högsta tillåtna svavelhalt i marint bränsle har haft stor effekt

Inom den internationella sjöfartsorganisationen IMO:s finns en konvention för att förhindra föroreningar från fartyg, MARPOL 73/78⁷⁶, där den sjätte bilagan omfattar luftföroreningar. Kraven på att minska utsläppen av svaveldioxid från sjöfarten har skärpts i omgångar. Sedan 1 januari 2020 finns ett tak som innebär att allt marint bränsle som används globalt får innehålla högst 0,5 procent svavel, en skärpning från den tidigare gränsen på 3,5 procent. Utöver det finns ännu striktare reglering inom ett antal svavelemissionskontrollområden (SECA). Östersjön samt Nordsjön med engelska kanalen är SECA-områden sedan 2006 respektive 2007. Sedan 2015 får fartyg endast använda bränsle med högst 0,1 procent svavelhalt inom dessa områden.

Inom EU är IMO:s svavelkrav införlivade i svaveldirektivet⁷⁷ och i Sverige införlivas detta direktiv genom svavelförordningen (2014:509). Under 2023 genomfördes ändringar av svavelförordningen genom SFS 2023:127 som bland annat innebär att marina bränslen med svavelhalt över 0,5 procent inte får medföras annat än som last, om inte avgasrening finns. Samtidigt gjordes även ändringar av förordning (2012:259) om miljöstraffavgifter, genom SFS 2023:128, som bland annat innebär ökade miljöstraffavgifter vid överträdelse.

För att utsläppen ska fortsätta ligga på låga nivåer och minska ytterligare är det av stor vikt att regelverken efterlevs av alla fartyg. De beslutade gränsvärdena för svavelhalt i marint bränsle har lett till påtagligt minskade utsläpp av svaveldioxid i Sveriges närområde (se figur 1.11). Mellan år 2014 och 2015, då den striktaste regleringen infördes i SECA-området som omfattar Östersjön, minskade utsläppen av svaveldioxid med över 85 procent. En minskning på cirka 15 procent skedde också mellan år 2019 och 2020 då det globala taket på svavelhalt infördes, dock skedde denna minskning från redan låga nivåer och syns inte lika tydligt som regelsträpningarna inom SECA-områden.

Teknisk reglering för att minska fortsatt höga kväveutsläpp från sjöfarten

Internationella sjöfartsorganisationen IMO:s reglering av utsläppen av kväveoxider är i stället indelad i tre emissionsstandarder, som regleras i MARPOL 73/78, bilaga VI. Olika Tier-standarder sätter utsläppsgränser för olika motorvarvtal och beror också på fartygens byggnadsår. Tier I-standarderna gäller för alla fartyg som är

⁷⁶ 1973 års internationella konvention rörande förhindrande av förorening från fartyg och därtill hänförliga protokoll och ändringar från 1978 Annex II.

⁷⁷ Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/33/EU av den 21 november 2012 om ändring av rådets direktiv 1999/32/EG vad gäller svavelhalten i marina bränslen (EU:s reviderade svaveldirektiv).

byggda 2000–2011, Tier II gäller för alla fartyg byggda efter 2011, och Tier III gäller i så kallade kvävekontrollområden (NECA) för fartyg byggda efter 1 januari 2021, samt befintliga fartyg som byter motor. Östersjön samt Nordsjön med engelska kanalen är NECA-områden sedan 1 januari 2021. IMO har också beslutat att peka ut bland annat Norska havet som ett nytt utsläppskontrollområde för både svavel och kväve från 1 mars 2026.⁷⁸ Detta skulle kunna leda till utsläppsminskningar i Sveriges närområde och påverka nedfallet av försurande ämnen. Men eftersom Norska havets utsläppskontrollområde ligger i direkt anslutning till det redan befintliga utsläppskontrollområdet i Nordsjön bedöms ändringen inte ha så stor påverkan då många fartyg som trafikerar eller i framtiden är tänkta att trafikera detta område troligtvis redan lever upp till utsläppskontrollområdenas krav.⁷⁹

De fartyg som idag uppfyller Tier III-reglerna minskar utsläppen av kväveoxider främst med hjälp av katalysatorer eller genom att använda flytande naturgas (LNG) som bränsle. Användningen av LNG har ökat men utgör fortfarande en relativt liten andel, cirka 7 procent, av den totala bränsleförbrukningen på Östersjön.⁸⁰ Eftersom Tier-III reglerna inom NECA enbart sätter utsläppskrav på fartyg byggda efter 1 januari 2021 (samt befintliga fartyg som byter motor) omfattas därför inte alla befintliga fartyg, och effekten förväntas inte vara lika snabb och omfattande som för svavelregleringen. Men på sikt bör de striktare utsläppskraven i Sveriges närområde påverka utsläppen av kväveoxider och i förlängningen nedfallet av kväve.

Mätningar har dock visat att endast omkring en tredjedel av fartygen har kväveoxidutsläpp som ligger inom de förväntade Tier III-nivåerna.⁸¹ Hälften av mätningarna visar på utsläpp som är två till fem gånger högre än tillåtna utsläppsnivåer. Med anledning av detta genomförs ett forskningsprojekt med titeln ”NOx-emissioner från sjöfarten i verklig drift” under perioden 2024–2026 som finansieras av Trafikverket och Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning. Syftet med projektet är att utveckla metoder för att beräkna pålitliga emissionsfaktorer för kväveoxidutsläpp från fartyg, samt att titta på bland annat miljöpåverkan och kostnader som kommer av utsläppen som överstiger Tier-nivåerna.

Klimatstyrmedel inom sjöfarten kan ha påverkan på utsläpp av luftföroreningar

För miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är den internationella regleringen av svavel- och kväveutsläpp centrala. Åtgärder och mål som syftar till lägre klimatpåverkan kan också ha positiv effekt på att minska utsläpp av andra luftföroreningar, inklusive svaveldioxid och kväveoxider, exempelvis genom ökad energieffektivisering och minskad bränsleförbrukning.

IMO har utvecklat en strategi för att minska fartygens utsläpp av växthusgaser⁸² och under 2023 antogs EU-förordningen (EU) 2023/1805, även kallad ”FuelEU Maritime”, för att minska utsläpp från sjöfarten. Förordningen är en del av EU:s

⁷⁸ International Maritime Organization (IMO) (2024). Resolution MEPC.392(82): Amendments to MARPOL Annex VI (Designation of the Canadian Arctic and the Norwegian Sea as Emission Control Areas for Nitrogen Oxides, Sulphur Oxides and Particulate Matter, as Appropriate). Antagen den 4 oktober 2024.

⁷⁹ Transportstyrelsen (2026). *Konsekvensutredning av ändringar i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2010:96) om åtgärder mot förorening från fartyg – införlivande av resolutioner m.m.* TSF 2026-5.

⁸⁰ Jalkanen m.fl. (2025). *Emissions from Baltic Sea Shipping in 2024*.

⁸¹ Fridell m.fl. (2023). *Policy Recommendations Related to Regulations, Monitoring and Enforcement*. (SCIPPER D5.5).

⁸² International Maritime Organization (IMO) (2023). Resolution MEPC.377(80): 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. Annex 15 till MEPC 80/17/Add.1.

”Fit for 55”-paket och syftar till att minska sjöfartens klimatpåverkan genom att öka användningen av förnybara och koldioxidsnåla bränslen och ersättande energikällor vid sjötransport. Sedan 1 mars finns en ny svensk lag (2025:95) om användning av förnybara och koldioxidsnåla bränslen för sjötransport som främst rör straffavgifter, sanktionsavgifter samt tillsyn, och är en kompletterande bestämmelse till EU-förordningen.⁸³

2.2.2 Nationella styrmedel mot utsläpp av försurande ämnen till luft

Nedan beskrivs några viktiga nationella styrmedel som har påverkan på utsläppen av försurande ämnen till luft. Vissa styrmedel som har som huvudsakligt syfte att minska utsläpp av andra föroreningar, som exempelvis partiklar eller växthusgaser, kan också ha positiv påverkan på utsläpp av andra ämnen, särskilt om det leder till energieffektivisering och lägre bränsleförbrukning generellt. Ytterligare styrmedel riktade mot utsläpp av luftföroreningar beskrivs i den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet *Frisk luft*.⁸⁴

LUFTVÅRDPROGRAMMET

Samtliga EU:s medlemsländer ska utarbeta, anta och genomföra nationella luftvårdsprogram. Luftvårdsprogrammen ska redovisa hur länderna avser att genomföra åtgärder och styrmedel för att uppfylla åtagandena om nationella utsläppsminskningar enligt takdirektivet. Direktivet genomförs i svensk lagstiftning genom luftvårdsförordningen (2018:740), som ger Naturvårdsverket i uppdrag att ta fram ett förslag till ett nationellt luftvårdsprogram, vilket därefter beslutas av regeringen. Enligt luftvårdsförordningen ska även Jordbruksverket, Trafikverket, Energimyndigheten, Transportstyrelsen och andra berörda myndigheter bidra med nödvändiga underlag.

Sverige antog det första luftvårdsprogrammet 2019, och i början av 2024 antogs ett uppdaterat program.⁸⁵ Det bygger bland annat på Naturvårdsverkets underlag som redovisades till regeringen 2023.⁸⁶ Programmet innehåller flera åtgärder för att minska utsläppen av ammoniak och kväveoxider och ska förutom att leda till minskade utsläpp även leda till bättre luftkvalitet på lokal nivå och minska påverkan på biologisk mångfald och ekosystem. Under augusti 2025 rapporterades en komplettering av luftvårdsprogrammet, bland annat innehållandes åtgärden som kallas kväveklivet (se nedan).

Det nationella luftvårdsprogrammet syftar till att ange inriktning samt prioriteringar för hur Sverige ska kunna uppfylla sina åtaganden under takdirektivet. De förväntade effekterna av de åtgärder och styrmedel som omfattas av luftvårdsprogrammet är i vissa fall svåra att kvantifiera. Den totala effekten är därför osäker. De effekter som har kunnat kvantifieras eller uppskattas skulle enligt

⁸³ Prop. 2024/25:76, Kompletterande bestämmelser till EU:s förordning om användning av förnybara och koldioxidsnåla bränslen för sjötransport.

⁸⁴ Naturvårdsverket (2026). *Frisk luft – Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålen 2027*.

⁸⁵ Regeringen (2024). *Nationellt luftvårdsprogram – Sveriges reviderade luftvårdsprogram 2024*. Regeringsbeslut II 7 vid regeringssammanträde den 1 februari 2024. KN2024/00234, KN2023/03240, KN2023/00756.

⁸⁶ Naturvårdsverket (2023). *Underlag inför uppdatering av det nationella luftvårdsprogrammet*.

Naturvårdsverkets bedömning kunna uppgå till 2595–3875 ton minskade utsläpp av kväveoxider, detta omfattar dock inte förslag som ej har kunnat kvantifieras.⁸⁷ Motsvarande samlade effekt för ammoniak har uppskattats till 1185 ton. För att utsläppsminskningar ska ske måste förslagen i programmet också genomföras i praktiken.

