

Bara naturlig försurning

Fördjupad utvärdering
av miljömålen 2023



RAPPORT 7069 | NOVEMBER 2022



Bara naturlig försurning

Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7069-4

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2022

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2022

Omslagsfoto: En rad exotiska och föroreningskänsliga lavar har etablerat sig i Göteborgsområdet under det senaste decenniet – ett starkt bevis på en allt bättre luftkvalitet.

©Svante Hultengren/Naturcentrum AB



Förord

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

Den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2023 är den sjätte 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. Den består av en huvudrapport med förslag till regeringen och tillhörande underlagsrapporter.

Rapporten för Bara naturlig försurning är ett av underlagen till den samlade slutrapport som Naturvårdsverket redovisar till regeringen i januari 2023. Underlagsrapporten slutfördes under hösten 2022 och bedömningarna baseras på kunskap om befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder vid den tidpunkten.

Stockholm, november 2022

Stefan Nyström
Avdelningschef, Klimatevdelningen
Naturvårdsverket

Innehåll

Förord	3
Bara naturlig försurning	6
Sammanfattning	7
1. Nuläget – miljötillstånd, styrmedel och åtgärder	10
1.1 Miljötillstånd	10
1.1.1 Utsläpp av försurande ämnen	10
1.1.2 Nedfall av försurande ämnen	17
1.2 Skogsbrukets försurande påverkan	20
1.3 Försurade sjöar och vattendrag	28
1.4 Försurad mark	31
1.5 Miljöarbete	33
1.6 De centrala problemen för målet	35
2. Gapanalys – analys av förutsättningar och effekter	36
2.1 Aktörer, drivkrafter och beteenden	36
2.2 Centrala styrmedel och åtgärder samt deras effekter på miljötillståndet	37
2.2.1 Internationell sjöfart	37
2.2.2 Nationella nyligen beslutade styrmedel och åtgärder	40
2.2.3 Internationella styrmedel	41
2.3 Övrig påverkan	44
2.3.1 EU:s skogsbrukspolitik	44
2.4 Osäkerheter	44
2.5 Sammanfattande tabell	46
2.6 Sammanfattande gapanalys	47
2.7 Andra aspekter av målet	48
3. Bedömning av måluppfyllelse – när vi miljökvalitetsmålet?	49
3.1 Bedömning av måluppfyllelse	49
3.1.1 Nedfall av försurande ämnen	49
3.1.2 Skogsbrukets försurande påverkan	49
3.2 Andra aspekter av målet	50
3.3 Bedömning av målet som helhet	52
4. Prognos för utveckling – hur långt räcker åtgärdsarbetet?	53
4.1 Utvecklingen av miljötillståndet till 2030	53
4.2 Skogsbrukets försurande påverkan	55
4.2.1 Prognos för skogens försurande påverkan till 2030	55
4.2.2 Skogsbrukspolitiken	55
4.3 Försurade sjöar, vattendrag och skogsmark	57
4.3.1 Prognos för antalet försurade sjöar, vattendrag, sjöar och skogsmark	57
4.3.2 Utveckling av episodisk försurning i vattendrag	57
4.3.3 Kväveutlakning i skogsmark	61
4.4 Sjöfartens försurande påverkan	65
4.5 Utvecklingen av miljötillståndet på längre sikt, efter 2030	67

4.5.1	Prognos för utsläpp fram till 2040	67
4.5.2	Prognos för utsläpp fram till 2050	67
5.	Behov av styrmedel och åtgärder – vad krävs för att målet ska nås?	68
5.1	Åtgärdsförslag	68
5.1.1	Insatser kopplade till det internationella miljöarbetet	68
5.1.2	Insatser kopplade till det nationella miljöarbetet	69
5.1.3	Åtgärder för att minska försurande utsläpp från sjöfarten samt analysera effekter av styrmedel	70
5.2	Forskningsbehov	72
5.2.1	Kvävetets roll för försurningen i ett föränderligt framtida klimat	72
5.2.2	Överskridande av kritisk belastning för biodiversitet	73

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 hällristningar.

Riksdagens definition av miljömålet

Regeringen har fastställt fyra 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

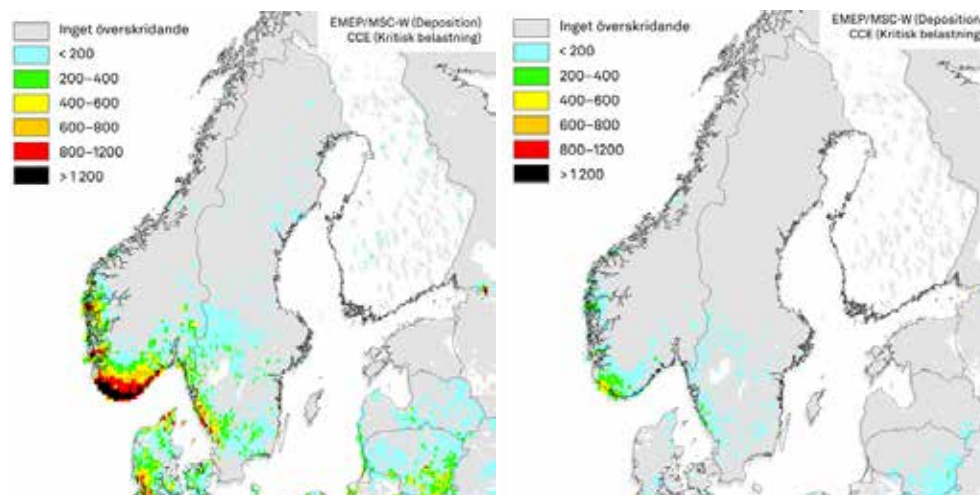
Tillståndet i miljön

Nedfallet av de försurande ämnena svavel och kväve över Sverige har minskat kraftigt. Nivåerna av svavel är i dag i närheten av förindustriella nivåer, dock är kvävenedfallet fortsatt högt i delar av Sverige. Det minskade nedfallet har gjort att antalet försurade sjöar och vattendrag stadigt minskat. År 2020 var 6,7 procent av sjöarna i Sverige klassade som försurade, jämfört med 7,8 procent 2015 och 8,8 procent 2010. Till 2030 bedöms 5,6 procent av sjöarna vara fortsatt försurade. Det är främst i södra och sydvästra Sverige som försurningstrycket är störst, till exempel bedöms i dag 34 procent av sjöarna i sydvästra Sverige vara försurade. Vattendragen följer samma mönster som sjöarna. Nedfallet beräknas fortfarande överskrida det som naturen bedöms tåla långsiktigt, den kritiska belastningen, på 7 procent av Sveriges skogs- och sjöareal år 2030. Det är en betydande minskning från 1980 då över 50 procent av ytan hade överskridande av kritisk belastning.

Sverige klarade inte sitt åtagande under EU:s takt direktiv om att minska ammoniakutsläppen med 15 procent till 2020. Göteborgsprotokollet, under FN:s luftvårdskonvention, och EU:s takt direktiv är de viktigaste instrumenten för fortsatt minskning av utsläpp av försurande ämnen.

Skogsbrukets relativa betydelse för försurning av mark och vatten har ökat i och med att depositionen av försurande ämnen har minskat. Tillväxt, förändring i virkesförråd, stamvedsuttag, avverkningsmetod, uttag av grenar och toppar samt vittring avgör storleken på påverkan. Med ett varmare klimat bedöms skogsbrukets relativa betydelse kunna öka ytterligare.

Areal där den kritiska belastningen överskrids inom Sverige år 2000 (vänster) samt 2019 (höger)



Enhet i figuren: (eq ha⁻¹ år⁻¹).

Källa: Coordination Centre for Effects (CCE)

a) Förutsättningarna för att nå målet till 2030

Utsläppen av försurande luftföroreningar i Europa fortsätter att minska. Ambitionsnivåerna för utsläpps begränsningarna inom EU är dock för lågt ställda för att Sverige ska kunna uppnå miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning. Utsläppen av framför allt kväveoxider, men även ammoniak, minskar inte i tillräckligt hög takt för att Sverige ska klara sina åtaganden under EU:S takdirektiv till 2030. Andra centrala åtgärder för att nå miljömålet är införandet av utsläpps begränsningar för sjöfarten inom svavel- och kvävekontrollområden. Med dessa bedöms sjöfartens bidrag till överskridandet av kritisk belastning halveras från 2012 till 2040.

Skogsbrukets relativa bidrag till försurningen har ökat i hela landet de senaste decennierna i takt med att nedfallet av försurande ämnen har minskat. I sydöstra Sverige har även det absoluta bidraget ökat. Ökad träd tillväxt har bidragit till ökade virkesförråd och ett ökat uttag av stamved. Uttag av avverkningsrester (grenar och toppar, så kallat grot) som skördas till följd av efterfrågan på förnybar energi påverkar markens surhetsstillstånd lokalt och kan ge ett väsentligt bidrag till försurningspåverkan. Intresset för grotuttag har sedan 2018 ökat och förväntas öka med behovet av förnyelsebar råvara. Askåterföring är en åtgärd för att minska skogsbrukets försurningspåverkan där grot tas ut. Idag finns inga starka ekonomiska incitament för att återföra aska till skogen.

b) Utvecklingen efter 2030

Sjöfartens utsläpp av kväveoxider bedöms fortsätta minska efter 2030 med regleringarna inom kvävekontrollområden. Svaveldioxidutsläppen kan komma att öka något i takt med ökad fartygstrafik. Det mesta talar för att skogsbrukets samlade försurande påverkan kommer att öka något på grund av varmare klimat och ökad tillförsel av aciditet med högre tillväxt samt ökat virkesförråd och uttag av biomassa inklusive grot. Mer än 90 procent av sjöarna i Sverige klassas inte som försurade och likaså är det över 90 procent av ytan där försurande nedfall underskrider kritisk belastning. Det finns fortsatt områden som har ett högt försurningstryck, främst i södra och sydvästra Sverige där mark och vatten kommer att vara försurade under lång tid framöver och återhämtningen går mycket långsamt.

c) Förändringar av insatser

För att nå miljökvalitetsmålet krävs främst internationella insatser där Sverige aktivt verkar för att ytterligare minska utsläppen av försurande ämnen på internationell arena. Sverige behöver dessutom minska de nationella utsläppen av främst kväveoxider och ammoniak ytterligare. Utveckling och genomförande av styrmedel krävs för att Sverige ska klara sina åtaganden under takdirektivet för såväl ammoniak som kväveoxider. Vidare bör Sverige verka för en skogspolitik där försurningspåverkan från skogsbruket minskar samt använda sig av den nya EU taxonomin för att investera i renare teknik som minskar utsläpp av kväveoxider.

Internationell sjöfart är den enskilt största källan till nedfall av kväveoxider över Sverige. Effekterna av införandet av kvävekontrollområden kommer dröja och Sverige bör vara pådrivande för att påskynda införandet av slagkraftiga styrmedel för att minska utsläppen.

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



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

1. Nuläget – miljötilstånd, styrmedel och åtgärder

1.1 Miljötilstånd

Syftet med det här avsnittet är att presentera miljötilståndet för miljömålet *Bara naturlig försurning*. Avsnittet är uppdelat utifrån miljömålets fyra olika preciseringar: Påverkan genom nedfall av försurande ämnen, påverkan genom skogsbruk, försurade sjöar och vattendrag samt försurad mark. De senare två beskriver tillståndet i miljön. Avsnittet innehåller en uppdatering över miljötilståndet i förhållande till hur tillståndet var vid den tidigare fördjupade utvärderingen som genomfördes år 2019.

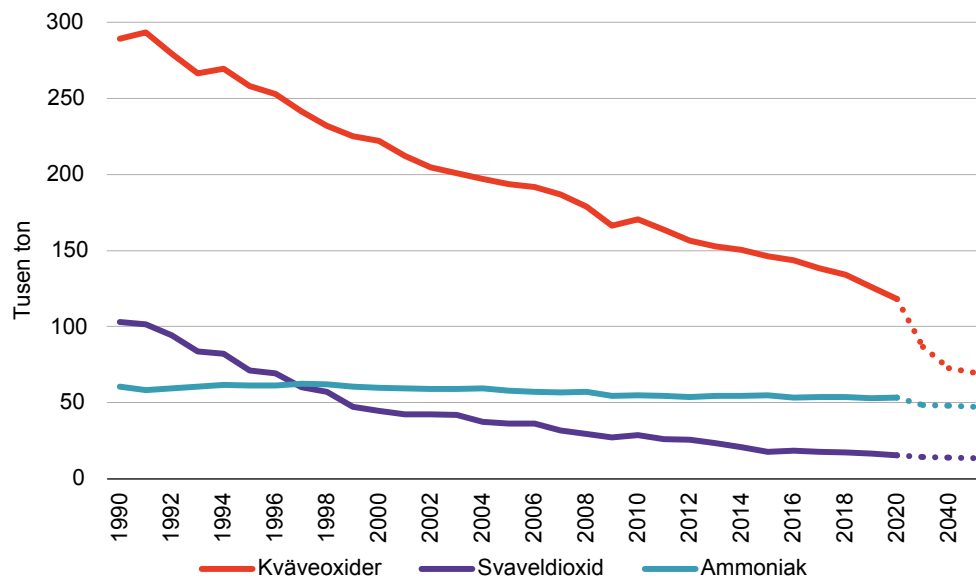
1.1.1 Utsläpp av försurande ämnen

Utsläppen av försurande ämnen i Sverige har minskat kraftigt sedan år 1990. Under perioden 1990–2020 minskade utsläppen av kväveoxider med 59 procent, ammoniakutsläppen med 12 procent och svaveldioxidutsläppen med 85 procent (se Figur 1). Kväveoxidutsläppen förväntas fortsätta minska kraftigt fram till år 2050, med ungefär ytterligare 59 procent jämfört med år 2020. En stor del av utsläppen av kväveoxider kommer från förbränning i motorer och den främsta anledningen till att utsläppen förväntas fortsätta minska så pass mycket är framför allt bättre rening av avgaser från motorer och effektivare fordon. Svaveldioxidutsläppen och ammoniakutsläppen förväntas också fortsätta minska, men inte i samma utsträckning som kväveoxidutsläppen. Utsläppsminskningarna mellan 1990 och 2020 har varit stora även utanför Sveriges gränser. Inom EU-27 har utsläppen av svaveldioxid minskat med 93 procent, kväveoxider med 63 procent och ammoniak med 29 procent. Inom EU-27 bidrar framför allt Tyskland och Polen med utsläpp som leder till ökad försurning i Sverige¹. Senaste årets luftövervakning (2020) visar på en minskning av både svavel och kväve i luften, för båda ämnena har minskningar mellan 15 och 40 procent iakttagits jämfört med år 2019. Detta beror sannolikt på nedstängningarna av olika aktiviteter i samhället både i Sverige, Europa och globalt till följd av covid-19-pandemin².

¹ EMEP, Emission database (2022)

² IVL svenska miljöinstitutet (2021) "Ny rapport visar fortsatta problem med försurning och övergödning i södra Sverige"

Figur 1. Sveriges utsläpp av försurande ämnen 1990–2020 samt prognos till år 2050.



Källa: Utsläpp av luftföroreningar, Naturvårdsverket

UTSLÄPP AV KVÄVEOXIDER

Utsläppen av kväveoxider i Sverige har mer än halverats sedan år 1990. År 2020 uppgick kväveoxidutsläppen till cirka 118 tusen ton jämfört med 289 tusen ton år 1990. Mellan år 2019 och 2020 minskade utsläppen med 6 procent. De största källorna till kväveoxidutsläpp i Sverige är inrikes transporter (42 procent), industrier (22 procent) och arbetsmaskiner (12 procent) vilket utgör ungefär 75 procent av de totala utsläppen av kväveoxider i Sverige. Totalt sett har utsläppen av kväveoxider minskat inom alla sektorer sedan år 1990. Den största minskningen har skett inom transportsektorn, vilket framför allt beror på katalytisk avgasrening och effektivare förbränning i motorer. Över en trettioårsperiod från år 1990 till år 2020 har kväveoxidutsläppen från inrikes transporter minskat med två tredjedelar. En annan bidragande faktor till minskade kväveoxidutsläpp är NO_x -avgiften, som minskat utsläppen från framför allt el- och värmeproduktionen och förbränningsprocesser inom industrin. NO_x -avgiften infördes 1992, och utsläppen per producerad energienhet har halverats sedan dess³.

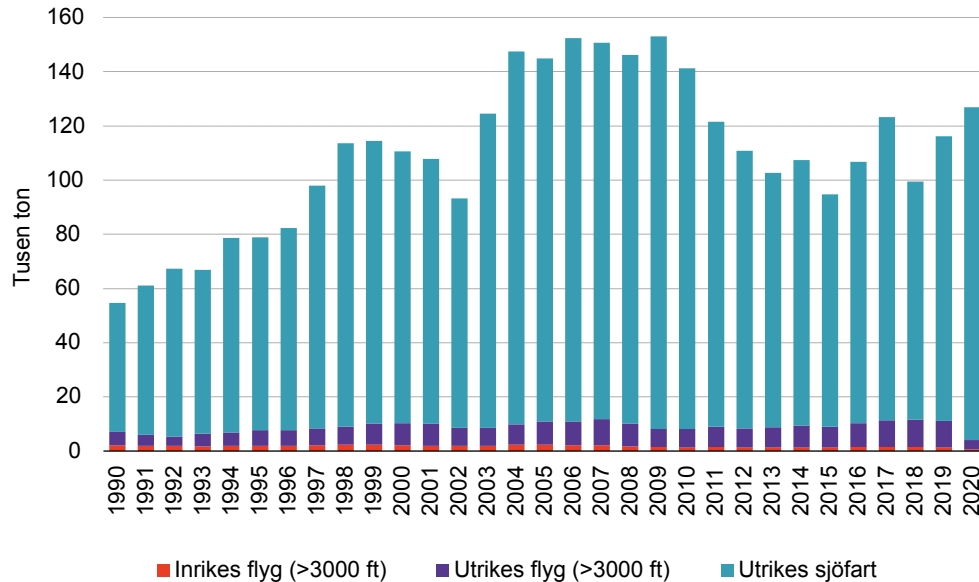
Utsläpp av kväveoxider från internationella transporter via sjöfart och flyg

Internationella transporter via flyg och sjöfart ger upphov till betydande utsläpp av kväveoxider. Även inrikes transporter via flyg och sjöfart bidrar till utsläpp, men de internationella transporternas bidrag dominerar. De totala utsläppen av kväveoxider från internationella transporter uppgick år 2020 till ungefär 127 tusen ton, vilket är mer än en fördubbling sedan år 1990 då utsläppen var 55 tusen ton. Från 2019 till 2020 ökade utsläppen med 9 procent. Den internationella sjöfarten stod för 97 procent av dessa kväveoxidutsläpp år 2020, medan utsläppen från utrikes

³ Naturvårdsverket (2022) "Kväveoxider, utsläpp till luft"

flyg stod för 3 procent. Figur 2 visar hur utsläppen av kväveoxider från internationell sjöfart och flyg har varierat sedan år 1990.

Figur 2. Utsläpp av kväveoxider från internationell sjöfart och flyg (på en höjd över 3000 fot) 1990-2020.



Källa: Utsläpp av luftföroreningar, Naturvårdsverket

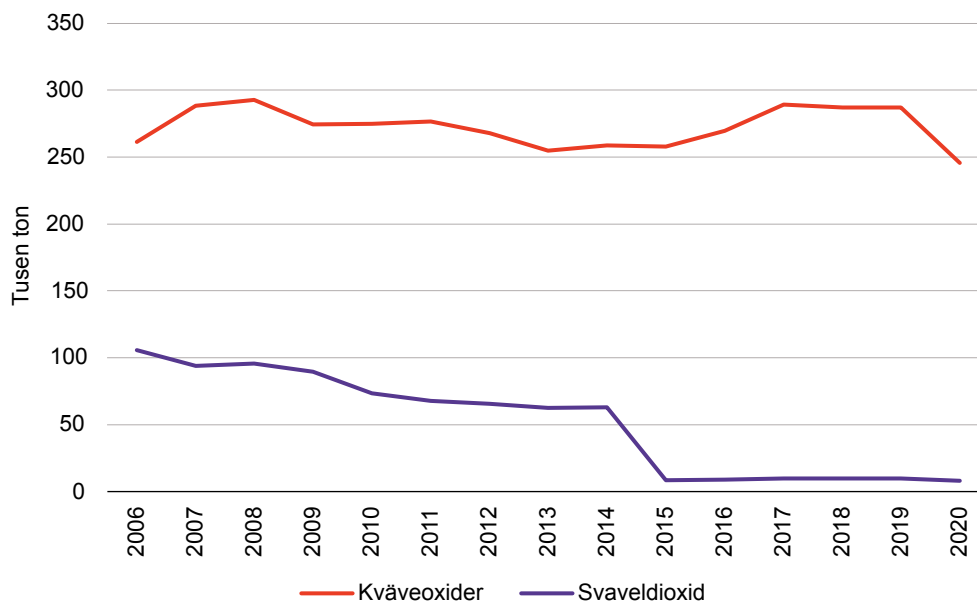
För inrikes utsläppsstatistik och siffrorna ovan så använder sig Naturvårdsverket av ett mått på bunkring av bränsle. Utsläppen beräknas utifrån den bränslemängd som bunkrats (sålts) i Sverige, till svenska eller utlandsregistrerade fartyg, och ger alltså inte information om var utsläppen sedan sker. Bunkringsdata används av flera länder eftersom det rekommenderas av 2005 IPCC Guidelines. Enligt IPCC så definieras inrikes sjöfart och dess emissioner som bränsleförbrukningen för ett fartyg som har en rutt med start- och slutdestination i ett och samma land, medan internationell sjöfart har en rutt som går från ett land till ett annat. Utsläppsstatistiken är oberoende av fartygens flaggstat. Anledningarna till IPCC:s rekommendation av bunkring som grund för utsläppsstatistik är bland annat att försäljningsdata är mer pålitlig än att följa bränslets transportrutt, att det minskar risken för dubbelrapportering av samma utsläpp från flera länder samt att nettoeffekten av ut- och intransporterat bränsle bör vara liten. Det finns dock problem med metodiken då det finns risk att länder tolkar rekommendationerna olika. Även om bunkringsdata har fördelar när man ska räkna ut globala utsläpp, så kan andelen bunkrat bränsle utomlands och i Sverige variera från år till år vilket gör bunkringsstatistiken mindre användbar för att beskriva den svenska utsläppstrenden i detalj.

Ett annat sätt att beräkna utsläppen från sjöfart är genom att använda fartygspositionsdata, så kallad AIS (Automatic Identification System), vilket görs av HELCOM och Finska meteorologiska institutet, FMI, för Östersjön⁴. Dessa utsläpp

⁴ HELCOM (2021), MARITIME 21-2021, 4-2 Emissions from Baltic Sea Shipping in 2006–2020

baseras på faktiskt uppmätt fartygstrafik samt bränsletyp. I den förra fördjupade utvärderingen 2019 presenterades en uppdatering av beräkningsmodellen STEAM, och till denna fördjupade utvärdering har den uppdaterade modellen använts när FMI har beräknat utsläppen av bland annat kväveoxider på Östersjön från 2006 till 2010 (se Figur 3).

Figur 3. Utsläpp till luft av kväveoxider och svaveldioxid från sjöfart på Östersjön 2006–2020, baserat på fartygspositionsdata.



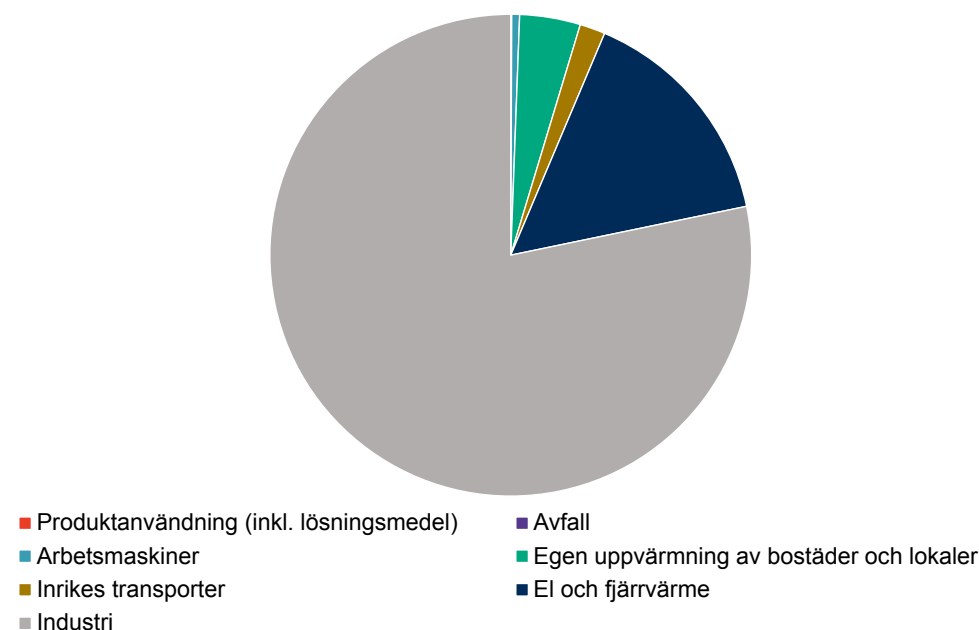
Källa: HELCOM

I Figur 3 syns en minskning i kväveoxidutsläpp på 14 procent mellan 2019 och 2020. Denna minskning beror främst på covid-19-pandemin, med följderna att fartygsaktiviteten minskade i området. Kväveoxidutsläppen följer en liknande variation som den totala bränsleförbrukningen under perioden 2006–2020.

UTSLÄPP AV SVAVELDIOXID

Svaveldioxidutsläppen i Sverige uppgick till cirka 15 tusen ton år 2020, jämfört med 103 tusen ton år 1990. Vilket innebär att utsläppen av svaveldioxid har minskat med 85 procent sedan 1990. Det är en kraftig minskning, och dagens nivåer är i närheten av förindustriella nivåer. Svaveldioxidutsläppen kommer framför allt från industriella processer, genom förbränning av svavelhaltiga bränslen såsom kol och eldningsolja. Industriella processer motsvarar 78 procent av de totala nationella utsläppen (se Figur 4).

Figur 4. Utsläpp av svaveldioxider ifrån olika sektorer år 2020.



