NITROGEN I NORSK JORDBRUK

Kunnskapsgrunnlag, svakheter og forbedringsmuligheter

Lars Bakken (NMBU), Anders Rognlien (NMBU/YARA), Egil Prestløkken (NMBU),
Harald Volden (NMBU) og Christian Anton Smedshaug (Agri Analyse)

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Rapport
April, 2026

AGRI ANALYSE

Forord

Denne rapporten er utarbeidet som et faglig grunnlag for å videreutvikle arbeidet med nitrogenforvaltning i norsk jordbruk. Det er lagt vekt på å beskrive nitrogensyklusen både i jordbruket og i Norge generelt, å identifisere forbedringsmuligheter og tydeliggjøre usikkerheter i kunnskapsgrunnlaget. Videre redegjøres det for hvordan jordbruket over tid har utviklet seg gjennom endret agronomi og forbedret nitrogenutnyttelse ved innføring av nye metoder og mer presis teknologi.

Arbeidet tar utgangspunkt i pågående prosesser knyttet til direktoratenes utredninger og annet kunnskapsgrunnlag, samt løpende politikkutforming og tiltak. Rapporten er innrettet mot å peke på gode løsninger som reduserer utslipp samtidig som både matproduksjonen og nitrogenforvaltningen forbedres.

Arbeidet er støttet av Norges Bondelag og Yara Norge. Vi takker Finn Erlend Ødegard og Bernt Hoel for innspill og kommentarer til arbeidet.

Chr. Anton Smedshaug
Daglig leder, AgriAnalyse
Versjon 1, 24. april 2026

Innhold

Sammendrag 5
Målkonflikten 5
Nitrogenets nøkkelrolle 5
Kornavlinger opp, nitrogenforbruk ned. 5
Nitrogenutnyttelsen øker med avlingsnivået 6
Nitrogenkorridor et bedre alternativ 6
Usikkerhet og feil i modellberegninger og data 6
Lystgassutslipp: Begrensninger ved dagens rapportering 7
Nitrogenforvaltning må omfatte husdyrproduksjonen 7
Behov for tverrfaglig satsing 7
Bærekraftig matproduksjon krever kunnskapsbasert nitrogenpolitikk 7

1 Nitrogenkretsløpet 9
1.1 Nitrogen – et flyktig næringsstoff 9
1.1.1 Nitrogenflyten på gårdsbruket 9
1.1.2 Nitrogenbalansen og N-effektivitet kan aldri bli 100% 10
1.2 Nitrogen i kulturplanter 13
1.1.2 Agronomisk betydning av nitrogenallokering 13

2 Landbruket tar miljøansvar 15
2.1 Nasjonale nitrogenmålinger viser framgang 15
2.2 En omfattende miljøinnsats fra landbruket 16
2.3 Potensialet i landbruksteknologi bør utnyttes bedre 18
2.4 Presisjonsjordbruk på skiftenivå 19
2.4.1 Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel 19
2.5 Økte avlingsnivåer i korn og gras gir økt nitrogeneffektivitet 20
2.6 Økte avlingsforventninger påvirker nitrogenbehovet i gjødslingsplanen 23

3 Landbruket er tjent med god nitrogenforvaltning 24
3.1 N-effektivitet, bedre agronomi og presisjon 24
3.1.1 Nitrogeneffektivitet i planter 24
3.1.2 Bedre agronomi gir bedre N-effektivitet 25
3.1.3 Overvurderes nitrogeneffekten av husdyrgjødsel? 26
3.2 Nitrogeneffektivitet i norsk korndyrking 26
3.3 Nitrogeneffektivitet i norsk grasdyrking 29
3.3.1 Bedre agronomi er nøkkelen til økt NUE i norsk grasdyrking 30
3.3.2 Importerte mat- og fôrvarer har også et klimaavtrykk 31
3.4 Løsninger for å oppnå bedre nitrogeneffektivitet 33
3.4.1 Nitrogenkorridor: Effektiv metode for å vurdere nitrogeneffektivitet 33

3.4.2 Konkrete tiltak for både økt produksjon og N-effektivitet 34
3.5 OECD – rapportering på næringsbalanser i medlemsland 35
3.5.1 Er Norge et av Europas mest intensive landbruksområder? 35

4 Landbrukets modellberegninger – Kostbare beslutninger fattes på usikkert tallgrunnlag 38
4.1 Internasjonale avtaler påvirker landbruket 38
4.1.1 Internasjonale avtaler som regulerer norske nitrogenutslipp 38
4.2 Usikkerhet i målingene og modellene 40
4.2.1 NOx – Norges forpliktelser og måloppnåelse 40
4.2.2 Ammoniakk NH_3 – Norges forpliktelser og måloppnåelse 41
4.3 Langtransportert nitrogen (atmosfæriske avsetninger) 41
4.4 Nitratdirektivet og håndtering av atmosfærisk nitrogen i norske beregningsmodeller 46
4.4.1 NIVAs bruk av modellen TEOTIL 46
4.4.2 Usikkerheter ved modellbruk gir risiko for feilslutninger 47
4.4.3 Misforhold mellom andre målinger og avrenningsmodellen TEOTIL 48
4.5 Parisavtalen og lystgass (N_2O) 50
4.5.1 Utfordringer ved måling og rapportering av N_2O 50
4.5.2 Danske data utfordrer IPCCs standardfaktorer 51
4.5.3 Lystgassemisjoner feiltolkes grunnet feil forståelse av IPPC emisjonsfaktor 51
4.5.4 Miljøeffekter av presisjonsteknologi 52