Arbetet med det tredje luftvårdsprogrammet har inletts och ska rapporteras till EU senast den 1 februari 2028. Programmet kommer att bygga vidare på tidigare erfarenheter och åtgärder, med särskild tonvikt på ammoniak och kväveoxider, för att säkerställa att Sverige kan uppfylla sina långsiktiga åtaganden enligt takdirektivet. Luftvårdsprogrammet ska vara samordnat med den svenska klimat- och energipolitiken, vilket innebär att arbetet behöver harmoniseras med både klimatmålen och de styrmedel som tar fram inom klimathandlingsplanen. Arbetet med luftvårdsprogrammet löper därför parallellt med klimathandlingsplanen.

KVÄVEKLIVET – INVESTERINGSSTÖD FÖR JORDBRUKET

Sveriges utsläpp av ammoniak till luft var cirka 56 tusen ton år 2024, varav jordbruket stod för ungefär 90 procent av utsläppen.⁸⁸ För att minska utsläppen av ammoniak till luft och bidra till ett mer effektivt utnyttjande av kväve har det tagits fram ett nytt nationellt investeringsstöd, kallat kväveklivet, som administreras av Jordbruksverket. Kväveklivet var en del av styrmedelsförslagen i Sveriges nationella luftvårdsprogram och trädde i kraft i juli 2025 genom förordning (2025:655) om stöd till åtgärder för minskade utsläpp av kväveföreningar i jordbruket. Stöd kan beviljas för åtgärder och investeringar som minskar ammoniakavgång eller förbättrar kväveutnyttjandet, exempelvis täckning av gödsellager, teknik för surgörning av gödsel, teknik för lägre ammoniakavgång vid spridning, kvävesensorer och andra typer av utrustning för mer effektiv gödselhantering.

Budgeten för stödet är 100 miljoner kronor per år under perioden 2025–2027. I regleringsbrevet till Jordbruksverket finns dessutom ett beställningsbemyndigande som löper till 2030, vilket möjliggör fleråriga åtaganden inom stödet.⁸⁹ Intresset att söka stödet har varit stort.⁹⁰ Många av ansökningarna handlar om täckning av gödsellager och teknik för lägre ammoniakavgång vid spridning. Resurser för kommunikation har satsats på information om stödet och på kunskap om ammoniakutsläpp. Inom den strategiska planen för den gemensamma jordbrukspolitiken har det också varit möjligt att söka stöd för tak på gödselvårdsanläggningar eller andra byggnadsinvesteringar för lägre ammoniakavgång, vilket innebär att det nu finns två olika investeringsstöd när det gäller minskade utsläpp av ammoniak. Hur stöden utvecklas och vad de faktiska effekterna på ammoniakutsläppen blir kommer kunna bedömas senare.

Utöver detta finns ett projekt som heter Greppa Näringen⁹¹ som är ett nationellt svenskt rådgivnings- och kunskapsprogram för lantbrukare, finansierat inom Sveriges strategiska plan för EU:s jordbrukspolitik och med nationella medel.

⁸⁷ Regeringen (2024). *Nationellt luftvårdsprogram – Sveriges reviderade luftvårdsprogram 2024*.

⁸⁸ Naturvårdsverket (2026). *Ammoniak, utsläpp till luft*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/ammoniak-utslapp-luft/>

⁸⁹ Regeringen (2025). *Regleringsbrev för budgetåret 2025 avseende anslag 1:8 Kväveklivet inom utgiftsområde 20 Klimat, miljö och natur* (KN2025/01269).

⁹⁰ Jordbruksverket (2026). *Jordbruksverkets årsredovisning 2025*.

⁹¹ Greppa Näringen (2026). *Om Greppa Näringen*, <https://greppa.nu/om-greppa-naringen>

Programmet drivs i samarbete med Jordbruksverket. Greppa Näringen arbetar bland annat med insatser kopplade till kompetensutveckling kring ammoniak. Det finns även sedan tidigare möjlighet att söka investeringsstöd för ammoniakåtgärder inom EU:s gemensamma jordbrukspolicy, CAP.

KVÄVEOXIDAVGIFTEN

Kväveoxidavgiften, eller NO_x-avgiften, är ett nationellt styrmedel med syfte att ge ekonomiska incitament för att minska kväveoxidutsläppen från energiproducerande förbränningsanläggningar i Sverige.⁹² Avgiftssystemet administreras av Naturvårdsverket som även bedriver tillsyn. Verksamheter som driver produktionsenheter med en årlig produktion av nyttiggjord energi på minst 25 GWh omfattas av kväveoxidavgiften, det kan exempelvis vara pannor, gasturbiner och stationära förbränningsmotorer för el- och/eller värmeproduktion.

Systemet bygger på att avgiftspliktiga produktionsenheter ska betala en avgift för varje kilogram kväveoxider de släppt ut under året. Intäkterna återbetalas sedan i förhållande till hur mycket nyttiggjord energi som anläggningen producerat samma år. Anläggningar med höga kväveoxidutsläpp och lite nyttiggjord energi är därmed nettobetalare inom systemet, medan de med lägre utsläpp och större mängd nyttiggjord energi får återbetalning, så kallad tillgodoföring.

Mängden kväveoxidutsläpp per mängd nyttiggjord energi varierar från år till år, men uppvisade en minskande trend från början av 2000-talet som på senare år har stagnerat. Naturvårdsverket har sedan tidigare, som en del av genomförandet av luftvårdsprogrammet, tagit fram förslag till förändring av NO_x-avgiften, vilket beskrivs närmare i avsnitt 5.1.2.

FÖRBUD MOT UTSLÄPP FRÅN SJÖFARTSSKRUBBRAR I SVENSKT SJÖTERRITORIUM

Det är möjligt för fartyg att använda bränsle med högre svavelhalt än vad som egentligen är tillåtet om efterrening av rökgaserna sker. Rökgaserna tvättas då med hjälp av en skrubber för att minska utsläppen av svaveldioxid till luft. Skrubbrar har en negativ effekt på marina miljöer genom utsläpp av skrubbertvatten som innehåller farliga ämnen och är skadligt även i mycket små mängder.⁹³

Regeringen har beslutat om ett förbud mot utsläpp från skrubbrar, och från och med den 1 juli 2025 gäller därför nya regler för utsläpp från skrubbrar till vatten från fartyg i svenskt sjöterritorium.⁹⁴ Utsläpp från så kallade öppna skrubbrar är förbjudet från 1 juli 2025 och utsläpp från alla skrubbrar (även de som opererar i stängt läge) förbjuds från och med den 1 januari 2029.

Den nya regleringen av skrubbrar påverkar främst den marina miljön, men om användningen av skrubbrar på sikt minskar till förmån för lågsvavliga bränslen kan det ha en positiv effekt även på utsläpp av svavel till luft. Fartyg med skrubberteknik utgör fortfarande en viss risk för höga utsläpp av svaveldioxid ifall installerad rökgasrengöring inte används eller fungerar korrekt.

⁹² Naturvårdsverket (2026). *Kväveoxidavgiften*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/luft-och-klimat/kvaveoxidavgiften/>

⁹³ Transportstyrelsen och Havs- och vattenmyndigheten (2020). *Uppdrag att ta fram underlag om utsläpp av tvättvatten från skrubbrar på fartyg*. Redovisning av regeringsuppdrag 2019/03417/TM. Dnr. 4934-19 (HaV), TSS 2019-4813 (TS).

⁹⁴ Förordning (1980:789) om åtgärder mot förorening från fartyg. Ändrad SFS 2025:24.

LANDSTRÖM MINSKAR UTSLÄPP FRÅN FARTYG I HAMN

Att fartyg som ligger i hamn använder el i stället för förbränning av bränsle som energikälla, det vill säga anslutning till landström, kan ha en viss positiv påverkan på utsläpp och nedfall av försurande ämnen i kustnära områden och nära hamnar. Sedan 2011 tillämpar Sverige en kraftigt nedsatt energiskattesats för el som förbrukas av fartyg i hamn. Under 2024 godkändes Sveriges ansökan till EU-rådet om fortsatt skattesänkning för landströmsanläggningar.⁹⁵ Det finns även krav på anslutning till landström för vissa fartyg enligt förordningen FuelEU Maritime.⁹⁶

2.3 Styrmedel och åtgärder som påverkar försurning från skogsbruk

2.3.1 Nationellt miljöarbete med påverkan på skogsbrukets försurning

SKOGSSTYRELSENS VÄGLEDNINGAR KRING SKOGSBRÄNSLEUTTAG OCH KOMPENSATIONSÅTGÄRDER

För att säkerställa skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga och naturvärden finns Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (SKSFS 2011:7), som preciserar hur kraven i skogsvårdslagen (1979:429) ska tillämpas i praktiken. I Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd 27 § anges att när träddeklar utöver stamvirket tas ut ur skogen ska åtgärder vid behov vidtas så att skador inte uppstår på skogsmarkens långsiktiga näringsbalans och buffringsförmåga mot försurning. Stubbskörd får inte ske i skyddszoner mot sjöar och vattendrag.

Skogsstyrelsen har sedan tidigare tagit fram vägledande material kring skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder, dels i ett kunskapsunderlag⁹⁷, dels i form av praktisk vägledning med regler och rekommendationer⁹⁸. Vägledningen sammanfattar gällande lagstiftning och ger praktiska rekommendationer för när uttag av grenar och toppar (grot) bör begränsas och när askåterföring är motiverad. Syftet med vägledningen är att möjliggöra skogsbränsleuttag, främst i form av grot, utan att orsaka långsiktiga skador på markens näringsstatus eller försurningskänslighet.

Skogsstyrelsen arbetar löpande med frågor kopplade till askåterföring som kompensation för uttag av biomassa samt grot. Arbetet bedrivs bland annat i form av rådgivning kring askåterföring som åtgärd gentemot värmeverk, entreprenörer och skogssektorn. Skogsstyrelsen bedriver också tillsyn enligt miljöbalken, där tillsynen framför allt syftar till att inte negativa effekter ska uppstå till följd av askåterföringen.

Det finns inga styrmedel eller generella stöd som riktar sig mot askåterföring som kompensationsåtgärd mot försurning, även om statligt stöd i form av tillfälliga och tidsbegränsade projektmedel har förekommit.

⁹⁵ Rådets genomförandebeslut (EU) 2024/837 av den 26 februari 2024 om tillstånd för Sverige att tillämpa en nedsatt skattesats för elektricitet som direkt tillhandahålls fartyg i hamn i enlighet med artikel 19 i direktiv 2003/96/EG.

⁹⁶ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2023/1805 av den 13 september 2023 om användning av förnybara och koldioxidsnåla bränslen för sjötransport och om ändring av direktiv 2009/16/EG.

⁹⁷ Skogsstyrelsen (2019). *Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder – Kunskapsunderlag*. Rapport 2019/13.

⁹⁸ Skogsstyrelsen (2019). *Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder – Vägledning*. Rapport 2019/14.