Källa: Utsläpp av luftföroreningar, Naturvårdsverket

Utsläppen från förbränningsprocesser minskar i takt med att bränslen med hög svavelhalt ersätts med bränslen med lägre svavelhalt. Mellan 2019 och 2020 minskade de industriella utsläppen i Sverige med ungefär 7 procent. En annan faktor som gjort att svaveldioxidutsläppen minskat är ökad användning av biobränslen, vilket ersätter svavelhaltiga bränslen. Inrikes transporter har tidigare inneburit höga utsläpp av svaveloxider, men står idag för ungefär 2 procent av utsläppen. Sverige påverkas dock fortfarande i stor utsträckning av utsläpp från andra länder som transporteras med vindarna vilket varit en stor orsak till försurningen av mark och vatten i Sverige historiskt sett. Inom EU-28 har utsläppen av svaveldioxider minskat med ungefär 93 procent, och bara mellan 2018 och 2019 minskade utsläppen med 13 procent på grund av framför allt minskade utsläpp i Polen, Spanien, Tyskland och Frankrike⁵.

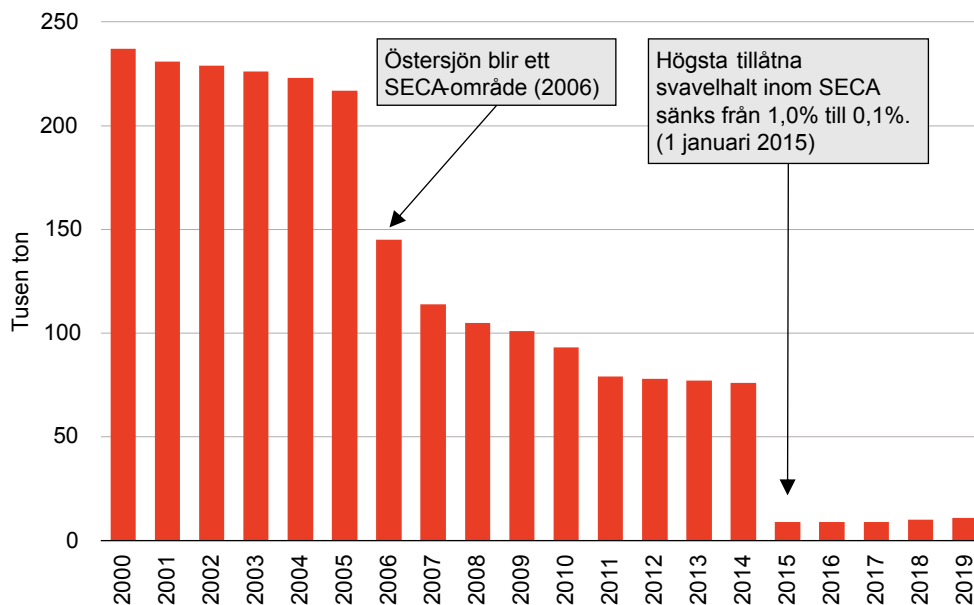
Utsläpp av svaveldioxid från internationella transporter via sjöfart och flyg

Utsläppen av svaveldioxider från internationella transporter via sjöfart och flyg uppgick till cirka 17 tusen ton år 2020, enligt Naturvårdsverkets statistik som baseras på bunkringsdata. Det är ungefär lika mycket som alla de nationella källorna tillsammans men är på den lägsta nivån sedan 1990. Mellan 2019 och 2020 observeras en halvering av utsläppen, vilket antas bero på covid-19-pandemin. Av de totala svavelutsläppen från internationella transporter kommer majoriteten från internationell sjöfart (98 procent) och endast en liten del från flyg (2 procent), även om flygets utsläpp har dubblats sedan 1990.

⁵ EEA (2019): European union emission inventory report 1990–2019 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). EEA report no 5/2021

Utsläppsdata för svaveldioxid för Östersjön finns tillgängliga via det internationella övervakningsprogrammet EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), som visar på mycket kraftiga effekter av de svavelkrav som införts under 2000-talet (se Figur 5). Utsläppen av svaveldioxid på Östersjön minskade med 33 procent mellan 2005 och 2006, då Östersjön blev ett svavelkontrollområde, samt med 88 procent mellan 2014 och 2015 på grund av striktare begränsningar av tillåten svavelhalt i bränsle. I Nordsjön var minskningen mellan 2014 och 2015 82 procent⁶.

Figur 5. Utsläpp av svaveldioxid (i kiloton per år) från internationell sjöfart på Östersjön 2000–2019.



Källa: EMEP

HELCOM redovisar data över utsläpp till luft från fartygstrafik utifrån AIS-Data (Automatic Identification System) och de modellerade svaveldioxidutsläppen från sjöfart på Östersjön under perioden 2006–2020 visas i Figur 3. Statistiken från HELCOM:s AIS-data är mer tillförlitlig för att belysa utsläppstrender eftersom de baseras på uppmätt trafik. Detta till skillnad från Naturvårdsverkets statistik som baserar statistiken på mängden bränsle som bunkras inom Sveriges gränser. HELCOM redovisar även statistik över bränsleanvändning. Fördelningen mellan bränsletyper var någorlunda konstant i Östersjöområdet fram till och med 2014, med cirka 80 procent högsvavligt bränsle (HFO) och resten marin gasolja (MGO, destillat) och marin dieselolja (MDO, blandning av HFO och destillat). Sedan 2015 har den största förändringen skett, med en dominerande andel MGO och mindre än 20 procent HFO. Mängden flytande naturgas (LNG, liquified natural gas) ökar men utgör fortfarande bara ett par procent⁷.

⁶ EMEP status report 1/2021. Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components. Joint MSC-W & CCC & CEIP Report.

⁷ HELCOM (2021), MARITIME 21-2021, 4-2 Emissions from Baltic Sea shipping in 2006–2020.

Den 1 januari 2020 införde International Maritime Organization (IMO) ytterligare en ny gräns för maximalt tillåten svavelhalt i fartygsbränsle även utanför befintliga svavelkontrollområden (SECA), genom ett tillägg till Annex VI of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)", även kallat "IMO 2020". Den nya begränsningen förväntas ge flera positiva effekter, genom att minska den globala sjöfartens utsläpp av svaveloxider vilket i sin tur även är positivt för människors hälsa. Effekterna av den nya begränsningen i Sverige förväntas dock vara relativt liten, då fartygstrafiken i Östersjön och Nordsjön redan regleras av SECA. Huruvida en effekt kan ses redan under 2020 går inte att säga, då den observerade minskningen av svavelutsläpp på runt 15 procent främst tros bero på minskad fartygstrafik under covid-19-pandemin.

UTSLÄPP AV AMMONIAK

Utsläppen av ammoniak uppgick till cirka 53 tusen ton år 2020, vilket är en minskning med 12 procent jämfört med 1990 (se Figur 6). Jordbruket stod år 2020 för nästan 88 procent av ammoniakutsläppen till luften. Resterande källor är industrier, transport och avfallssektorn. Ammoniakutsläppens storlek beror bland annat på hur många djur som finns inom jordbruket och hur gödsel hanteras, lagras och sprids. De minskade utsläppen av ammoniak beror till största del på att antalet djur har minskat inom jordbrukssektorn, vilket i sin tur minskar mängden gödsel som behöver hanteras. Däremot har importen av mjölk- och köttprodukter ökat, vilket medför att utsläppen delvis har förflyttats till andra länder⁸. Under en utvärdering av EU:s luftvårdspolitik konstaterades det att för utsläpp av ammoniak finns för få nya antagna styrmedel på EU-nivå som kan bidra till att minska utsläppen. Under 2019 anordnades en workshop inom EU-kommissionen för att utveckla ett vägledande dokument för att se över utsläppen av luftföroreningar inom jordbruket⁹.

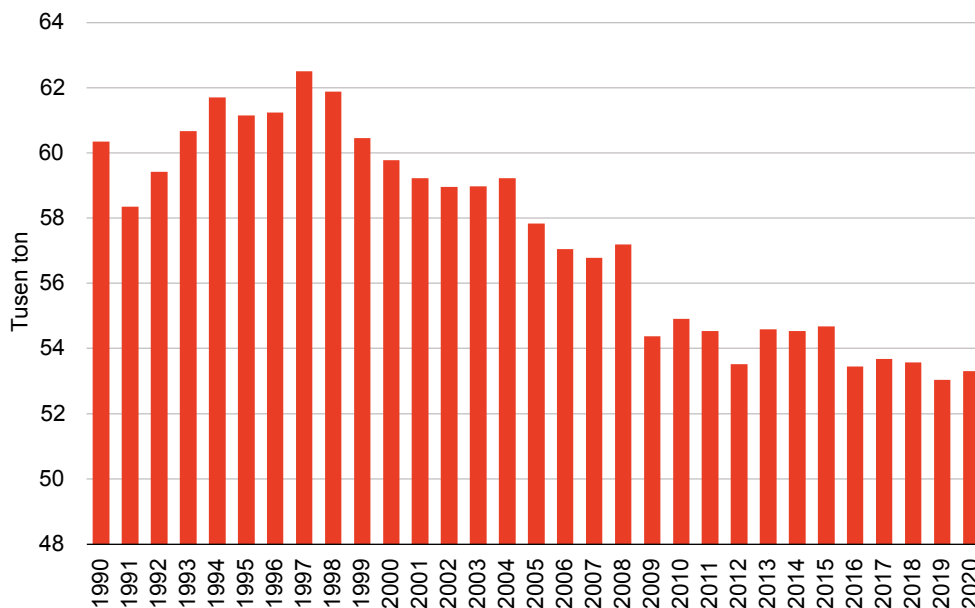
Utsläppen av ammoniak varierar relativt lite geografiskt över landet. Däremot vid vissa platser i jordbrukstäta områden i Skåne var halterna under 2019/2020 något högre, speciellt under sommaren. Ibland förekommer också förhöjda halter av ammoniak under vintern på ett par platser i norra Sverige vilket kan bero på småskalig vedeldning som utgör en lokal källa till utsläpp av ammoniak¹⁰. Utöver det har mängden utsläpp av ammoniak legat på ungefär samma nivå under det senaste decenniet (se Figur 6).

⁸ Naturvårdsverket (2021). "Ammoniak, utsläpp till luft"

⁹ Naturvårdsverket (2020) "Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020"

¹⁰ IVL svenska miljöinstitutet (2021), Rapport C607, "Försurning och övergödning i det svenska skogslandskapet"

Figur 6. Utsläpp av ammoniak i Sverige under perioden 1990–2020.



Källa: Utsläpp av luftföroreningar, Naturvårdsverket

1.1.2 Nedfall av försurande ämnen

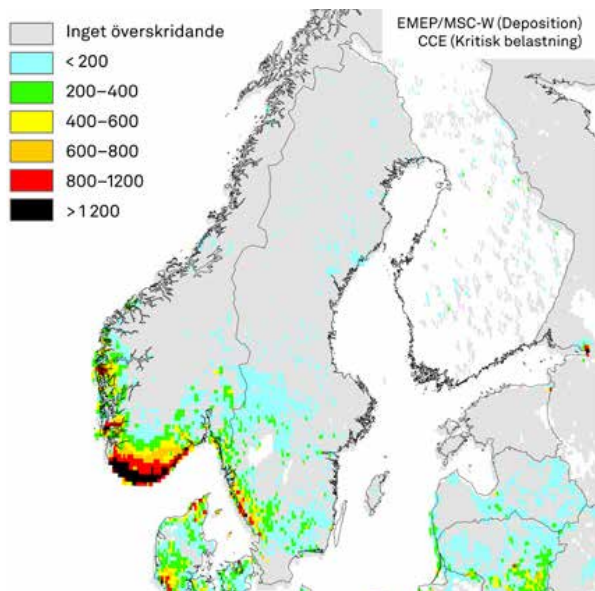
Försurningen som orsakas av atmosfäriskt nedfall beror främst på svavel- och kväveföreningar. Utsläppen kommer både från stationära källor såväl som transporter samt från källor både i Sverige och internationellt. Historiskt sett har försurningen i Sverige påverkats av både nationella och internationella utsläpp i Sveriges när-område. Mängden försurande nedfall i form av våtdeposition har minskat, och tydligast är trenden för svaveldioxid. Nedfallsminskningen är tydligast i den södra delen av Sverige där depositionen historiskt sett varit störst. Nedfallet av försurande ämnen styrs inte bara av mängden utsläpp av försurande ämnen utan också av mängden nederbörd. Nederbörden kan variera stort på olika platser och med årstider, samt från år till år. 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 de norra delarna av Sverige¹¹.

Andelen areal där den kritiska belastningen för försurning överskrids beräknas till 7 procent år 2030 i Sverige, av den skyddsvärda arealen, det vill säga av den arealen som kritisk belastning beräknas på¹². I den förra fördjupade utvärderingen från 2019 beräknades arealen som överskrider den kritiska belastningen uppgå till 10 procent år 2030. Den beräknade skillnaden för prognosen till år 2030 beror förmodligen på skillnader i vattenkemi vid de olika tillfällena som prognoserna beräknats. Anledningen till att den kritiska belastningen av försurande ämnen som marken tål fortfarande överskrids beror framför allt på att skogsbruket för bort så pass mycket baskatjoner att målet inte kommer att kunna nås enligt de

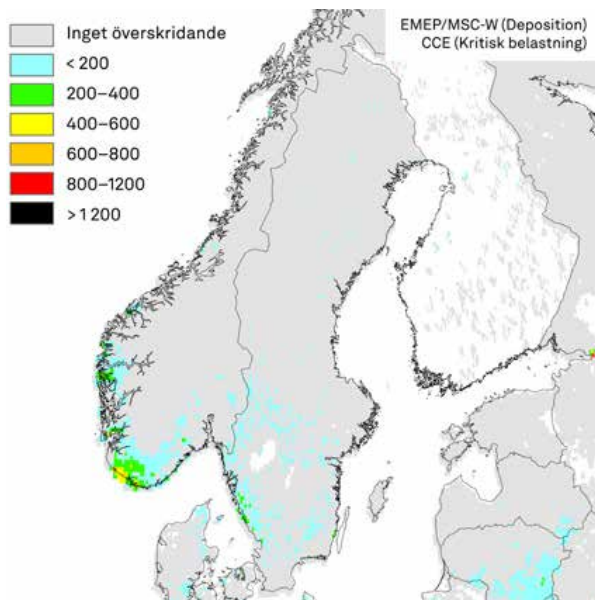
¹¹ Naturvårdsverket/Sveriges miljömålsportal (2022) "Nedfall av svavel"

¹² Fölster, Jens (2021) "Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2022: Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag"

beräkningsmodeller som används för kritisk belastning idag¹³. Dock är den kvarstående arealen som överskrider den kritiska belastningen på en i dagsläget mycket låg nivå jämfört med tidigare¹⁴. Inom EU beräknades 6 procent av den totala arealen överskrida den kritiska belastningen år 2019¹⁵. Se Figur 7 och Figur 8 nedan för överskridande av den kritiska belastningen år 2000 respektive år 2019 inom Skandinavien och Baltikum.



Figur 7. Areal där den kritiska belastningen för försurning överskrids inom Sverige år 2000. Enhet i figuren: (eq ha⁻¹ år⁻¹)¹⁶.



Figur 8. Areal där den kritiska belastningen för försurning överskrids inom Sverige år 2019. Enhet i figuren: (eq ha⁻¹ år⁻¹)¹⁷.

¹³ Moldan, F., J. Stadmark, J. Fölster, S. Jutterström, M. N. Futter, B. J. Cosby och R. F. Wright (2017). "Consequences of intensive forest harvesting on the recovery of Swedish lakes from acidification and on critical load exceedances." Science of The Total Environment.

¹⁴ Fölster, Jens (2021) "Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2022: Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag".

¹⁵ Working Group on Effects of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (2021).

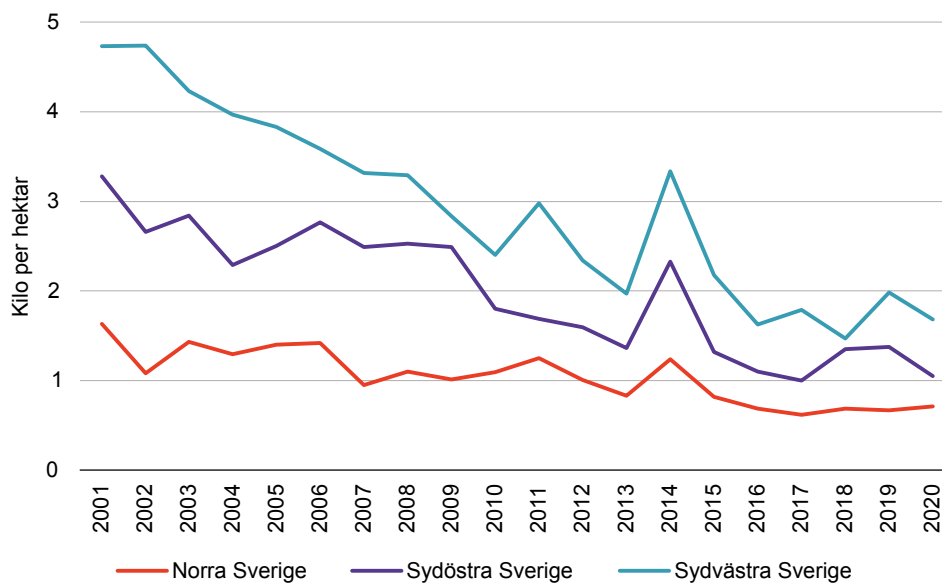
¹⁶ CCE, <https://www.umweltbundesamt.de/en/cce-data-models>

¹⁷ CCE, <https://www.umweltbundesamt.de/en/cce-data-models>

NEDFALL AV SVAVEL

I takt med att utsläppen av försurande ämnen minskar, minskar också mängden nedfall av svavel och kväve. Mängden surt nedfall är betydligt lägre idag än det var år 1950. Under perioden 2001–2020 har mängden nedfall av svavel via våtdeposition (nedfall som sker med nederbörden) minskat med 56 procent i norra Sverige, med 68 procent i sydöstra Sverige samt med 64 procent i sydvästra Sverige (se Figur 9). Polen (15 procent) och Tyskland (11 procent) är de länder inom EU-27 som bidrar i störst utsträckning till svavelnedfallet över Sverige¹⁸. Inom EU-27 har utsläppen av svavel minskat mest sedan år 1990 i jämförelse med övriga luftföroreningar¹⁹.

Figur 9. Nedfall av svavel (utan havssaltbidrag) med nederbörd i tre olika regioner i Sverige under perioden 2001–2020.



Källa: IVL Svenska Miljöinstitutet, Krondroppsnätet

NEDFALL AV KVÄVE

Nedfall av kväve kan ske både i formen av oxiderat kväve (nitratkväve) och reducerat kväve (ammoniumkväve). Nedfallet av båda formerna var relativt konstant från början på 1990-talet fram till ungefär år 2005²⁰. Efter det började en minskning märkas. Minskat nedfall av kväve följer dock inte en lika tydlig trend som för svavel. Nedfallet av kväve är fortfarande högt i sydvästra och sydöstra Sverige. Nedfallet av kväve har minskat med 38 procent i norra Sverige, 45 procent i sydöstra och 34 procent i sydvästra Sverige mellan 2001 och 2020 (se Figur 10)²¹. Minskningen beror bland annat på de totala minskade utsläppen av luftföroreningar i Europa. Tyskland samt sjöfarten på Östersjön och Nordsjön är de två största källorna till

¹⁸ EMEP, Emissions database (2022) https://www.emep.int/publ/reports/2022/Country_Reports/report_SE.pdf

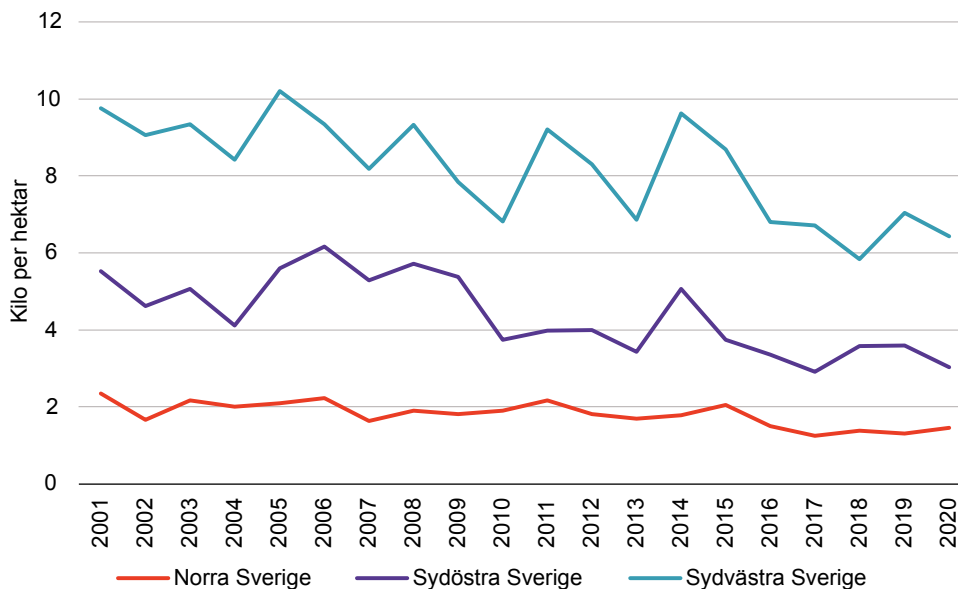
¹⁹ EEA (2019): European union emission inventory report 1990-2019 under the UNECE convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). EEA report no 5/2021

²⁰ Naturvårdsverket/Sveriges miljömålsportal (2022) "Nedfall av kväve till barrskog"

²¹ IVL, svenska miljöinstitutet. Krondroppsnätet

kvävenedfall över Sverige. Deposition av kväve har också påverkan på möjligheten att nå miljömålet *Ingen övergödning*.

Figur 10. Nedfall av oorganiskt kväve till barrskog fördelat över tre olika regioner i Sverige.



Källa: IVL Svenska Miljöinstitutet, Krondropps nätet

1.2 Skogsbrukets försurande påverkan

Skogsbruket bidrar till skogsmarkens försurning på lång sikt genom trädens tillväxt, och skogsbrukets försurande påverkan ökar med den ökande mängden biomassa i skogen. När träden växer sker en markförsurning på grund av tillväxt i biomassan och upptag av baskatjoner, samtidigt som markens förråd av organiska syror²² byggs upp. Vid uttag av skogsbiomassa tas näringsämnen (baskatjoner) och baser (syraneutraliserande förmåga) ut. Eftersom biomassan tas ut i stället för att brytas ned i skogen, sker inte en lika stor alkaliserings som annars hade skett²³. 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 försurande ämnen via deposition. Det innebär att i vissa delar av landet är mark och vatten mer känsliga för försurningseffekter av skogsbruk. En återhämtning från effekten av försurande deposition pågår här men går långsamt, och effekten av skogsbruk kan försena återhämtningen. De naturliga processer som tillför näringsämnen till marken och förbrukar vätejoner, framför allt vittring som är en långsam process och atmosfäriskt nedfall av baskatjoner som ger en begränsad tillförsel, kan vid ett större uttag av biomassa inte kompensera för förlusterna vilket medför att markens baskatjonförråd och syraneutraliserande förmåga minskar.

²² Svaga syror och oorganiskt aluminium

²³ Naturvårdsverket/Sveriges miljömålportal (2022) ”Bara naturlig försurning”

I takt med att utsläppen av försurande ämnen har minskat drastiskt har påverkan på skogsmarken på grund av deposition av luftföroreningar också minskat, och därmed har skogsbrukets relativa påverkan blivit större. Idag är bidraget från deposition och skogsbruk i samma storleksordning. Försurningsbelastningen i svenska skogar till följd av deposition, skogstillväxt och avverkning från 1950-talet fram till 2010 har presenterats i en rapport²⁴ som togs fram på uppdrag av Naturvårdsverket. Försurningsbelastningen som orsakas av skogsbruket har, i motsats till depositionen, ökat sedan 1950-talet. Variationen i avverkning är stor från år till år, men en statistiskt signifikant ökning av markförsurningen på 3,6 procent per år har observerats i sydöstra Sverige under perioden 1955–2010. Försurningsbelastningen till följd av förlust av baskatjoner ökar på grund av nettoökning av både stående trädbiomassa, avverkning samt grotuttag, och är störst i sydvästra Sverige, följt av sydöstra och minst i norra Sverige. Försurningen äger rum under hela trädets tillväxt och ackumuleras under lång tid, och blir fullt ut realiserad vid avverkning. Vid grotuttag blir aciditetstillförseln större än vid enbart stamuttag. 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.

För att kunna göra bedömningar och utvärderingar på nationell och länsnivå finns en indikator för miljömålets precisering om skogsbruk. Indikatorn för Skogsbrukets försurande påverkan togs fram i mitten av 2010-talet. Det gjordes för att indikatorerna för miljömålet bättre skulle representera försurningspåverkan. Eftersom nedfallet av försurande ämnen hade minskat och skogsbrukets försurande påverkan hade ökat uppstod ett behov av en indikator som mätte skogsbrukets försurande påverkan. Indikatorn som används för den nationella bedömningen av skogsbrukets försurande påverkan presenterades första gången i den årliga uppföljningen av miljömålet år 2018 och definieras som ”andel avverkad granskog med överskridande av kritiskt baskatjonupptag vid grotuttag och där askåterföring inte sker”. Indikatorn är tänkt att användas på regional nivå för att få en övergripande bild av skogsbrukets försurande påverkan och syftar inte till att gå ner på lokal nivå eller ståndortsnivå då osäkerheterna ökar.

Vid beräkning av indikatorn utgår man först från konceptet kritiskt baskatjonuttag som bygger på konceptet kritisk belastning, vilket har använts internationellt sedan 1980-talet. Med kritiskt baskatjonuttag menas den nivå av uttag som kan göras utan att det totala förrådet minskar, och baseras på massbalansberäkningar. Detta ger en riktning och hastighet på utvecklingen, men säger inget om utgångsläget och därmed fås 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 utvecklingen går mot att den syraneutraliserande förmågan i marken minskar. När nivån för kritiskt baskatjonuttag har beräknats för alla (5 412) granytor inom Riksinventeringen för skog, aggregeras resultaten till länsnivå och vägs ihop med data på grotuttagsarealer och askåterföringsarealer från Skogsstyrelsen, för att beräkna indikatorvärden för varje län. Andelen ytor med överskridande i varje län ger tillsammans med grotuttags- och askåterföringsareal ett mått på arealen med grot-uttag som inte bedöms som

²⁴ Iwald, J m.fl. 2019. ”Effekter på mark av 50 års försurningsbelastning från atmosfärisk deposition och katjonupptag i biomassa – en analys av data från Riksskogstaxeringen och Markinventeringen”. NV-02297-17

långsiktigt uthålligt. Genom att dividera detta med total avverkad areal erhålls en andel (i procent) motsvarande indikatorformuleringen. Indikatorn skulle kunna beräknas för andra geografiska områden också, men begränsas idag bland annat av tillgängliga data för grotuttag och askåterföring. Den övergripande metodiken för hur indikatorn beräknas beskrivs i detalj i Akselsson m.fl. (2018)²⁵. Metodiken har förfinats genom att inte bara upptag av baskatjoner ingår i beräkningarna av överskridandet, utan även upptag av anjoner (Cl, S och P). En begränsning i indikatorn idag, till följd av att den beräknas på grotuttag, är att det på känsliga ställen kan finnas överskridanden även vid enbart uttag av stamved, vilket ej fångas av indikatorn med dagens antaganden.