5 Oslofjord i endring, men forstår vi årsakene? 53

6 Oppsummering 57
6.1 Forslag fra forfatterne til økt nitrogeneffektivitet gjennom økt produktivitet 57

Vedlegg 1. Oversikt over de RMP-tiltakene i 2025 som bidrar til å redusere tap av næringsstoffer 59
Vedlegg 2. Kartlegging av grasavlinger i 2025 (Kjøsnes og Wekre, TINE) 62
Vedlegg 3. Nitrogen i Norge og fra norsk jordbruk – status og usikkerhet 66

7 Kildeliste 69

Sammendrag

Målkonflikten

Norsk landbruk står overfor en sammensatt utfordring der målet om økt selvforsyningsgrad skal realiseres parallelt med skjerpede krav til reduksjon av klimagasser og redusert miljøbelastning. Nitrogen står sentralt i denne målkonflikten, ettersom det både er et uunnværlig næringsstoff for planteproduksjon og en potensiell kilde til miljøpåvirkning gjennom tap til luft og vann. En kunnskapsbasert nitrogenforvaltning forutsetter derfor både god agronomisk og husdyrfaglig innsikt, samt et robust modellgrunnlag for dokumentasjon og beregning av nitrogentap og nitrogenutnyttelse som grunnlag for korrekte tiltak og beslutninger.

Nitrogenets nøkkelrolle

Nitrogen er avgjørende for plantevekst, avlingsnivå og kvalitet. Under norske klimatiske forhold er nitrogen ofte det næringsstoffet som sterkest begrenser realisering av avlingspotensialet. Ved utilstrekkelig nitrogenforsyning vil plantene prioritere vekst fremfor proteinsyntese, med konsekvens av lavere proteininnhold i plantene. I kornproduksjonen kan det føre til nedgradering av mathvete til fôrkorn, mens tilsvarende forhold i grasdyrking reduserer grovfôrkvaliteten og øker behovet for import av proteinråvarer.

Kornavlinger opp, nitrogenforbruk ned.

Behovet for økt norsk planteproduksjon er direkte knyttet til målsettingen om å øke selvforsyningsgraden til 50 %. Etter vår mening fremstår økte avlinger per arealenhet som det mest realistiske virkemiddelet for å øke selvforsyningen. Til tross for dokumentert avlingsøkning i kornproduksjonen etter 2013, lengre vekstsesong og flere slåtter i grovfôrproduksjonen, har det samlede forbruket av nitrogen fra handelsgjødsel i Norge blitt redusert siden år 2000. At det samlede nitrogenforbruket synes å avta, indikerer et systematisk press mot lavere tilførsel per produsert enhet. Denne utviklingen understøttes av langsiktige analyser av grovfôr, der proteininnholdet viser en nedadgående trend. Selv om proteininnholdet påvirkes av flere faktorer, er funnene konsistente med en praksis preget av relativt moderat nitrogengjødsling.

Nitrogenutnyttelsen øker med avlingsnivået

Et sentralt faglig poeng er at økt nitrogeninnsats ikke nødvendigvis medfører økte nitrogentap. Sammenhengen mellom tilført nitrogen og tap til miljøet er ikke lineær, men avhenger sterkt av agronomisk praksis, tidspunkt for tilførsel, jordas egenskaper og samspillet mellom planteopptak og mikrobielle prosesser. Både forsøk og praksis viser at nitrogenutnyttelsen (NUE) ofte øker med avlingsnivået, forutsatt at gjødslingen ligger nær agronomisk og økonomisk optimum. En svakhet ved vurdering av NUE i planteproduksjonen er at det ikke tas hensyn til jordas nitrogenlager og en beregnet høy NUE kan indikere tapping av jordas organiske nitrogenlager, noe som på sikt kan redusere jordas fruktbarhet. Dette understreker betydningen av agronomiske tiltak som samtidig kan styrke produksjonen og redusere tap per produsert enhet. Det har det siste tiåret vært en formidabel utvikling innen digitalisering og presisjonsteknologi. Det er derfor viktig at denne teknologien stimuleres til ytterligere bruk da det kan bidra både til økte avlinger og en bedre NUE.

Nitrogenkorridor et bedre alternativ

Vår oppfatning er at tradisjonelle nitrogenregnskap og enkle balanseberegninger har begrenset forklaringsverdi. Det skyldes at de i for liten grad hensyntar nitrogendynamikken i jorda. Bruk av slike indikatorer uten å hensynta endringer i jordas nitrogenstatus kan gi et misvisende bilde av faktisk miljøpåvirkning. I dette perspektivet fremstår konseptet «nitrogenkorridor», der ønsket NUE defineres innenfor et intervall som ivaretar både produksjon og miljø, som et mer faglig robust alternativ.