DEN SKOGSPOLITISKA UTREDNINGEN OCH REGERINGENS LAGRÅDS-REMISS OM SKOGSBRUK

Den 17 mars 2026 presenterade regeringen en lagrådsremiss⁹⁹ med förslag till förändringar av regelverket för skogsbruk. Förslagen bygger på delar av 2024 års skogspolitiska utredning¹⁰⁰. Lagrådsremissen innehåller bland annat förslag som innebär en tydligare avgränsning av samrådsplikten för skogsbruksåtgärder. Den föreslår också ett kostnadstak för markägares kunskapsinhämtning, en kortare tidsfrist mellan avverkningsanmälan och åtgärdens genomförande samt att beslut enligt skogsvårdslagen ska överklagas till mark- och miljödomstol i stället för till förvaltningsdomstol.

Förslagen innebär inga förändringar som direkt rör skogsbrukets försurning påverkan, såsom grotuttag, askåterföring eller markkemiska processer på annat sätt. Regeringen anser att underrättelseskyldigheten enligt skogsvårdslagen för uttag av biobränsle inte bör tas bort, i motsats till vad som föreslogs i den skogspolitiska utredningen. Regeringens förslag skulle kunna få en indirekt påverkan på försurning genom förändrade förutsättningar för tillsyn, bedömning och prövning av åtgärder. De faktiska effekterna beror på den fortsatta beredningen och riksdagens kommande beslut. Ikraftträdandet är planerat till den 1 januari 2027.

2.3.2 Internationellt miljöarbete som kan påverka försurning från skogsbruk

På internationell nivå finns idag inga styrmedel som direkt reglerar skogsbränsleuttag eller askåterföring med syfte att motverka markförsurning. Däremot påverkas förutsättningarna för skogsbruket indirekt genom EU:s miljö-, klimat- och jordbrukspolitik.

Inom EU har hållbarhetskrav för bioenergi, EU:s skogsstrategi och strategin för biologisk mångfald bidragit till ökat fokus på skogarnas långsiktiga ekosystemfunktioner, där markens näringsbalans och försurningskänslighet är en del. Miljöarbete med syfte att motverka förlust av biologisk mångfald, till exempel art- och habitatdirektivet (direktiv 92/43/EEG), kan påverka och begränsa intensiteten i skogsbruksåtgärder i vissa områden.

Inom EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP) och landsbygdsutvecklingsprogrammen har forsknings- och utvecklingsinsatser samt miljöersättningar bidragit till kunskapsuppbyggnad och åtgärdsutveckling, även om fokus här främst ligger på biologisk mångfald och markskydd.

⁹⁹ Regeringen (2026). *Ett tydligt regelverk för aktivt skogsbruk*. Lagrådsremiss, mars 2026.

¹⁰⁰ SOU 2024:91. *Ett tydligt regelverk för aktivt skogsbruk – Delbetänkande av 2024 års skogspolitiska utredning*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet.

2.4 Övriga styrmedel som kan påverka målet

Den 10 december 2024 trädde ett nytt luftkvalitetsdirektiv inom EU i kraft.¹⁰¹ Det nya direktivet är en sammanslagning av direktiv 2004/107/EG om arsenik, kadmium, kvicksilver, nickel och polycykliska aromatiska kolväten i luften och direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa. Direktivets bestämmelser ska vara genomförda i svensk rätt senast den 11 december 2026. Naturvårdsverket har i ett regeringsuppdrag redovisat förslag författningsändringar i miljöbalken och luftkvalitetsförordningen.¹⁰² Luftkvalitetsdirektivet syftar främst till att minska halterna av hälsoskadliga föroreningar, och i Sverige är halterna av svaveldioxid och kväveoxider redan under miljö kvalitetsnormerna. Direktivet kan trots det få indirekt påverkan på miljömålet *Bara naturlig försurning*, om halterna och utsläppen av luftföroreningar minskar generellt i Europa och därmed leder till minskad intransport och mindre nedfall av försurande ämnen över Sverige. Luftkvalitetsdirektivets påverkan på luftmiljö beskrivs närmare i underlagsrapporten till den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet *Frisk luft*.¹⁰³

2.5 Sammanfattande tabell över centrala styrmedel

I tabell 2.2 ingår de två preciseringar som uttrycker påverkan på miljön, det vill säga preciseringen om nedfall av försurande ämnen och preciseringen om skogsbrukets försurande påverkan. Anledningen är att för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* används kriteriet att tillräckliga åtgärder, nationellt och internationellt, är beslutade och förväntas vara genomförda till 2030 för att bedöma om miljö kvalitetsmålet är uppfyllt eller inte. De två preciseringarna som beskriver tillståndet i miljön, försurade sjöar och vattendrag samt försurad skogsmark, tillåts uppnås senare.

¹⁰¹ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2024/2881 av den 23 oktober 2024 om luftkvalitet och renare luft i Europa.

¹⁰² Naturvårdsverket (2025). *Förslag till genomförande av det nya luftkvalitetsdirektivet i svensk rätt – slutredovisning*. Redovisning av ett regeringsuppdrag, 24 november 2025.

¹⁰³ Naturvårdsverket (2026). *Frisk luft – Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålen*.

Tabell 2.2. Miljöarbetet utifrån centrala styrmedel

Tabellen sammanfattar miljöarbetet och tydliggör eventuellt genomförandeunderskott, det vill säga var i styrmedelskedjan brister finns. Ett (X) i kolumnerna 3–5 representerar var styrmedlet befinner sig i implementeringskedjan. I kolumn 6 respektive 7 anger ett (X) att styrmedel har önskad effekt i samhället och leder till förändrat miljötillstånd. Där otillräcklig kunskap finns för att avgöra status eller effekt markeras detta med symbolen (–).

Precisering	Centralt styrmedel	Styrmedel utformas (eller revideras)	Införande planeras	Förvaltningsåtgärder genomförs	Effekt i samhället, förändrad aktivitet	Miljöeffekt, förändrat miljötillstånd
Påverkan genom atmosfäriskt nedfall av försurande ämnen	Luftvårdskonventionens Göteborgsprotokoll	X		X	X	X
	EU:s takdirektiv			X	X	X
	IMO:s regleringar av utsläpp från sjöfarten			X	X	X
	Luftvårdsprogrammet	X		X	X	X
	Kväveklivet			X	X	X
	Kväveoxidavgiften			X	X	X
Påverkan genom skogsbruk	Skogsstyrelsens vägledningar			X	X	X
	EU:s skogs- och jordbrukspolitik	X	X	X	X	–

2.6 Andra aspekter av målet

Miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* har fyra fastställda preciseringar som täcker de centrala problemen som påverkar miljön (atmosfäriskt nedfall av försurande ämnen och skogsbruk) samt deras effekter på miljötillståndet (försurade sjöar, vattendrag och mark). De fyra preciseringarna är förhållandevis breda och täcker till stor del in försurningens miljöeffekter. Om den kritiska belastningen av nedfall inte överskrids och god ekologisk status är uppnådd, så innefattas både kemiska, biologiska och ekologiska effekter som följer av försurningen.

En aspekt som inte helt täcks av målets preciseringar är så kallad episodisk försurning, eller surstötter. Vid vissa tillfälliga event, som vid snösmältning eller kraftiga regn efter torka, kan vatten uppleva en kraftig försurning under en kortare period. Detta har bland annat beskrivits i den föregående fördjupade utvärderingen.¹⁰⁴ Episodisk försurning är dock också en naturlig process och en del i vattendragens naturliga variation av vattenkvalitet, men som kan förstärkas av antropogen försurning. Man skulle kunna hävda att detta täcks in av den tredje preciseringen om att sjöar och vattendrag ska uppnå minst god status oberoende av kalkning. Dock kan en episodisk försurning orsaka stora skador på livsmiljöer, även om statusen är god som ett årsmedelvärde. Risken för surstötter minskar i takt med att den försurande belastningen på miljön minskar generellt genom minskande nedfall. Men samtidigt beror episoder också på historiska belastningen och marker

¹⁰⁴ Naturvårdsverket (2022). *Bara naturlig försurning: Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023*. Rapport 7069. Stockholm: Naturvårdsverket. ISBN 978-91-620-7069-4.

kommer vara påverkade under lång tid och ha låg buffringsförmåga och blir då känsliga för försurande episoder. Faktorer som påverkar risken för surstötter som torka och skyfall förväntas också bli vanligare i takt med ett förändrat klimat.

Det finns aspekter som är relevanta för försurningsmålet, som klimatpåverkan och kvävet bredare påverkan på biodiversitet och övergödning, men dessa aspekter omfattas av andra miljökvalitetsmål, *Begränsad klimatpåverkan* och *Ingen övergödning*.¹⁰⁵

¹⁰⁵ Naturvårdsverket (2019). *Manual för uppföljning och bedömning av miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning*. Målmanual Bara naturlig försurning, NV-01087-19.

3. När vi målet? – Bedömning av måluppfyllelse

I detta kapitel presenteras i vilken grad miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* bedöms nås till 2030. Den sammanvägda bedömningen av måluppfyllelsen beskrivs i avsnitt 3.1. I avsnitt 3.2 presenteras de centrala bedömningarna för respektive precisering som ligger till grund för bedömningen av målet som helhet. För preciseringarna jämförs målsättningen med nuläget för miljötillståndet och det miljöarbete som genomförs till 2030.

3.1 Bedömning av målet som helhet

NEJ → Miljökvalitetsmålet är inte uppnått och kommer inte kunna nås med befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder.

Den huvudsakliga orsaken till att miljömålet inte bedöms kunna nås till 2030 är att det fortfarande saknas tillräckliga styrmedel för att minska utsläppen av försurande ämnen i Europa och från den internationella sjöfarten till nivåer som ger tillräckligt skydd för mark och vatten i Sverige. Eftersom Sveriges möjligheter att påverka nedfallet nationellt är begränsade är det särskilt viktigt att Sverige fortsätter verka för höga ambitionsnivåer i det internationella luftvårdsarbetet.

En annan bidragande orsak till att målet som helhet inte bedöms kunna nås till 2030 är skogsbrukets försurande påverkan. Till skillnad från nedfallet av försurande ämnen har denna påverkan ökat under de senaste åren. De styrmedel som finns idag för att åstadkomma en kompensation för uttaget av buffrande ämnen vid avverkning är inte tillräckliga. En viss förbättring kan åstadkommas till 2030 men utvecklingen bedöms som osäker mot bakgrund av pågående diskussioner om skogens roll i Sverige och i Europa och dess ökade betydelse i klimatarbetet.

Trots den pågående återhämtning som observeras i mark och vatten går förändringen inte tillräckligt snabbt för att målet ska kunna bedömas som uppnått, eller möjligt att nå, med befintliga och beslutade styrmedel.

3.2 Det centrala i bedömningen av målets preciseringar

Miljökvalitetsmålet tolkas så att den sammantagna försurande effekten av nedfall av försurande luftföroreningar och markanvändning inte ska överskrida den kritiska belastningen för mark och vatten. När nedfallet av försurande luftföroreningar överskrider vad naturen tål (överskridande av kritisk belastning) bedöms naturen vara försurningspåverkad. Skogsbruket bedöms överskrida vad naturen tål när uttaget av biomassa från skogen är större än vad som kan vara långsikt hållbart med avseende på försurningseffekter i naturen.

