


Integrated Strategies for air and climate mitigation measures to reduce emissions of Ammonia, Nitrogen and Methane from the Agricultural Sector in the Nordic Countries

Salar Valinia - Ensucon (salar@ensucon.se)
Freja Milton - Ensucon
Nora Ottander- Ensucon
Stefan Åström - Anthesis
Krister Mars - Anthesis
Jesper Leth Bak - Aarhus university

2024-11-05

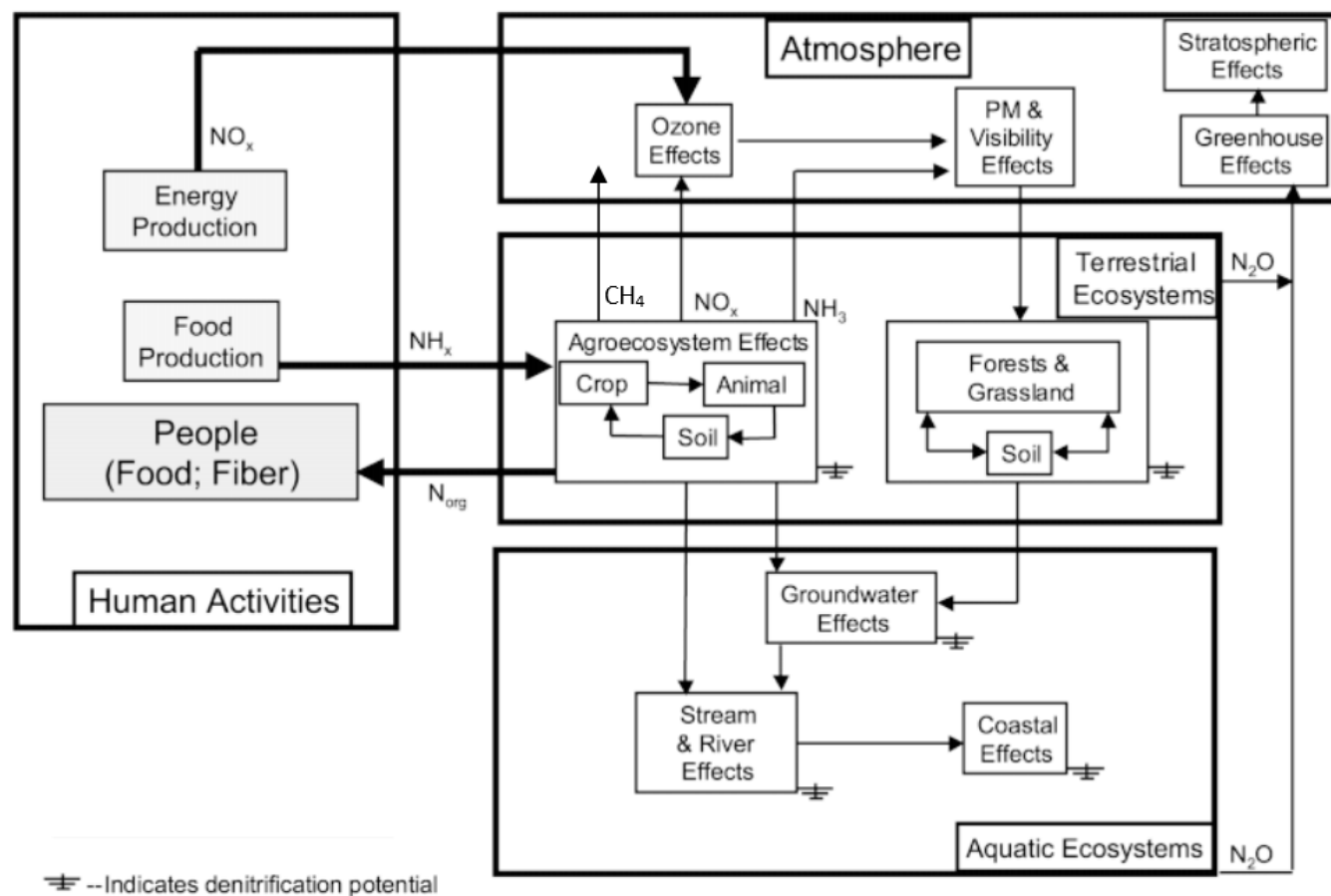


Anthesis 

ENSUCON 

Introduktion och bakgrund till projektet

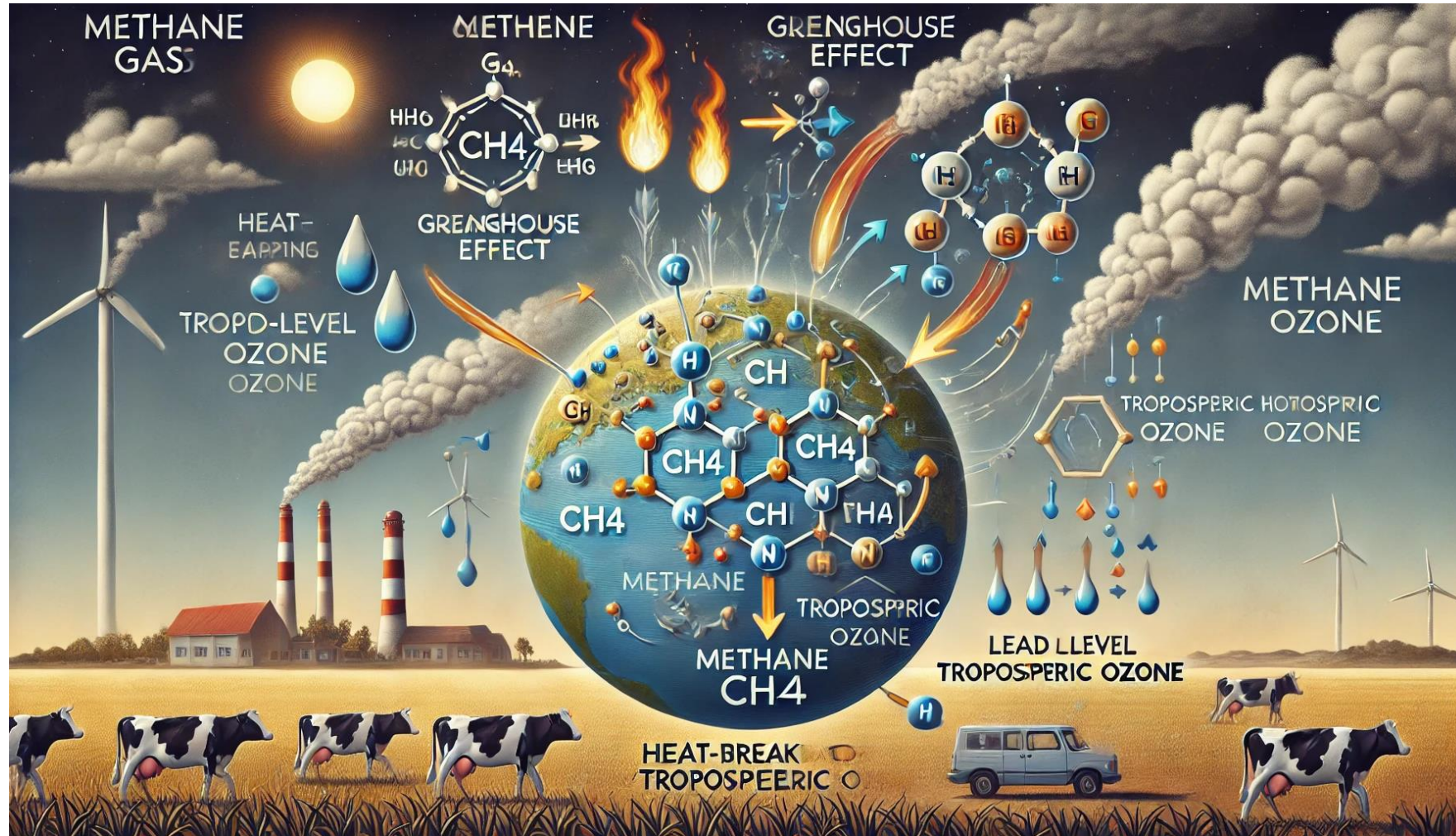
- Utsläpp av ammoniak (NH_3), reaktiva kväveföreningar (Nr) och metan (CH_4) från jordbruket bidrar både till **luftföroreningar** och **klimatutsläpp**.