Usikkerhet og feil i modellberegninger og data

Etter vår vurdering er en sentral utfordring i nitrogenforvaltningen den betydelige usikkerheten knyttet til modellberegninger av nitrogentap fra landbruket, særlig gjennom modellene AGRITIL og TEOTIL. Disse benyttes i stor grad som beslutningsgrunnlag i miljøforvaltningen, men deres resultater står i kontrast til observerte trender i nasjonale måleprogrammer. Empiriske måleserier dokumenterer betydelige reduksjoner i utslipp av nitrogenoksider og ammoniakk, samt markant nedgang i atmosfærisk nedfall siden 1990-tallet. Samtidig indikerer modellene liten eller ingen forbedring i beregnet nitrogenlekkasje fra jordbruket etter 2000, og enkelte nyere modellversjoner viser til og med økte tap. Dette på tross av de mange dokumenterte agronomiske tiltakene som er iverksatt for å redusere nitrogentapet fra landbruket. Vi mener at dette avviket i stor grad forklares gjennom metodiske begrensninger. Modellene mangler detaljerte, empiriske inngangsdata på gårdsnivå om faktisk gjødslingspraksis, avlingsnivå og grovfôrkvalitet. I stedet benyttes fylkesvise salgsdata, grove fordelingsnøkler og et begrenset antall overvåkingsfelt med varierende representativitet. Videre behandles atmosfærisk nitrogen ikke konsistent på tvers av modeller og arealkategorier. Når modelloppgraderinger samtidig gir store sprang i beregnet nitrogentap uten tilsvarende observerbare endringer i agronomi eller produksjon, svekkes modellenes forklaringskraft. At Norge i henhold til OECD blir identifisert som et

av de minst nitrogeneffektive landene i Europa stiller vi oss undrende til og stiller spørsmål ved tallgrunnlaget for denne vurderingen.

Lystgassutslipp: Begrensninger ved dagens rapportering

Tilsvarende utfordringer gjelder beregning av lystgassutslipp. Dagens rapportering bygger i hovedsak på IPCCs standardiserte metoder, der solgt mengde nitrogen i handelsgjødsel multipliseres med faste utslippsfaktorer. Denne tilnærmingen gir begrenset biologisk realisme og reflekterer i liten grad variasjoner i jord, klima og dyrkingspraksis. Feltstudier fra nordiske forhold indikerer at reelle utslippsfaktorer i vekstsesongen kan være betydelig lavere enn IPCCs standardverdier, noe som har utløst arbeid med landsspesifikke emisjonsfaktorer i både Danmark og Sverige. Det er også behov for en gjennomgang av disse faktorene tilpasset norske forhold.

Nitrogenforvaltning må omfatte husdyrproduksjonen

I denne rapporten har fokuset vært på nitrogen i planteproduksjonen. Både nasjonal og internasjonal forskning viser at en rekke tiltak også kan gjøres på husdyrsiden for å øke nitrogenutnyttelsen og dermed redusere risikoen for nitrogentap. Dette har først og fremst betydning for tap av ammoniakk fra husdyrbygg og lager, men også den mest flyktige delen av nitrogen i husdyrgjødsla. En helhetlig nitrogenforvaltning må derfor også innbefatte husdyrproduksjonen da en rekke tiltak kan gjennomføres på dette området uten at det går ut over det nasjonale produksjonsomfanget og selvforsyningen.

Behov for tverrfaglig satsing

Vi opplever at foreslåtte endringer i nitrogenforvaltningen i for stor grad fokuserer på redusert nitrogenforbruk og i alt for liten grad på forbedret nitrogenutnyttelse som virkemidler for redusert nitrogentap til miljøet. Organisasjonene i norsk landbruk besitter en betydelig teoretisk og praktisk kompetanse innen god ressursutnyttelse, ikke minst innen nitrogensektoren. Norsk landbruk bør derfor i egen regi igangsette et tverrfaglig prosjekt innen plante- og husdyrproduksjon for å endre fokus fra redusert nitrogenforbruk til å identifisere og synliggjøre tiltak som kan bidra både til økt nasjonal matproduksjon og en bedre nitrogenutnyttelse. Ikke minst gjelder dette muligheten for å identifisere tiltak som er mulig å gjennomføre i praksis, noe som vi opplever som krevende i forbindelse med innføring av nytt gjødselbruksregelverk.

Bærekraftig matproduksjon krever kunnskapsbasert nitrogenpolitikk

Samlet sett indikerer denne gjennomgangen at økt norsk matproduksjon innenfor miljømessig bærekraftige rammer er faglig mulig, men forutsetter at nitrogenpolitikken i større

grad bygger på agronomisk og husdyrfaglig forståelse, bedre empiriske data og modeller med tydelig kommuniserte usikkerheter. Uten et slikt kunnskapsløft er det betydelig risiko for at produksjonsbegrensende tiltak gir redusert nasjonal matproduksjon, økt import og begrenset eller negativ netto miljøeffekt i et globalt perspektiv.

Se forfatternes konkrete anbefalinger for økt nitrogeneffektivitet gjennom forbedret produktivitet i kapittel 6.1

1 Nitrogenkretsløpet

Nitrogen (N) er et sentralt og avgjørende næringsstoff for planters vegetative vekst, avling og kvalitet, men nitrogen er også utsatt for tap gjennom ammoniakkfordamping, nitratutvasking og denitrifikasjon. I kapittel 1 beskrives nitrogenets kretsløp i luft, vann og jord. Samtidig representerer nitrogenbevegelse i planter og jord svært komplekse kjemiske og biokjemiske prosesser. Skal vi forbedre landbrukets nitrogenhusholdning, fordrer dette en god innsikt i nitrogendynamikken der nitrogenet kontinuerlig veksler mellom oksidert og redusert form.