För att bedöma om miljökvalitetsmålet är uppnått eller inte används kriteriet att tillräckliga åtgärder, nationellt och internationellt, är beslutade och förväntas vara genomförda till 2030. Miljömålet bedöms därför främst genom en sammanvägning av precisering 1 (nedfall av försurande ämnen) och precisering 2 (skogsbrukets försurande påverkan). Dessa två preciseringar beskriver påverkan på miljön, medan precisering 3 (försurade sjöar och vattendrag) och precisering 4 (försurad mark) beskriver miljötillståndet. Eftersom återhämtningstiden från försurning är lång så tillåts de två sistnämnda preciseringarna uppnås senare.

Nedan följer en bedömning av måluppfyllelse för respektive precisering, med tonvikt på de två preciseringarna (1 och 2) som beskriver miljöpåverkan och även en kort analys av de två preciseringarna (3 och 4) som beskriver miljötillståndet.

3.2.1 Påverkan genom atmosfäriskt nedfall – precisering 1

Miljökvalitetsmålets precisering om påverkan genom atmosfäriskt nedfall bedöms vara uppnådd när nedfallet av försurande svavel- och kväveföreningar inte överskrider den kritiska belastningsgränsen i vare sig sjöar eller skogsmark.

De viktigaste internationella och nationella styrmedlen mot försurning bidrar fortsatt till att begränsa utsläpp och nedfall av svaveldioxid och kväveoxider i Sverige. Fortsatta utsläppsminskningar är en nödvändig förutsättning för att miljökvalitetsmålet ska kunna nås på sikt. Svavelnedfallet har minskat kraftigt sedan 1970-talet och sedan 1990-talet visar även nedfallet av kväve en minskande trend. Kvävenedfallet har dock inte minskat i lika stor omfattning som svavelnedfallet. Prognoser till 2030 visar på en fortsatt minskning av Sveriges utsläpp av kväveoxider (se figur 4.1, avsnitt 4.2.1), men utsläppen av svavel- och ammoniak bedöms inte minska nämnvärt. Samtidigt ligger dock svavelnedfallet idag på en nivå nära referenstillståndet, jämfört med både kväve och ammoniak.

Trots denna över lag positiva utveckling bedöms preciseringen inte kunna nås helt. Detta eftersom det år 2030, och även på längre sikt, fortfarande kommer att finnas delar av landets skogs- och sjöareal där den kritiska belastningen för försurning överskrids. Trenden är positiv och överskridande har minskat kraftigt sedan 1990 (se avsnitt 1.2.1 och 4.2.2). Överskridandet förväntas fortsätta minska, men i långsam takt, och bedöms inte kunna upphöra helt med förväntade internationella och nationella utsläppsminskningar. Mot bakgrund av detta bedöms preciseringen delvis kunna uppnås till 2030.

3.2.2 Påverkan genom skogsbruk – precisering 2

Miljökvalitetsmålets precisering om påverkan från skogsbruk bedöms vara uppnådd när biomassauttaget är anpassat till försurningskänsligheten. Detta innebär att det på försurningskänsliga ståndorter bör övervägas att begränsa eller undvika uttag av grenar och toppar (grot) och i övrigt följa de rekommendationer som Skogsstyrelsen ger.¹⁰⁶ För att preciseringen ska kunna nås krävs också att det grotuttag som görs på försurningskänsliga marker kompenseras genom askåterföring.

Skogsbrukets utveckling har betydelse för om miljökvalitetsmålet som helhet ska kunna nås på sikt. I dag står skogsbruket i genomsnitt för cirka hälften av försurningspåverkan på marken. Tillförseln av aciditet från skogsbruk gör att markens återhämtning från försurning försvåras eller försenas i områden med historiskt högt nedfall av försurande ämnen. Detta kan bidra till att återhämtningen i svenska sjöar och vattendrag försenas eller hämmas på sikt.

Skogsbrukets försurande påverkan är dock en komplicerad process och mer forskning behövs för att bedöma hur stor påverkan som sker och vilka områden som är mest känsliga. Åtgärder inom skogsbruket som kan bidra till att uppfylla preciseringen är askåterföring och anpassat biomassauttag men också val av trädslag. De senaste årtiondena har askåterföring skett i mycket liten omfattning, vilket innebär att det finns en historisk försurningspåverkan som inte har åtgärdats.

Den nationella rådigheten att anpassa skogsbruk efter markens försurningskänslighet är stor, men åtgärder som ses över en hel omloppstid, exempelvis trädslagsbyte, tar mycket lång tid att genomföra i större skala. Idag saknas också styrmedel för att öka omfattningen av askåterföring. Uttaget av biomassa som energiråvara påverkas också av internationella energimarknader och priset på grot.

Preciseringen om påverkan genom skogsbruk bedöms inte vara uppfylld eller kunna nås till 2030 vad gäller tillräckliga förutsättningar för anpassningar och motåtgärder.

3.2.3 Försurade sjöar och vattendrag – precisering 3

Miljökvalitetsmålets precisering om försurade sjöar och vattendrag bedöms vara uppnått när sjöar och vattendrag inte längre är antropogent försurningspåverkade. Det innebär att den mänskligt orsakade försurningen har minskat så att samtliga sjöar större än 1 hektar och vattendrag med avrinningsområde större än 2 kvadratkilometer i Sverige uppnår minst god status med avseende på försurning. En sjö eller ett vattendrag som kalkas bedöms inte nödvändigtvis ha god status, utan klassningen görs baserat på sjöns opåverkade status, det vill säga efter korrigering av kalkningspåverkan.

Som beskrivits ovan så tillåts den tredje preciseringen uppfyllas senare än 2030 i bedömningen av miljökvalitetsmålet som helhet. Detta eftersom det är väl känt att återhämtningen går långsamt, och även om de två första preciseringarna om nedfall och skogsbruk uppfylls, så kommer miljötillståndet uppnå måluppfyllnad långt senare på grund av den naturliga återhämtningstiden.

Trots den över lag positiva utveckling bedöms preciseringen inte kunna nås helt. Detta eftersom det även år 2030, och även på längre sikt, fortfarande kommer

¹⁰⁶ Skogsstyrelsen (2019). *Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder – Vägledning*. Jönköping: Skogsstyrelsen. Rapport 2019/14.

att finnas sjöar i Sverige som är påverkade av försurning. Trenden är positiv och andelen försurade sjöar har minskat i samtliga delar av landet sedan år 2000 (se figur 4.3, avsnitt 4.2.3). Andelen försurade sjöar förväntas fortsätta minska men återhämtningen går mycket långsamt. Särskilt i Sydvästra Sverige är andelen försurade sjöar fortfarande hög och försurningspåverkan är fortfarande som störst här, även om trenden är positiv. Mot bakgrund av den fortsatta återhämtningen och befintliga styrmedel bedöms preciseringen delvis kunna uppnås till 2030.

3.2.4 Försurad mark – precisering 4

Miljökvalitetsmålets precisering om försurad mark har inte en tydligt definierad måluppfyllelse. En anledning till detta är att det saknas information om markens tillstånd före sentida försurningspåverkan, det vill säga det naturliga tillståndet är okänt. Ytterligare en anledning är att preciseringen är svår att följa upp då markprocesser är långsamma och det finns begränsad kunskap om korrosion i skogsmark.

Den uppföljning av försurning i skogsmark som görs kan visa på utvecklingsriktningen av försurningstillståndet, vilket ger en indikation om huruvida försurningspåverkan ökar eller minskar över tid. Preciseringen kan betraktas som uppnådd när andelen skogsmark med hög eller mycket hög surhetsgrad visar på en statistiskt signifikant och långsiktig minskning. För att marken inte ska bedömas som försurad behöver även den syraneutraliserande förmågan (ANC) vara större än noll i markvatten i svenska skogar.

Som beskrivits i tidigare avsnitt så tillåts även den fjärde preciseringen uppfyllas senare än 2030 i bedömningen av miljökvalitetsmålet som helhet. Detta eftersom det är väl känt att återhämtningen går långsamt, och även om de två första preciseringarna om nedfall och skogsbruk uppfylls, så kommer miljöstillståndet uppnå måluppfyllnad långt senare på grund av den naturliga återhämtningstiden.

Resultat från miljöövervakningen (avsnitt 1.2.7) visar att en återhämtning av markvattnets kemiska status pågår men går mycket långsamt. En fortsatt positiv trend behöver observeras över en längre tid och i alla landsdelar för att med säkerhet kunna fastställa en konsekvent återhämtning. Preciseringen bedöms därför inte kunna nås till 2030.

3.2.5 Sammanfattande tabell över måluppfyllelse

I tabell 3.1 nedan presenteras en sammanfattning av de preciseringar som uttrycker påverkan på miljön, det vill säga preciseringen om nedfall av försurande ämnen och preciseringen om skogsbrukets försurande påverkan. För att miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* ska bedömas som uppnått används kriteriet att tillräckliga åtgärder, nationellt och internationellt, är beslutade och förväntas vara genomförda till 2030. De två preciseringarna som beskriver tillståndet i miljön, försurade sjöar och vattendrag samt försurad skogsmark, tillåts uppnås senare. Tabellen sammanfattar tillståndet i miljön, Sveriges rådighet över utvecklingen och bedömning av förutsättningar att nå målets preciseringar.

Tabell 3.1. Sammanfattande gapanalys.

Miljötillstånd				Rådighet	Förutsättningar			
Precisering /Centralt uppföljningsmått	Bidragande andel till mål-uppfyllelsen	Nivå som behöver nås	Aktuell situation	Rådighet över utveckling	Måloppfyllelse 2030, 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
Påverkan genom atmosfäriskt nedfall	50 %	Det finns inget överskridande av kritisk belastning för nedfall av försurande svavel- och kväveföreningar för sjöar och skogsmark.	Positiv utveckling. Nedfallet överskrider dock den kritiska belastningen i både sjöar och skogsmark.	Rådigheten är begränsad då nedfallet till stor del orsakas av utsläppskällor utanför Sveriges gränser. Sverige har viss rådighet genom sitt deltagande i internationella forum som fattar beslut om gemensamma styrmedel. Sverige bör uppfylla sina egna åtaganden under EU:s takdirektiv och FN:s luftvårdskonvention.	Preciseringen bedöms delvis kunna nås till 2030. Utvecklingen är positiv och nedfallet fortsätter minska, men överskridande finns fortfarande.	4	3	Delvis, preciseringen bedöms delvis kunna nås till år 2030 med beslutade styrmedel och åtgärder.
Påverkan genom skogsbruk	50 %	Skogsbruket ska vara anpassat till känsligheten på försurnings-känsliga stånd-orter. Nivån nås när den avverkade arealen inte längre överskrider det kritiska uttaget vid grotuttag och där askåterföring inte sker.	Positiv utveckling. Indikatorn överskrider dock i olika omfattning i södra och mellersta Sverige.	Den nationella rådigheten över utvecklingen är stor. Idag saknas dock tillräckliga styrmedel för att minska skogsbrukets försurande påverkan.	Preciseringen bedöms inte kunna nås till 2030 och utvecklingen av skogsbrukets försurande påverkan är oklar, bland annat på grund av klimat-effekter.	2	2	Nej, preciseringen bedöms inte kunna nås till år 2030 med beslutade styrmedel och åtgärder.