Utsläpp av ammoniak bidrar till PM_{2.5}



Metan – både en klimatgas och luftförorening



Syftet med projektet

- Identifiera och sammanställa åtgärder för att minska CH₄, NH₃ och andra Nr-utsläpp från jordbruket i de nordiska länderna.
- Identifiera och föreslå vetenskapligt baserade strategier för att reducera utsläppen av både dessa ämnen och föreslå åtgärder som har en positiv effekt både på klimatförändringar och luftföroreningar samtidigt. I projektet identifieras åtgärder som kan hjälpa de nordiska länderna i arbetet med att nå målen enligt internationella och nationella åtaganden.

Metod och omfattning

- Litteraturgenomgång för att sammanställa tre databaser:
 1. **Lagar och direktiv** (internationella, nationella, regionala och lokala)
 2. **Uppsatta mål och åtaganden** inom de nordiska länderna för luft (NO_x och NH_3)
klimat (CH_4 and N_2O),
vatten (NO_3) och
hälsa (NO_x , NH_3 och CH_4)
 3. **Åtgärder för minskade utsläpp** av ammoniak, reaktivt kväve och metan från jordbruk i de nordiska länderna och i andra delar av världen (främst EU)
- I ett nästa steg analyserades synergier mellan de identifierade åtgärderna. Och deras potential för att minska utsläpp av NO_x , NH_3 , CH_4 and N_2O kvantifierades med hjälp av litteraturstudie och GAINS- modellen. Även estimerade kostnader för åtgärderna togs fram med hjälp av GAINS-modellen.

Sammanställning av policys, lagar och direktiv, samt uppsatta mål och åtaganden

- Rapportens bilaga 1 & 2:
Mapping policy overview och Mapping Nordic countries commitments and obligations
- Sammanlagt identifierades 71 policys och cirka 100 åtaganden och mål relaterade till utsläpp från jordbrukssektorn i de nordiska länderna.
- Många av de policyer som påverkar Sverige, Finland och Danmark kommer från EU och implementeras genom nationella lagar och regleringar. Norge och Island är inte medlemmar i EU men är medlemmar i EFTA (Europeiska frihandelssammanslutningen).

Databas med åtgärder för minskade utsläpp av ammoniak, reaktivt kväve och metan

- Rapportens bilaga 3: Mapping measures to mitigate ANM

Effekten av åtgärden för respektive ämne klassades som antingen baserat på tillgänglig information i rapporten:

Positiv, Negativ, Ej- effektiv eller Okänd.

För att sortera i databasen används klassificeringarna:

- Measure type** - grupperar liknande eller identiska åtgärder i databasen från olika länder och källor, dvs. åtgärder utan dubletter
- Measure category** – organiserar åtgärderna i bredare kategorier baserat på olika områden inom jordbruk, exempelvis växtrproduktion, djurhållning, gödsling etc.