1.1 Nitrogen – et flyktig næringsstoff

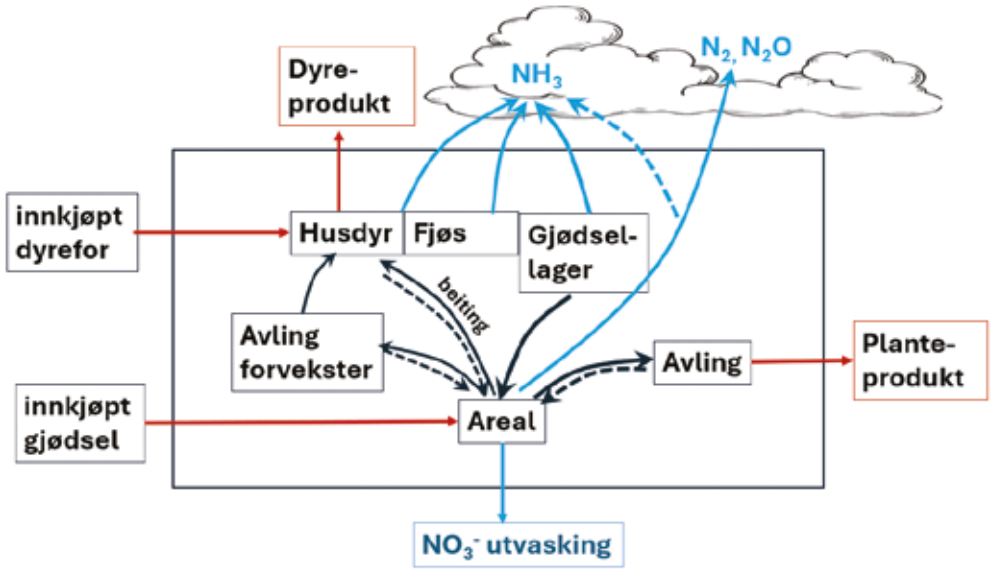
Høyproduktivt landbruk er nødvendigvis nitrogen-intensivt, og kan derfor tape nitrogen til omgivelsene ved nitratutvasking, denitrifikasjon og ammoniakkfordamping. Intuitivt kunne man anta at nitrogentapet øker proporsjonalt med gjødselmengden, men så enkelt er det ikke. Nitrogentapene til luft og vann er bestemt av all agronomisk praksis, inkludert gjødsling, og kan derfor minimeres uten å måtte renonsere gjødslingsnivået ut over det som er produksjonsmessig optimalt. Kunsten er å bruke agronomien for å styre nitrogendynamikken i systemet, og derigjennom minimere de viktigste tapspostene.

I senere tid har landbrukets klimapådriv kommet i fokus, og her spiller den mikrobielle nitrogenomsetningen i jord en viktig rolle fordi det genereres lystgass (N_2O), som er en kraftig klimagass (265 ganger sterkere enn CO_2). Utslippet av N_2O fra landbruksjord er i noen grad avhengig av nitrogengjødslingen, men påvirkes sterkt av en rekke andre agronomiske forhold.

I det følgende skal vi redegjøre for noen trekk ved nitrogendynamikken i jordbruket, for å etablere et grunnlag for rasjonelle diskusjoner om hva som kan og bør gjøres for å minimere nitrogentapene og N_2O-utslippet fra jordbruket.

1.1.1 Nitrogenflyten på gårdsbruket

Figur 1 gir en forenklet framstilling av nitrogenstrømmene i et gårdsøkosystem med husdyr. Det viser et ganske komplisert flyt-mønster internt inn og ut av systemet, og flere interne strømmer mellom nitrogen-lagre. Systemets import av nitrogen er hovedsakelig i form av innkjøpt fôr og gjødsel, mens systemet eksporterer nitrogen som dyreprodukter og planter, og taper nitrogen ved ammoniakkfordamping (NH_3), utvasking (hovedsakelig NO_3^-) og denitrifikasjon ($N_2 + N_2O$).



Figur 1 Nitrogenflyten på gårdsbruk med dyrehold. Et gårdsbruk med dyr har en betydelig intern sirkulasjon av nitrogen (svarte piler), men er et åpent økosystem fordi det eksporterer nitrogen i produkter og importerer nitrogen i innkjøpt gjødsel og dyrefôr (røde piler), og taper nitrogen til luft og vann (blå piler).

1.1.2 Nitrogenbalansen og N-effektivitet kan aldri bli 100%

Det er kostbart å måle nitrogentapene (Figur 1), og et fristende alternativ er å anslå det samlede tapet ved å beregne N-balansen: samlet nitrogenstrøm inn i systemet, minus samlet nitrogenstrøm ut (i produkter). N-balansen kan beregnes ganske nøyaktig i den grad all import og eksport er registrert. Men det innebærer ikke at nitrogentapet er nøyaktig beregnet fordi lagret av organisk nitrogen kan være i endring (se nedenfor). Vi vet videre ikke hvor mye N som tapes til luft eller vann, eller i hvilken form det tapes til luft.