Tabellen sammanfattar bedömningen av målets olika delar utifrån avsnitt 1 (miljö-tillstånd) och 2 (miljöarbete). Kolumn 1–2 anger vilka preciseringar som omfattas av bedömningen och deras bidrag till måluppfyllelsen. Kolumn 3–4 sammanfattar tillståndet i miljön som behöver nås och hur det ser ut idag. Kolumn 5 beskriver rådigheten över måttets utveckling. 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 skala 2–5, där siffran 5 anger att styrmedel respektive åtgärder är fullt ut tillräckliga. Siffran 1 visar att kunskapen är bristfällig.

4. Hur långt räcker åtgärdsarbetet? – Prognos för utveckling

4.1 Utvecklingen av miljötillståndet till 2030

I detta kapitel presenteras utvecklingstrenden för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Inledningsvis ges en samlad bedömning och motivering till om utvecklingsriktningen för målet är positiv, neutral, negativ eller oklar. Bedömningen baseras på utvecklingen för miljömålets preciseringar till 2030, och är en sammanvägning av historisk utveckling och prognoser för miljötillståndet samt förväntade effekter av styrmedel och åtgärder. Utöver den samlade bedömningen av prognosen till 2030 presenteras även ett avsnitt med scenarion för Sveriges utsläpp av försurande ämnen till 2030 (avsnitt 4.1.1).

POSITIV UTVECKLING



Utvecklingen i miljön är positiv. Under de senaste åren har betydelsefulla insatser i samhället skett som bedöms gynna miljötillståndet och det går att se en positiv utveckling i miljötillståndet nu och till 2030.

Utsläppen av försurande ämnen har minskat kraftigt över tid, vilket i sin tur gör att nedfallet av svavel och kväve också har minskat kraftigt under många årtionden. Det innebär att både sjöar och vattendrag har återhämtat sig, men än kvarstår problem för flera sjöar och vattendrag. Till år 2030 förväntas andelen försurade sjöar i Sverige minska till ungefär 5 procent (se figur 4.3, avsnitt 4.2.3). Den största andelen försurade sjöar år 2030 återfinns fortsatt i den sydvästra delen av landet, där 28 procent av sjöarna förväntas vara fortsatt försurade.

Nedfallet av svavel är idag i närheten av förindustriella nivåer, medan nedfallet av kväve fortsätter att vara högt i vissa delar av Sverige. Scenarion visar att mellan år 2023 och 2040 förväntas överskridande av kritisk belastning för skogsmark och sjöar i Sverige minska från cirka 2,1 procent till 1,3 procent med dagens beslutade styrmedel (se avsnitt 4.2.2, tabell 4.1). År 2030 förväntas det därför finnas ett begränsat men kvarstående överskridande av kritisk belastning för försurning i framför allt sydvästra Sverige.

Scenarion för utsläpp av försurande ämnen visar på fortsatta minskningar till 2030. Hur stort nedfallet av försurande ämnen blir i framtiden beror både på vilka utsläppsminskningar som kan åstadkommas i Sverige och Europa och på mängden nederbörd och nederbördsmonster, vilket påverkas av framtida klimatförändringar. Vid en jämförelse med Sveriges åtaganden under EU:s takdirektiv så ser prognosen

positiv ut för svaveldioxid men inte för kväveoxider och ammoniak (se avsnitt 4.1.1). Med dagens beslutade styrmedel och åtgärder ser Sverige ut att inte klara sitt åtagande för dessa två föroreningar till 2030.

Skogsbruket har historiskt sett haft relativt liten påverkan på försurningen jämfört med nedfallet av försurande ämnen. I dagsläget har skogsbruket en ungefär lika stor påverkan på försurningen som utsläppen av försurande ämnen. Skogsbrukets försurande påverkan har ökat sedan 1990-talet och fått en alltmer betydande påverkan på försurningen i framför allt sydöstra Sverige. Anledningen till detta är bland annat en ökad efterfrågan på biomassa och uttag av grot. Skogsbrukets påverkan förväntas dessutom öka i takt med ökad skogstillväxt och ökad efterfrågan på förnybara bränslen, även om utvecklingen beror på flera faktorer och är osäker. Askåterföring är en åtgärd som kan motverka skogsbrukets försurande påverkan, men i dagsläget sker inte askåterföring på tillräckligt stora arealer för att kompensera för mängden skog som avverkas och storleken på grotuttaget.

4.1.1 Scenario för utsläpp av försurande ämnen till 2030

Vartannat år tar Naturvårdsverket fram ett scenario över hur utsläppen av luftföroreningar förväntas utvecklas i framtiden.¹⁰⁷ Scenariot är ett stöd för att kunna följa upp Sveriges internationella åtaganden för att minska sina utsläpp och ger en bild av utvecklingen inom olika sektorer. Dessa scenarion omfattar flera olika luftföroreningar, men inom ramen för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är de relevanta ämnena svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak.

Vid en jämförelse mellan år 2023 och 2030 konstateras att utsläppen av alla försurande ämnen kommer minska, om än i olika omfattning. I figur 4.1 (avsnitt 4.2.1) visas scenariot för Sveriges utsläpp av försurande ämnen till 2030 och på längre sikt, i relation till nuvarande och historiska (från 1990) utsläpp.

År 2023 uppgick Sveriges totala utsläpp av svaveldioxid till cirka 14 kiloton och fram till 2030 förväntas utsläppen minska med ytterligare 11 procent till knappt 13 kiloton. Den största minskningen av svaveldioxidutsläpp förväntas inom industri-sektorn, som idag också står för den största andelen (77 procent) av utsläppen.

År 2023 var de totala utsläppen av kväveoxider i Sverige cirka 104 kiloton och fram till 2030 förväntas utsläppen fortsätta att minska med ytterligare 24 procent till 79 kiloton. Den största minskningen väntas ske inom inrikes transporter, men utsläppen förväntas också minska inom arbetsmaskiner och industrin. Övriga sektorer bedöms bara bidra marginellt till den förväntade utsläppsminskningen till 2030.

År 2023 var de totala utsläppen av ammoniak i Sverige cirka 54 kiloton och fram till 2030 förväntas det minska med 5 procent, till 52 kiloton. Minskningen av ammoniakutsläpp beror främst på en förväntad nedgång av utsläppen från jordbruket, som också står för den största delen av ammoniakutsläppen nationellt.

Sverige har åtagit sig att minska utsläppen av bland annat försurande ämnen under EU:s takdirektiv och Luftvårdskonventionens Göteborgsprotokoll (se tabell 2.1, avsnitt 2.2.1). Sverige klarar sina åtaganden för svaveldioxid, men ser ut att kunna få svårt att klara åtagandena för ammoniak och kväveoxider till 2030. Utsläppen av

¹⁰⁷ Naturvårdsverket (2026). *Scenario ger viktig bild av framtida luftföroreningar*, <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/statistik--utslapp-och-halter/scenario-ger-viktig-bild-av-framtida-luftfororeningar/>

kväveoxider förväntas ligga över åtagandet till 2030 med cirka 6,3 kiloton vilket motsvarar ungefär 9 procent av de förväntade utsläppen år 2030. Utsläppen av ammoniak förväntas ligga över åtagandet med knappt 1,6 kiloton år 2030, vilket motsvarar cirka 3 procent av de förväntade utsläppen år 2030.¹⁰⁸

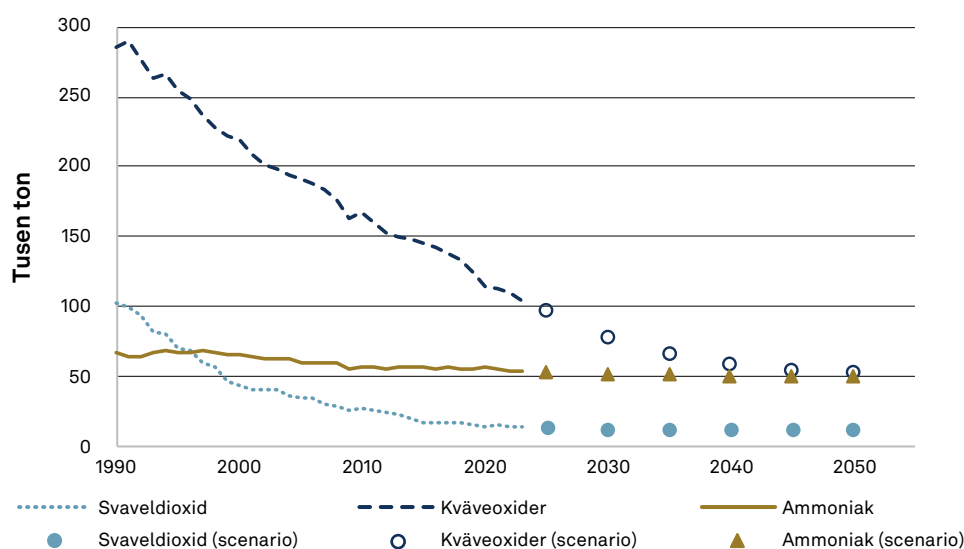
Trots att framtidsscenarion visar på utsläppsminskningar i Sverige så räcker det inte för att uppnå miljökvalitetsmålets första precisering om nedfall av försurande ämnen. För att målet ska nås behöver även andra länder uppfylla sina åtaganden.

4.2 Utvecklingen av miljötillståndet på längre sikt, efter 2030

I detta kapitel presenteras utvecklingstrenden för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* på längre sikt, med scenarion för utsläpp, överskridande av kritisk belastning och andelen försurade sjöar till och med 2040 eller 2050.

4.2.1 Scenario för utsläpp av försurande ämnen till 2040 och 2050

Naturvårdsverkets scenarier för utsläpp av luftföroreningar beräknas även på längre sikt, fram till år 2050. I figur 4.1 nedan visas Sveriges förväntade utsläpp av försurande ämnen vart femte år till och med 2050, i relation till nuvarande och historiska (från 1990) utsläpp. Eftersom scenarierna baseras på modellberäkningar vilka i sin tur baseras på ett antal olika antaganden och till viss del på expertbedömningar, så är resultaten behäftade med vissa osäkerheter.¹⁰⁹ Hur utsläppen faktiskt utvecklas beror också hur dagens styrmedel efterlevs samt hur planerade styrmedel utformas och genomförs.



Figur 4.1. Sveriges utsläpp av försurande ämnen i kiloton per år. Utsläppsdata för perioden 1990–2023 samt scenarion för vart femte år för perioden 2025–2050.

Källa: Naturvårdsverket.