Original name of measure in report (local language)	Name of measure in report (English translation)	Measure type	Measure category	Description of measure (local language/English)	Measure							
					Ammonia, NH ₃	Nitrogen oxide, NO _x	Methane, CH ₄	Nitrous oxide, N ₂ O	Nitrate, NO ₃ ⁻	Dioxin, N ₂	Carbon Dioxide (or energy equivalent separation)	
Holstein: Ökning af kraftfoderandel med 10%-enheder (KVM5.1)	Holstein: Increase in the proportion of concentrate feed by 10 percentage points (KVM5.1)	Increase in the proportion of concentrate feed	Livestock production, housing and diet	Effekten af ændret fodring mht. ændringer i typen og fordeligheden af grovfoder er svar at estimere. Men generelt vil en ændret fodring med mere stivelsis i rationen på bekostning af NDF reducere emission af enterisk metan fra mælkekøer, været om dette opnås ved ændringer i grovfoderet eller ved ændret forhold mellem grovfoder og kraftfoder. Som beskrevet ovenfor vil en øgning fra 40 % til 50 % kraftfoder give en reduktion i enterisk metan på ca. 10 % for Holstein. Dette virkemiddel kan ikke anvendes af økologer, da de har krav om at anvende maks.			Positive	Not effective				Not effective
Jersey: Ökning af kraftfoderandel med 10%-enheder (KVM5.1)	Jersey: Increase in the proportion of concentrate feed by 10 percentage points (KVM5.1)	Increase in the proportion of concentrate feed	Livestock production, housing and diet	Effekten af ændret fodring mht. ændringer i typen og fordeligheden af grovfoder er svar at estimere. Men generelt vil en ændret fodring med mere stivelsis i rationen på bekostning af NDF reducere emission af enterisk metan fra mælkekøer, været om dette opnås ved ændringer i grovfoderet eller ved ændret forhold mellem grovfoder og kraftfoder. Som beskrevet ovenfor vil en øgning fra 40 % til 50 % kraftfoder give en reduktion i enterisk metan på ca. 5 % for Jersey. Dette virkemiddel kan ikke anvendes af økologer, da de har krav om at anvende maks. 40%			Positive	Not effective				Not effective
Konventionel: Effekt af ekstra 15 g fedtsyrerik tørstof i foderet (KVM5.2)	Conventional: Effect of an additional 15 g of fatty acids per kg of dry matter in the feed (KVM5.2)	Fatty acid supplement in feed	Livestock production, housing and diet	Fodring med en øget andel af fedt i rationen kan reducere dannelsen af metan i vommen og dermed udledningen af metan pr. kg foderetørfod fra dyrenes fordøjelse af foderet (Niu et al., 2018). Fodtøyr forøgelse ikke i vommen, og ombytning af fermenterbart organisk stof (fx stivelsis eller fiber) med fedt, vil derfor reducere produktionen af enterisk metan.			Positive	Not effective				Not effective
Øko: Effekt af ekstra 15 g fedtsyrerik tørstof i foderet (KVM5.2)	Organic: Effect of an additional 15 g of fatty acids per kg of dry matter in the feed (KVM5.2)	Fatty acid supplement in feed	Livestock production, housing and diet	Fodring med en øget andel af fedt i rationen kan reducere dannelsen af metan i vommen og dermed udledningen af metan pr. kg foderetørfod fra dyrenes fordøjelse af foderet (Niu et al., 2018). Fodtøyr forøgelse ikke i vommen, og ombytning af fermenterbart organisk stof (fx stivelsis eller fiber) med fedt, vil derfor reducere produktionen af enterisk metan. De økologiske besætninger har i praksis svarede ved at tilføje yderligere 15 g fedtsyrer pr. kg TS pga., at der er færre økologiske fodermidler med et højt fedtindhold			Positive	Not effective				Not effective