Skörd av grot (grenar och toppar) innebär att mer baskatjoner och syra-neutraliserande förmåga förs bort än vid enbart stamvedsskörd, vilket har stor påverkan på den ackumulerade försurningen. Arealen skogsmark där grot togs ut vid avverkning fördubblades under perioden 2000–2011, vilket efterföljdes av en period med minskande grotuttag och efter 2015 har trenden varit ökande igen. Mängden grot som tas ut vid avverkning varierar mycket från år till år och någon tydlig trend över de senaste 20 åren går inte att se (se Figur 11). Det något minskande uttaget av grot 2012–2019 kan delvis förklaras av att användningen av rena biobränslen minskade inom fjärrvärmesektorn²⁶. Askåterföring innebär en budgetmässig kompensation för uttag av baskatjoner och syraneutraliserande förmågas med grot. Vid uttag av grot från skogen och efter förbränning finns många näringsämnen²⁷, alla utom kväve, kvar i askan som då kan återföras till skogen. Askåterföring är en viktig del i ett uthålligt skogsbruk, där baskatjoner återförs till skogen för att undvika den försurande påverkan från skogsbruket²⁸. Skogsstyrelsen har länge rekommenderat askåterföring som en viktig del i ett uthålligt skogsbruk, men möjligheten att genomföra askåterföring är förhållandevis låg till mängden grot som tas. Det beror dels på att tillgången på aska med tillräckligt bra kvalitet för närvarande är låg. Under perioden 2019–2020 togs grot ut på 63 336 hektar av den totala arealen skog i Sverige, medan askåterföring endast skedde på 26 123 hektar av den totala arealen (Se Tabell 1 & Figur 11). Preliminära jämförelser med andra datakällor har visat att grotuttags-arealer från åtgärdsundersökningar är behäftade med stora osäkerheter. Arbete pågår på Skogsstyrelsen med att minska dessa osäkerheter, genom att kombinera data från åtgärdsundersökningar med data från Riksskogstaxeringen. Det har visat sig under arbetets gång att arealerna från åtgärdsundersökningarna är underskattade. Data med den nya metoden kan förhoppningsvis färdigställas under 2022, och efter det kommer årliga grotuttags-data med mindre osäkerheter kunna tas fram. Även för avverkad areal, som baseras på avverkningsanmälningar, är osäkerheterna stora. Med data från Riksskogstaxeringen och/eller fjärranalys skulle säkrare data kunna erhållas.

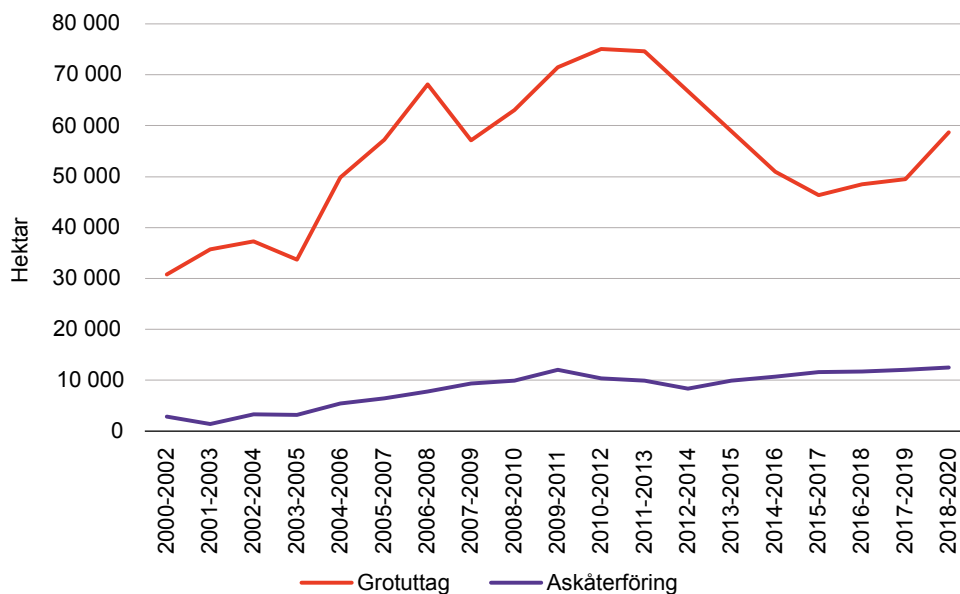
²⁵ Akselsson, C. (2021) "Underlag till den fördjupade utvärderingen 2022 för indikatorn 'Försurning från skogsbruk'"

²⁶ Naturvårdsverket (2020), "Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020"

²⁷ Askan innehåller fosfor och de basiska näringsämnena kalcium, magnesium och kalium men däremot inget kväve.

²⁸ Pettersson, M., Björnsson, L., & Börjesson, P. (2020). Recycling of ash from co-incineration of waste wood and forest fuels: An overlooked challenge in a circular bioenergy system. *Biomass & Bioenergy*, 142: 105713

Figur 11. Uttag av grenar och toppar samt askåterföring i Sverige mellan åren 2000–2020.



Figuren visar askåterföring samt areal skogsmark där grenar och toppar (grot) tagits ut vid slutavverkning mellan åren 2000 och 2020 (treårsmedelvärden). Grot-data kommer från Skogsstyrelsens åtgärdsundersökningar och bygger därmed på uppskattningar av arealer från skogsägare. Under 2018 gjordes ingen åtgärdsundersökning, och data för det året är därför interpolerat baserat på 2017 och 2019.

Källa: Skogsstyrelsen

Tabell 1. Underlag för uppföljning av den föreslagna indikatorn för perioden 2019–2020. Alla arealer anges i hektar.

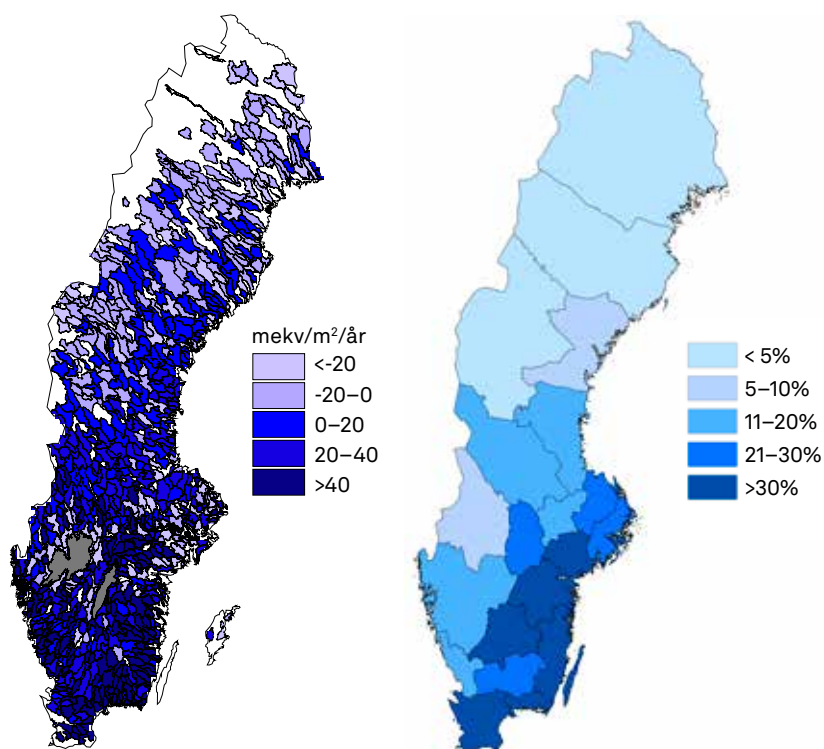
Länsnamn	Avverkningsanmäld areal	Andel granskog med grot-uttag och överskridande	Areal med grot-uttag	Areal med askåterföring	Areal med överskridande vid grot-uttag	Areal med överskridande vid grot-uttag som inte askåterförs	Andel avverkad areal som överskrids vid grot-uttag och där askåterföring inte sker (%)
Blekinge	3 293	0,99	833	174	822	648	20
Dalarna	18 373	0,95	6 780	502	6 409	5 908	32
Gotland	836	0,33	857	01	^b	^b	^b
Gävleborg	18 782	0,81	4 574	94	3 738	3 644	19
Halland	3 026	0,92	1 254	378	1 188	810	27
Jämtland	24 506	0,37	1 039	68	379	312	1
Jönköping	8 450	0,94	4 743	1 582	4 470	2 888	34
Kalmar	12 705	0,94	5 272	2 211	4 977	2 766	22
Kronoberg	6 342	0,94	4 103	1 199	3 844	2 646	42
Norrbottnen	23 813	0,15	137	01	21	21	0
Skåne	4 492	0,98	2 210	2 247	2 156	-91	-2
Stockholm	4 297	0,57	1 198	2	678	676	16
Södermanland	9 690	0,67	3 714	0 ^a	2 476	2 476	26
Uppsala	8 955	0,45	3 080	0 ^a	1 379	1 379	15
Värmland	18 012	0,78	4 532	484	3 553	3 069	17
Västerbotten	28 851	0,27	1 235	0 ^a	332	332	1
Västernorrland	20 493	0,75	1 085	0 ^a	811	811	4
Västmanland	6 611	0,55	2 472	170	1 365	1 195	18
Västra Götaland	17 071	0,84	6 344	2 755	5 351	2 596	15
Örebro	8 890	0,93	3 024	592	2 815	2 223	25
Östergötland	10 092	0,85	4 853	607	4 148	3 541	35

^aInga utförare har kunnat identifieras.

^bFör litet underlag (tre granytor) för att utföra beräkningar.

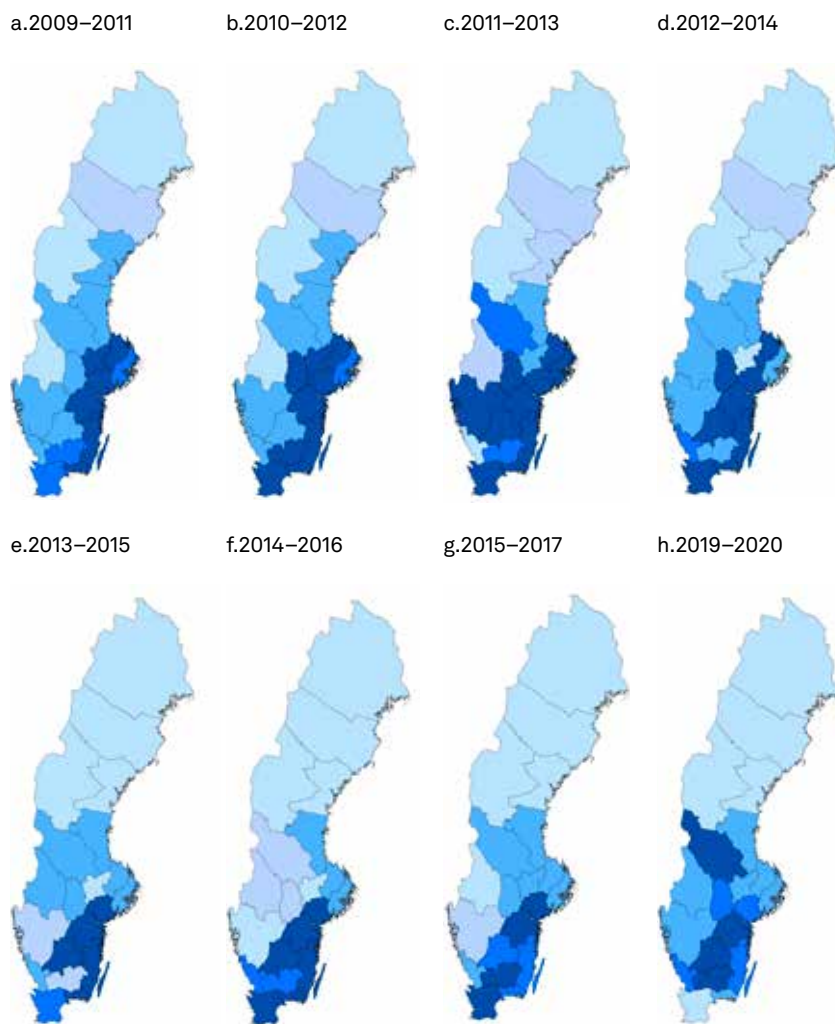
Figur 12 visar dels var överskridande av kritiskt biomassauttag skett (som ett medelvärde för perioden 2009–2020), dels i hur stor andel av respektive län som indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan inte uppfyllts för perioden 2009–2020, det vill säga den andel avverkad areal granskog där kritiskt biomassauttag överskrids vid grotuttag och där askåterföring inte sker. Andelen avverkad areal granskog där indikatorn inte uppfylls från 2009 till idag (förutom 2018) visas också som treårsmedelvärden i figur 13. Data visas som treårsmedelvärden eftersom grotuttags- och askåterföringsdata, som tidigare nämnts, kan variera mycket från år till år.

Figur 12. Vänster: Överskridande av kritiskt biomassauttag (CBH) i granskog vid helträdsuttag. Höger: Indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan, dvs. andel granskog med överskridande av kritiskt biomassauttag vid grotuttag och där askåterföring inte sker, av totala avverkade arealen på länsnivå (Gotland är ej inkluderat då där finns ett för litet underlag (tre granytor) för att utföra beräkningar). Kartorna visar medelvärdet för perioden 2009–2020.



Källa: Lunds universitet. Länsvisa arealer för avverkning, grotuttag och askåterföring kommer från Skogsstyrelsen

Figur 13. Andelen avverkad areal granskog där indikatorn Försurning från skogsbruk inte uppfylls



Figuren visar andelen avverkad areal granskog där indikatorn Försurning från skogsbruk inte uppfylls. Andel granskog med överskridande av kritiskt biomassuttag vid grotuttag och där askåterföring inte sker, av totala avverkade arealen på länsnivå. Kartorna bygger på medelvärden för treårsperioder för skogsbruksdata (areal för avverkning, grotuttag och askåterföring, bortsett från den sista som bara är två år då grotarealer från 2018 saknas). Gotland är ej inkluderat då där finns ett för litet underlag (tre granytor) för att utföra beräkningar.

Källa: Lunds universitet

Det finns geografiska skillnader i Sverige med en gradient från norr till söder. Norra halvan av Sverige har generellt låga indikatorvärden. Ofta har andelen granskog med överskridande av kritiskt biomassuttag vid grotuttag där askåterföring inte sker, utgjort mindre än 5 procent av den avverkade arealen i området²⁹. I Mellansverige och södra Sverige har andelen varierat mellan län och mellan år. I Mellansverige har andelen varit mellan 10 och 20 procent av den avverkade area-

²⁹ Akselsson, C. (2021) "Underlag till den fördjupade utvärderingen 2022 för indikatorn 'Försurning från skogsbruk'"

len. I södra Sverige har andelen generellt varit högre, framför allt i de östliga länen, vilket i hög grad är ett resultat av skillnader i grotuttags- och askåterföringsarealer. Indikatorn visar alltså att det i några län i sydöstra Sverige är vanligare att det tas ut mer grot (i förhållande till hur mycket aska som återförs) än vad som är långsiktigt uthålligt. Ett överskridande av kritiskt biomassa-uttag innebär att utvecklingen går mot att den syraneutraliserande förmågan (ANC) i marken försämras. I redan försurade marker innebär det att det inte finns något utrymme för återhämtning, och i icke-försurade marker innebär det en risk för försurning. Skillnaderna från norr till söder beror framför allt på att det är vanligare att det kritiska biomassa-uttaget överskrids vid grotuttag i södra delarna av landet eftersom mer grot förs bort där boniteten är högre. Skillnader i vittring har också betydelse. I den nationella miljöövervakningen beräknas indikatorn för skogsbrukets försurande påverkan på länsnivå, men det kan även finnas lokala skillnader inom ett län, vilket syns till vänster i figur 12.

När man kollar på hur utvecklingen sett ut den senaste tiden så finns ingen tydlig trend, utan en stor variation mellan åren. Under den senaste perioden 2019–2020 har de fyra nordligaste länen låga indikatorvärden, som oftast tidigare år. I mellersta Sverige hade flertalet län indikatorvärden mellan 10–20 procent under samma period men Dalarna utmärkte sig genom att för första gången uppvisa ett indikatorvärde på över 30 procent vilket kan förklaras med betydligt större mängder grotuttag än vanligt under perioden. I södra Sverige har de östliga länen oftast haft högre indikatorvärden än de västliga länen. Under 2019–2020 uppvisade de allra flesta län i södra Sverige indikatorvärden som översteg 20 procent. Undantaget var Blekinge län och Västra Götaland som låg mellan 10 och 20 procent och Skåne som låg under 5 procent. I Skåne har situationen förbättrats på grund av större arealer med askåterföring. Även i Blekinge har det blivit bättre, framför allt på grund av att arealerna med grotuttag har minskat men även något större avverkningsarealer och arealer med askåterföring har betydelse. I Västra Götaland var läget något sämre under perioden 2019–2020 jämfört med tidigare perioder. Detta beror på större areal med grotuttag och mindre areal med askåterföring under den senaste perioden³⁰.

³⁰ Ibid.

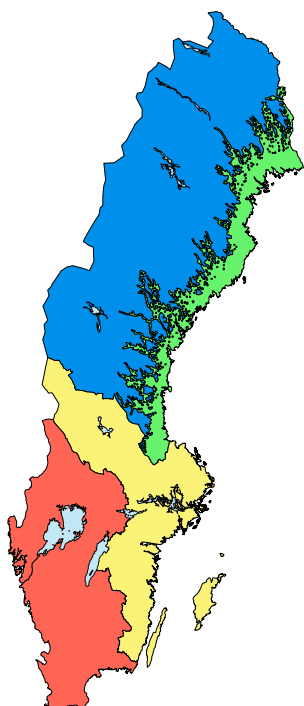
1.3 Försurade sjöar och vattendrag

År 2015 bedömdes ungefär 8 procent av Sveriges 95 000 sjöar (över 1 hektar) vara försurade vilket presenterades i den senaste fördjupade utvärderingen av miljömålet. För perioden 2015–2020 beräknades 7 procent av Sveriges sjöar vara försurade³¹. Skillnaden kan delvis bero på en liten minskning i antalet försurade sjöar men kan också påverkats av väderförhållanden då bland annat nederbörd kan variera mycket och påverka mängden nedfall av försurande ämnen. Mer än hälften (63 procent av de sjöar som är påverkade av kalkning var inte försurade (se Tabell 2 samt Figur 14 och 15)³².

Tabell 2. Andelen försurade sjöar i Sverige, fördelar på fyra olika regioner år 2020.

Landsdel	Opåverkat	Kalkat ej försurat	Kalkat försurat	Okalkat försurat
Norrlands inland	99	0,4	0,0	0,8
Norrlands kustland	90	5,0	0,4	4,2
Östra/mellersta Sverige	93	1,8	0,1	5,3
Sydvästra Sverige	59	8	7,9	26
Hela Sverige	91	2,0	1,2	5,5

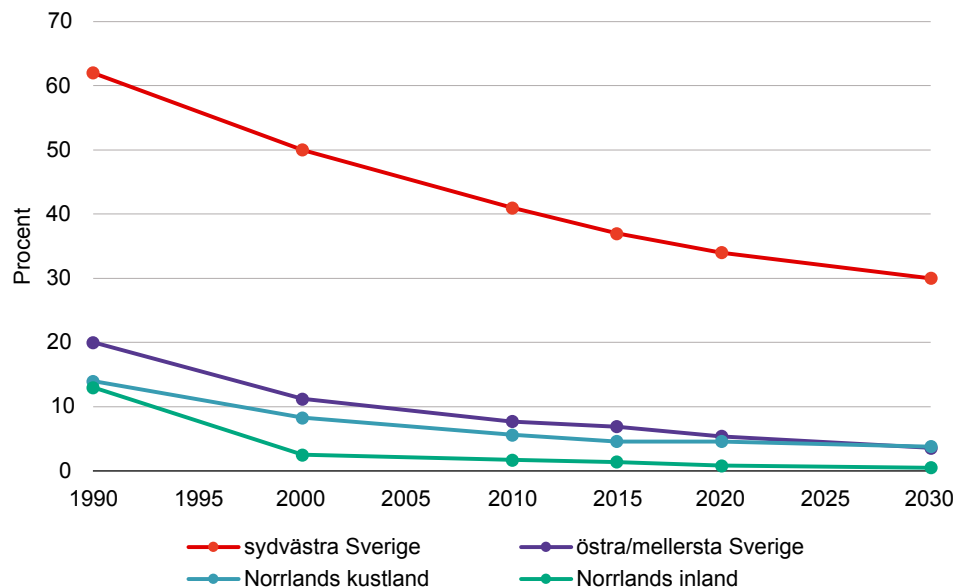
Figur 14. Karta över de fyra olika regionerna som avses i Tabell 2 ovan.



³¹ Fölster, Jens (2021) "Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2022: Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag"

³² Ibid

Figur 15. Andel försurade sjöar, inklusive kalkade försurade sjöar



Figuren visar andel försurade sjöar, inklusive kalkade försurade sjöar, under perioden 1990–2020 i fyra regioner samt en prognos fram till 2030. Resultaten bygger på Omdrevvsjöarna 2015–2020 och är omräknade för att representera alla sjöar.

Källa: Sveriges lantbruksuniversitet

Trendanalyser för vattenkemiska parametrar har gjorts för 118 sjöar respektive 58 vattendrag med så kallade GAMM-modeller (Generalized Additive Mixed Models). En GAMM-modell innebär att modellen anpassar en utjämnad kurva till datasetet och beräknar för vilka perioder som trenden i den utjämnade kurvan är signifikant ökande eller minskande. Resultaten visar att sulfathalten minskade tydligt runt millennieskiftet som en respons på den minskande depositionen under 1990-talet. Utsträckningen i tiden av de minskande trenderna varierar mellan sjöarna och i norra Sverige är trenderna svagare och det har i många fall inte gått att anpassa någon utjämnad kurva. Den generella minskande trenden av sulfat under huvuddelen av tidserien delas av de flesta sjöarna. Ett undantag är två sjöar i norr där glaciärvsmältning troligtvis lett till oxidation av svavelhaltiga mineraler. I södra Sverige ser man också hur baskatjonerna minskar kring millennieskiftet som en respons på den minskade halten mobila sulfatanjoner den syranutraliserande kapaciteten (ANC) i sjöarna och vattendragen ökade kring millennieskiftet i hela landet och i södra Sverige åtföljdes ökningen av att även pH ökade. Ökningen i pH är utspridd över hela tidsperioden³³. Övriga parametrar visar i större utsträckning på den naturliga klimatrelaterade variationen som liknar cykler förutom trenden med minskande försurning.

Trenden för antalet försurade sjöar och vattendrag är positiv och bedömningen är att år 2030 kommer ungefär sju procent av Sveriges sjöar att vara försurade (figur 15). Antalet försurade sjöar är som störst i sydvästra Sverige, och betydligt lägre i norr. Bedömningen av andelen försurade sjöar i Sverige baseras på ungefär 4800 mätstationer runt om i Sverige i det nationella miljöövervakningsprogram-

³³ Ibid

met ”Omdrevsstationer i sjöar” inklusive ungefär 300 sjöar till som några län inkluderat för att öka noggrannheten i de specifika länen³⁴. Trots att trenden är positiv tar det lång tid för naturen att återhämta sig. Målet för tillståndet i sjöar och vattendrag bedöms vara uppfyllt när ytvattnet har god eller hög ekologisk status avseende på antropogen försurning. Enligt de svenska bedömningsgrunderna klassas en sjö eller ett vattendrag som antropogent försurad om förändringen i pH sedan förindustriell tid (1860) har varit större än 0.4 pH-enheter³⁵. Arbete pågår tillsammans med Norge och Finland för att utveckla nya gemensamma försurningsbedömningsgrunder för att skilja vatten som är försurade till följd av mänsklig aktivitet från naturligt sura vatten och ta fram gemensamma kriterier inom Norden³⁶.

Den naturliga variationen mellan Sveriges sjöar är stor, avseende vattenkemi, storlek och hydrologi. I bedömningen av sjöars status används ett verktyg som kallas MAGIC-biblioteket, som är utvecklat på uppdrag av Naturvårdsverket³⁷. MAGIC-biblioteket bygger på principen om att trots stora variationer i vattenkemi och sjöstorlek, finns det också många sjöar som liknar varandra. Bedömningen i MAGIC-biblioteket är baserad på iakttagelsen att liknande sjöar inom samma geografiska område med stor sannolikhet är ungefär lika försurade.

Försurningen påverkar allvarligt sjöar och vattendrags ekologiska status och en vanlig åtgärd för att skydda växt- och djurliv i försurade sjöar är kalkning. Kalkning av sjöar och vattendrag har sedan 1970-talet fungerat väl som ett uppehållande försvar mot försurningens mest negativa effekter på djur och växter, genom höjda pH-värden och minskade halter toxiskt aluminium. Många vattenlevande organismer är känsliga för försurning, och syftet med kalkningen är att skydda de natur- och nyttjandevärden som hotas.

Kalkning pågår numera i 17 län och kostar årligen cirka 165 miljoner kronor i statliga medel. Kalkningen omfattar drygt 2 500 målområden i sjöar med en total yta av 2 325 km² och 1 450 målområden i vattendrag med en totallängd på drygt 9 000 km³⁸. Den mest omfattande verksamheten sker i Västra Götalands län och i Värmlands län³⁹. Kalkåtgången har i det närmaste halverats sedan början av 2000-talet och de senaste åren har förbrukningen varit ungefär 100 000 ton/år.