Nitrogen-Utnyttings-Effektiviteten (NUE) er et mål på hvor godt systemet tar vare på nitrogenet. NUE er totalt eksportert nitrogen delt på total import. NUE kan beregnes på gårdsnivå (farmgate NUE) eller på skiftenivå. I likhet med nitrogenbalansen kan NUE beregnes med rimelig nøyaktighet, men det er egentlig ikke et nøyaktig mål på systemets evne til å ta vare på nitrogen. Grunnen til denne svakheten er den samme som for N-balansen: nitrogenlageret i jord kan være i endring:

Nitrogenlageret i jord varierer over tid, avhengig av driftsform

Moldinnholdet i mineraljord i Norge inneholder mellom 4 og 8 % humus (noe lavere i sandjord), med et C/N-forhold på cirka 10 betyr det at lageret av organisk N i jorda (0–20 cm dybde) er 500–1000 kg N pr daa. Dette lageret kan være tilnærmet konstant (likevekt) hvis jorda er drevet på samme måte i mange år. Men det kan øke eller falle med tiden, avhengig av forhistorien og pågående driftsform.

Vi skal gi to eksempler på dette:

1. Ved optimalisering av korndyrking (minimert jordarbeiding, fangvekster, tilførsel av organisk nitrogen) vil humus-mengden øke med 0.5–1% pr år, hvilket utgjør 2.5–10 kg N pr da pr år. Økningen er imidlertid kortvarig, og avtar med tiden fordi moldinnholdet nærmer seg en ny likevekt. Det betyr at systemet i minst 10 år har en lav NUE; ikke fordi systemet taper spesielt mye nitrogen, men fordi det øker nitrogenlageret.

2. Motsatt fall: ved overgang fra engdyrking med husdyr til ren korndyrking med konvensjonell jordarbeiding uten fangvekster vil moldinnholdet avta over tid (inntil det nærmer seg et nytt likevektsnivå). Her blir NUE misvisende høy fordi man driver «soil mining» (tærer på mold-reserven i jorda).

Tap av nitrogen til luft

Ammoniakk-tap til atmosfæren kan være betydelig, fra ulike kilder som beiteområder, husdyrrom, gjødsellager og fra gjødsel rett etter spredning (Figur 1). Årsaken er at ammoniakk (NH_3) har et høyt damptrykk, og husdyrgjødsel inneholder store mengder NH_3, sterkt betinget av pH fordi det i ethvert system er kjemisk likevekt mellom NH_3 og NH_4^+:

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^- \quad (pK_a \sim 9.25)$$

Husdyrgjødsel har normalt høy pH (8-10), og dette skyver likevekten mot venstre og gir dermed høyt NH_3 -damptrykk. Dette er grunnen til at ammoniakk tapes fra husdyrgjødsel hele veien fra dyr til jord. Men i det husdyrgjødselen blandes inn i jord faller NH_3 -konsentrasjonen drastisk fordi jordens bufferkapasitet styrer pH, som dermed faller til <7 (norsk dyrkningsjord har normalt pH≤7).

Konklusjon: Ammoniakk-tapet kan reduseres ved rask nedmolding av husdyrgjødsel, og praktisk talt elimineres ved surgjøring av husdyrgjødsel, enten med svovelsyre (H_2SO_4) eller salpetersyre (N2 Applied's plasmabehandling).

Tap av N_2 og N_2O til luft kan være betydelig (1-4 kg N pr da pr år). Tapet skyldes i hovedsak denitrifikasjon: mange jordbakterier kan bruke nitrat (NO_3^-) i stedet for oksygen. Dette gjør de bare ved lav oksygentilgang, og dette skjer episodisk i jord, enten på grunn av høyt vanninnhold, men også ved moderat vanninnhold etter tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale (avlingsrester, husdyrgjødsel) fordi dette øker oksygenforbruket.

Denitrifikasjons-tapet (N_2 +N_2O) kan minimeres ved god drenering, og all agronomisk praksis som holder nitratkonsentrasjonen i jorda lav. Utslippet av lystgass (N_2O) bestemmes av et komplekst samspill mellom fysiske, kjemiske og biotiske forhold i jord, og det finnes ingen agronomisk operasjon som gir konsistent lavere N_2O-utslipp bortsett fra kalking. Jevnlig kalking som sikrer tilnærmet nøytral pH vil derfor gi en viss reduksjon av N_2O-utslippet.

Mer drastiske reduksjoner kan oppnås ved å bruke nitrifikasjonshemmere sammen med nitrogengjødsling. Tiltaket er imidlertid kontroversielt fordi det kan ha uønskede bi-effekter.

Tap av nitrogen ved utvasking av NO_3^-

Nitrat (NO_3-) er et anion (negativt ladet), og dermed ganske mobilt. Det betyr at det følger vannets strømning i jorda, og i perioder med overskudd av nedbør transporteres nitrat ut av jorda til drensrør og grunnvann, og starter en reise mot havet. En del av nitratet forsvinner

på denne reisen, bl.a. ved opptak i alger og planter langs vannløpene og ved denitrifikasjon. Fenomenet kalles retensjon, og avhenger av vannets transporthastighet og størrelse på vannløpet. Retensjonen er betydelig i bekker, og generelt marginal i store elver. (se vedlegg om Oslofjorden). I grøfter og smale elveløp der vannet beveger seg sakte, kan det være betydelig retensjon av nitrat.