Anvendelse af metanreducerende tilsætningsstoffer i foder til kvæg (KVM5.3)	Use of methane-reducing additives in cattle feed (KVM5.3)	Methane reducing additives in feed	Livestock production, housing and diet	Der findes en række tilsætningsstoffer (defineret som enten et fodermiddel eller et fodertilføj) til drøvtyggere som f.eks. nitrat, zink, 3-nitrooxypropanol (3-NOP, Borner), forskellige tætgarter og essentielle olier, tanniner og zaponiner, som alle har haft en reducerende effekt på enterisk metan i laboratorieforsøg og/eller dyreforsøg (Almeida et al., 2021; Arndt et al., 2022). 3-nitrooxypropanol (Borner) er det eneste fodertilføj, hvor effekten er verificeret af EFSA (EFSA, 2021) og godkendt i EU under tilsætningsstoffekategorien "zootekniske tilsætningsstoffer" og den funktionelle gruppe "stoffer, der har en gennemsnitlig indvirkning på miljøet" og "som tilsætningsstof til foder til mælkekøer og vildtænder" (EU, 2022). - Gruppen af nitrat til reduktion af enterisk metan er undersøgt i en række danske forsøg. Effekten af tung som fodertilføj til reduktion af enterisk metan har indtil nu primært været knyttet til forskellige typer af røddelgen Asparagopsis (A. taxiformis; A. armata), men en række andre arter har indgået i forsøg omend generelt uden eller med betydeligt mindre effekt på enterisk metan og ved tilføjelse af Asparagopsis-spec. Hyppig udsugning har en relativt stor effekt på metanproduktion i stald, men forventes ikke at have en effekt på ammoniakudledning, da emissionsoverfladen vil være uændret. Af samme grund påvirker strategier heller ikke det indirekte bidrag fra ammoniak til løstgærs.			Positive	Not effective				Not effective
Hyppig udsugning af gylle fra stalde (svin) (KVM6.1)	Frequent removal of slurry from stables (pigs) (KVM6.1)	Decreasing the time that emissions can take place, i.e. through frequent removal of the slurry/manure in stables	Manure storage and processing				Positive	Not effective				Not effective
Efterafgrøder, uden N fiksering (KVM7.1)	Cover crops, without N fixation (KVM7.1)	Cover crops	Crop production and crop rotation	Dyrkes efter sæt høstede afgrøder som fx roer og kartofler. Efterafgrøder påvirker flere poster i klimaregnskabet, herunder løttergasemission fra planterødder, nitratudvaskning, kulstoflagring i jord samt fossilt energiforbrug. I princippet vil efterafgrøder også påvirke ammoniakemission fra planterødder, men da effekten sandsynligvis er lille, og der ikke findes særkende metoder til at beregne effekten, ses bort fra dette her.	Unknown		Not effective	Unknown	Positive			Positive
Efterafgrøder, med N fiksering (KVM7.1)	Cover crops, with N fixation (KVM7.1)	Cover crops	Crop production and crop rotation	Efterafgrøder er en effektiv måde at reducere udvaskningen af kvælstof i efteråret, da en veltableret afgrøde i perioder med nedbørsoverflod og dermed afstrømning vil kunne optage overfløede kvælstof, der ellers ville kunne udvaskes. Efterafgrøder kan dog vanskeligt dyrkes efter sæt høstede afgrøder som fx roer og kartofler. Efterafgrøder påvirker flere poster i klimaregnskabet, herunder løttergasemission fra planterødder, nitratudvaskning, kulstoflagring i jord samt fossilt energiforbrug. I princippet vil efterafgrøder også påvirke ammoniakemission fra planterødder, men da effekten sandsynligvis er lille, og der ikke findes særkende metoder til at beregne effekten, ses bort fra dette her. Siden 2021 har der været betingelser været muligt at benytte efterafgrødeblandinger indeholdende kvælstoffikserende arter som alternativ til pligtige efterafgrøder (Landbrugstyrelsen, 2021). For disse blandinger gælder, at et øget input af kvælstof til jorden (pga. de kvælstoffikserende arters fiksering af kvælstof fra luften) øger risikoen for udvaskning i forhold til, hvis der udelukkende blev dyrket ikke kvælstoffikserende arter som efterafgrøde.	Unknown		Not effective	Negative	Positive			Positive