¹⁰⁸ Naturvårdsverket (2026). *Scenario ger viktig bild av framtida luftföroreningar*.

¹⁰⁹ Naturvårdsverket (2026). *Scenario ger viktig bild av framtida luftföroreningar*.

Kväveoxidutsläppen förväntas fortsätta minska kraftigt framöver. Jämfört med utsläppen år 2023 förväntas Sveriges utsläpp minska med 43 procent (motsvarande 45 kiloton) till 2040 och 49 procent (51 kiloton) till 2050. En stor del av utsläppen av kväveoxider kommer från förbränning i motorer och den främsta anledningen till att utsläppen förväntas fortsätta minska är framför allt bättre rening av avgaser från motorer och effektivare fordon.

Svaveldioxidutsläppen fortsätter också att minska men inte i samma utsträckning som kväveoxider och från redan relativt låga nivåer. Jämfört med utsläppen år 2023 förväntas Sveriges utsläpp av svaveldioxid minska med 14 procent (2 kiloton) till 2040 och 16 procent (2,3 kiloton) till 2050.

Sveriges ammoniakutsläpp förväntas också fortsätta minska långsamt. Det finns dock osäkerheter i scenariot för utvecklingen av ammoniakutsläppen, då det kan vara svårt att uppskatta effekterna av olika styrmedel inom jordbruket. Jämfört med utsläppen år 2023 förväntas dock Sveriges utsläpp av ammoniak minska med 7 procent (3,7 kiloton) till 2040 och 8 procent (4,4 kiloton) till 2050.

Under luftvårdskonventionens Göteborgsprotokoll finns åtaganden om utsläppsminskningar till 2020 och enligt EU:s takdirektiv har Sverige åtagit sig att minska utsläppen av luftföroreningar till åren 2020 och 2030. Något åtagande på längres sikt finns inte i dagsläget.

4.2.2 Scenarion för överskridande av kritisk belastning till 2040

I avsnitt 1.2.1 beskrivs konceptet kritisk belastning och hur stort överskridandet har varit historiskt och är idag. Inom luftvårdskonventionens arbete har man gjort flera beräkningar av överskridande av kritisk belastning för bland annat försurning inför förhandlingarna av det reviderade Göteborgsprotokollet. I tabell 4.1 nedan visas överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige för åren 1990¹¹⁰, 2015 och 2023 samt två scenarion för 2040.¹¹¹ Beräkningarna har gjorts baserat på inrapporterade data till EMEP och Sveriges inrapporterade gränser för kritisk belastning. Det första scenariot för 2040 (CLE¹¹²) avser ett utsläppsscenario som simulerar framtida luftföroreningsutsläpp baserat enbart på befintlig och antagen miljöpolicy och lagstiftning. Det andra scenariot för 2040 (MTFR¹¹³) avser de lägsta möjliga utsläppsnivåerna som kan uppnås genom att tillämpa alla tillgängliga, beprövade tekniska åtgärder, oavsett kostnad, vilket fungerar som ett referensscenario för policyplanering.

¹¹⁰ Slootweg m.fl. (2014). *Modelling and Mapping Impacts of Atmospheric Deposition on Plant Species Diversity in Europe* (CCE Status Report 2014).

¹¹¹ Geupel, M., Plha, T., Galert, W. och Loran, C. (2026). *CCE Status Report 2026: ICP Modelling & Mapping, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Texte 105/2026. DOI: 10.60810/openumwelt-8389.

¹¹² CLE = Current Legislation

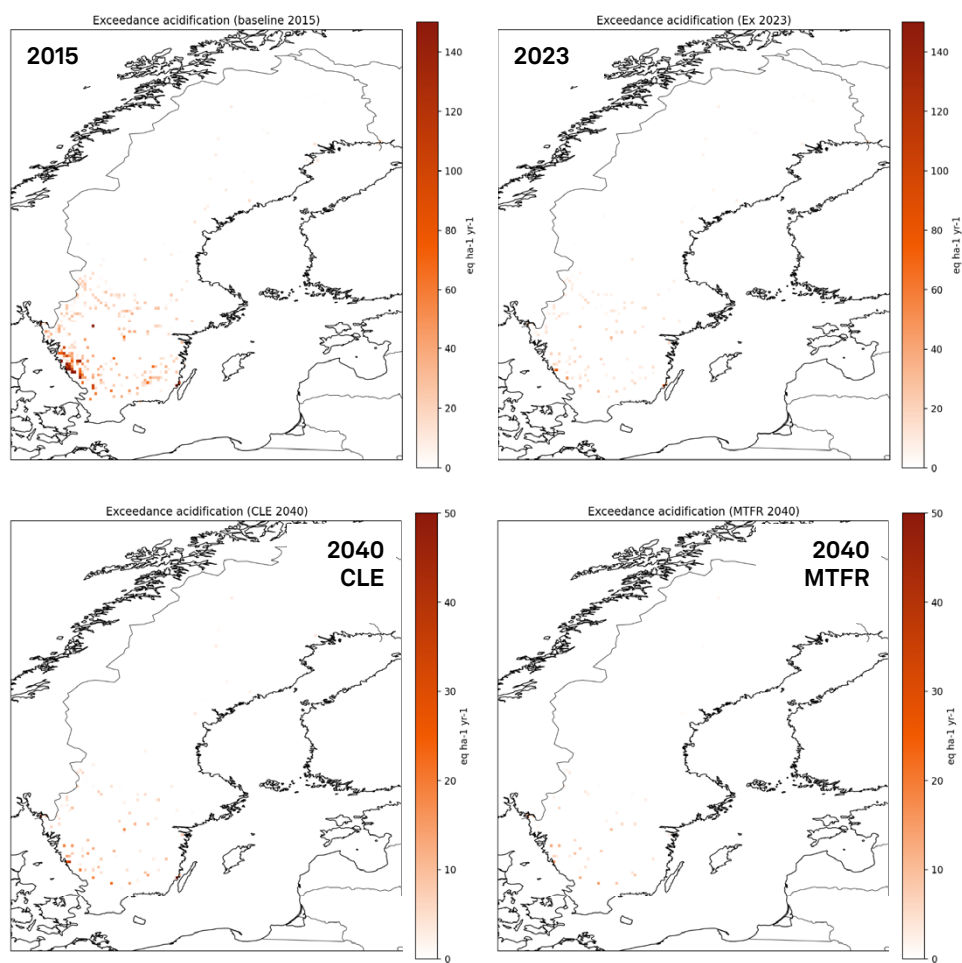
¹¹³ MTFR = Maximum Technically Feasible Reductions

Tabell 4.1. Beräknat överskridande av kritisk belastning för försurning för 1990, 2015 och 2023, samt två scenarion för 2040. Siffrorna baseras på Sveriges areal, där ytan med överskridande av kritisk belastning visas både som total yta (kvadratkilometer) och andel av Sveriges totala areal (procent), samt genomsnittligt ackumulerat överskridande (AAE). Överskridandeberäkningar baseras på påverkan på sjöar i området.

	1990	2015	2023	2040 CLE	2040 MTFR
yta (kvadratkilometer)	231082	17276	8113	4900	2481
yta (procent)	59	4,4	2,1	1,3	0,6
median AAE (> 0) (eq/ha/år)	311	17	8	5	3
median AAE (> 0) (kgS/ha/år)	5,0	0,3	0,1	0,1	0,1

Tabell 4.1 visar att andelen areal med överskridande av kritisk belastning i Sverige var nära 60 procent år 1990. Andelen har minskat kraftigt sedan dess, och år 2023 nere på strax över två procent. De två framtidsscenarierna visar att överskridandet kommer kvarstå på en liten andel av Sveriges sjöareal 2040, men minskningstakten beror på vilka utsläppsminskande åtgärder som genomförs. Med dagens beslutade styrmedel, förutsatt att alla åtaganden uppfylls, förväntas den kritiska belastningen överskridas på ungefär 1,3 procent av Sveriges yta. Ytan med överskridande av kritisk belastning för försurning beräknas kunna halveras ytterligare till år 2040, det vill säga till cirka 0,6 procent, förutsatt de största möjliga utsläppsminskningar som kan uppnås med teknik som för närvarande är kommersiellt tillgänglig, utan hänsyn till direkt ekonomisk optimering eller strukturella förändringar och beteendeförändringar (Maximum Technically Feasible Reduction).

I figur 4.2 nedan visas fyra kartor baserade på samma underlag som i tabell 4.1 ovan. Mörkare färg indikerar en högre nivå av överskridande över belastningsgränsen jämfört med ljusare. Överst syns de ytor i Sverige där överskridande av kritisk belastning överskreds 2015 (vänster) och 2023 (höger), och underst syns de två scenarierna för 2040. Redan 2015 syns att förekomsten av överskridande av kritisk belastning är koncentrerad till södra och framför allt sydvästra Sverige. Mönstret är återkommande även 2023 och i båda scenarierna för 2040, men med mindre och mindre area där överskridande sker samt ett överskridande som motsvarar en lägre total belastning (notera att färgskalan är olika för de två 2040-scenarierna).

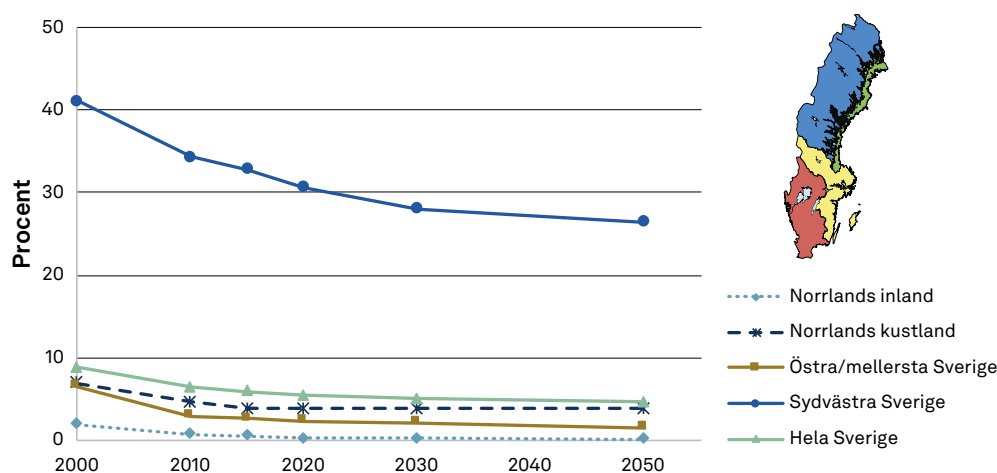


Figur 4.2. Geografisk fördelning av överskridande av kritisk belastning för försurning i Sverige år 2015 och 2023 (överst) samt två scenarier för 2040 (underst). Mörkare färg indikerar en högre nivå av överskridande. Notera att skalan är olika i de olika figurerna, med lägre värden på scenarierna för 2040.

Källa: Coordination Centre for Effects (Luftvårdskonventionen).