Kalkningen av ett vatten ska avslutas när försurningen inte längre utgör en påtaglig påverkan på utpekade motivarter. I många vatten har kalkningen upphört, men sannolikt skulle fler målområden kunna avslutas till följd av att försurningen minskat. Effekten på djurlivet vid avslutad kalkning är komplex och närmast omöjlig att förutse med rimlig säkerhet. I detta sammanhang behöver även det naturliga tillståndet avseende såväl vattenkemi som biologi beaktas. Endast i undantagsfall finns biologiska data från första halvan av 1900-talet och vattenkemiska data finns främst att tillgå från 1970-talet och framåt. För att kunna beakta det naturliga tillståndet används därför modeller för att skatta naturens respons på försurande

³⁴ Fölster, Jens (2021) ”Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2022: Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag”

³⁵ Enligt bedömningsgrunderna i vattenförvaltningsförordningen 2004:660

³⁶ SLU, Vatten och miljö: Rapport 2021:1, ”Acidified or not?: a comparison of Nordic systems for classification of physicochemical acidification status and suggestions towards a harmonised system”

³⁷ IVL Svenska miljöinstitutet (2021) ”Magicbiblioteket” <https://magicbiblioteket.ivl.se/>

³⁸ Uppgifter från Havs- och vattenmyndigheten

³⁹ Naturvårdsverket (2022) ”Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2022”

nedfall av svavel och kväve och övriga mänskliga aktiviteter som påverkar vattnets surhet. Kunskapen om hur surheten varierar naturligt mellan olika vatten har förbättrats avsevärt, men skattningen för enskilda vatten innebär likväl betydande osäkerheter. Inte minst gäller det för vatten som påverkas av kalkning.

Statsbidraget till kalkning var tänkt som en temporär åtgärd i väntan på att försurningsproblemet skulle lösas permanent via minskade utsläpp. Mot bakgrund av att försurningsåterhämtningen är fortsatt positiv och många objekt redan har återhämtat sig från försurning utan kalkning så bör kalkningens framtida omfattning värderas. Havs- och vattenmyndigheten arbetar med en nationell strategi för kalkning och förväntas presentera denna under 2022.

Som åtgärd kan kalkning endast minska symptomen av försurning, inte påverka dess orsaker, därav ingår inte kalkning som åtgärd i preciseringen av miljömålet *Bara naturlig försurning* och uppfyllelsen av miljö kvalitetsmålet. Andra insatser i form av styrmedel för att minska försurande utsläpp och skogsbrukspåverkan är nödvändiga för att uppnå långsiktig förbättring av försurningens effekter i mark och vatten.

1.4 Försurad mark

Marken i skogen i Sverige är generellt sur, det är ett normalt tillstånd för barrskog i norra Europa. Hur sur marken är beror bland annat på hur stor depositionen av sulfat och kväve är, samt i vilken utsträckning skogsbruk bedrivs, vilka träd som finns i skogen och dess ålder. Skogsmarken är som surast i sydvästra Sverige, vilket beror på en stor mängd atmosfärisk deposition av försurande ämnen. Försurning i marken sker till följd av minskade halter av baskatjoner och att halten av aluminium i lättlöslig form ökar. Höga aluminiumhalter är dessutom skadligt för många marklevande organismer⁴⁰.

I större delen av Sveriges skogar råder kvävebegränsning, vilket innebär att allt tillfört kväve tas upp av träden, annan vegetation och mikroorganismer. Den mängd kväve som lämnar skogen med avrinningen är mycket liten⁴¹. I skogarna där kvävebegränsning råder kan kväve läcka från marken endast efter störningar av olika slag, exempelvis avverkning. I de södra delarna av Sverige, framför allt i Skåne och Halland, har det dock vid flera tillfällen uppmätts förhöjda halter av nitratkväve i markvatten även i skog som ej påverkats av avverkning.

Mätningar under perioden 2018–2020 visar på låga värden för pH i markens C-horisont i södra Sverige, pH ligger oftast under 5 och i vissa fall även under 4,4. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark som används i rapporten *Försurning och övergödning i det svenska skogslandskapet*⁴² så är marken sur om pH underskrider 4,4 medan värden mellan 4,4 och 5,5 innebär måttlig surhet. I mellersta delen av Sverige var pH mellan 5 och 6 under perioden och i norra Sverige var pH över 6 på flera ställen.

Indikatorerna för markens surhetsgrad baseras på pH i C-horisonten (mineraljord) och basmättnaden i B-horisonten (rostjord). De två indikatorerna redovisas

⁴⁰ Naturvårdsverket/Sveriges miljömålportal (2022) "Skogsbrukets försurande påverkan"

⁴¹ IVL Svenska miljöinstitutet (2021), Rapport C607, "Försurning och övergödning i det svenska skogslandskapet"

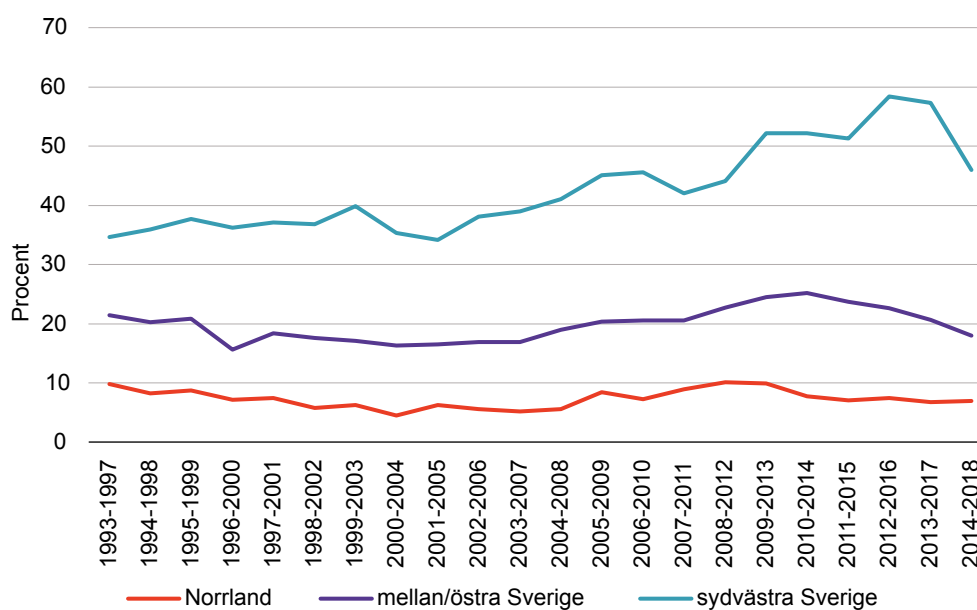
⁴² Ibid

separat för att bättre kunna följa och tolka utvecklingen i marken. pH i C-horisonten som är ett djupare markskikt indikerar försurningspåverkan från deposition. Basmättnadsgrad i B-horisonten ska spegla skogsbrukets påverkan, såväl som depositionsbedingad försurning. Indikatorerna delas in i olika tillståndsklasser (2 till 5, se tabell 3), där tillståndsklass 4 och 5 indikerar störst försurningspåverkan. Det är andelen försurnade marker som faller inom dessa två tillståndsklasser som visas i figur 16. Klassindelningen för indikatorerna har bestämts utifrån data från markinventeringen med utgångspunkt från den statistiska fördelningen under inventeringsperioden 2003–2012. Analyser inom ramen för markinventeringen 1985–2020 visar på en långsam återhämtning från början av 2000-talet för landet som helhet, medan en ökande försurning tycks ske i de sydvästra delarna (se figur 16)⁴³.

Tabell 3. Gränserna för tillståndsklasser gällande indikator för markens surhetsgrad (pH i C-horisonten samt för basmättnaden i B-horisonten). Gränserna motsvarar 10%-, 25%-, 90%-percentilen.

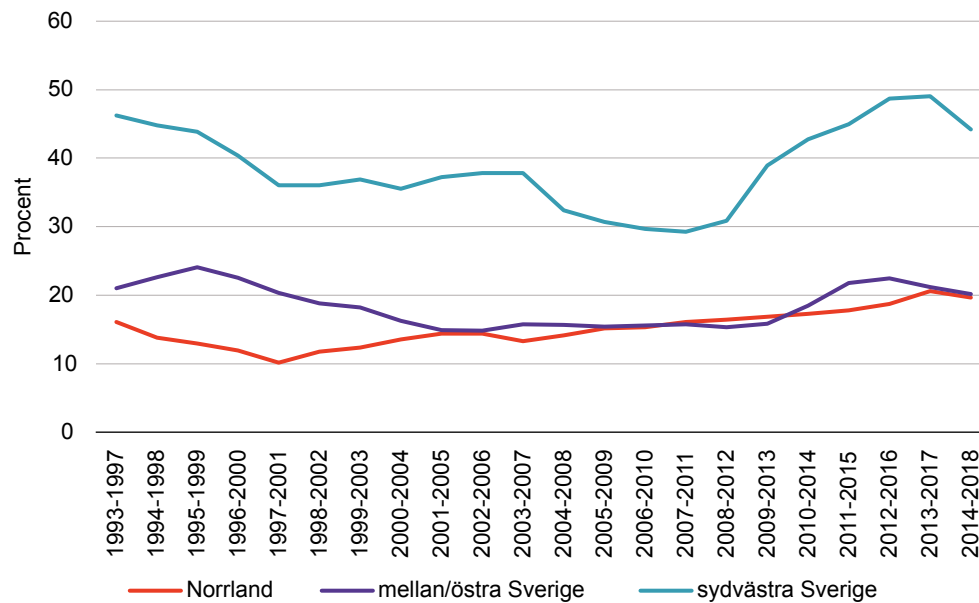
Tillståndsklass	2	3	4	5
pH i C-horisonten	≥5,75	≥4,75–5,75	≥4,6–4,75	<4,6
Basmättnad i B-horisonten	≥79%	≥9%–79%	≥6%–9%	<6%

Figur 16 a. pH-värdet i C-horisonten (mineraljord) och hur stor del av området som bedöms i tillståndsklass 4 och 5.



⁴³ Johan Stendahl (2021) "Indikatorer för markens surhetsgrad som bygger på pH i C-horisonten och basmättnad i B-horisonten"

Figur 16 b. Basmättnadsgraden i B-horisonten (rostjord) och hur stor andel av området som bedöms i tillståndsklass 4 och 5. Notera att y-axeln varierar.



I miljömålets fjärde precisering anges utöver påverkan på biologisk mångfald även att försurningen av marken inte ska påskynda korrosion av tekniska material och arkeologiska föremål i mark. Idag finns ingen specifik indikator för uppföljning av försurningens påverkan på arkeologiska föremål men fyra indikatorer ger en bild av försurningsutvecklingen generellt. I Riksantikvarieämbetets två rapporter *Kulturmiljööversikt* del 1⁴⁴ och del 2⁴⁵ beskrivs 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. Som en utgångspunkt för fortsatt utredning nämner man en komplettering av den befintliga indikatorn Nedfall av svavel, med hänvisning till bland annat en norsk modell för att mäta nedbrytningshastighet. Man lyfter även samspelet mellan olika markfaktorer vid nedbrytning av material och svårigheterna med att hitta metoder för att mäta nedbrytningen korrekt och till en rimlig kostnad. Riksantikvarieämbetet pekar också på att fortsatta utredningar behöver väga in betydelsen av klimatförändringens olika effekter på luft, mark och vatten.

1.5 Miljöarbete

För att nå miljömålet *Bara naturlig försurning* krävs olika typer av styrmedel framför allt på internationell nivå. I dagsläget finns flertalet internationella styrmedel på plats som reglerar utsläppen av svaveldioxid, kväveoxid och ammoniak. FN:s luftvårdskonvention har varit avgörande för att minska utsläppen ifrån landbase-

⁴⁴ Riksantikvarieämbetet. (2020). Kulturmiljön i miljömålssystemet – Kulturmiljööversikt delrapport I.

⁴⁵ Riksantikvarieämbetet. (2021). Kulturmiljööversikt del II: förslag som kan bidra till att kulturmiljön blir en tydligare del av miljömålsuppföljningen.

rade källor. Göteborgsprotokollet som innefattar Sveriges åtagande att minska sina utsläpp till 2020 trädde i kraft först 2019. Under 2020 beslutades att luftvårdskonventionen ska revidera Göteborgsprotokollet på nytt, som reviderades senast 2012. EU:s takdirektiv om nationella utsläppstak för luftutsläpp antogs 2016. Takdirektivets åtaganden ska uppfyllas år 2020 och 2030 vilket innebär en skärpning jämfört med Göteborgsprotokollets antagande. För Sverige innebär det att under perioden 2005–2030 ska svavelutsläppen minska med 22 procent, 66 procent för kväveoxider och 17 procent för ammoniak. Regeringen fattade beslut om ett tillhörande luftvårdsprogram 2019 som fokuserar på tre specifika åtgärdsområden, ammoniak inom jordbruk, kväveoxider inom industri, el och fjärrvärme samt kväveoxider inom transportsektorn.

Under 2016 beslutade IMO att Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen skulle ingå i ett kvävekontrollområde vilket innebär strängare krav på att rena avgaser från kväveoxider. Beslutet trädde i kraft 1 januari 2021 och gäller nya fartyg byggda efter detta datum. Vilken effekt detta har på utsläppen av kväveoxider från internationell och nationell sjöfart återstår att se. De skärpta svavelkraven med högst 0,1 procent svavel i fartygsbränslet för Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen trädde i kraft 2015. Svavelutsläppen inom SECA-området minskade med 80 procent mellan 2014 och 2016. Den 1 januari 2020 sänkte IMO även den maximalt tillåtna svavelhalten i fartygsbränsle från 3,5 till 0,5 procent, för fartyg som verkar utanför utsläppskontrollområden. Begränsningen kan komma att minska den globala sjöfartens utsläpp av svaveldioxid. Detta kommer dock inte att påverka Sverige i någon större utsträckning eftersom fartygstrafiken runtom Sverige redan ingår i utsläppskontrollområdet SECA. IMO har även antagit en resolution om att minska växthusgasutsläppen med minst 50 procent till år 2050, den antogs 2018. Något som potentiellt kan verka positivt även för miljömålet *Bara naturlig försurning*.

Under 2019 uppdaterade Skogsstyrelsen rekommendationerna och underlaget för grotuttag och askåterföring i Sverige^{46,47}. De nya rekommendationerna innebär att det är möjligt att kvävegödsla vid askåterföring. Det innebär att aska inte får spridas närmare än 25 meter från vattendrag eller sjöar. Detta kan potentiellt ha en negativ påverkan just eftersom det är i buffertzoner nära vattendragen som aska kan bidra som mest till att minska bortfallet av baskatjoner från grot. De nya rekommendationerna innebär även att man får sprida aska i skog som växer på dikad torvmark, vilket kan motivera markägare att askåterföra efter avverkning i syfte att även få förhöjd tillväxt.

Den 16 juli 2021 publicerade EU-kommissionen en ny skogsstrategi som sätter upp riktlinjer för hur skogsbruket ska bedrivas inom hela EU. Varje enskilt medlemsland har dock ansvar för skogspolitiken men EU vill nu se över hur skogsbruket bedrivs i de enskilda länderna. EU:s nya skogsstrategi går inte helt i linje med den svenska skogsbrukspolitiken och kan komma att få konsekvenser framöver för hur det svenska skogsbruket bedrivs⁴⁸.

⁴⁶ Skogsstyrelsen (2019) Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder – Kunskapsunderlag, rapport 2019/13

⁴⁷ Skogsstyrelsen (2019) Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder – Vägledning, rapport 2019/14

⁴⁸ Skogsstyrelsen (2021) "EU:s nya skogsstrategi på tvärs med svensk skogspolitik" <https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/eus-nya-skogsstrategi-pa-tvars-med-svensk-skogspolitik/>

EU:s taxonomi för hållbara investeringar syftar till att hjälpa investerare att lättare identifiera och kunna jämföra hållbara investeringar som värnar om miljön. Detta görs genom ett gemensamt klassificeringssystem för miljömässigt hållbara ekonomiska verksamheter. Taxonomin antogs i juni 2020, och är ett viktigt verktyg för att kunna nå EU:s klimatmål och den gröna given.

1.6 De centrala problemen för målet

Trots de stora utsläppsminskningar som skett sedan år 1990 uppnår vi inte miljömålet *Bara naturlig försurning*. En stor anledning till att miljömålet inte nås är att trots förbättringarna i miljön och minskade utsläpp, tar det lång tid för naturen att återhämta sig. Prognoser pekar mot att utsläppen av försurande luftföroreningar kommer fortsätta minska och därmed också påverkan på miljön. Det är dock inte tillräckligt för att uppnå miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Dessutom har försurningen i Sverige historiskt varit starkt påverkad av landbaserade utsläppskällor utanför Sveriges gränser. Det innebär att för att kunna påverka försurningen i Sverige krävs förutom nationella insatser även internationella insatser. Många internationella styrmedel har redan haft en positiv påverkan på miljömålet. Den stora utmaningen är att begränsa de försurande utsläppen framför allt från transportsektorn, vilket inkluderar sjöfarten både i Sverige och internationellt. Stora utmaningar förväntas även inom skogsbruket vars försurande påverkan har ökat, samt inom den internationella sjöfarten där kväveoxidutsläppen är stora. Trenden för miljömålet *Bara Naturlig Försurning* är positiv, däremot kommer inte miljömålet att nås med dagens beslutade styrmedel och styrmedel som bedöms tillkomma i närtid.

Utsläppen av de försurande ämnena skapar även fortsättningsvis skador på växter och djur och bidrar till korrosion om än i lägre grad än tidigare. Även människors hälsa kan drabbas av försurningens effekter, bland annat genom dricksvatten från försurade brunnar. Försurningen har skadat djur- och växtlivet i tusentals sjöar och tiotusentals kilometer vattendrag. Låga pH-värden, som gör att aluminium kan frigöras i marken och transporteras ut till sjöar och vattendrag i form av aluminiumjoner, ger skador på känsliga arter av fisk och annat djurliv⁴⁹.

Trots att utsläppen av försurande ämnen är betydligt mindre idag än vad de var under 1900-talet och återhämtningen i miljön pågår, är det svårt att säga något om framtiden⁵⁰. Utlakning av ämnen är av stor betydelse för både markens och vattnets kemiska miljö. Nuvarande och den framtida utlakningen påverkas av tre olika faktorer: klimatet, markanvändningen och luftföroreningar. Storleken på dessa olika faktorerers påverkan är svår att kvantifiera då det är många processer som påverkar och är sammankopplade⁵¹.

⁴⁹ Havs- och vattenmyndigheten (2018) "Biologiska effekter av försurningen". <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/forsurning/forsurning-av-sjoar-och-vattendrag/biologiska-effekter-av-forsurningen.html>

⁵⁰ Naturvårdsverket (2016) "Klimatförändringen och miljömål". <https://www.ivl.se/download/18.5236a218179c58a614167a/1623833132204/CLEO+slutsyntes.pdf>

⁵¹ Ibid

2. Gapanalys – analys av förutsättningar och effekter

I det här avsnittet presenteras de förutsättningar och effekter som i dagsläget påverkar måluppfyllelsen för *Bara naturlig försurning*. Syftet med avsnittet är att analysera effekterna av de idag mest centrala styrmedlen och åtgärderna samt deras betydelse för möjligheterna att nå miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

2.1 Aktörer, drivkrafter och beteenden

Försurning är till viss del en naturlig process men den påverkas starkt av mänsklig aktivitet. Historiskt har försurningen framför allt drivits av den industriella revolutionen och förbränningen av fossila bränslen. 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, vilka kulminerade under slutet på 1970-talet. Historiskt har utsläpp av försurande ämnen varit den främsta anledningen till att målet om Bara naturlig försurning inte kunnat uppnås. En stor del av problematiken orsakas dessutom av att utsläpp av försurande ämnen kan transporteras långa vägar och därmed påverka andra länder och ekosystem än där utsläppen skett. Det kan medföra att det finns mindre incitament för länder att minska sina försurande utsläpp då påverkan sker någon annanstans. Luft är i sig inte en prissatt vara, utan delas av alla länder. Miljöproblemet uppstår därför delvis för att det inte finns tillräckliga incitament att begränsa de försurande utsläppen⁵².

Utsläpp av försurande ämnen till luft sker främst inom sektorerna transport (inklusive sjöfart), energiproduktion och industri och försurningspåverkan till följd av bortforsling av markens baskatjoner sker via skogsbruk. All industri styrs av olika finansiella avväganden. Det är viktigt att styrmedel och regleringar skapar incitament för att minska utsläppen ur en ekonomisk synpunkt, bland annat med hjälp av exempelvis kväveoxidavgifter. Utsläppen av svaveldioxid är en av de viktigaste källorna till försurning och orsakas av framför allt eldning av kol och olja för el- och värmeproduktion. Vid förbränning av kol, olja och gas frigörs svaveldioxid. Svaveldioxid i atmosfären kan omvandlas till svavelsyra som tillsammans med nederbörd ger upphov till surt regn. Utsläppen av svavel från förbränning och processer inom industrin har minskat genom att olja med hög svavelhalt har ersatts med olja med lägre svavelhalt. Detta gäller även inom sjöfarten.

Kväveoxider bildas vid all förbränning vid höga temperaturer, och kommer framför allt från motordrivna fordon och sjöfarten. Utsläppen av kväveoxider för-

⁵² Naturvårdsverket (2012), Rapport 6415, ”Styrmedel för att nå miljökvalitetsmålen. En kartläggning.”

orsakas framför allt av transportsektorn, där personbilarna står för majoriteten av utsläppen, och även industrin, el- och fjärrvärme samt arbetsmaskiner bidrar till utsläpp. Katalytisk avgasrening, effektivare förbränning i motorer, samt minskad bränsleförbrukning har gjort att utsläppen av kväveoxider reducerats. Ammoniakutsläppen drivs i stället av lantbrukets gödselhantering. Utsläppen uppstår främst vid hantering och spridning av gödsel, samt vid användning av mineralgödsel inom jordbruket. Mineralgödsel används för att öka skördarna och produktionen. Skogsbrukets försurande påverkan har flera drivande faktorer. Efterfrågan på förnybara bränslen ökar i ett försök att bromsa klimatförändringar vilket leder till en övergång från fossila bränslen till förnybara bränslen. Detta leder i sin tur till ett högre tryck på skogsbruket men även en högre ekonomisk vinning för skogsägare. Viss konflikt uppstår när ett ökat användande av skogsråvara uppmuntras för att minska koldioxidutsläpp samtidigt som ett ökat skogsråvaruuttag har en försurande effekt på skogsmarken. I syfte att minska klimatförändringar kan också andra åtgärder skapa målkonflikter, varav ett exempel är ovanstående konflikt.

2.2 Centrala styrmedel och åtgärder samt deras effekter på miljötillståndet

2.2.1 Internationell sjöfart

Inom den internationella sjöfarten regleras utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider av den Internationella sjöfartsorganisationen (International Maritime Organization, IMO). Genom svaveldirektivet och svavelprotokollet regleras tillåten svavelhalt i bränslen för internationell sjöfart, både globalt och med striktare reglering inom vissa så kallade svavelemissionskontrollområden (SECA). Kväveoxidutsläppen regleras via de så kallade tier-reglerna och kvävekontrollområden (NECA). Östersjön samt Nordsjön med Engelska kanalen är SECA-områden sedan 2006 respektive 2007, och även NECA-områden sedan 1 januari 2021⁵³. Utsläppen påverkas också av IMO:s strategi för att succesivt minska växthusgasutsläppen från sjöfartssektorn.

UTSLÄPP AV SVAVELDIOXID

MARPOL-svavelprotokollet/Svaveldirektivet

Inom IMO:s MARPOL-konvention⁵⁴ har svavelprotokollet stor betydelse för att reglera och minska utsläppen av svaveldioxid från sjöfarten. År 2005 antogs annex VI av protokollet, som sedan skärptes ytterligare 2008 och 2015. Skärpningen 2008 innebar ett krav på maximalt 0,1 procent svavel i fartygsbränsle inom SECA-områden, det vill säga Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen. Dessa krav trädde i kraft 1 januari 2015. Skärpningen från 2015 innebar ett krav på maximalt 0,5 procent svavel i bränsle globalt och trädde i kraft 1 januari 2020. Tidigare har det globala taket på svavelinnehåll varit 3,5 procent. Dessa regler är införlivade i

⁵³ Idag finns ECA-områden för kväve och svavel i Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen, Nordamerika och Karibien

⁵⁴ Convention for the Prevention of Pollution from Ships

EU-lagstiftning genom det reviderade svaveldirektivet (2012/33/EU) och i svensk lagstiftning via svavelförordningen (2014/509).

IMO:s beslut att minska högsta tillåtna halt svavel i fartygsbränsle samt det faktum att gränsvärden satts upp har påtagligt minskat utsläppen av svaveldioxid från sjöfarten, särskilt i Östersjön, Nordsjön och engelska kanalen (se Figur 5, Kapitel 1). Utsläppen av svaveldioxid på Östersjön och Nordsjön minskade på ett år med över 80 procent mellan 2014 och 2015 enligt både HELCOM och EMEP och totalt har utsläppen minskat med 92 procent mellan 2006 och 2020⁵⁵.

Med de relativt låga svavelutsläppen inom SECA-områden idag, så är det av stor vikt att svavelreglerna efterlevs av alla fartyg. Andelen fartyg som inte uppfyllde svavelreglerna under 2020 har genom luftmätningar uppskattats till 1,4 procent i en studie vid Stora Bältbron i Danmark⁵⁶. Av dessa var det ett fartyg som klassades som grov överträdelse (svavelhalt över 0,3 procent), resten hade en svavelhalt under 0,14 procent men över det tillåtna 0,1 procent. Detta kan jämföras med motsvarande uppmätta överträdelser år 2018, som var 4,7 procent totalt och 1,8 procent som uppvisade grov överträdelse. Ytterligare mätningar på Öresundsbron visade på en efterlevnadsgrad på 99,7 procent under 2020, det vill säga endast 0,3 procent hade för höga svavelutsläpp. Jämfört med läget vid den förra fördjupade utvärderingen 2019 så verkar efterlevnaden generellt vara bättre, vilket får stor effekt på svavelutsläppen i Östersjön.

Att det globala maxtaget för svavelhalt i bränsle har minskat från 3,5 till 0,5 procent kan få effekt dels på intransport av svavel till följd av minskade utsläpp globalt, dels på efterlevnaden inom SECA då högsvavligt bränsle används av allt färre fartyg. Hur stora dessa effekter kan bli beror på flera faktorer och det går inte att se någon säker effekt under 2020 då transporterna och utsläppen påverkats mycket av covid-19-pandemin.

Regeringen beslutade 2018 om nya miljöskaktionsavgifter för överträdelse av kraven inom SECA genom ändringar i förordningen om miljöskaktionsavgifter⁵⁷ samt svavelförordningen⁵⁸. Skaktionsavgifterna varierar mellan 5 000 och 500 000 kronor beroende på bränslets svavelhalt samt motoreffekt, och vid upprepad överträdelse dubblas avgiften. De skärpta avgifterna är tänkta att ha en avskräckande effekt på användandet av billigare, högsvavligt bränsle.