Retensjon reduserer nitratinnhold i bekker ved å:

1. omdanne nitrat til nitrogen-gass (denitrifikasjon)
2. binde nitrogen midlertidig i planter og mikroorganismer
3. holde tilbake nitrogen i sedimenter og flomsoner

Agronomien er helt avgjørende for å minimalisere tapene, og NO_3- utvaskingen reduseres av alle tiltak som sikrer lave NO_3- konsentrasjoner i jorda gjennom høst, vinter og tidlig vår:

- Presisjonsgjødsling tilpasset plantenes behov står sentralt, fangvekster gir ytterligere reduksjon. Innblanding av halm om høsten gir også gi en viss reduksjon fordi det stimulerer mikrobiell assimilasjon (Se Figur 2).
- Jordarbeiding (harving, pløying) er omdiskutert i sammenheng med utvasking av nitrat, men også i sammenheng med «jordhelse» og humusinnholdet i jord. Det er en utbredt forestilling at jordarbeidingen i seg selv akselererer nedbrytning av humus, men det er svakt belegg for dette.

Mikrobielle nitrogentransformasjoner

Mikrobielle nitrogentransformasjoner (Figur 2) spiller nøkkelroller i landbrukets nitrogendynamikk:

- Symbiotisk nitrogenfiksering i belgvekstenes rotknoller kan bidra med store mengder nitrogen (5–15 kg N da-1 år-1) til belgplantene, og til etterfølgende vekster når de nitrogenholdige belgvekst-restene nedbrytes.
- Nitrifikasjon oksiderer NH_4^+ til NO_3^- , hvilket skjer innen 1–2 uker etter gjødsling med ammonium og urea. Dette gjør mineralnitrogenet mobilt slik at det lettere kan tas opp av planter, men også at det lett vaskes ut av jorda: jord er en «kation-bytter» som holder på positivt ladde molekyler (som NH_4^+), men holder i liten grad på negativt ladde molekyler (NO_3^-), som dermed følger vannstrømmen.
- Denitrifikasjon konverterer plantetilgjengelig nitrogen til nitrogen-gassene NO, N_2O og N_2. Dette tapper jorda for plantetilgjengelig nitrogen. Denitrifikasjon er den viktigste kilden til N_2O fra jord, men også det viktigste N_2O -«sluket» (reduserer N_2O til N_2).
- Mikrobiell mineralisering og immobilisering har stor innflytelse på plantetilgjengelig nitrogen i jord, og dette er en toveisprosess: når mikrobene har tilgang på organisk materiale med lavt C/N-forhold (for eksempel belgvekst- materiale) vil de skille ut NH_4+ (mineralisering), men de assimilerer (immobiliserer) mineral N (både ammonium og nitrat) hvis de har tilgang på organisk materiale med høyt C/N-forhold (halm for eksempel).

Figur 2. De viktigste mikrobielle N-transformasjoner i landbruket.

1.2 Nitrogen i kulturplanter

Nitrogen (N) er et helt sentralt og avgjørende næringsstoff for vegetativ vekst, avling og kvalitet. Nitrogen inngår i proteiner, enzymer, klorofyll og metabolsk aktive forbindelser. I vekster, som korn og gras, følger N-allokeringen til og mellom ulike plantedeler et tydelig fysiologisk mønster som reflekterer plantens behov gjennom sesongen.

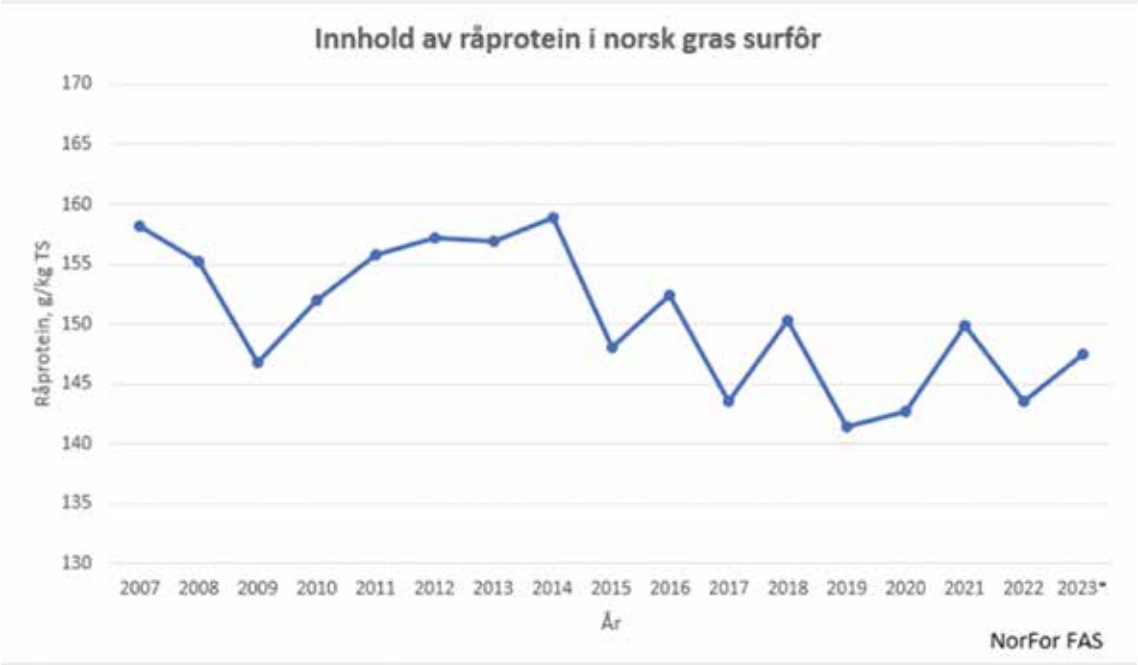
1.2.1 Agronomisk betydning av nitrogenallokering