4.2.3 Utveckling av andelen försurade sjöar till 2050

Andelen försurade sjöar i Sverige har minskat från totalt 9 procent år 2000 till 6 procent 2024. De närmsta decennierna förväntas andelen försurade sjöar minska med ytterligare en procentenhet till knappt 5 procent, se figur 4.3 nedan. Figur 4.3 visar trenden för andelen försurade sjöar historiskt och en prognos för 2030 och 2050, uppdelat på landsdelar och för hela Sverige. Trenden är att andelen försurade sjöar fortsätter minska överallt, och att den största andelen återfinns i sydvästra Sverige.



Figur 4.3. Utvecklingen av andelen försurade sjöar i Sverige över tid samt scenario till 2050. Diagrammet visar andelen försurade sjöar i hela Sverige samt fördelat på fyra försurningsregioner.

Källa: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

I avsnitt 1.2.6 beskrivs varför återhämtningen går långsamt när svavelnedfallet inte längre är det som har störst effekt på ytvattenkemin. Processerna som motverkar försurningen av sjöar och vattendrag är långsamma och återhämtningen kommer ta flera decennier. Miljökvalitetsmålets tredje precisering att sjöar och vattendrag ska uppnå minst god status, oberoende av kalkning, med avseende på försurning enligt förordningen (2004:660) om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön, kommer därför inte att kunna nås inom en överskådlig framtid, sett till hela landet och särskilt i de sydvästra delarna. En fullständig återhämtning av alla försurningsdrabbade sjöar och ekosystem skulle inte kunna nås till 2050 även om de europeiska utsläppen av försurande ämnen upphörde helt. Eftersom återhämtningen är långsam, men ändå synligt pågående, kommer det vara av fortsatt vikt att hålla utsläppen och nedfallet av försurande ämnen på en låg nivå samt att anpassa skogsbruket efter markens försurningskänslighet.

5. Vad krävs för att målet ska nås? – Behov av insatser och ändrad styrning

Tidigare avsnitt har visat att stora utsläppsminskningar av försurande ämnen har skett de senaste decennierna tack vare framgångsrika internationella och nationella styrmedel och åtgärder. Trots denna positiva utveckling bedöms målet inte nås till 2030 eller senare. Sammanfattningsvis kan sägas att behovet av insatser är allra störst på det internationella planet, där rådigheten är begränsad, och något mindre på det nationella planet där rådigheten är större. I detta avsnitt presenteras insatser som varit framgångsrika och vad som behövs ytterligare framöver för att målet ska kunna nås.

5.1 Behov av fortsatta internationella åtaganden och samarbeten

Internationellt miljöarbete och samarbete mellan flera länder har varit framgångsrikt för att ta fram styrmedel som har fått väsentlig påverkan på miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Att Sverige har bidragit inom EU och FN:s luftvårdskonvention till beslut om och genomförda åtgärder för att minska utsläppen av försurande ämnen har haft stor effekt på miljötillståndet. Även om utsläppen har minskat i Europa är det av fortsatt vikt att de fortsätter att sjunka, att fler länder minskar sina utsläpp, och att utsläppen hålls på en låg nivå på längre sikt. Detta är av betydelse både för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* och även för *Frisk luft* och *Ingen övergödning*.

Några framgångsfaktorer inom FN:s luftvårdskonvention har varit ett tätt samarbete mellan beslutsfattare och forskare, att man har använt effektbaserade mål för att sätta mål för utsläppsminskningar, samt att man har beräknat kostnadsnyttoanalyser för minskade utsläpp och tagit fram bördefördelning mellan länder för att visa på de faktiska effekterna av utsläppen.

Förhandlingar om ett reviderat Göteborgsprotokoll inom FN:s luftvårdskonvention pågår med nytt potentiellt målår 2040. En översyn av EU:s takdirektiv har också gjorts men inga förhandlingar om en uppdatering har startats ännu. Sverige bör verka för ambitiösa åtaganden i de pågående förhandlingarna av Göteborgsprotokollet och framtida förhandlingar av EU:s takdirektiv, så att mål och krav på utsläppsminskningar skärps för god effekt på miljötillståndet på sikt.

Ett osäkrare omvärldsläge kan påverka förhandlingarna och hur ambitiösa åtaganden man kan komma överens om. Det finns till exempel risk att länder nedprioriterar frågor kopplade till luftmiljö när andra frågor konkurrerar om prioritering

och resurser. När internationella relationer påverkas av konflikter, ekonomisk instabilitet eller minskat förtroende kan samarbeten försvåras, samtidigt som andra politiska och säkerhetsrelaterade frågor ges högre prioritet. Eftersom luftföroreningar rör sig över nationsgränser är ett fungerande internationellt samarbete en viktig förutsättning för att minska försmurningen effektivt. Det kommer, oavsett utveckling, vara av fortsatt vikt att ta fram och bibehålla effektiva styrmedel för att begränsa utsläpp av luftföroreningar och att inte skjuta dessa insatser på framtiden. Om beslut ska fattas som kommer att påverka medlemslänternas åtagande lång tid framöver är det av vikt för försmurning och andra miljöfrågor att åtagandena blir tillräckligt ambitiösa för att ge önskade effekter. Sverige bör också verka för att fler länder ratificerar Göteborgsprotokollet för att minska belastningen av svavel och kväve från fler länder.

Kunskapsunderlaget från expertgrupperna inom FN:s luftvårdskonvention är av stort värde för kunskapen om luftföroreningars effekter på miljön och uppföljning av effekter av olika åtgärder. Sverige bör fortsatt vara en aktiv part i dessa grupper för att bidra till kunskapsutveckling och utbyte samt för att påverka framtida prioriteringar.

Sverige bör även representeras och delta aktivt inom andra internationella samarbeten som kan ha en påverkan på regelverk för utsläpp av eller kunskap om luftföroreningar och dess effekter, exempelvis nordiska och Arktiska samarbetsforum och forum för internationell sjöfart.

5.2 Behov av fortsatta nationella åtgärder för att minska kväveutsläpp

Kvävenedfallet har fått en ökad relativ betydelse för måluppfyllnaden av miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* i takt med att svavelnedfallet har minskat och kvävet har också påverkan på flera andra miljökvalitetsmål. För att nå miljökvalitetsmålet krävs därför inte enbart fortsatt kontroll av svavelutsläpp, utan även effektiva åtgärder för att minska utsläpp av kväveoxider och ammoniak.

Sverige ser dock inte ut att klara sitt åtagande om utsläppsminskningar av kväveoxider och ammoniak till 2030 enligt EU:s takdirektiv. Enligt den senaste utsläppsstatistiken och scenario för luftföroreningar behövs fler åtgärder och styrmedel genomföras för att Sverige ska klara sina åtaganden om minskade utsläpp till 2030.

5.2.1 Kväveoxidavgiften och åtgärder inom transportsektorn för att minska utsläpp av kväveoxider

Naturvårdsverket har sedan tidigare, som en del av genomförandet av luftvårdsprogrammet, föreslagit att undantaget för soda- och lutpannor som finns i lagen (1990:613) om miljöavgift på utsläpp av kväveoxider vid energiproduktion tas bort.¹¹⁴ Genom att ta bort undantaget uppskattas det att ungefär 30 ytterligare produktions-

¹¹⁴ Naturvårdsverket (2022). *Förslag till förändrad NOx-avgift: Naturvårdsverkets bidrag till luftvårdsprogrammets åtgärds paket för minskade utsläpp av NOx inom industrin och el- och fjärrvärme*. <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/7caf92437f0f4e828cd2ee35f91254b1/forslag-till-forandrad-nox-avgift.pdf>

enheter kommer inkluderas i avgiftssystemet. Ändringen uppskattas leda till minskade utsläpp med 2,2 till 4,4 tusen ton kväveoxider. Detta närmar sig Sveriges behov av ytterligare utsläppsminskningar för att klara sina åtaganden enligt takdirektivet. I budgetpropositionen för 2025 aviserade regeringen att man avser bredda kväveoxidavgiften så att soda- och lutpannor ingår i ett eget permanent avgiftskollektiv, med full återföring, i syfte att minska utsläppen av kväveoxider, men inget beslut har ännu fattats av riksdagen.

Den största källan till utsläpp av kväveoxider i Sverige är transportsektorn. Inom transportsektorn bör styrmedel inriktas på en omflyttning av transportarbetet till kollektivtrafik där detta är möjligt och ändamålsenligt. Även åtgärder för att underlätta och främja användningen av andra transportmedel som kollektivtrafik, gång och cykel bör prioriteras för att minska utsläppen av kväveoxider från trafiken. Införandet av EURO 7-kraven samt utformning av styrmedel som bidrar till en ökad elektrifiering av arbetsmaskiner samt väg- och sjötransporter är också av central betydelse. För att Sverige ska kunna uppfylla sina åtaganden om minskade utsläpp av kväveoxider behövs en högre elektrifieringstakt än vad som förväntas i dagsläget. I nuvarande scenarion för år 2030 finns redan en antagen elektrifieringstakt inräknad, vilket innebär att ytterligare politiska styrmedel behöver tillkomma för att elektrifieringen ska kunna ske i ökad omfattning och i snabbare takt. Åtgärder inom transportsektorn för minskade utsläpp beskrivs också i underlagsrapporten till den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet *Frisk luft*.¹¹⁵

5.2.2 Åtgärder för att minska utsläpp av ammoniak

Sverige uppfyllde inte sitt åtagande enligt takdirektivet om minskade utsläpp av ammoniak till 2020 och överskrider fortfarande de tillåtna utsläppsnivåerna. Utsläppsmålet till 2030 ser inte heller ut att nås med befintliga och beslutade styrmedel. Majoriteten, nästan 90 procent, av de svenska utsläppen kommer från jordbrukssektorn. För att minska miljöpåverkan och nå Sveriges utsläppsåtaganden behöver utsläppen minska, vilket kräver fortsatta och kraftfulla åtgärder. Att förbättra och effektivisera utnyttjandet av gödsel kan även minska sårbarheten och öka lönsamheten, vilket i sin tur bidrar till att stärka Sveriges livsmedelsförsörjning.

Under 2024 redovisade Jordbruksverket och Naturvårdsverket ett regeringsuppdrag med förslag på hur Sverige ska kunna uppfylla sina utsläppsåtaganden för ammoniak till 2030.¹¹⁶ Uppdraget omfattade ett brett paket av möjliga styrmedel och som bedöms kunna minska utsläppen med knappt 2 kiloton till 2030, under förutsättningarna att en betydande del av åtgärderna genomförs. Nedan beskrivs några av de föreslagna åtgärderna, samtidigt som man i redovisningen lyfter vikten av att få till stånd frivilliga åtgärder i så stor utsträckning som möjligt och även en utveckling av gödselbehandlingar för att klara Sveriges åtagande utan att negativt påverka lönsamheten, konkurrenskraften och livsmedelsproduktionen.

Några av de åtgärder som lyfts i regeringsuppdraget handlar om rådgivning, informationsspridning och riktade kampanjer, vilket behövs för att öka medvetenheten om ammoniakens miljöpåverkan och för att introducera nya tekniker som

¹¹⁵ Naturvårdsverket (2026). *Frisk luft – Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålen 2027*.