Regeringen föreslog under 2020 ett förbud mot att medföra visst svavelhaltigt marint bränsle ombord på fartyg⁵⁹. Förslaget innehåller miljöskaktionsavgifter som innebär att det blir förbjudet att medföra bränslen med en svavelhalt som överstiger 0,5 viktprocent, förutom om bränslet fraktas som last eller om avgasrening för svaveldioxid finns. Ändringarna har ännu inte trätt i kraft.

⁵⁵ HELCOM (2021), MARITIME 21-2021, 4-2 Emissions from Baltic Sea shipping in 2006–2020

⁵⁶ Mellqvist, J., & Jacobo, A. V. C. (2021) Surveillance of Sulfur Fuel Content in Ships at the Great Belt Bridge 2020 (The Danish Environmental Protection Agency)

⁵⁷ SFS 2018:634 Förordning om ändring i förordningen (2012:259) om miljöskaktionsavgifter

⁵⁸ SFS 2018:635 Förordning om ändring i svavelförordningen (2014:509)

⁵⁹ Remiss av promemorian Förbud mot att medföra visst svavelhaltigt marint bränsle ombord på fartyg, dnr M2020/01567

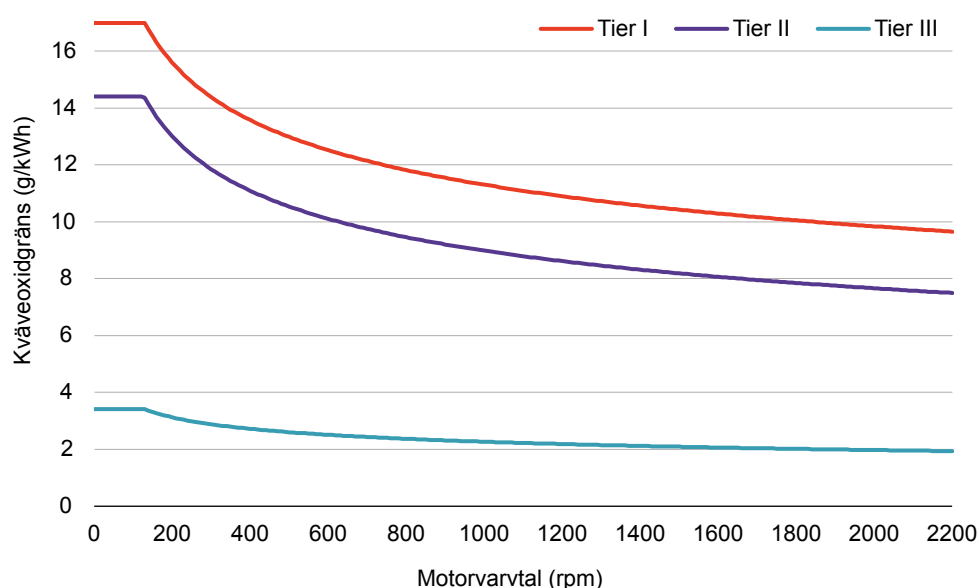
UTSLÄPP AV KVÄVEOXIDER

Kvävekontrollområden, NECA

IMO:s regleringar av utsläppen av kväveoxider är indelade i tre olika emissionsstandarder, som är beroende av dels det geografiska område där fartyget befinner sig dels vilket år fartyget är byggt⁶⁰. Dessa tre standarder kallas Tier I, Tier II och Tier III (se Figur 17):

- Tier I gäller för alla fartyg som är byggda 2000–2011.
- Tier II gäller för alla fartyg byggda efter 2011.
- Tier III gäller i kvävekontrollområdena, inklusive Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen, från och med 2021 för fartyg byggda efter 1 januari 2021.

Figur 17. MARPOL Annex VI emissionsgränser för kväveoxider.



De fartyg som idag uppfyller Tier III-reglerna reducerar utsläppen av kväveoxider främst med hjälp av katalysatorer eller genom att köra på flytande naturgas (LNG) inom NECA. Luftutsläppen av kväveoxider från internationell sjöfart visar ingen minskande eller ökande trend mellan 2006 och 2020, och användningen av LNG var fortfarande låg 2020 (ett par procent av den totala bränsleförbrukningen på Östersjön⁶¹). IMO:s beslut att utse Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen till kvävekontrollområden kan på sikt leda till att utsläpp kommer att minska i snabbare takt.

Kostnaderna för att införa Tier III-reglerna kommer att spridas ut över ett antal år efter 2021. Kostnaderna kan ställas i relation till värdet av förlorade levnadsår (Value of Life Year lost – VOLY). En utvärdering av de kumulativa kostnaderna med

⁶⁰ MEPC 70/5. (2016). AIR POLLUTION AND ENERGY EFFICIENCY Proposal to designate the North Sea as an emission control area for nitrogen oxides – Submitted by Belgium, Denmark, France, Germany, the Netherlands, Norway, Sweden and the United Kingdom. MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE 70th session Agenda item 5 MEPC 70/5.

⁶¹ HELCOM (2021), MARITIME 21-2021, 4-2 Emissions from Baltic Sea shipping in 2006 – 2020.

NECA-implementering för åren 2020–2040 visar att vinsterna överskrider kostnaderna för NECA-implementering med mellan 6,6 miljarder och 11,8 miljarder euro (med eller utan NO_x-fond)⁶².

KLIMATARBETE INOM INTERNATIONELL SJÖFART

I april 2018 antog IMO:s miljökommitté Marine Environment Protection Committee (MEPC) en resolution för att minska utsläpp av växthusgaser från fartyg⁶³. Målet är att halvera sjöfartssektorns absoluta utsläpp av växthusgaser till 2050, i förhållande till 2008 års utsläppsnivåer. Minskning av växthusgaser genom energieffektivisering och minskad användning av fossila bränslen kommer samtidigt att leda till väsentliga minskningar av utsläpp av luftföroreningar som kväveoxid, svaveldioxid och partiklar. I juni 2021 godkände MEPC en arbetsplan för att påskynda utvecklingen av åtgärder och uppföljningsåtgärder för minskningen av växthusgasutsläpp på medellång och lång sikt⁶⁴.

I juli 2021 kom ett förslag från Europeiska kommissionen till Europaparlamentets och rådets förordning om användning av förnybara bränslen för sjöfarten⁶⁵. Förordningen föreslås tillämpas från den 1 januari 2025 och med nuvarande förslag bedöms utsläppen av växthusgaser minska med 7 procent till 2030 och 75 procent till 2050, jämfört med 2015, och en minskning kan även väntas av andra luftföroreningar som svaveldioxid medan utsläppen av kväveoxider borde bli ungefär oförändrat om bränslet byts men samma motorteknik används. Även förslag om att inkludera sjöfarten i EU:s utsläppshandelssystem och beskattning av marint bränsle inom EU:s Fit for 55 kan få stor påverkan på utvecklingen inom sjöfarten⁶⁶.

Sedan 2011 tillämpar Sverige en nedsatt energiskattesats för el som förbrukas av fartyg i hamn (landström). Under 2020 förlängdes Sveriges ansökan till EU-rådet om skattesänkning för landströmsanläggning till och med 2023. Detta kan ha en viss positiv påverkan på nedfall av svavel i kustnära områden och nära hamnar, om fler fartyg väljer att ansluta sig till landström istället för förbränning av bränsle ombord för el.

2.2.2 Nationella nyligen beslutade styrmedel och åtgärder

Regeringen beslutade om det första svenska luftvårdsprogrammet⁶⁷ den 28 mars 2019 och programmet rapporterades sedan in till EU den 1 april 2019. Programmet omfattade åtgärdspaket för minskade utsläpp av ammoniak inom jordbruket samt minskade utsläpp av kväveoxider inom vägtrafik, industri och el- och fjärrvärmesektorn. Arbete pågår inom berörda myndigheter med att identifiera och föreslå nya eller reviderade styrmedel för att genomföra nämnda åtgärdspaket. Arbetet samordnas även med pågående arbete med att ta fram underlag till nästa

⁶² Yaramenka, K., Winnes, H., Åström, S., Fridell, E., (2017). Report C 228 Cost-benefit analysis of NO_x control for ships in the Baltic Sea and the North Sea. IVL, ISBN 978-91-88319-40-1

⁶³ 72 resolutionen MEPC.302

⁶⁴ MEPC 76/15/add.2. Annex 14

⁶⁵ EC, (2021). Proposal for a regulation of the european parliament and of the council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC. COM(2021) 562 final

⁶⁶ Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt Regionkommittén 55 %-paketet ("Fit for 55"): nå EU:s klimatomål 2030 för klimatneutralitet, COM (2021) 550 final

⁶⁷ Regeringsbeslut (2019-03-28), Nationellt luftvårdsprogram, M2019/00243/K1

klimathandlingsplan som ska beslutas under 2023. För sjöfartens utsläpp så har Sjöfartsverket sedan 2018 valt Clean Shipping Index som ett verktyg för att miljö-differentiera farledsavgifter. Systemet sorterar fartyg i fem miljöklasser baserat på bland annat utsläpp av koldioxid, svaveloxider, kväveoxider och partiklar och är frivilligt att följa men fungerar som ett miljöincitament för redarna⁶⁸.

Naturvårdsverket har tagit fram ett förslag till förändring av NOx-avgiften som har redovisats i form av en skrivelse till regeringen. Skrivelsen är ett delunderlag inför genomförande av åtgärds paketet för industrin och el- och fjärrvärmesektorn och den kommande revideringen av luftvårdsprogrammet som Naturvårdsverket ansvarar för enligt 3§ i Luftvårdsförordningen (201:740) och Sveriges nuvarande luftvårdsprogram. Förslaget innebär att undantaget för soda- och lutpannor inom massa- och pappersindustrin tas bort och att tillgodoföringen till systemet minskas från dagens 100 till 60 procent. En slutsats i arbetet var att det viktigaste för att få till en ökad effekt av styrmedlet och få till ytterligare utsläppsminskningar är att inkludera fler utsläppskällor i systemet. Den minskade tillgodoföringen till systemet är tänkt att leda till en utjämning av nettokostnaderna för aktörerna samt ge en ökad styreffekt.

2.2.3 Internationella styrmedel

FN:S LUFTVÅRDSKONVENTION

FN:s luftvårdskonvention (CLRTAP) har sedan slutet av 1970-talet arbetat för att minska utsläppen av gränsöverskridande luftburna utsläpp i norra hemisfären. För försurande ämnen har de två svavelprotokollen haft 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 Göteborgsprotokollet, som antogs i sin ursprungliga form 1999, det viktigaste instrumentet för fortsatt minskning av försurande ämnen. År 2012 reviderades protokollet 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 2012 var Sveriges åtaganden att minska utsläppen till 2020 med 22 procent för svaveldioxid, 36 procent för kväveoxider och 15 procent för ammoniak i jämförelse med nivåerna år 2005. Utsläppen av ammoniak har inte minskat i tillräckligt hög takt och Sverige har ett konstaterat överskridande för år 2020, åtaganden för övriga föroreningar uppfylls. Under 2020 beslutades att Göteborgsprotokollet ska revideras på nytt. En pågående översyn av protokollet ska avslutas år 2022 varefter en revidering av protokollet kan väntas.

CLRTAP:s framgång har lyfts fram alltmer på senare år av beslutsfattare. Många hävdar att framgången till stor del kan förklaras av det täta internationella samarbetet mellan beslutsfattare och forskare samt att nya innovativa verktyg har tagits fram för att beräkna bördefördelningen mellan länder. En sådan modell kan och bör appliceras även på andra miljöproblem, såsom klimatproblematiken. Den större flexibilitet som Göteborgsprotokollet inneburit, av hur utsläppstaken och de efterföljande åtgärdsprogrammen har utformats, är en fördel jämfört med tidigare

⁶⁸ <https://www.cleanshippingindex.com/>

internationella avtal, som stipulerat strikta, enhetliga utsläppsgränser och begränsad flexibilitet i genomförandet.

Luftvårdsfrågan har de senaste åren kommit att bli alltmer global. Många internationella organisationer såsom meteorologiska världsorganisationen WMO, Världshälsoorganisationen WHO, Arktiska rådet, OECD, FN:s miljöprogram UNEP⁶⁹ och CCAC⁷⁰ har frågan högt upp på sina agendor och intresset från andra regioner att lära av och samarbeta med CLRTAP har ökat. År 2019, i samband med konventionens 40-årsjubileum, lanserades därför ett Forum för globalt samarbete om luftföroreningar. Sverige kommer tillsammans med Storbritannien att leda arbetet.

Action Points för Sverige inom Forum för globalt samarbete om luftföroreningar:

- Sverige bör verka för att fler länder ratificerar Göteborgsprotokollet för att minska belastningen av svavel och kväve från närliggande länder. Fokus bör ligga på länder i den så kallade EECCA-regionen⁷¹.
- Sverige bör vara ett föredöme genom att agera aktivt inom EU och FN:s luftvårdskonvention för att framtida direktiv och protokoll ytterligare ska skärpa kraven på utsläppsminskningar.
- Sverige bör verka för att minska ammoniakutsläppen och tillförsel av kväve från jordbruket.
- Sverige bör fortsatt vara en aktiv part i FN:s luftvårdskonvention och dess grupper för att bidra till kunskapsutveckling och utbyte samt för att påverka framtida prioriteringar.
- Sverige bör verka för internationella workshops där luftföroreningar diskuteras, såsom Saltsjöbaden VII planerad till mars 2023, där rekommendationer och riktlinjer för framtida luftvårdsarbete kommer att diskuteras.
- Sverige bör delta aktivt i arbetet inom Nordiska ministerrådet för att de nordiska länderna ska fortsätta att bidra med gemensamt kunskapsunderlag och inspel till de internationella processerna.

TAKDIREKTIVET

EU:s takdirektiv genomförs i svensk lagstiftning via Luftvårdsförordningen (2018:740) som omfattar Naturvårdsverkets och andra berörda myndigheters skyldigheter kopplat till de underlag som behövs för utvärdering, rapportering och åtgärds- och styrmedelsarbete. Själva åtagandet om utsläppsminskningar till år 2020 och 2030 ingår inte i förordningen då detta är ett nationellt bindande åtagande under EU:s takdirektiv.

Enligt den senaste utsläppsstatistiken överskrider Sverige sitt åtagande om minskade utsläpp av ammoniak för 2020 och här behöver åtgärder och styrmedel vidtas skyndsamt för att minimera perioden med överskridande. Vad gäller åtaganden för minskade utsläpp till 2030 behöver fler åtgärder och styrmedel genomföras för att minska utsläppen ytterligare av kväveoxider för att Sverige ska klara

⁶⁹ United Nations Environment Programme

⁷⁰ Climate and Clean Air Coalition

⁷¹ Eastern Europe, Caucasus and Central Asia

sina åtaganden. Övriga föroreningar bedöms minska i tillräcklig takt för att uppnå åtagandena utan ytterligare åtgärd. Se vidare i underlagsrapporten för miljömålet *Frisk luft*.

Som en del av genomförandet av direktivet ska medlemsländerna ta fram nationella luftvårdsprogram som ska redovisa hur landet avser att genomföra de åtgärder och styrmedel som behövs för att klara sina åtaganden. De första programmen rapporterades in under 2019. Programmen ska uppdateras och revideras minst vart fjärde år. Nästa revidering av luftvårdsprogrammet ska rapporteras in till EU senast 1 april 2023.

För att nå målet behöver medlemsländerna klara sina åtaganden för 2020 till 2029. Från 2030 och framåt behövs ytterligare reduktion av utsläpp. Alla medlemsländer behöver sänka åtminstone en förorening baserat på 2019 års utsläpps-siffror. Utmaningen för medlemsländerna gäller främst att minska utsläppen av NH₃ men även NO_x. Sverige är inget undantag utan måste fortsätta sänka utsläppen för att nå sitt åtagande för 2030. Sverige tillhör gruppen som måste sänka sina utsläpp med mindre än 10% för NH₃ och NO_x från 2019 års nivåer under perioden 2020 till 2029. För 2030 målet och framåt är Sverige med i gruppen som måste sänka sina utsläpp mellan 10 och 30% jämfört med 2019 års värden (tabell 4).

Tabell 4. Sammanställning av hur många medlemsstater som behöver genomföra ytterligare åtgärder för att nå åtaganden för 2030 enligt inrapporterade nationella data.

Prognos för 2030	NH ₃	NMVOC ⁷²	NO _x	PM _{2,5}	SO ₂
Klarar åtagandet	5	13	7	7	22
Behöver minska >10%	11	4	1	7	-
Behöver minska 10–30 %	11	10	11	4	4
Behöver minska 30–50 %	-	-	7	7	-
Behöver minska >50 %	-	-	1	2	1

Källa: EEA (2021) National emission reduction commitments directive reporting status 2022

I kommissionens utvärdering av luftvårdspolitikens⁷³ lyfts det fram att det är möjligt att uppnå i princip samtliga åtaganden till år 2030, förutom för ammoniak, ifall åtgärder för att nå energi- och klimatmålen till 2030 samt existerande sektorslagstiftning genomförs. Analysen är gjord över EU som helhet och det finns stora variationer mellan medlemsstaterna. Bevisen för att det blir enklare och billigare att genomföra åtgärder om hänsyn tas till synergier mellan luft och klimat har stärkts. Åtgärder som är särskilt positiva i detta sammanhang är ökad andel förnybar energi som inte baseras på förbränning, energieffektivisering samt åtgärder för rena transporter. Ökad användning av biobaserad energi i anläggningar med otillräcklig reningsteknik bör däremot undvikas.

EU:s reglering av utsläpp av luftföroreningar och växthusgaser kommer att bidra till lägre bakgrundshalter och minskad exponering av luftföroreningar. Människor som lever i områden med bakgrundshalter som ligger under 10 µg/m³ (WHO:s tidigare riktvärde) skulle kunna mer än fördubblas mellan år 2015 och 2030. Områden med höga halter, så kallade hot spots, kommer dock fortfarande

⁷² Flyktiga organiska ämnen utom metan eller NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compounds)

⁷³ Second Clean Air Outlook (2021), report from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee, and the committee of the regions. Brussels, 8.1.2021, COM (2021) 3final

att finnas kvar och kräver ytterligare åtgärder. Ökade hälsovinster, genom minskad dödlighet och sjuklighet, överstiger merkostnader för åtgärderna.

Även om trenden är positiv kommer de negativa effekterna på ekosystem på grund av luftföroreningar dock inte minska lika mycket. Om all antagen lagstiftning genomförs kommer fortfarande mer än hälften (58%) av Natura2000-områdena vara hotade av övergödning år 2030.

2.3 Övrig påverkan

Framtida internationella styrmedel som kan få påverkan på miljömålet *Bara naturlig försurning* är EU:s skogsbruksstrategi, EU:s nya taxonomi och EU:s gemensamma jordbrukspolitik. Idag finns inte färdiga politiska beslut, men vad som sker inom dessa områden kan få stor påverkan på områden som har betydelse för miljömålet framöver. Vad de faktiska konsekvenserna blir är dock oklart och beror på hur de slutliga styrmedlen utformas. Naturvårdsverket avser att följa utvecklingen av dessa styrmedel och följa upp möjliga effekter på miljömålet *Bara naturlig försurning* i kommande årliga uppföljningar och nästa fördjupade utvärdering.

2.3.1 Sammanfattning för alla centrala styrmedel och åtgärder

Många av de centrala styrmedlen, framför allt på internationell nivå, har haft önskad effekt på de negativa effekterna av försurningen. Exempelvis har restriktionerna gällande svavel i fartygsbränsle i NECA- och SECA-områden gjort att svavelutsläppen från sjöfarten kunnat minska markant. De internationella styrmedlen är de som har störst potential att ge effekt på försurningen i Sverige, men också de styrmedel som Sverige har minst rådighet över. Andra goda exempel är EU:s takdirektiv för luftföroreningar, liksom FN:s luftvårdskonvention som bidragit till minskade utsläpp av försurande ämnen både nationellt och internationellt. Påverkan på ekosystemen från försurande ämnen har minskat markant på grund av införda styrmedel. Ekosystem har börjat återhämta sig, men det tar lång tid. Trots att de försurande utsläppen minskat och återhämtningen i Sveriges sjöar, vattendrag och skogsmark pågår finns nya utmaningar. Skogsbrukets försurande påverkan försvårar möjligheten att uppnå önskat miljötillstånd, trots att luftföroreningarna har minskat. Den stora utmaningen är att fortsätta att begränsa försurande utsläpp från transportsektorn, både i Sverige och internationellt samt minska skogsbrukets försurande påverkan. Det gäller även den internationella sjöfarten där utsläppen av kväveoxider är stora.

2.4 Osäkerheter

Nya styrmedel, i form av bland annat både EU:s skogsstrategi samt EU:s taxonomi, håller på att utvecklas. Stora osäkerheter råder därför i dagsläget hur dessa kommer att påverka miljömålet om *Bara naturlig försurning* framöver. Bland annat saknas den tekniska beskrivningen för EU:s taxonomis miljömål "Förebygga och kontroll av föroreningar" som är ett av de kriterier inom taxonomin som förväntas kunna påverka miljömålet *Bara naturlig försurning* i positiv riktning. Det finns

även ett dilemma angående skogsbrukets försurande påverkan, detta då behovet av mer förnybara bränslen för att minska utsläpp driver på skogsbruket samtidigt som skogsbruket i sig även bidrar till försurningen. Ett ökat uppmontrande av skogsråvara för att minska koldioxidutsläpp som påverkar måluppfyllelse för miljömålet om *Begränsad klimatpåverkan* positivt kan alltså påverka miljömålet om *Bara naturlig försurning* negativt.

Forskning kring skogsbrukets försurande påverkan har pågått under lång tid men nu när depositionstrycket över Sverige har minskat finns ännu bättre möjlighet att studera effekter av skogsbruket och bedöma dessa i förhållande till andra historiska effekter på mark och vatten. EU har som målsättning att lagstifta en ram för skoglig observation, rapportering och datainsamling inom EU:s skogsstrategi vilket kan komma att ställa högre krav på informationsinsamling i Sverige⁷⁴. Kunskapsluckor utgör en stor osäkerhet när det kommer till styrmedelseffekter på ekosystem. Större förståelse för bland annat skogens försurande processer bedöms användbara för att bättre kunna hantera skogsbrukets försurande påverkan. Det är också viktigt att sprida den kunskap som finns så att skogsbruket kan bedrivas i linje med aktuell kunskap och rätt åtgärder sätts in på rätt plats.

Arbetet med att minska utsläppen av försurande ämnen innefattar inte bara att styrmedel tas fram. Det är även viktigt att utvärdera dess effekter för att kunna modifiera framtida styrmedel, och följa upp att regelverken efterlevs. Även om ett styrmedel kan konstateras ha en positiv påverkan på miljömålet om *Bara naturlig försurning*, kan det vara desto svårare att kvantifiera hur stor den påverkan är, vilket medför stora osäkerheter kring dess faktiska påverkan⁷⁵.

Klimatförändringar står även för en del av osäkerheterna, då det i framtiden kan ge oväntade effekter på våra ekosystem som gör att styrmedlen kan bli mindre effektiva. I flera scenarier för hur klimatet påverkar skogen innebär klimatförändringarna ökad skogstillväxt vilket möjliggör för mer skogsbränsleuttag⁷⁶. I dagsläget vet vi inte exakt hur framtida klimatförändringar kan komma att påverka återhämtningen av sjöar, vattendrag och skogsmark. Däremot indikerar prognoserna för klimatet att vi kommer få mer nederbörd och vattenföring samt en ökad temperatur⁷⁷, vilket kan leda både till ökad skogstillväxt och ökad vittring, alltså två motverkande processer kopplat till försurning.

Idag har många av de styrmedel som berör miljömålet om *Bara naturlig försurning* ett stort fokus på att minska utsläppen av försurande ämnen. Vid en jämförelse mellan skogsbruket, luftföroreningar och framtida klimatförändringars påverkan på miljömålet framgår att luftföroreningarnas påverkan minskar och skogsbruket och klimatförändringarnas påverkan får allt större betydelse framöver⁷⁸. Trots det är det fortfarande viktigt att minska de resterande utsläppen av försurande ämnen. Därför är prognoser för utsläpp av försurande ämnen viktiga verktyg för att se över var det behöver genomföras fler insatser. Detta trots att prognoserna för framtiden är mycket osäkra. Anledningen till att prognoserna för framtiden är mycket osäkra beror framför allt på att de är baserade på flera olika påverkansfaktorer som samverkar. För att kunna ta fram framtidsprognoser med

⁷⁴ Europeiska kommissionen, COM/2021/572 final, sid 20

⁷⁵ Naturvårdsverket (2012), Rapport 6415, "Styrmedel för att nå miljö kvalitetsmålen. En kartläggning."

⁷⁶ Naturvårdsverket (2016), Rapport 6705, "Klimatförändringen och miljömål".

⁷⁷ Ibid

⁷⁸ Ibid

hög säkerhet krävs att kunskap finns om alla processer som är involverade och hur de påverkas av förändringar i klimatet. Dessvärre finns inte alltid den kunskapen vilket gör att prognoserna blir mer osäkra, baserade på modeller med kunskapen som finns idag⁷⁹.

2.5 Sammanfattande tabell

Tabell 5. Miljöarbetet utifrån centrala styrmedel.

Precisering/centralt uppföljningsmått	Centralt styrmedel	Styrmedel				
		utformas	planeras	åtgärder genomförs	effekt i samhället, förändrad aktivitet	miljöeffekt, förändrat miljötillstånd
Nedfall av försurande ämnen	EU:s takt direktiv för luftutsläpp	X	X	X	X	X
	FN:s luftvårdskonvention			X	X	X
	IMO – SECA och NECA			X	X	X
	Klimat- och luftvårdsstrategi			X	X	
	Göteborgsprotokollet			X	X	X
Skogsbrukets försurande påverkan	EU:s skogsbrukspolitik	X	X		X	
	EU:s taxonomi	X			X	
	EU:s Common agricultural policy			X	X	

Tabellen sammanfattar analysen av miljöarbetet och tydliggör eventuellt genomförandeunderskott, det vill säga var i styrmedelskedjan brister finns. Tabellen utgör utgångspunkt och stöd till tabell 6. Ett (x) sätts i en av kolumnerna 3–5, beroende på var styrmedlet befinner sig i implementeringskedjan. Ett (x) anges i kolumn 6 och 7 om effekten av styrmedel är tillräcklig för att miljö kvalitetsmålet ska kunna nås på sikt.

⁷⁹ Ibid.

2.6 Sammanfattande gapanalys

Tabell 6. Sammanfattande gapanalys.