Sammanfattning över resultat: Åtgärder

Tabell 1

Name	Description	Number identified in this project
Measure	Mitigation measures aimed at reducing NH ₃ , CH ₄ , and Nr emissions. These may appear multiple times due to reporting by different sources	360
Measure Type	Classification that groups similar or identical mitigation measures in the database, i.e. measures without duplicates	160
Measure Category	Classification that organises the measures in the database into broad categories based on agricultural practices	6
Integrated Measures	The “Measures” in the database addressing both air and climate emissions simultaneously	70
Integrated Measure Types	The identified “Measure Types” that are addressing both air and climate emissions simultaneously	30

- Totalt identifierades cirka 360 åtgärder och 160 olika åtgärdstyper (Tabell 1)
 - I Tabell 2 ges en sammanställning över antalet åtgärder i databasen, med positiv/okänd/negativ/ej effektiv effekt för respektive ämne:
- Ammoniak (NH₃)
 - Kvävedioxid (NO₂)
 - Lustgas (N₂O)
 - Nitrat (NO₃⁻)
 - Kvävgas (N₂)
 - Metan (CH₄)

Tabell 2

	Ammonia, NH ₃	Nitrogen oxide, NO _x	Methane, CH ₄	Nitrous oxide, N ₂ O	Nitrate, NO ₃ ⁻	Dinitrogen, N ₂
Positive	152	9	61	99	91	9
Unknown	31	20	15	68	36	24
Negative	12	6	4	29	3	8
Not effective	35	44	63	69	38	35

Exempel på effektiva integrerade åtgärder för att hantera utsläpp till både luft och klimat

- **Av de 160 åtgärdstyperna** som identifierades klassades 30 stycken som integrerade åtgärder; baserat på analys av synergieffekter, i och med att de hade angiven **positiv effekt** (minskning av utsläpp) för både **Luft** (NO_x eller NH₃) och **klimat** (CH₄ eller N₂O).
- Genom att räkna på reduktionspotentialen för de integrerade åtgärderna sammanställdes **en lista med 17 åtgärdstyper** som valdes ut som särskilt effektiva för att minska utsläppen av ammoniak, reaktivt kväve och metan från jordbruket i Norden.
- Dessa åtgärder omfattar en kombination av tekniska och praktiska lösningar, exempelvis: **förbättrad gödselhantering, biogasproduktion, precisionsodling** och markanvändningstekniker.
- Gemensamt för majoriteten av de utpekade åtgärderna är att de är inriktade på **hantering eller användning av gödsel och gödningsmedel**, och visar på en stor potential för att skapa synergier mellan minskade klimatutsläpp och förbättrad luftkvalitet

Kvantifiering åtgärdernas potential

- Beräkningarna i tabellen är en sammanställning av identifierade potentialer för alla nordiska länder, uppdelat på de fyra utsläppen NH₃, NO_x, CH₄ och N₂O.
- För de första tio åtgärdstyperna är uppskattade potentialer baserade på ECLIPSE-scenarier
- För de sista sex åtgärdstyperna, baseras uppskattningarna istället på en genomgång av litteraturen. Då ECLIPSE-scenarierna inte möjliggör kvantifiering
- De scenarier som används för att uppskatta potentialerna antyder att kombinerade åtgärder för NH₃ kan minska utsläppen med cirka 25 procent fram till 2040, till en kostnad av omkring 6 €/kg NH₃.

Measure Type	Ammonia, NH ₃	Nitrogen oxide, NO _x	Methane, CH ₄	Nitrous oxide, N ₂ O
Biogas production	Positive		around 9 kt	Positive
Improved productivity	around 4 kt		around 23 kt	
Nitrification inhibitors		around 0.7 kt		around 0.7 kt
Precision farming	Positive	around 20 kt		around 11 kt
Reduction of fertilisers	Positive	Positive		Positive
Covered storage of manure/slurry in combination with:	around 45 kt		Positive	
- Rapid incorporation of manure after application				Positive
- Low protein diet				Positive
- Cooling of slurry/manure			Positive	
- Slurry dilution for field application				Positive
Agroforestry	-52 kt N			-327 kt N
Increase land cover with perennial crops				-13 kt
Increased grazing	-5 kt		-3 kt	+0,15 kt
Avoid soil compaction				5 – 10 kt
Fallow in crop rotation	Positive			-1 kt
Biochar production	-8 kt			

Diskussion - Implementering av åtgärder

- Effektivt genomförande av dessa åtgärder kräver samordnade insatser mellan beslutsfattare, lantbrukare och intressenter för att utveckla ramverk genom lagstiftning, föreskrifter och rekommendationer med ekonomiska incitament och utbildningsinsatser.
- En gemensam plattform för samordning (myndigheter) skulle underlätta utvecklingen av policys som maximerar synergier mellan olika mål.
- Det är även viktigt att utveckla effektiva system för övervakning och utvärdering av utsläppen, bland annat genom att uppmuntra mätning och planering av utsläpp på gårdsnivå.