¹¹⁶ Jordbruksverket (2024). *Uppdrag att utarbeta förslag till styrmedel för att uppfylla Sveriges åtaganden enligt takdirektivet*. Regeringsuppdrag redovisat 22 augusti 2024. Diarienummer 4.2.17-01126/2024.

ännu inte används i Sverige, såsom surgörning av stallgödsel. Man lyfter också vikten av att stödja forskning, utveckling och innovation samt att utforma styrmedel teknikneutralt så att nya metoder kan tas i bruk i takt med att de utvecklas. Förslaget från Jordbruksverkets och Naturvårdsverkets regeringsuppdrag att höja stödandelen inom CAP:s investeringsstöd för ökad konkurrenskraft avseende investeringar som leder till minskad ammoniakavgång från 50 till 80 procent har redan genomförts. För att ytterligare stärka incitamenten för teknikinvesteringar föreslås också att högsta stödbelopp anpassas till dagens investeringsnivåer samt administrativa förenklingar för att öka anslutningen till stöden. Utöver investeringsstöd föreslås ett nytt arealbaserat stöd inom CAP för spridning av flytgödsel, flytande rötresten och eventuellt urin. Stöden kan kombineras med investeringsstöd för att förstärka effekten.

Kväveklivet, som också var en del av förslagen från Jordbruksverket och Naturvårdsverket, infördes 2025 (avsnitt 2.2.2) förväntas på längre sikt ge betydande effekter och lyfts fram som ett centralt verktyg för att Sverige ska kunna nå nationella och EU-gemensamma utsläppsmål. Den nuvarande budgeten på 100 miljoner kronor per år är begränsad i förhållande till utsläppsnivåerna och det stora intresset för satsningen. Jordbruksverket rapporterar redan om ett stort antal ansökningar och en hög efterfrågan, vilket indikerar att behoven är större än vad programmet i nuläget kan möta. Ett sätt att öka träffsäkerheten skulle kunna vara att införa mer riktade utlysningar inom ramen för kväveklivet, särskilt mot de åtgärder som pekats ut som mest angelägna såsom exempelvis surgörning av stallgödsel eller investeringar i tak över befintliga gödselbrunnar. De faktiska effekterna av stödet på ammoniakutsläppen kommer kunna bedömas senare. Kväveklivet väntas heller inte ensamt lösa de samlade utmaningarna kring ammoniakutsläpp, utan bör enligt regeringsuppdraget ses som en del av en bredare helhetslösning. Regeringen beskriver själv satsningen som ett led i en större omställning mot ett mer hållbart, konkurrenskraftigt och motståndskraftigt jordbruk.

5.3 Behov av ökad kunskap om kvävet miljöeffekter

Som har beskrivits i avsnitt 1.3 så är kvävet roll för försurning komplex. Framtida effekter av kvävenedfall kommer också bero på andra faktorer, såsom samspelet mellan förändrade svavel- och kväveutsläpp, klimatförändringar och markanvändning. Ökad nederbörd kan till exempel öka depositionen av vattenlösliga kväveföreningar, medan varmare klimat och förändrad hydrologi kan påverka nitrifikation, denitrifikation och organiskt kol- och kväveläckage. Det finns också en risk att extremhändelser (torka, stormar, intensiva regn) ger episodiska höga halter av nitrat och andra försurande joner. Studier från har visat att extrema väderhändelser kan förstärka detta läckage från mark till vatten, vilket gör systemen känsliga för kombinationen av klimatförändring och kvävebelastning.

Det finns stora osäkerheter kring de framtida effekterna av kvävenedfallet och frågan behöver ses ur ett helhetsperspektiv som tar hänsyn både till förändringar i utsläpp, klimatförändringar och markanvändning. Detta är av vikt för att förstå försurningseffekter men även andra effekter som kvävet har på miljön, såsom övergödning och påverkan på biodiversitet. De övervakningsdata och modeller som används för att förutsäga de långsiktiga konsekvenserna av kvävenedfall, i samspel

med klimatförändringar och förändrad markanvändning, bör fokusera på att öka förståelsen för hur reaktivt kväve påverkar ekosystemen. Det är av vikt att fortsätta utveckla de modellverktyg som används för att beskriva kvävecykeln och kvävekaskaden, samt att fortsätta med miljöövervakning som sträcker sig över lång tid för att få bra underlag om hur kvävenedfall påverkar försurningen. För att bättre adressera effekterna av kvävebelastning bör Sverige delta aktivt i utvecklingen av kritiska belastningar inte bara för försurning utan också för biologisk mångfald, där kväve spelar en nyckelroll.

5.4 Behov av styrmedel, åtgärder och uppföljning inom skogsbruket

Eftersom skogsbruket bör anpassas efter markens försurningskänslighet är det fortsatt av vikt att identifiera särskilt känsliga områden. Det är viktigt att analyser av markens känslighet är tillräckligt detaljerade och noggranna för att kunna bedöma om exempelvis grotuttag bör begränsas. Miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* följs upp på nationell nivå och för det finns idag en indikator för skogsbrukets försurande påverkan. För att kunna genomföra konkreta åtgärder på lokal nivå behövs dock information om den aktuella ståndorten för att bedöma vilka åtgärder som är lämpliga. Det behöver utvecklas verktyg och vägledning även för detta ändamål, för att minska försurningspåverkan från skogsbruk på sikt.

Idag används grotuttag som den huvudsakliga orsaken vid bedömning av skogsbrukets påverkan på försurning. Den nuvarande miljömålsindikatorn visar i vilken utsträckning det tas ut mer grot (i förhållande till hur mycket aska som återförs) än vad som bedöms som långsiktigt uthålligt. Det är viktigt att åtminstone upprätthålla och helst också utveckla dagens dataunderlag för grotuttag och askåterföring, så att denna data håller hög kvalitet och är tillgänglig för bland annat miljömålsuppföljning på både nationell och regional nivå. Data på grotuttagsarealer från Skogsstyrelsens hänsynsuppföljning, som redovisades för första gången under 2026, bör fortsätta testas och vidareutvecklas för att utvärdera om det utgör ett bättre dataunderlag i beräkningarna av indikatorn. Under 2026 har tester gjorts för att öka tidsupplösningen till treårsmedelvärden, genom att använda avverkningsdata från Skogsstyrelsens satellitbaserade skillnadsanalys och grot-data från hänsynsuppföljningen. När fem års data är insamlat från hänsynsuppföljningen kommer försök att göras att presentera resultaten som femårsmedelvärden och arbete pågår med att utreda om data från hänsynsuppföljningen stödjer även högre rumsupplösning, så att indikatorn kan presenteras på länsnivå.

Forskningsresultat visar på att skogsbrukets försurningspåverkan också bör ses över en hel skogsgeneration och att grotuttag är en del av denna process som kan förvärra effekterna. Det är fortsatt relevant att inkludera markens försurningskänslighet, det vill säga vilken utgångsstatus marken har, vid bedömningen av miljömålets precisering för att ge ytterligare information om huruvida ett visst försurningstryck är mer eller mindre skadligt på lång sikt. Att ha en korrekt bild av de processer som påverkar skogsmarkens försurning är av stor vikt för att kunna göra bedömningar av miljötillståndets utveckling.

För att öka kompensationsåtgärderna genom ökade askåterföringsarealer skulle det behövas statliga styrmedel och möjlighet till reglering av grotuttag och askåterföring, ökade ekonomiska incitament för askåterföring, utökad vägledning

om åtgärder samt nationella projekt för att öka kunskapen om effektiva åtgärder inom skogsbruket.

5.5 Ytterligare behov av forskning och miljökvalitetsmålets roll

Dagens kunskapsläge kring försurning visar att sambanden mellan försurande processer, kemiska förändringar och ekologiska effekter är komplexa. Kemiska indikatorer är viktiga i uppföljningen av miljökvalitetsmålet då de är konkreta och mätbara, samtidigt finns ett ökat behov av att se bredare på det ekologiska systemet. Samtidigt har förståelsen för kopplingar till andra miljöförändringar ökat, inte minst klimatförändringar, men fortsatt forskning behövs för att förstå samspelet och påverkan på försurning i framtiden.

Miljökvalitetsmålets första precisering säger att nedfallet av försurande ämnen inte ska överskrida vad mark och vatten tål någonstans i Sverige. På liknande sätt definieras den tredje preciseringen som att samtliga sjöar och vattendrag¹¹⁷ ska uppnå god status med avseende på försurning. Eftersom beräkningar och modellering av kritisk belastning och försurade sjöar är behäftade med en viss osäkerhet finns det behov av att precisera ett osäkerhetsintervall för att kunna bedöma när preciseringarna och målet är uppnått.

I dagsläget är målet formulerat så att det bedöms som uppnått när de två första preciseringarna bedöms som uppfyllda (nedfall av försurande ämnen och skogsbrukets försurande påverkan) medan de två sista preciseringarna (försurade sjöar och vattendrag samt försurad mark) tillåts uppnås senare. Eftersom försurnings-tillståndet i mark och vatten fortsätter att påverka växtlighet och vattenlevande djur, är det viktigt att fortsatt övervaka de biologiska effekterna och ta hänsyn till dessa i bedömningen av miljöpåverkan. Då miljömålssystemets uppföljningsår 2030 närmar sig, kan det vid en eventuell översyn av systemet vara relevant att ta hänsyn till dessa aspekter och det senaste kunskapsläget vid till exempel utformning av indikatorer och etappmål.

¹¹⁷ Sjöar större än 1 hektar och vattendrag med avrinningsområde över 2 kvadratkilometer.

Bara naturlig försurning

Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålen 2027

Bara naturlig försurning är ett av Sveriges 16 miljökvalitetsmål. Miljömålen ska visa vägen mot ett hållbart samhälle och fungerar som riktlinjer för miljöarbetet på lokal, regional och nationell nivå.

Försurningen i Sverige har minskat kraftigt sedan 1980-talet. Internationella överenskommelser och minskade utsläpp av försurande ämnen i Europa har lett till att många sjöar, vattendrag och skogsmarker återhämtar sig. Samtidigt påverkar försurningen fortfarande miljön och återhämtningen går långsamt. Kvävenedfallet är fortsatt för högt i vissa områden och skogsbrukets relativa betydelse för försurningen har ökat.

Den här rapporten visar hur miljötillståndet utvecklas, varför miljökvalitetsmålet ännu inte nås och vilka åtgärder som behövs framöver. Rapporten lyfter särskilt betydelsen av fortsatt internationellt samarbete för att minska utsläppen av försurande ämnen, men också behovet av åtgärder inom Sverige för att hantera kväveutsläpp och skogsbrukets påverkan på mark och vatten.

Bedömningen är att miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning inte kommer att nås till 2030 med befintliga och beslutade styrmedel. Samtidigt visar utvecklingen att långsiktigt miljöarbete ger resultat och att ytterligare insatser kan minska försurningen och stärka naturens återhämtning.

Rapporten är ett av underlagen till Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljömålen 2027, som lämnas till regeringen i januari 2027.