Precisering / centralt uppföljningsmått	Uppföljningsmåtts bidragande andel till mål-uppfyllelsen	Nivå som behöver nås	Aktuell situation/nivån som är nådd idag	Rådighet över utveckling	Måluppfyllelse 2030 per uppföljningsmätt 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	Hög	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.	Utsläppen har minskat kraftigt, men behöver fortsätta minska. Framför allt kväveoxidutsläppen. Medel.	Svenskt: 25 % Internationellt: 25 %	Låg	4	2	Nej
Påverkan genom skogsbruk	Hög	Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet.	I länen i centrala och södra Sverige över-skrids i olika omfattning den avverkade arealen vid grottuttag. Preciserings påverkan är uppfyllt till cirka 20 procent. Idag bedöms cirka 40 procent av länen inte uppnå målet. Medel.	Svenskt: 75 % Internationellt 25 %	Låg	2	2	Nej
Försurade sjöar och vattendrag	Hög	Sjöar och vattendrag uppnår oberoende av kalkning minst god status med avseende på försurning enligt förordningen 2004/660 om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön.	En stor del av Sveriges sjöar och vattendrag är inte längre försurade, men återhämtningen i miljön tar lång tid. Medel.	Svenskt: 25 % Internationellt: 75 %	Låg	2	2	Nej
Försurad mark	Hög	Försurningen av marken inte påskyndar korrosion av tekniska material och arkeologiska föremål i mark och inte skadar den biologiska mångfalden i land- och vatten-ekosystem.	Andelen försurad mark har minskat, men en del av arealen i Sverige överskrider fortfarande den kritiska belastningen. Medel.	Svenskt: 50 % Internationellt: 50 %	Låg	2	2	Nej

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

2.7 Andra aspekter av målet

I ovanstående tabell, den sammanfattande GAP-analysen, ingår de 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 2020 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. Avseende preciseringarna försurade sjöar och vattendrag samt försurad skogsmark kan mycket kort nämnas att en fortsatt svag återhämtning av försurningstillståndet i sjöar och vattendrag är att förvänta till 2020 och 2030. I den förra fördjupade utvärderingen gjordes bedömningen att det idag inte sker någon återhämtning i skogsmarken. Inte heller idag finns det någon statistisk säkerställd återhämtning i marken.

3. Bedömning av måluppfyllelse – när vi miljökvalitetsmålet?

3.1 Bedömning av måluppfyllelse

3.1.1 Nedfall av försurande ämnen

De mest centrala internationella och nationella styrmedlen mot försurning fortsätter att ytterligare begränsa utsläpp och nedfall av svaveldioxid och kväveoxider i Sverige. Att fortsätta minska utsläppen och nedfallet av svaveldioxid och kväveoxider är nödvändigt för att miljökvalitetsmålet ska kunna nås på sikt. Svavel- och kvävedepositionen har minskat kraftigt sedan 90-talet. Kvävedepositionen har dock inte minskat i lika stor omfattning som svaveldepositionen. Bedömning av utsläppsminskningar fram till 2030 visar på en fortsatt nedgång av kvävedeposition (se figur 10). Svavel- och ammoniakdepositionen minskar inte nämnvärt. Det är dock viktigt att poängtera att nivåerna av svaveldeposition är närmare referenstillstånd idag i jämförelse med kväve och ammoniak (se Figur 9).

Trots denna positiva utveckling av deposition av försurande ämnen kommer preciseringen inte att nås, vilket betyder att år 2030 kommer det fortfarande att finnas delar av landets skogs- och sjöareal med överskridande av kritisk belastning. Arealen avrinningsområde som överskrider kritisk belastning i Sverige beräknas 2030 till cirka 7 procent⁸⁰. Detta är en förbättring sedan den senaste fördjupade utvärderingen 2019 då bedömningen var 10 procent överskridande 2030. Man härleder förbättringen till återhämtningen i Sveriges sjöar och vattendrag från försurningen. Överskridandet av kritisk belastning för försurning av sjöar och avrinningsområden kan minska, men ett icke-överskridande kommer inte att nås genom prognosticerade internationella och nationella utsläppsminskningar.

3.1.2 Skogsbrukets försurande påverkan

Skogsbrukets utveckling har betydelse för om miljökvalitetsmålet ska kunna nås i framtiden. I dagsläget står skogsbruket i genomsnitt för en stor del av aciditetstillförseln till marken, särskilt på skogsmark där grot tas ut. De arealer som hittills har påverkats är dock relativt begränsade, sedan år 2017 har grotuttaget ökat till cirka 60 000 hektar (se figur 11). Det är fortsatt en relativt liten del av den totala arealen produktiv skogsmark som grot tas ut på. Krav på ökat biomassauttag som en klimatåtgärd bidrar till att denna areal kan öka avsevärt i framtiden.

Skogsbrukets försurande påverkan är störst i södra Sverige. Tillförseln av aciditet från skogsbruk gör att markens återhämtning från försurning försvåras eller försenas i områden med historiskt högt depositionstryck. Detta kan bidra till

⁸⁰ Fölster, Jens (2021) Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2022

att återhämtningen i svenska sjöar och vattendrag försenas eller hämmas i framtiden. 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 för att bidra till uppfyllandet av miljömålet är kopplat till askåterföring, anpassat biomassauttag och trädslagbyte. Den nationella rådigheten är stor, men de nya förslagen gällande till exempel EU:s nya skogsbrukspolitik samt EU:s taxonomi kan på sikt påverka skogens försurande påverkan. Det är dock för tidigt att göra denna bedömning då dessa inte är beslutade i detalj.

Preciseringen om påverkan genom skogsbruk är inte uppfylld vad gäller tillräckliga förutsättningar för anpassningar och motåtgärder. Askåterföring görs idag på 20 procent av arealen med grotuttag (Figur 11), men utvecklingen fram till 2030 och därefter är osäker, vilket också är kopplat till de nationella och internationella styrmedlen. Dessutom finns ett uppdämt behov av åtgärder för grotuttag under minst ett decennium där askåterföring inte skedde eller har skett i mycket liten omfattning. Vidare finns det behov att säkerställa att askåterföring sker i områden som är känsliga för försurning.

3.2 Andra aspekter av målet

I tabell 7 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. Anledningen är att för miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning används kriteriet att tillräckliga åtgärder, nationellt och internationellt, är beslutade och förväntas vara genomförda till 2030 för att bedöma om miljökvalitetsmålet är uppfyllt eller inte. De två preciseringarna som beskriver tillståndet i miljön, försurade sjöar och vattendrag samt försurad skogsmark, tillåts uppnås senare.

Tabell 7. Det centrala i bedömning om miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* nås.

Centralt uppföljningsmål	Nivå som behövs nås	Aktuell situation	Rådighet	2030 Målpuffyllelse	Styrmedels effekt	Bedömning av åtgärdens effekt	Bedömning som helhet
Nedfall av försurande ämnen (precisering).	Preciseringen nås när inget överskridande av kritisk belastning finns i sjöar och skogsmark.	Nedfallet överskrider den kritiska belastningen i både sjöar och skogsmark.	Eftersom nedfallet till största delen orsakas av landbaserade källor utomlands och av internationell sjöfart är den nationella rådigheten begränsad. Samtidigt ingår Sverige i de internationella forum där besluten om styrmedel och åtgärder fattas och har tagit en aktiv roll.	Även om utvecklingen är positiv kommer preciseringen inte att nås till 2030. För sjöar beräknas arealen avrinningsområdet som överstiger kritisk belastning år 2030 vara 7 %.	4	3	Nej, preciseringen beräknas inte nås till år 2030 heller.
Skogsbrukets försurande påverkan (precisering).	Nivån beräknas nås när inte längre den avverkade arealen där grot tas ut överskrider det kritiska uttaget vid grotuttag och där askåterföring inte sker.	I länen i centrala och södra Sverige överskrider i olika omfattning den avverkade arealen vid grotuttag. Preciseringen påverkan är uppfyllt till cirka 20 procent. Idag bedöms cirka 40 procent av länen inte uppnå målet.	Stor nationell rådighet.	Det saknas idag tillräckliga styrmedel för att minska skogsbrukets försurande påverkan. Behöven av klimatanpassning i samhället bedöms öka och då även efterfrågan på biobränsle. Trots stor nationell rådighet bedöms inte miljömålet nås till 2030.	2	2	Nej, preciseringen beräknas inte nås till år 2030 heller.

Miljömålet bedöms uppfyllt om tillräckliga styrmedel/åtgärder beslutats för att miljö kvaliteten ska kunna nås på sikt. De två faktorer som påverkar försurning är nedfall av försurande ämnen och skogsbruk. Nuvarande styrmedels åtgärders effekt i tabellen anges på en fallande skala 1–5, där 5 anger att styrmedel respektive åtgärder är fullt ut tillräckliga och 1 visar att kunskapen är bristfällig.

3.3 Bedömning av målet som helhet

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

Trots den återhämtning som skett i mark och vatten så är förändringen inte tillräckligt snabb för att målet ska kunna bedömas som uppnått eller möjligt att nå med befintliga och beslutade styrmedel. Den viktigaste orsaken till att miljömålet inte uppnås är att tillräckliga styrmedel ännu saknas för att minska utsläppen av försurande ämnen i Europa och från den internationella sjöfarten, till nivåer som ger skydd för mark och vatten i Sverige. Inte heller EU:s reviderade takdirektiv räcker till. Den nationella rådigheten är begränsad när det gäller att påverka nedfallet, vilket gör det extra angeläget för Sverige att verka aktivt för höga ambitionsnivåer i det internationella luftvårdsarbetet.

En annan bidragande orsak till att målet som helhet inte kan nås till 2030 är skogsbrukets försurande påverkan som, till skillnad från nedfallet av försurande ämnen, har tilltagit under de senaste åren. Nuvarande styrmedel för att åstadkomma en kompensation har inte varit tillräckliga. En viss förbättring kan åstadkommas till 2030 men läget är osäkert med de diskussioner som pågår gällande skogen i Europa och dess intensifierande roll i klimatarbetet.

4. Prognos för utveckling – hur långt räcker åtgärdsarbetet?

Syftet med det här avsnittet är att presentera den data som finns tillgänglig över hur miljötillståndet och utsläppen av försurande ämnen förväntas utvecklas i framtiden. Prognoser för hur miljötillståndet förväntas utvecklas över tid är ett viktigt verktyg för att kunna göra bedömningar om och var det behövs mer insatser för att nå miljömålet om *Bara naturlig försurning*. Utsläppen av försurande ämnen har minskat kraftigt över tid, vilket i sin tur gör att nedfallet av svavel och kväve har minskat kraftigt under många årtionden. Det innebär att både sjöar och vattendrag har återhämtat sig, men än kvarstår problemet för flera sjöar och vattendrag. Nedfallet av svavel är idag i närheten av förindustriella nivåer, medan nedfallet av kväve fortsätter att vara högt i vissa delar av Sverige. Skogsbruket har historiskt sett haft relativt liten påverkan på försurningen i jämförelse med utsläppen av kväveoxider, svaveldioxider och ammoniak. Försurningspåverkan på skogsmarken från luftföroreningar har minskat markant och i dagsläget har skogsbruket en ungefär lika stor påverkan som utsläppen av försurande ämnen. Skogsbrukets påverkan förväntas dessutom öka i takt med ökad skogstillväxt och ökad efterfrågan på förnybara bränslen då uttaget av grenar och toppar blir större.

4.1 Utvecklingen av miljötillståndet till 2030



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

Utsläppen av svaveldioxid i Sverige förväntas ha minskat med 6 procent till 2030, jämfört med ungefär 15 ton år 2020. För kväveoxider förväntas utsläppen minska med 26 procent i förhållande till ungefär 118 ton år 2020. Ammoniakutsläppen beräknas minska med 9 procent till 2030 jämfört med ungefär 53 ton år 2020⁸¹. Prognoserna är dock mycket osäkra och beror framför allt på de olika typer av styrmedel både nationellt och internationellt som implementeras och dess effekter framöver. Framtida nedfall av försurande ämnen beror dels på mängden utsläpp,

⁸¹ Naturvårdsverket

dels hur det framtida klimatet ser ut. Den klimatförändring som framför allt påverkar nedfallet är förändring i nederbörd⁸².

I jämförelse med Sveriges åtaganden inom EU:s takdirektiv ser prognosen bra ut förutom för kväveoxider och ammoniak. Det nya takdirektivet jämför utsläppen med år 2005 som basår fram till 2030 och räknar minskningen i procent. Till 2030 ska Sveriges utsläpp av kväveoxider ha minskat med 66 procent jämfört med år 2005. Enligt takdirektivet ska Sveriges utsläpp av svaveldioxid ha minskat med 22 procent och för ammoniak med 17 procent. Genom att jämföra de uppmätta halterna av försurande ämnen år 2005 och jämföra med prognosen för utsläpp år 2030 konstateras att Sverige inte kommer klara åtaganden för kväveoxider och ammoniak. Sveriges utsläpp av kväveoxider beräknas ha minskat med 55 procent till 2030 jämfört med år 2005, med 61 procent för svaveloxider och 16 procent för ammoniak.

Enligt den senaste revideringen av Göteborgsprotokollet 2012 var Sveriges åtaganden att minska utsläppen till 2020 med 36 procent för kväveoxider, 22 procent för svaveldioxid och 15 procent för ammoniak i jämförelse med nivåerna år 2005. Sverige överskrider sitt åtagande om minskade utsläpp av ammoniak och här behöver åtgärder och styrmedel vidtas skyndsamt för att minimera perioden med överskridande. Åtaganden för övriga föroreningar uppfylls. Under 2020 beslutades att Göteborgsprotokollet ska revideras på nytt.

Utsläppen i Europa (EU-28) under perioden 2005 till 2030 förväntas enligt beräkningar gjorda av IIASA minska med cirka 78 procent för svaveldioxid, 65 procent för kväveoxider och med 5 procent för ammoniak⁸³. Vid den senaste rapportering till EU:s takdirektiv var de totala utsläppen för hela EU i sin helhet under de satta gränserna för respektive försurande ämne till 2030. Fler åtgärder krävs dock för att nå antagandena om utsläppsminskningar till år 2030⁸⁴. De åtaganden som görs inom EU:s takdirektiv för att minska luftföroreningar är av stor vikt för att minska påverkan på försurningen i Sverige.

Till 2030 förväntas överskridande av kritisk belastning för skogsmark och sjöar i Sverige kvarstå, och uppgå till ungefär 7 procent. Detta i jämförelse med den tidigare fördjupade utvärderingen där överskridandet låg på 10 procent⁸⁵. Vidare förväntas en ökad efterfrågan på biomassa och skogsbruket påverka försurningen negativt, genom tillväxt och ökat uttag av grot.

⁸² Naturvårdsverket (2016), Rapport 6705, "Klimatförändringen och miljömål". <https://www.ivl.se/download/18.5236a218179c58aa614167a/1623833132204/CLEO+slutsyntes.pdf> [Hämtad: 22/10-21]

⁸³ Amann, (2017). Progress towards the achievement of the EU's air quality and emissions objectives. IIASA june 11, 2018

⁸⁴ European Enviroment Agsency (2019) NEC Directive reporting status 2019

⁸⁵ Fölster, Jens (2021) "Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålet Bara naturlig försurning 2022: Tillstånd och trender i sjöar och vattendrag"

4.2 Skogsbrukets försurande påverkan

4.2.1 Prognos för skogens försurande påverkan till 2030

Skogsbrukets försurande påverkan har ökat sedan 1990-talet och fått en allt mer betydande påverkan på försurningen i framför allt sydöstra Sverige. Anledningen till detta är bland annat en ökad efterfrågan på biomassa och uttag av grot. Efterfrågan på förnybar energi från skogen förväntas dessutom fortsätta öka för att försöka ersätta fossila bränslen och bromsa klimatförändringarna⁸⁶. Askåterföring är en metod 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. Under perioden som nedfallet av försurande ämnen var som störst hade skogsbruket en i förhållande liten påverkan på försurningen. I dagsläget är det annorlunda då halterna av försurande ämnen har sjunkit kraftigt medan skogsbruket som bidrar till mer bortförd biomassa har ökat⁸⁷.

4.2.2 Skogsbrukspolitiken

2021 lades EU:s nya skogsbruksstrategi fram⁸⁸, en del av den europeiska gröna given som är ett åtgärds paket som har till syfte att minska utsläppen av växthusgaser i EU med minst 55 procent fram till 2030⁸⁹. Strategin bygger på EU:s strategi för biologisk mångfald för 2030. De föreslagna åtgärderna i EU:s skogsstrategi innebär en rad satsningar inom skogsbruk och skogsvårdsfrågor.

De föreslagna åtgärderna i EU:s skogsstrategi innebär sammanfattningsvis:

- Breddad syn på skogen genom att stärka bilden av sociala och rekreativa värden, åtaganden för att skydda ur- och naturskogar.
- En ambition om ett återställande av förstörda skogar, förbättrade sankor och kolförråd⁹⁰.
- En hållbar förvaltning av skogar genom främjande av skogsförvaltningsmetoder gynnsamma för klimat och biologisk mångfald.
- En användning av träbiomassa inom hållbarhetsgränserna⁹¹.
- Öka kunskapen och förståelsen om skogen och dess betydelse genom mer samordnad forskning, ökad datainsamling, kunskapshöjande aktiviteter och inkludering på den politiska agendan.

⁸⁶ Akselsson, C.; Kronnäs, V.; Stadlinger, N.; Zanchi, G.; Belyazid, S.; Karlsson, P.E.; Hellsten, S.; Karlsson, G.P. A Combined Measurement and Modelling Approach to Assess the Sustainability of Whole-Tree Harvesting—A Swedish Case Study. *Sustainability* 2021, 13, 2395

⁸⁷ Naturvårdsverket (2016), Rapport 6705, "Klimatförändringen och miljömål".

⁸⁸ Europeiska kommissionen, COM/2021/572 final

⁸⁹ Europeiska kommissionen. (2021). EU:s gröna giv. Hämtat från ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sv

⁹⁰ Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt Regionkommittén 55 %-paketet ("Fit for 55"): nå EU:s klimatomål 2030 för klimatneutralitet, COM (2021) 550 final

⁹¹ Kaskadprincipen ingick redan i EU:s skogsstrategi 2014–2020. Enligt denna princip används trä i följande prioriteringsordning: 1) träbaserade produkter, 2) förlängning av deras livslängd, 3) återanvändning, 4) återvinning, 5) bioenergi och 6) bortscaffande

Skogsbrukets påverkan förväntas öka i takt med att efterfrågan på förnybara bränslen växer och uttaget av grot därmed ökar. Här går politiken isär. Dels satsar nu EU på att ta fram en klimatlag⁹² och riktlinjer för minskade utsläpp, genom satsningar på biobränslen och utfasningen av fossila bränslen. Dels kan den nya skogsbruksstrategin leda till en omställning inom skogsbruket med bland annat ökad hänsyn till biologisk mångfald och minskad avverkning som ett resultat⁹³. Klimatomställningen innebär även att målet är att förbättra säkor och kolförråd för att minska utsläppen, något som innebär att mer skog behöver stå kvar och vara intakt.

Om ytterligare krav ställs på miljöhänsyn och uttag av skogsbränsle minskar, samt att större arealer skog får stå kvar i framtiden, kan detta ha en positiv inverkan på måluppfyllelsen framåt. Om däremot stamveds- och grot-uttaget ökar genom ytterligare satsningar på biobränsle, utan att en ökad miljöhänsyn tas, leder detta i stället till ökande försurning från skogsbruket. Kompensationsåtgärderna behöver då även öka, exempelvis askåterföringen. Andra kompensationsåtgärder och hållbar verksamhet i samband med avverkning, produktion och användning av träprodukter kommer att specificeras i den nya taxonomiförordningen⁹⁴.

EU-kommissionen vill med strategin skapa ett europeiskt partnerskap om skogsvetenskap genom det EU-gemensamma forskningscentrumet. Samtidigt har flera svenska forskningsprojekt fått i uppgift att undersöka skogens roll för klimatet⁹⁵. Vad resultat visar kan ha betydelse för vilka satsningar som kommer att göras. I takt med att kunskapen om skogen växer och perspektivet breddas, ökar även åtgärderna för återställande och bevarande. Exempelvis för bevarandet av biologisk mångfald och skogen som kolsänka⁹⁶.

EU-kommissionen har i den nya skogsstrategin lagt fram ett förslag till delmål om att arbeta för ett skogsstyrningssystem som främjar politisk samstämmighet och synergier mellan olika funktioner för en hållbar och klimatneutral ekonomi, något som skulle kunna bidra till förebyggande av de målkonflikter som nämns tidigare.

Den nya skogsbruksstrategin och dess presenterade åtgärder sträcker sig fram till 2030, där satsningar i summeringen ska leda till att skydda och återställa EU:s skogar. Nu ska åtgärdspaketet administreras, initieras och en implementeringsfas påbörjas. Först senare, efter att åtgärderna implementerats, kan slutsatser om dess långtgående effekter på svensk skogsbrukspolitik och på miljömålet dras. En prognos utifrån den presenterade politiken går därför inte att ställa.

⁹² Förslag till Europaparlamentets och rådets förordning om inrättande av en ram för att uppnå klimatneutralitet och om ändring av förordning (EU) 2018/1999 (Europeisk klimatlag) COM/2020/80 final

⁹³ Europeiska kommissionen, COM/2021/572 final, sid 2

⁹⁴ Förordning (EU) 2020/852. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=celex:32020R0852>

⁹⁵ Formas. (den 27 oktober 2021). Den svenska skogens roll i klimatomställningen. Hämtat från Formas: <https://formas.se/arkiv/alla-utlysningar/utlysningar/2021-01-22-den-svenska-skogens-roll-i-klimatomställningen.html>

⁹⁶ Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt Regionkommittén 55 %-paketet ("Fit for 55"): *nå EU:s klimatmål 2030 för klimatneutralitet*, COM (2021) 550 final

4.3 Försurade sjöar, vattendrag och skogsmark

4.3.1 Prognos för antalet försurade sjöar, vattendrag och skogsmark

Prognosen för antalet försurade sjöar är att ungefär 6 procent av Sveriges sjöar kommer att vara försurade år 2030. Trenden är positiv och antalet försurade sjöar och vattendrag minskar i Sverige, även om återhämtningen är långsam. Kalkning är en effektiv metod för att minska påverkan på växt- och djurliv i försurade sjöar och vattendrag, men är endast en tillfällig lösning. Även om depositionen fortsätter att minska, är återhämtningen såpass långsam att kalkning förväntas behövas en lång tid framöver för att motverka försurningen. Prognoserna för andelen försurade sjöar och vattendrag är baserade på beräkningar enligt en dynamisk modell, som kallas MAGIC-modellen. Genom att använda den uppmätta kemin idag och den omgivande marken tillsammans med historiska data kan en prognos tas fram för hur försurningen i sjöar och vattendrag kommer att se ut längre fram. Det finns däremot stora osäkerheter gällande prognoserna, speciellt ju längre fram i tiden prognoserna sträcker sig, främst på grund av de oväntade effekter som klimatförändringar kan ha på miljömålets uppfyllelse. Att de försurade sjöarna och vattendragen inte kommer att återhämta sig fullt ut beror framför allt på skogsbrukets försurande påverkan samt de försurande utsläppen som kvarstår⁹⁷.

I en tidigare fördjupad utvärdering från 2019 gjordes bedömningen att det idag inte sker någon återhämtning i skogsmarken, denna bedömning gäller fortsatt där ingen statistiskt säkerställd återhämtning har skett.

4.3.2 Utveckling av episodisk försurning i vattendrag

De stora mängderna av svavelnedfall som drabbade Sverige under andra halvan av 1900-talet orsakade förlust av buffringskapacitet i marken och en försämrad vattenkvalitet i de områden som drabbades. I takt med att utsläppen av främst svaveldioxid (SO₂) har minskat har även svavelnedfallet minskat. Den efterföljande återhämtningen från försurningen varierar geografiskt och beror på hur hårt de olika delarna av landet drabbades, vilka förutsättningar som fanns i marken samt hur stor minskning av nedfallet blev.

Förutom den genomsnittliga återhämtningen finns det även anledning att ta hänsyn till episodproblematiken. I denna fördjupade utvärdering presenteras därför en fallstudie som tittar på surstötter och utvecklingen för dessa under 40 år av mätningar vid Gårdsjön, där Naturvårdsverket har finansierade långvariga kvävegödslingsstudier. Surstötter, definierade som korttidsperioder av försämrad vattenkvalitet, kan vara av stor betydelse för akvatiska organismer och kan i vissa fall vara ett fortsatt problem även när vattenkvaliteten har förbättrats både i genomsnitt och under den största delen av tiden⁹⁸. Att episoder kan vara ett problem

⁹⁷ Åström, S och Lindblad, M, (2014), IVL-rapport B2143. Kan Sverige uppfylla miljömålspreciseringar för försurning och övergödning?

⁹⁸ Ormerod, S.J.L., Kowalik, R. A., Murphy, J. F., and Davy-Bowker, J (2006). Field testing the AWIC index for detecting acidification in British streams. Archiv für Hydrobiologie Vol 166, 1, p. 99 – 115 DOI: 10.1127/0003-9136/2006/0166-0099

även efter att en viss återhämtning har ägt rum förklaras med att den försämrade buffringkapaciteten i marken inte kan motverka kortvariga påfrestningar i form av hög belastning.

Mekanismer och underliggande orsaker till att vattenkvaliteten kraftigt försämras under en kort tid varierar och är inte alltid kopplade till försurningsproblematiken. En temporär sänkning av pH som är naturligt förekommande kan orsakas till exempel av snösmältning. Smältvatten med låg jonstyrka orsakar en ökning av lösligheten av organiskt material i marken. Vatten med en högre halt löst organiskt material (dissolved organic carbon, DOC) läcker tillfälligt ut till vattendragen och orsakar ett sänkt pH. Detta fenomen kan inte tillskrivas den försurning som orsakas av luftföroreningar. Det finns däremot minst tre andra mekanismer som driver surstötter som är försurningsrelaterade. Dessa är utlakning av sulfat (SO_4^{2-}) i det första vattnet som kommer efter långvarig torka, havssaltepisoder samt surstötter som orsakas av luftföroreningar som har ackumulerats i snön under vintern och som kommer ut vid vårflöden efter snösmältningen.