Diskussion – Synergier och trade-offs och osäkerheter

- **Synergier:** Åtgärder för kvävehantering påverkar ofta luftföroreningar, klimatförändringar, livsmedelsproduktion, vatten och biologisk mångfald samtidigt. Inom ramen för detta projektet presenteras flera exempel på åtgärder med synergistiska effekter som kan bidra till att minska både luftföroreningar och klimatförändringar.
- Exempel på åtgärder med **trade offs:** Vissa utfodringsstrategier eller kosttillskott för djur som syftar till att minska metanutsläpp (CH_4) kan oavsiktligt leda till ökad kväveutsöndring. Detta kan i sin tur orsaka högre ammoniakutsläpp (NH_3), eftersom överskott av kväve i gödsel lättare frigörs till atmosfären som NH_3 .
- Sambanden mellan kvävehantering och klimatåtgärder är komplexa, och förståelsen för interaktionerna mellan kvävehantering, luftföroreningsreducering och klimatåtgärder är fortfarande begränsad.

Slutsatser

- Baserat på projektets slutsatser bör de nordiska länderna fortsätta att fokusera på implementeringen av **integrerade åtgärder som adresserar både luftföroreningar och klimatförändringar**. Särskilt viktigt är att förbättra hanteringen av gödsel och tillämpningen av gödslingsmedel.
- Det är samtidigt viktigt att ta i beaktning att utsläpp från biologiska processer kan variera avsevärt mellan de nordiska länderna och lokalt, påverkat av faktorer som klimat, jordtyp och jordbruksmetoder.

Rekommendationer för framtiden

- att fortsätta arbeta, både nationellt och internationellt, för att minska utsläpp från jordbrukssektorn för att skydda miljön och människors hälsa,
- att rikta in åtgärder på ett sätt som integrerar effekter på både luftföroreningar och klimatförändringar, och undvika åtgärder med negativ påverkan på klimat eller luftkvalitet,
- att främja och sprida kunskap om integrerade åtgärder riktade mot spridning av gödsel och konstgödsel för att minska utsläppen av NH_3 , reaktivt kväve (Nr) och CH_4 ,
- att fortsätta utveckla beslutsstödsmodeller för att hantera flera typer av föroreningar och effekter samtidigt. I samband med projektet identifieras flera åtgärder i litteraturen som påverkar olika föroreningar, men dessa effekter är ännu inte inkluderade i viktiga modeller. Vidareutveckling av modeller med fokus på "multipollutant"-effekter skulle ge beslutsfattare ett mer komplett stöd,
- att stödja innovation inom precisionsjordbruk och snabbare inarbetning av gödsel för att uppnå dubbla fördelar för luftkvalitet och klimatförändringsåtgärder,
- att stärka policyramar genom att tillhandahålla finansiella incitament (subventioner, CAP-finansiering) och utbildningsprogram för att uppmuntra bönder att anta hållbara metoder och miljövänliga teknologier,
- att främja samordning mellan jordbruks-, miljö- och klimatministerier för att skapa en gemensam plattform som underlättar holistiskt beslutsfattande och maximerar synergivinster. En interministeriell arbetsgrupp bör etableras för att definiera riktlinjer för denna typ av samordning som ett första steg,
- att förbättra system för övervakning och utvärdering för att följa upp effekten av integrerade åtgärder och säkerställa datakonsistens mellan olika sektorer,
- att involvera ett brett spektrum av intressenter (bönder, miljöorganisationer, industri) i en samarbetsbaserad policyutveckling för att säkerställa praktiska och allmänt stödda lösningar, och
- att främja gårdsnivåbaserad klimatgashantering och planering för att öka effektiviteten i utsläppsminskande strategier på lokal nivå.

Tack!

Frågor?