Kjennskap til nitrogenets fordeling mellom plantedeler er sentralt for å forstå plantenes respons på gjødsling, samt hvordan nitrogengjødsel bør tildeles gjennom sesongen. Når tilførselen overstiger plantenes opptak, oppstår et overskudd som kan tapes som nitrat i avrenning eller som lystgass gjennom mikrobielle prosesser. Et moderat nitrogenoverskudd er imidlertid nødvendig for rotutvikling. I den norske debatten rundt landbrukets nitrogeneffektivitet, er nitrogen- og karbonbinding i jord som en del av landbrukets totale nitrogenutnyttelse lite vektlagt.

Omfordeling av nitrogen i planten må vektlegges for å vurdere en hensiktsmessig agronomisk NUE. Det vil alltid være en andel restmengde nitrogen i røtter, stubb og strå, som ikke inngår i nitrogenbalansen per arealenhet (N-balanse = nitrogen output i høstet avling minus nitrogen input i form av mineralgjødsel, husdyrgjødsel og øvrige N-bidrag).

Tilstrekkelig nitrogenmengde er dessuten avgjørende for å oppnå tilstrekkelig proteinmengde i både mathvete og i grovfôr. Hvis kulturplantene opplever nitrogenunderskudd, vil de alltid prioritere vekst foran proteinsyntese. Dermed kan en strategi som innebærer suboptimal nitrogengjødsling medføre at topp mathvete mht. andre parametere klassifiseres som fôrkorn grunnet lavt proteininnhold.

Videre vil underskudd på nitrogen til gras medføre at proteinprosenten synker i grovfôret. Norske grovfôranalyser (n=155 000) analysert i Norfôr siden 2007 (Volden og Schei, 2025) viser at proteinnivåene er klart synkende (Figur 3). Utviklingen med stadig synkende proteininnhold, indikerer at suboptimal nitrogengjødsling er utbredt innen grasdyrking.



Figur 3. Råprotein i norske grovfôranalyser 2007–2023 (n= 155 0009).

2 Landbruket tar miljøansvar

I kapittel 2 beskrives miljøtiltak landbruket har iverksatt etter år 2000. De siste tiårene har norske bønder tatt betydelig ansvar for å redusere sitt miljøavtrykk. Strengere gjødslingskrav, moderne teknologi, presisjonsjordbruk og endret driftspraksis har forbedret nitrogeneffektiviteten betydelig. Nasjonale overvåkingsprogrammer viser tydelige reduksjoner i nitrogentap til luft, vann og kystområder siden 1990-tallet. Både NOx og NH_3 utslippene er kraftig redusert, og atmosfærisk nitrogenavsetninger over Norge er redusert med 20–25 %. Effekten av disse tiltakene fanges dessverre i liten grad opp av de enkle avrenningsmodellene som brukes for å beregne jordbrukets samlede tap av nitrogen til vann og luft.

2.1 Nasjonale nitrogenmålinger viser framgang

Rapporteringskravene under IPCC, UNFCCC og UNECE har de senere årene fått økende betydning for norsk klima- og miljøpolitikk. Internasjonale avtaler fungerer i stor grad som rammer for nasjonale beslutninger, og utviklingen av utslippsregnskap har blitt et høyst spesialisert fagfelt. Dette legger press på forskningsmiljøer og forvaltning som skal levere metodisk solide rapporteringer til ulike FN- og EU-organer.

Samtidig innebærer denne utviklingen betydelige risikoer. Presise utslippsberegninger er avhengige av korrekte emisjonsfaktorer, og små metodiske avvik kan gi store utslag i nasjonale utslippstall. Svakheter i datagrunnlaget kan dermed føre til at omfattende og kostbare miljøtiltak utformes på feil premisser. Etablering av landsspesifikke emisjonsfaktorer gjennom feltforsøk og langtidsstudier er ressurskrevende, og mangel på slike data utgjør en vedvarende usikkerhetskilde.

Myndighetene endrer samtidig nasjonale grenseverdier og miljømålsettinger jevnlig, slik at landbruksbransjen sjelden får en reell mulighet til å oppnå fastsatte miljømål. Målsetningene strammes kontinuerlig til i takt med at landbrukets miljøavtrykk forbedres. Parallelt viser overvåkingsprogrammer betydelige reduksjoner i nitrogentap til luft og vann, og kartlegging av Skagerrak og Nordsjøen dokumenterer klart lavere nitrogennivåer nå enn på 1980- og 1990-tallet (Tabell 1).