Omfattningen av problemet med surstötter och utvecklingen över tid är inte helt lätt att kartlägga utifrån insamlade nationella övervakningsdata. Episoderna kan vara mellan några få timmar till dagar eller kanske högst ett par veckor, och det är mest en slump om man råkar ta vattenprovet just då inom provtagningar som sker ett par gånger om året, eller på sin höjd månadsvis. Möjligheten att använda miljöövervakningsdata från vattendrag för att kartlägga episodproblematiken har undersökts⁹⁹. En av de bästa svenska tidsserierna för att undersöka episodproblematiken som inte är kopplad till snösmältning är data från det integrerade monitoring-området i Gårdsjön. Gårdsjön ligger i sydvästra Sverige, 5 mil norr om Göteborg. I Gårdsjön ligger sällan tillräckligt med snö för att skapa en surstöt via snösmältningen under en vårflod; däremot ligger området tillräckligt nära kusten för att deposition av havssalt skulle kunna orsaka en surstöt, och mätningarna som påbörjades 1979 täcker en tillräckligt långt period för att även kunna fånga in ett antal torkstyrda episoder.

SNÖSMÄLTNINGSPERIODER

I norra Sverige är snösmältning den främsta orsaken till surstötter¹⁰⁰. Vid vårfloden smälter snön som ackumulerats under vintern och kan orsaka försurning dels genom utspädning av buffertkapaciteten, dels genom de försurande ämnen som deponerats på snön under vintern och nu når vattendragen. Man har funnit en god korrelation mellan svavelhalten i snötäcket och antropogen försurningspåverkan i samband med vårfloden, och att en minskad svaveldeposition leder till direkta förbättringar i vattenkemin¹⁰¹.

⁹⁹ Hjulfors, M., (2019). Drought Induced Episodic Acidification in Swedish Fresh Waters, Summer 2018 and the development since 1980. Degree project for Master of Science (120 h) with a major in Environmental Science. Univ. of Gothenburg, Department of Biological and Environmental Sciences, 37 p

¹⁰⁰ Laudon, H., (2000). Separating Natural Acidity from Anthropogenic Acidification in the Spring Flood of Northern Sweden. Doctor's dissertation. ISSN 1401-6230, ISBN 91-576-5894-3

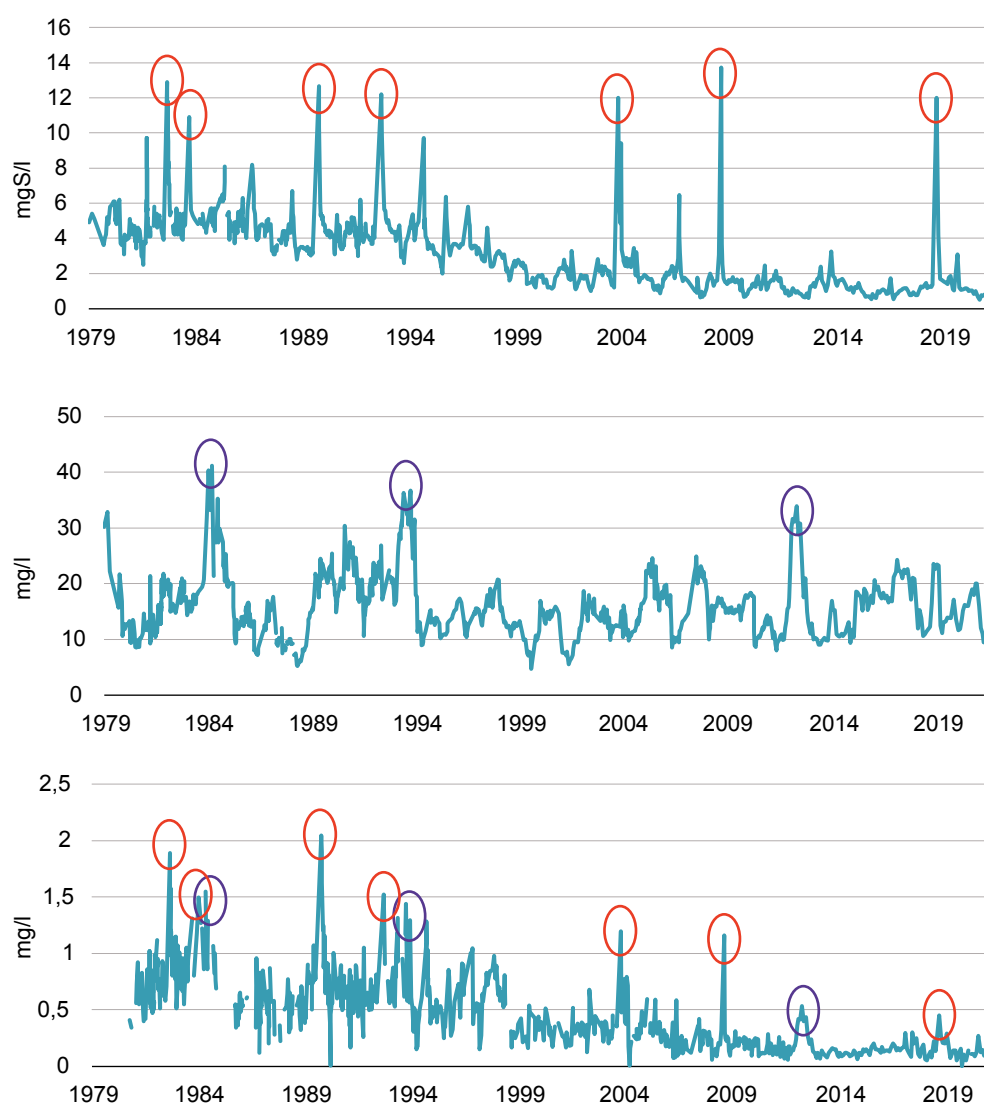
¹⁰¹ Ibid

TORKEPISODER

Torkstyrda surstötter har varit ett återkommande problem som drabbar främst den södra delen av landet. IM:s avrinningsområde i Gårdsjön (F1 området) har övervakats sedan 1979 med som minst månadsvis provtagning. Avrinningskemi från F1 Gårdsjön utgör bra grund att illustrera och undersöka effekten av torkstyrda surstötter på vattenkvaliteten, och om denna effekt har förändrats på grund av återhämtningen från försurningen.

I den 40 år långa tidserien av avrinningskemi syns ett antal tydliga sulfatoppar som kan relateras till föregående torrperioder.

Figur 18. Sulfat, klorid och oorganisk aluminium i avrinningen från IM-området F1 i Gårdsjön. Röda ringar representerar torkstyrda episoder, medan de blå ringarna representerar episoder styrda av havssaltsdeposition.

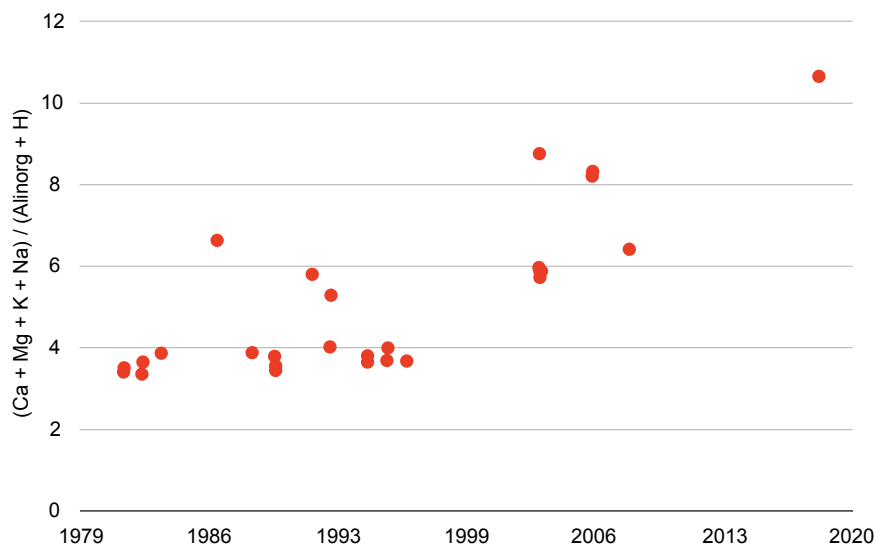


Den drivande faktorn bakom torkstyrda episoder är de höga sulfathalter som förekommer i det första vattnet som når avrinningen efter sommartorka. En hög sulfat-

halt behöver inte i sig vara problematisk för vattenlevande organismer, däremot kan utlakningen av aciditet som ofta följer de höga sulfathalterna vara ett problem. Under 1980-, 90- och 00-talen har de flesta sulfattoppar orsakat mycket höga halter av oorganisk aluminium (Figur 18). Halterna på över 1 mg/l är mycket höga och vattnet blir då direkt giftigt för fisk och andra vattenlevande organismer. De höga sulfathalterna orsakar även utlakning av baskatjoner som i ett välbuffrat system helt skulle kunna kompensera sulfatökningen.

Ett sätt att undersöka om problemet med surstötter avtar är att jämföra andelen av baskatjoner som kompenserar sulfatöppningar (Figur 19). Det syns ingen tendens att de högsta sulfathalterna skulle ha minskat (Figur 18, översta panelen). Däremot har förhållandet mellan baskatjoner och aciditet succesivt ändrats (Figur 19), och en sulfatöppning av samma magnitud efter den torra sommaren 2018 orsakade inte ens i närheten en lika stor försämring av vattenkvaliteten (i form av den ökade halten av oorganisk aluminium) som i början av perioden (Figur 18, nedersta panelen).

Figur 19. Förhållande mellan baskatjoner och aciditet i form av H⁺ och oorganisk aluminium vid de högsta sulfatkoncentrationerna uppmätta i avrinningen i Gårdsjön.



HAVSSALTSEPIDODER

Havssaltsepisoder kan förekomma då havssaltpartiklar transporteras från havet och deponeras endera via torrdeposition eller via nederbörd. En ökad deposition av natrium kan påverka markkemin genom att frigöra vätejoner genom jonbytesprocesser, vilket sedan kan orsaka en försurning av avrinningen. Experimentella försök har visat att en hög tillförsel av havssalter kan orsaka naturliga försurningsepisoder på grund av katjonbyte i små avrinningsområden med sura jordar¹⁰².

I dataserien från Gårdsjön finns ett antal havssaltsepisoder representerade (Figur 18). På liknande sätt som för de torkstyrda episoderna kan man tydligt se att mängden oorganiskt aluminium som läcker ut vid en episod har minskat med tiden.

¹⁰² Wright, R. F., et al. (1988). "Experimental verification of episodic acidification of freshwaters by sea salts." Nature 334(6181): 422-424

Sammanfattningsvis kan man konstatera att episoder orsakade av förorenad snö, torka eller deposition av havssalt på senare år inte ger upphov till allvarliga surstötter. För snösmältningsepisoder beror detta på att den drivande orsaken till surstöten har minskat, det vill säga det ackumuleras mycket mindre luftföroreningar i snön under vintermånaderna. För torkstyrda och saltdrivna episoder har inte den drivande mekanismen försvunnit på samma sätt. Stormar med högt saltnedfall förekommer och kan till och med öka i frekvens på grund av klimatförändringar. Höga halter av sulfat i vattnet efter torra perioder förekommer också, trots det kraftigt minskade svavelnedfallet. Men dessa fenomen följs inte åt av kortvariga perioder av kraftigt försämrad vattenkvalitet i samma utsträckning som för 20 eller 30 år sedan. Den allmänna återhämtningen från försurning har lett till att även surstötter har avtagit.

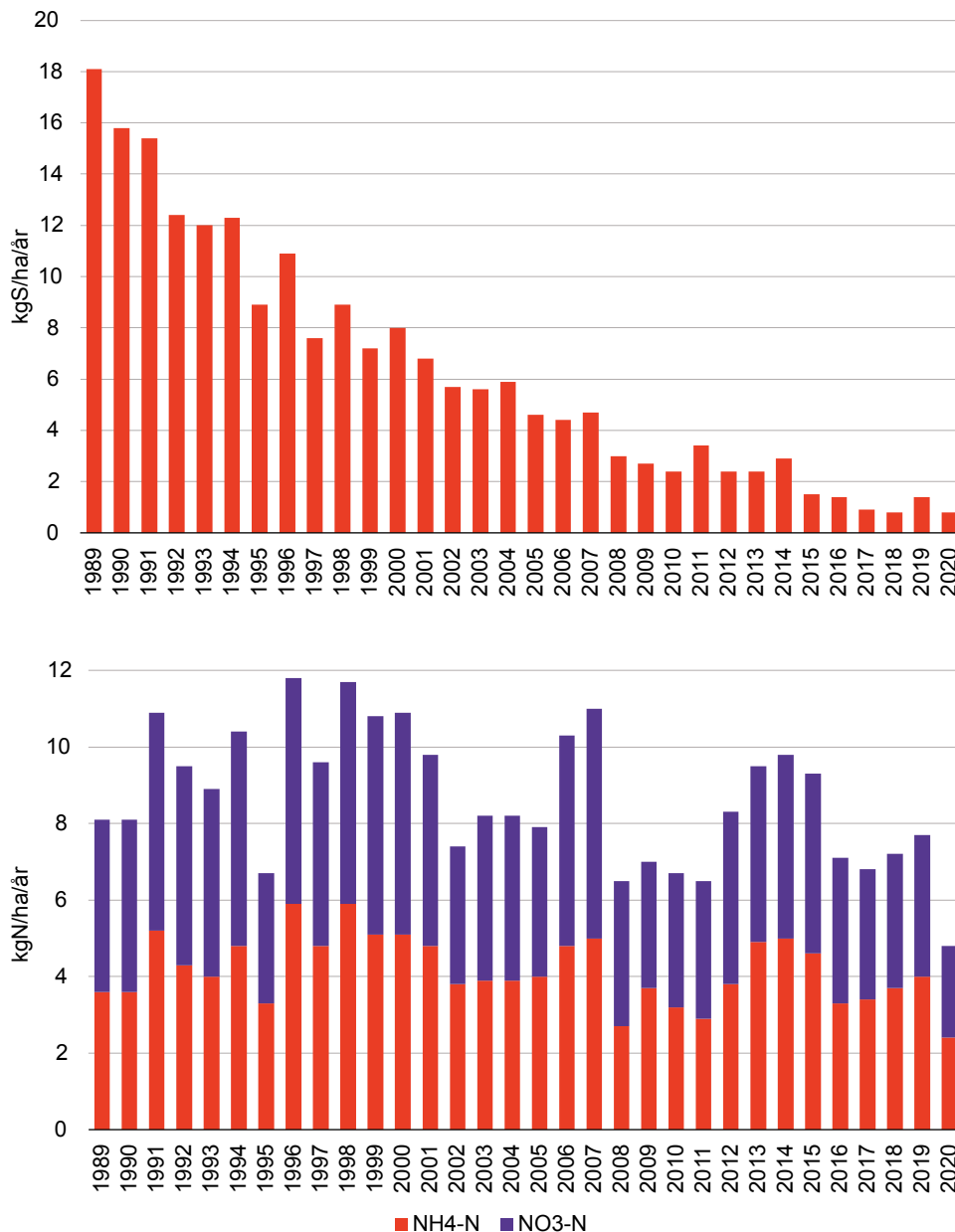
4.3.3 Kväveutlakning i skogsmark

Medan svavelnedfallet i Sverige har minskat till nivåer som numera inte ligger långt från de nivåer som beräknats för det förindustriella nedfallet ses inte samma markanta minskning i kvävenedfallet.

Att uppnå kvävemättnad i mening att depositionen överskrider den sammanlagda mikrobiella och växtlighetens behov av kväve och ekosystemets kombinerade förmåga att ta upp mera kväve, är en process som tar både tid och ofta stora mängder av kväve. Men vid ett högt kvävenedfall som överskrider kritisk belastning ökar risken att kvävemättnad uppstår med nitratutlakning som följd. Nitratutlakning är inte lika vanlig i Sverige som i andra länder så som till exempel i Danmark, Tyskland eller i Nederländerna. När nitrat börjar läcka till grundvattnet och till avrinningen så orsakar den försurning på samma sätt som svaveldeposition och utlakning av sulfat (SO_4). Nitratutlakning uppstår ofta efter avverkning eller andra störningar även inom områden där NO_3 inte tidigare läcker ut.

Figur 20 visar svavel- respektive kvävenedfall för IM-stationen Gårdsjön från 1989 till 2020. Svavelnedfallet i Gårdsjön har minskat med drygt 90 procent jämfört med toppnoteringarna på slutet av 1990-talet. Även kvävenedfallet har minskat, dock inte lika markant, under tidsperioden med cirka 30 procent.

Figur 20. Svavelnedfall utan havssalt uppmätt i krondropp i Gårdsjön och kvävenedfall över tid i Gårdsjön.



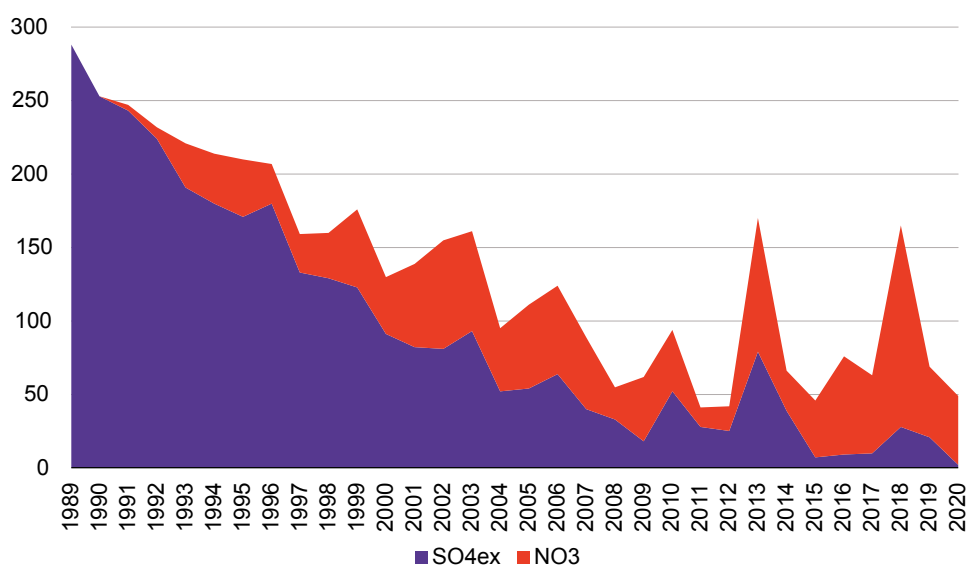
Medan svavelnedfallet ligger under kritisk belastning är det nuvarande kvävenedfallet, mellan 5 och 8 kg N/ha/år, fortsatt för högt för att vara långsiktigt hållbart. Ett gödslingsexperiment i Gårdsjön illustrerar tydligt att nitrat kan börja läcka och att problemet kan tillta dramatiskt vid en störning.

NITREX Gårdsjön är ett långtidsskogsgödslingsförsök som har pågått sedan 1990 med gödselgiva på ca 40 kgN/ha/år uppdelad i doser på 2-4 kgN/ha per gång. Försöket innefattar månadsvis provtagning av avrinningskemi. NITREX-området (G2) har i början av 90-talet varit gravt försurat med ett pH i avrinningsvattnet mellan 3,8–4,0. I början av mätperioden var den fullständigt dominerande försurande faktorn svaveldeposition och följande sulfatutlakning. Kvävenedfallet var hög till

medelhög (runt 10 kg N/ha/år), men utlakningen av oorganiskt kväve var mycket liten, med nitrathalter som oftast låg under detektionsgränsen.

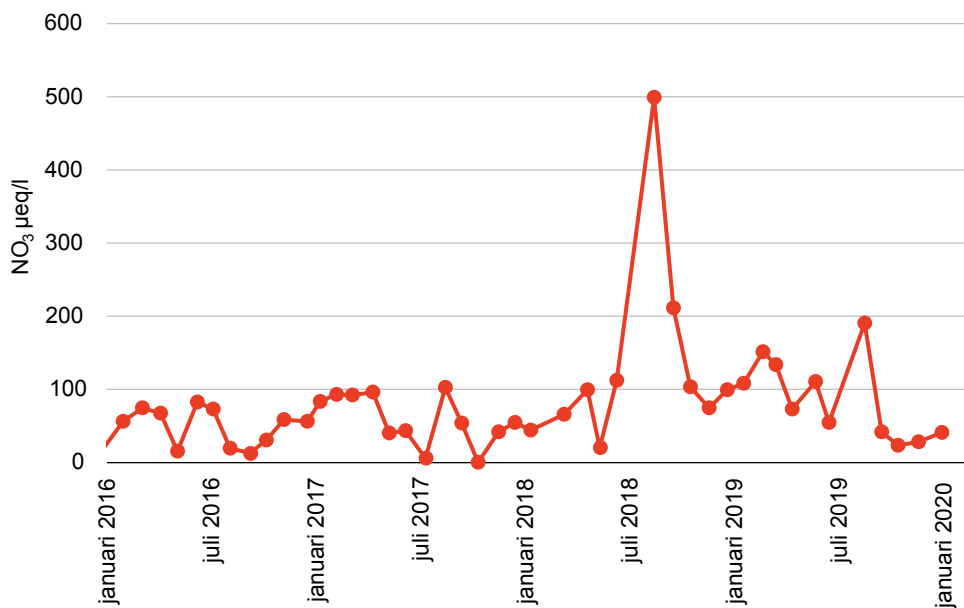
Nitratutlakningen till avrinningen i NITREX Gårdsjön har med tiden tilltagit och nitrathalten är (i ekvivalenter räknat) nu en större försurningsfaktor än utlakning av sulfat, när man räknar bort det icke-försurande bidraget av sulfat från havssaltet (Figur 20).

Figur 21. Utlakning av sulfat och nitrat i avrinningen från experimentområdet NITREX Gårdsjön.



En långvarig kvävebelastning bygger upp kväveförrådet och ökar risken för nitratutlakning. Resultat från NITREX Gårdsjön visar att utöver den långsamma ökningen av nitratutlakning över tid så orsakade torkan 2018 ett kraftigt NO₃-läckage och förhöjda halter i drygt ett år (Figur 22). Med svenska mått är en nitrathalt på 500 µeq/l (eller 7 mg NO₃-N/l) tämligen extremt för ett relativt ostört avrinningsområde täckt till 100 procent med skog. Samtidigt som den negativa utvecklingen i Gårdsjön visar på risker av långvarigt högt kvävenedfall bör det påpekas att Gårdsjön G2 fortfarande har stor kapacitet att binda kväve trots ett sammanlagt extra kvävetillskott på drygt 1000 kgN/ha. Detta stöds även av andra långliggande gödslingsförsök som har genomförts av SLU och Skogforsk och tyder på att det krävs antingen mycket stora kvävegivor eller kombination av flera faktorer så som till exempel torka eller stormskador och högt kvävenedfall för att starkt kvävebe-gränsade skogliga ekosystem ska börja läcka nitrat.

Figur 22. Månadsvisa NO₃-halter i avrinningen från NITREX Gårdsjön.



Ett fortsatt högt kvävenedfall ökar risken för nitratutlakning och kan på sikt leda till större försurningsrelaterade problem än det kvarvarande svavelnedfallet. De bidragande orsakerna kan vara intensivt skogsbruk och extrema väderhändelser. Ytterligare en faktor är den försurningshistoria som har lämnat spår efter sig i form av en utarmad buffringskapacitet i marken som bara långsamt byggs upp genom naturliga processer så som vittring av mineraler och deposition av baskatjoner. Försurning relaterad till kvävenedfall kan vara både kronisk och episodisk, så som har observerats efter avverkningen i flera undersökningar (Schelker et al., 2016) eller efter extrema väder, så som efter den extrem torra sommaren 2018 i Gårdsjön. Att minska kväveutsläppen är önskvärt av flera skäl; de negativa konsekvenserna för människors hälsa, övergödning och negativ påverkan på biologisk mångfald är bland de mest uppenbara och väldokumenterade. Men kvävet är av betydelse även utifrån försurningsperspektivet och den betydelsen kan i framtiden snarare öka än minska¹⁰³.

¹⁰³ Schelker, J., Sponseller, R., Ring, E., Högbom, L., Löfgren, S., and Laudon, H., (2016). Nitrogen export from a boreal stream network following forest harvesting: seasonal nitrate removal and conservative export of organic forms, *Biogeosciences*, 13, 1–12, <https://doi.org/10.5194/bg-13-1-2016>

4.4 Sjöfartens försurande påverkan

De skärpta svavelkraven inom den internationella sjöfarten har gett och kommer att ge ytterligare positiva effekter på svensk miljö. Den skärpning av kraven som trädde i kraft för SECA-områden i januari 2015 (då den högsta tillåtna svavelhalten i olja minskade från 1 till 0,1 procent) har minskat svavelutsläppen mycket kraftigt. Av det totala svavelnedfallet i Sverige bedömdes bidraget från internationell sjöfart vara 20 procent 2012. Fyra år senare, 2016, var bidraget 7 procent och 2019 var bidraget 3 procent¹⁰⁴. Nedfallet av svavel över Sverige från sjöfarten har beräknats minska med cirka 90 procent mellan 2012 (innan SECA) och 2040¹⁰⁵. Sjöfartens bidrag minskar även relativt nedfallet som kommer från landbaserade källor, och står för mindre än 1 procent 2040. De områden som fortsatt kommer påverkas till viss del av nedfall av svavel från sjöfarten är samma områden som även påverkas av andra europeiska utsläppskällor, det vill säga framför allt på västkusten där depositionen generellt är hög.

Effekten av den globala begränsningen för svavel i marint oljebränsle som infördes 2020 är svår att bedöma. Påverkan på Sverige från andra havsområden än Nordsjön och Östersjön är mycket små, men en viss minskning av svavelnedfallet tack vare lägre bakgrundshalter i atmosfären är tänkbar. Studier som har tittat på efterlevnaden av svavelregleringarna inom SECA-områden visar att en del av de fartyg som bryter mot reglerna gör så vid in- och utfart till SECA-området då man byter från en bränsletank med högsavvligt bränsle till en med lågsavvligt, och vice versa, och inte gör detta i rätt tid.

De internationella transportererna utgör en stor andel av fartygstrafiken i Nordsjön och Östersjön och prognostiseras också att öka i framtiden. Med mer sjöfarts-transport så finns en risk att utsläppen av bland annat försurande ämnen ökar eller tar ut effekten av utsläppsreduktionerna för individuella fartyg¹⁰⁶.

Hur utsläppen av kväveoxider från sjöfarten ser ut fram till 2030 och på längre sikt beror på flera faktorer. Kvävekontrollområdet (NECA) Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen som trädde i kraft 2021 kommer på sikt att ge minskade utsläpp, dock gäller NECA-direktivet endast fartyg byggda 2021 eller senare. Därför kommer utsläppen att minska gradvis under relativt lång tid, och samma radikala utsläppsminskning som skett inom SECA-områden är inte att förvänta med NECA-direktivet. Hur mycket kväveoxidutsläppen minskar beror på vilken energimix som används och vilka reningstekniker som blir vanliga. Här spelar också andra miljö- och klimatmål in, till exempel IMO:s mål att minska växthusgasutsläpp från sjöfarten med 50 procent till 2050. I en kostnadsanalys av styrmedel¹⁰⁷ som tittar på effekter till och med 2030 och 2045, jämfört med 2015 års nivåer, görs bedöm-

¹⁰⁴ EMEP status report 2021: Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components. Joint MSC-W & CCC & CEIP Report. ISSN 1504-6192

¹⁰⁵ Jutterström, S., Moldan, F., Moldanová, J., Karl, M., Matthias, V., & Posch, M. (2021). The impact of nitrogen and sulfur emissions from shipping on the exceedance of critical loads in the Baltic Sea region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(20), 15827–15845

¹⁰⁶ Trosvik, L., Vierth, I., & Andersson-Sköld, Y. (2020). Maritime transport and air emissions in Sweden and business-as-usual scenarios for 2030 and 2045 : based on AIS data for 2015. Hämtad från Statens väg- och transportforskningsinstitut: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-15158>

¹⁰⁷ Holmgren, K. (2020). Emission reductions and costs of abatement measures for air pollutants and greenhouse gases from shipping : selected measures with importance for the Swedish Environmental Quality Objectives. Hämtad från Statens väg- och transportforskningsinstitut: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-15160>

ningen att selektiv katalytisk reduktion (SCR) har lägst kostnad för att minska utsläppen av kväveoxider jämfört med andra kväveoxidreducerande åtgärder, men även bränslebyte (framför allt till LNG) och elektrifiering, beroende på hur elen produceras, har positiv påverkan på utsläpp av försurande ämnen.

Det har gjorts flera studier på effekterna av införandet av NECA-direktivet. Alla pekar på en minskning av kväveoxidutsläpp, och omfattningen av minskningen beror på vilket scenario man tittar på till exempel vilka år man jämför och vilka antaganden man gör kring kvävereducerande åtgärder. En studie presenterar en förväntad minskning av kväveutsläpp på 40–50 procent mellan 2016 och 2030¹⁰⁸. En kostnadsnyttoanalys från 2018 bedömer att införandet av NECA-området Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen ger en 1,5–11 gånger högre nytta än kostnad årligen till 2030¹⁰⁹, i form av minskad hälsopåverkan och skada på grödor. I en modelleringsstudie har utsläppscenarion för 2040 undersökts¹¹⁰, där man presenterar en minskning av kväveoxidutsläpp på 80 procent mellan 2012 och 2040. Då effekterna delas upp på vad som är en effekt av NECA och vad som är en effekt av allmän bränsleeffektivitet, så kan 30 procent kopplas till NECA och 50 procent till det senare. I en annan studie som presenterar nedfall av svavel och kväve över Sverige som orsakas av sjöfart¹¹¹, så påpekas att energieffektivisering är det som påverkar kväveutsläppen och nedfallet mest. I denna studie bedöms andelen kvävedeposition som kommer från sjöfart minska från 14–19 procent (på länsnivå) 2012 till 5–7 procent 2040, det vill säga en minskning av sjöfartens bidrag på cirka 60 procent. Även här påpekas att energieffektivitet (Energy Efficiency Design Index, EEDI) påverkar mest.

Även effekten av sjöfartens utsläpp på överskridande av kritisk belastning i Sverige har undersökts för både 2012 och 2040¹¹². Generellt sker en förbättring, det vill säga det kommer att vara lägre överskridande av kritisk belastning 2040 jämfört med 2012, både till följd av minskade utsläpp från landbaserade källor och från sjöfart. Utsläppsreduktionerna för svavel och kväve förväntas få en betydande effekt på mängden deposition som genereras 2012 respektive 2040. I det framtida scenariot är det dock inte bara införanden av SECA och NECA som bidrar till detta utan även en förväntad energieffektivisering och tekniska framsteg inom sektorn. 2012 var ungefär en femtedel av överskridandena orsakade av utsläpp från sjöfart och påverkan är särskilt tydlig i de sydvästra länen. Sverige förväntas totalt sett fortfarande ha ett överskridande av kritisk belastning avseende försurning 2040 men sjöfartens bidrag till svavel- och kvävedeposition är liten och inverkan på kritiska belastningen avseende försurning nästintill försumbar.

¹⁰⁸ Jonson, J. E., Gauss, M., Jalkanen, J. P., & Johansson, L. (2019). Effects of strengthening the Baltic Sea ECA regulations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(21), 13469–13487

¹⁰⁹ Åström, S., Yaramenka, K., Winnes, H., Fridell, E., & Holland, M. (2018). The costs and benefits of a nitrogen emission control area in the Baltic and North Seas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 223–236

¹¹⁰ Karl, M., Bieser, J., Geyer, B., Matthias, V., Jalkanen, J. P., Johansson, L., & Fridell, E. (2019). Impact of a nitrogen emission control area (NECA) on the future air quality and nitrogen deposition to seawater in the Baltic Sea region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(3), 1721–1752

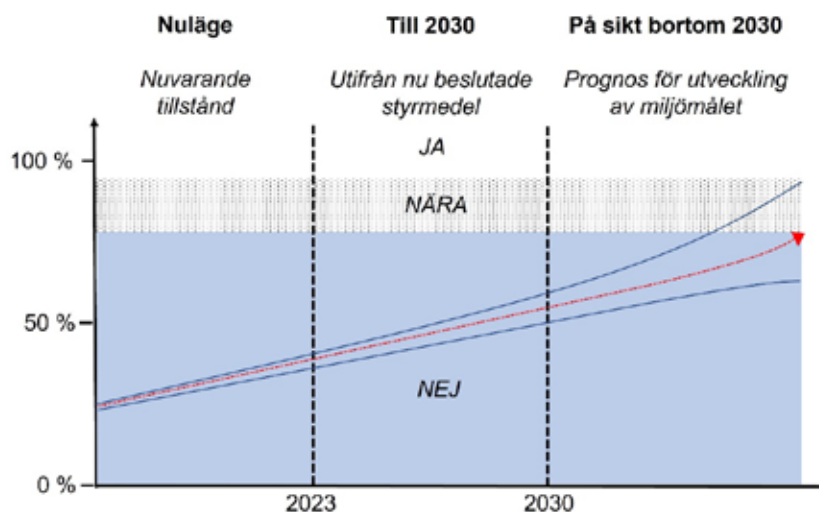
¹¹¹ Jutterström, S., Moldan, F., Moldanová, J., Karl, M., Matthias, V., & Posch, M. (2021). The impact of nitrogen and sulfur emissions from shipping on the exceedance of critical loads in the Baltic Sea region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(20), 15827–15845

¹¹² Ibid

4.5 Utvecklingen av miljötillståndet på längre sikt, efter 2030

Överskridande av kritisk belastning för försurning av sjöar och vattendrag förväntas minska på lång sikt. Överskridandet beräknas dock kvarstå till viss del enligt de prognostiserade internationella och nationella utsläppsminskningarna. Att ge en prognos över hur försurningen kommer utveckla sig i framtiden hade kunnat vara förhållandevis enkelt om den bara drevs på av mängden luftföroreningar. Idag vet vi mycket om hur försurning uppstår, det som däremot är relativt outforskat är hur återhämtningen av ekosystemen påverkas av klimatförändringar, i kombination med att skogsbruket ökar¹¹³.

Figur 23. Konceptuell bild över utvecklingen av miljötillståndet på kort-, medel- och lång sikt.



4.5.1 Prognos för utsläpp fram till 2040

Utsläppen av svaveldioxid i Sverige förväntas ha minskat med 15 procent till 2040, jämfört med 16 ton år 2019. För kväveoxider förväntas utsläppen minska med 43 procent i förhållande till 127 ton år 2019. Ammoniakutsläppen beräknas minska med 10 procent till 2040 jämfört med 53 ton år 2019.

4.5.2 Prognos för utsläpp fram till 2050

Utsläppen av svaveldioxid i Sverige förväntas ha minskat med 16 procent till 2050, jämfört med 16 ton år 2019. För kväveoxider förväntas utsläppen minska med 45 procent i förhållande till 127 ton år 2019. Ammoniakutsläppen beräknas minska med 11 procent till 2050 jämfört med 53 ton år 2019. Fram till år 2050 är det realistiskt att nedfallet av försurande ämnen framför allt kommer styras av hur utsläppen varierar. Klimatförändringarna kan komma att spela roll, genom att öka mängden nederbörd, men troligtvis har det en mindre påverkan¹¹⁴.

¹¹³ Naturvårdsverket (2016), Rapport 6705, "Klimatförändringen och miljömål".

¹¹⁴ Ibid

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

Föregående avsnitt har visat att stora minskningar av utsläppen 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. Av denna anledning ligger ett visst fokus på de insatser som beskrivs här på vad som kan behöva göras internationellt.

5.1 Åtgärdsförslag

5.1.1 Insatser kopplade till det internationella miljöarbetet

Luftvårdskonventionen presenterade under 2018 sin långsiktiga strategi¹¹⁵ vilket behandlar framtida miljöproblem kopplat till luftföroreningar i UNECE-regionen. I denna rapport lyfts bland annat vikten av fortsatta utsläppsminskningar och sjöfartens roll på det globala planet. Utsläpp av ammoniak från främst jordbruket har minskat marginellt sedan 80-talet. Tydliga och tillräckliga åtaganden för att minska ammoniakutsläppen under kommande år pekas ut i rapporten och väntas bli ett viktigt mål för Luftvårdskonventionen under de kommande åren.

I december 2017 antog FN:s miljöförsamling en resolution om luftföroreningar som påtalade vikten av att minska dess negativa effekter i ett globalt perspektiv.

Nedan följer förslag från Naturvårdsverket till viktiga områden där Sverige bör agera på det internationella planet för att uppnå miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning:

- Sverige bör verka för att fler länder ratificerar Göteborgs-protokollet för att minska belastningen av svavel och kväve från närliggande länder och fokus bör ligga på länder i den så kallade EECCA-regionen¹¹⁶.
- Sverige bör fortsatt vara ett föregångsland gällande utsläppsminskningar och agera aktivt inom EU och FN:s luftvårdskonvention för att framtida direktiv och protokoll ytterligare ska skärpa kraven på utsläppsminskningar.
- Sverige bör fortsätta arbeta aktivt för ett globalt samarbete gällande utsläppsminskningar.

¹¹⁵ Long-term strategy for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution for 2020–2030 and beyond. Decision 2018/5

¹¹⁶ Eastern Europe, Caucasus and Central Asia

5.1.2 Insatser kopplade till det nationella miljöarbetet INSATSER FÖR ATT MINSKA SKOGSBRUKETS FÖRSURANDE PÅVERKAN

Naturvårdsverket och Skogsstyrelsens gemensamma arbete med att identifiera särskilt känsliga områden där grotuttag bör begränsas är en viktig del för att minska försurningspåverkan. Sedan den förra fördjupade utvärderingen 2019 har Skogsstyrelsen tillsammans med Naturvårdsverket tagit ett första steg i att identifiera vilka områden som är särskilt känsliga för grotuttag. Naturvårdsverket anser att detta arbete bör fortsätta och mer detaljerade analyser bör göras för att öka säkerheten i uppskattningen av de potentiella effekterna från grotuttag på mark och vatten.

Naturvårdsverket anser att skogsbruket även på andra sätt än askåterföring bör anpassas till växtplatsens försurningskänslighet, det vill säga en ståndortspassning. Existerande metoder, tillämpningar och rekommendationer kan behöva utvecklas ytterligare. Genom en anpassad skogsskötsel som innefattar minskad tillväxt, äldre bestånd och även minskat, eller inget, uttag i kraftigt försurade områden kan den försurningspåverkan på mark och ytvatten som skogsbruket står för motverkas, då återföring av viktiga näringsämnen sker naturligt i mark och vattendrag.

Naturvårdsverket föreslår att Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen i samverkan ser över möjligheterna att utveckla nya indikatorer som tar ett större helhetsgrepp på skogsbrukets försurande påverkan och tar hänsyn till växtplatsens försurningskänslighet. Idag används framför allt grotuttag som den huvudsakliga orsaken till försurning av mark och vatten. Nya forskningsresultat visar på att skogsbrukets försurningspåverkan bör ses över en hel skogsgeneration och att grotuttag är en del av denna process som kan förvärpa effekterna^{117,118}. Dagens indikator visar i vilken utsträckning det tas ut mer grot (i förhållande till hur mycket aska som återförs) än vad som bedöms som långsiktigt uthålligt. Ett utvecklingsförslag för indikatorn kan vara att inkludera markens försurningskänslighet, det vill säga vilken utgångsstatus marken har, för att ge ytterligare information om huruvida ett visst försurningstryck är mer eller mindre skadligt på lång sikt¹¹⁹. Ny forskning har även identifierat en skillnad i växttillgängliga baskatjoner inom svenska IM-områden beroende på vilken mätteknik som används¹²⁰, vilket indikerar att det kan finnas mer baskatjoner tillgängliga för träden att ta upp. Att ha en korrekt bild av de processer som påverkar skogsmarkens försurning är av stor vikt för att kunna göra bedömningar av miljötillståndets utveckling. Arbetet med att utveckla indikatorer som inkluderar den ackumulerande effekten av skogsbruket över en hel skogsgeneration bör fortsätta.

¹¹⁷ Karlton, E. et al. (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. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01540-y>

¹¹⁸ Löfgren, S., Stendahl, J., & Karlton, E. (2021). Critical biomass harvesting indicator for whole-tree extraction does not reflect the sensitivity of Swedish forest soils. *Ecological Indicators*, 132, 108310

¹¹⁹ Akselsson, C. et al. (2021). "A Combined Measurement and Modelling Approach to Assess the Sustainability of Whole-Tree Harvesting – A Swedish Case Study" *Sustainability* 13, no. 4: 2395. <https://doi.org/10.3390/su13042395>

¹²⁰ Bel, J., et al. (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

5.1.3 Åtgärder för att minska försurande utsläpp från sjöfarten samt analysera effekter av styrmedel

Internationell sjöfart är den enskilt största källan till nedfall av kväveoxider över Sverige. Eftersom NECA-områden i Östersjön och Nordsjön enbart påverkar nybyggda fartyg (byggår 2021 och framåt), och livstiden för ett fartyg är cirka 25 år, så bedöms det ta cirka 15 år innan signifikanta effekter på kväveoxidutsläppen kommer synas¹²¹. Effekten av NECA-områden kommer alltså först efter 2035 om inte ytterligare åtgärder vidtas. Vi anser att Sverige bör vara pådrivande för att påskynda nationella åtgärder.

Sjöfartsbranschen styrs av finansiella avväganden i samma utsträckning som andra industrier. Rederiernas beslut kring teknik för utsläppsåtgärder baseras på en rad faktorer, där den samlade effekten av olika styrmedel är viktig. Införande av NECA-områden, en NO_x-fond av norsk modell¹²², miljödifferenterade farledsavgifter samt hamnavgifter skapar alla incitament för att minska utsläppen, men vissa styrmedel är mer kraftfulla än andra, enligt rederierna¹²³. I vissa segment, som till exempel tankerfartyg, har redarnas kunder ställt miljökrav i upphandlingen av transporter. Detta är ytterligare en faktor att ta med då man bedömer sjöfartens investeringar i miljöteknik.

I en rapport från Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI)¹²⁴ analyseras vilka styrmedel som kan bidra till sjöfartens uppfyllande av miljö kvalitetsmål, inklusive Bara naturlig försurning. Det fastslås här att miljö kvalitetsmålen inte kommer kunna nås med dagens styrmedel, vare sig till 2030 eller 2045, utan att fler och starkare styrmedel krävs framför allt för att minska utsläppen av kväveoxider och växthusgaser. En kombination av styrmedel behövs för att uppnå målen, för att skapa synergier och minska risken för att andra miljö kvalitetsmål påverkas negativt som bieffekt av specifika styrmedel. En övergång till alternativa bränslen (LNG/LGB) har positiv påverkan på utsläpp av försurande ämnen, men det är av vikt att reglera användningen så att det inte får en negativ påverkan på växthusgasutsläpp, i och med den metanslip¹²⁵ som uppstår vid användningen av dessa bränslen. Ett sätt att minska alla utsläpp till luft från sjöfarten är att främja elektrifiering, särskilt som Sverige har en elproduktion med förhållandevis låga utsläpp och en grön el-mix. För färjor som färdas korta sträckor (RoPax) indikerar beräkningar att det skulle vara lönsamt för samhället att stödja övergång till eldrift¹²⁶. För utsläpp i kustnära områden så kan en minskning ske via till exempel främjande av användningen av landström för fartyg som ligger i hamn. Det behövs dock mer detaljerade beräkningar som beaktar trafikeringen, hamnarnas kostnader för att tillhandahålla

¹²¹ Jutterström, S., Moldan, F., Moldanová, J., Karl, M., Matthias, V., & Posch, M. (2021). The impact of nitrogen and sulfur emissions from shipping on the exceedance of critical loads in the Baltic Sea region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(20), 15827-15845

¹²² Naturvårdsverket (2019), Bara naturlig försurning – underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019, Rapport 6860, ISBN 978-91-620-6860-8

¹²³ von Bahr, J., Romson, Å., Sköld, S., Winnes, H. (2018). Statlig styrning av hamnavgifter för fartyg. IVL, Rapport C 370, ISBN 978-91-7883-014-5

¹²⁴ Vierth, I., Holmgren, K., & Trosvik, L. (2020). Sammanfattning av projektet "Morötter och piskor inom sjöfarten för att uppnå miljö kvalitetsmål". Hämtad från Statens väg- och transportforskningsinstitut website: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-15165>

¹²⁵ Metanläckage som uppstår som en bieffekt då en viss mängd metan går oförbränt genom förbränningsprocessen.

¹²⁶ Vierth, I. (2020). Policies and measures to reduce air emissions from shipping : recommendations for Swedish stakeholders. Hämtad från Statens väg- och transportforskningsinstituts hemsida: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-15159>

landström och lokala miljöeffekter. Dessutom bör samspelet mellan styrmedel på internationell, nationell och lokal nivå analyseras.

För att få en minskning av NO_x-utsläpp krävs styrmedel som ger incitament till investeringar i katalysatorer (selektiv katalytisk reduktion, SCR) eller liknande. Inom projektet "Morötter och piskor" så visar en styrmedelsanalys¹²⁷ att användningen av SCR för att minska kväveoxidutsläpp inte är företagsekonomiskt lönsam för redarna. Däremot överstiger de samhällsekonomiska nyttorna till följd av lägre utsläpp, redarnas åtgärdskostnader. Naturvårdsverket anser att styrmedel bör utvecklas och tillämpas så att de ger incitament att använda SCR eller liknande tekniska lösningar. Eftersom en stor andel av transportererna är gränsöverskridande så är det viktigt med internationella samarbeten. Ett fåtal färjor står för den största andelen av anlöpen i Sverige, medan runt en tredjedel av fartygen kommer mer sällan än en gång per år vilket bör tas hänsyn till vid utformning av styrmedel. Mot bakgrund av den stora andelen internationella transporter, är en regional NO_x-fond i Nordeuropa, som når fler företag, överlägsen en svensk NO_x-fond enligt Statens väg- och transportforskningsinstitut¹²⁸.

Arbetet med att begränsa utsläppen från sektorer som sjöfart eller jordbruk slutar inte med att styrmedel tas fram. Det krävs också efterkontroll och utvärdering av effekterna, något som i sin tur kan leda till framtida modifieringar av hur styrmedlen utformas. Det behövs en vidareutveckling av objektiva och robusta metoder för att kontrollera efterlevnaden av de krav som finns och detta måste också införlivas i regelverket. Det finns flera möjligheter att kontrollera faktiska utsläpp från individuella fartyg, inte minst när det gäller "remote sensing" (se kapitel 2), men standardisering av dessa metoder och koppling till regelverket är inte färdigutvecklade. Det finns flera exempel där i grunden väl genomtänkta styrmedel inte har haft önskad effekt och där ytterligare analys behövs för att kartlägga de faktiska utsläppen och komma åt problemet.

Ett exempel är katalytisk rengöring av kväveoxider som har installerats på många fartyg, men som fungerar dåligt och oftast inte används vid låga motorbelastningar (<30 procents motoreffekt). Dessutom finns potential för teknisk utveckling av avgasrening som fortfarande ligger långt ifrån effektiviteten som är standard för till exempel lastbilsmotorer. Ett annat exempel är fartyg där kraven för låga utsläpp av svavel löses genom att installera så kallade skrubbers för att rena rökgaser, men där det saknas kontrollmekanismer på plats som gör det möjligt att säkerställa funktionaliteten. En liten del av flottan som använder högsvavligt bränsle kan stå för en rejäl ökning av svaveldioxidutsläpp i fall installerad avgasrengöring inte används eller fungerar. En mer utbredd användning av skrubbers kan också få effekt på marina miljöer. Det är viktigt att även sådana oönskade biverkningar som syftar till att minska svaveldioxidemissionerna till luft elimineras eller begränsas. I underlagsrapporten för den fördjupade utvärderingen av miljömålet *Ingen övergödning* beskrivs förslag på åtgärder för att begränsa sjöfartens utsläpp av farliga ämnen via skrubbevatten.

¹²⁷ Ibid

¹²⁸ Ibid

5.2 Forskningsbehov

5.2.1 Kvävetts roll för försurningen i ett föränderligt framtida klimat

I försurningssammanhang spelar nedfall av både svavel och kväve roll. När det gäller den mark- och vattenkemiska delen av processen påverkar svavelnedfallet mark och vatten mer eller mindre utan fördröjning och även återhämtningen påbörjas direkt efter nedfallsminskningen. Det betyder inte nödvändigtvis en fullständig återhämtning i ett kortare tidsperspektiv, men så fort svavelnedfallet minskar är en viss förbättring att vänta i de allra flesta fall. Modellering av de försurningsprocesser som beror på svavelnedfall är välutvecklad och stämmer väl överens med tillgängliga observationer.

Fram till idag har svavelnedfallet orsakat en mycket större del av försurningsproblemet i Sverige än kvävenedfallet, men detta skulle kunna förändras. Dels har kvävenedfallet inte minskat alls lika mycket jämfört med svavelnedfallet. Dels orsakar kvävenedfallet en regional upplagring av kväve i marken med oklara långsiktiga konsekvenser. Dessutom beror framtida utveckling av effekter av kvävenedfall på andra faktorer såsom markanvändning och klimat.

På sikt kan en fortsatt hög kvävebelastning leda till både försurning och övergödning med konsekvenser inte minst för biodiversiteten. Det är fortfarande svårt att förutse med modeller, experiment och övervakningsdata vilka framtida konsekvenser av kvävenedfall vi kan förvänta oss när utvecklingen av både svavel- och kvävenedfall samt klimatförändring och markanvändning räknas in. För att förbättra förmågan att förutse framtida effekter av kvävenedfall bör fokus ligga på att förstå hur reaktivt kväve påverkar ekosystemen i Sverige.

Effekter av kväve varierar och för att minska den totala negativa påverkan på miljön krävs det ett helhetsgrepp som till exempel att arbeta med ”kvävekaskaden”, det vill säga var och hur kväveatomerna först övergår i reaktiv form och sedan sprider sig i en kaskad genom ekosystemen. En kväveförening ombildas till en annan, och förflyttar sig på land, i vatten och i luft. En och samma kväveatom kan därför ge en rad olika miljöeffekter på sin väg genom ekosystemen, ända tills den ”oskadliggörs” genom att återgå i kvävgasform.

- Naturvårdsverket avser att arbeta med att utveckla de modellverktyg som finns tillgängliga för att på ett så korrekt sätt som möjligt återspegla kvävecykeln och ta ett helhetsgrepp gentemot kvävekaskaden för att förstå hur kvävet kommer att påverka miljön i framtiden.
- Naturvårdsverket avser att verka för att de långliggande försöken med kvävegödning av skogsmark fortsätter då detta kan bidra till att förstå hur kvävenedfallet påverkar försurningen.

5.2.2 Överskridande av kritisk belastning för biodiversitet

Konceptet kritisk belastningsgräns togs fram som ett mått för att uppskatta försurningsproblem under en period då utsläpp och nedfall av försurande luftföroreningar var höga. Sedan dess har utsläpp av främst svaveldioxid minskat kraftigt i Europa, dock överskrider fortfarande delar av södra Sverige med avseende på kritisk belastning för försurning. Det nybildade Center for Dynamic Modelling (CDM) har fått i uppdrag av Luftvårdskonventionen att utveckla lämpliga indikatorer för biologisk mångfald som med hjälp av dynamiska modeller kan användas för att beräkna kritisk belastning för biodiversitet. Detta är ett viktigt steg i arbetet med att bedöma effekterna av nedfall av kväve på biodiversitet.

- Sverige bör aktivt delta i arbetet med att utveckla kritisk belastning för biodiversitet.
- Miljöövervakningen kan behöva ses över för att bättre reflektera andra områden än skog såsom depositions känsliga ängsmarker, fjäll, våtmarker med flera.

Bara naturlig försurning

Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023

Bara naturlig försurning är ett av de 16 miljö kvalitetsmål som ska visa vägen till ett hållbart samhälle. Miljö kvalitetsmålen är antagna av riksdagen och ska fungera som riktlinjer för det konkreta miljöarbetet.

Rapporten för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är en fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet. Innehållet beskriver försurningens tillstånd idag och prognoser för den fortsatta utvecklingen. Vidare analyseras styrmedel och framtida prognoser. Nationella och internationella åtgärder inom området diskuteras – vilka åtgärder som genomförts och vilka ytterligare insatser och forskningsområden som behövs för att miljö kvalitetsmålet ska uppnås.

Miljö kvalitetsmålet är inte uppnått, bedömningen är att målet inte kommer att nås med befintliga och beslutade styrmedel. Enligt prognoserna kommer cirka 10 procent av sjöarealen i Sverige ha nedfalls mängder som överskrider den kritiska belastningen för försurning och cirka 6 procent av antalet sjöar beräknas vara fortsatt försurade efter 2030. För att påverka miljömålet positivt bör Sverige aktivt fortsätta med det internationella arbetet med att minska utsläpp av försurande ämnen, framför allt utsläpp av kväve. I vissa delar av landet påverkar skogsbruket markens försurningstillstånd negativt. Fortsatt forskning och bättre underlag behövs för att på ett mer tillförlitligt sätt utvärdera skogens försurande påverkan.

Den fördjupade utvärderingen 2023 består av en huvudrapport med förslag till regeringen och tillhörande underlagsrapporter. Rapporten för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* är ett av underlagen till den samlade slutrapport som Naturvårdsverket redovisar till regeringen i januari 2023.