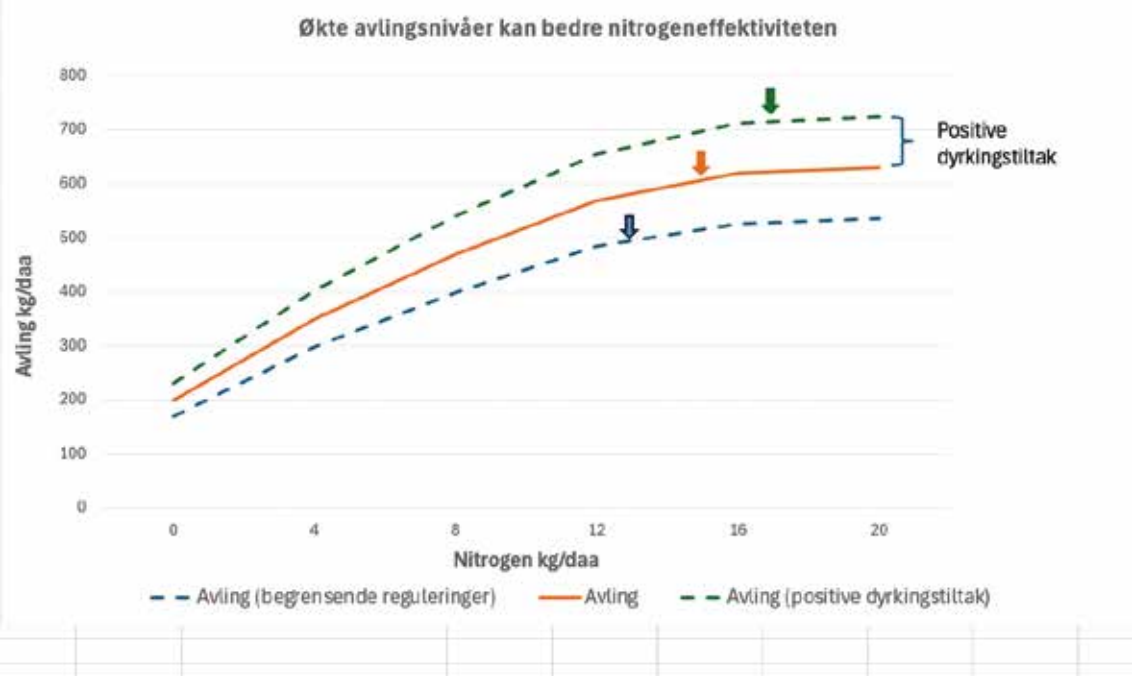
Tabell 1. Nitrogenforbedringer i utslippsstatistikker som påvirker Norge (2005 er basisår i Gøteborgavtalen)

Område	2005	2025	Status	Dokumentert resultat
Nasjonale nitrogenut-slipp			Kraftig forbedret	Gøteborgavtalen oppfylt
NOx utslipp	210 446	120 531	Kraftig redusert	Reduksjon: 42,7 %, (Gøteborgavtalen forplikter Norge til kutt på 23 %) (- 27 000 tonn rent nitrogen).
Landbrukets NH3 utslipp	32 691	29 432	Redusert	Reduksjon: 10 %, (Gøteborgavtalen forplikter Norge til kutt på 8%) (- 2 682 tonn rent nitrogen).
Atmosfærisk nitrogen nedfall over Norge			Kraftig redusert	Reduksjon: 23 % (- 50 000 tonn nitrogen)
OSPAR*	1 900 000	1 300 000	Lavere nitrogentil-førsler til Nordsjøen («The Greater North Sea» i følge OSPAR terminologi)	Reduksjon: 35 % (- 600 000 tonn N)
Skagerrak			Lavere nitrogennivåer i Skagerak	Betydelig reduksjon siden 1985

*OSPAR = The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic

2.2 En omfattende miljøinnsats fra landbruket

For å oppnå ytterligere reduksjon av nitrogen i norsk jordbruk står man overfor et strategisk valg: enten å fortsette og øke produktiviteten innenfor dagens nivå av innsatsfaktorer, eller å redusere innsatsfaktorene og akseptere lavere matproduksjon.



Figur 4. Positive dyrkingstilltak kan heve avlingsnivå og bedre nitrogeneffektivitet.

Figur 4 viser hvordan positive dyrkingstiltak kan gi økte avlingsnivåer, og flytte økonomisk optimalt nitrogennivå (piler) uten å redusere nitrogeneffektiviteten. Positive dyrkingstiltak kan for eksempel være nye sorter med høyere avlingspotensial, drenering/kalking som bedrer jordas dyrkingspotensial og ny teknologi som gir bedre utnyttelse av innsatsfaktorene. På samme vis blir det ofte undervurdert hvordan negative reguleringer som øker dyrkingsrisikoen, kan gi lavere nitrogeneffektivitet hvis avlingene eller kvaliteten svikter.

Siden begynnelsen av 1990-tallet har det skjedd kontinuerlige endringer i dyrkingspraksis for å øke produktiviteten og minske utslippene (Tabell 2). I tillegg har bransjeprosjekter innen korn og gras hatt som mål om å heve avlingsnivåene gjennom å forbedre den agronomiske praksisen. Slike forbedringer får ofte begrenset oppmerksomhet i offentlige utredninger og forskningsrapporter, hvor den historiske og pågående utviklingen i agronomisk praksis sjelden gjenspeiles i tilstrekkelig grad.

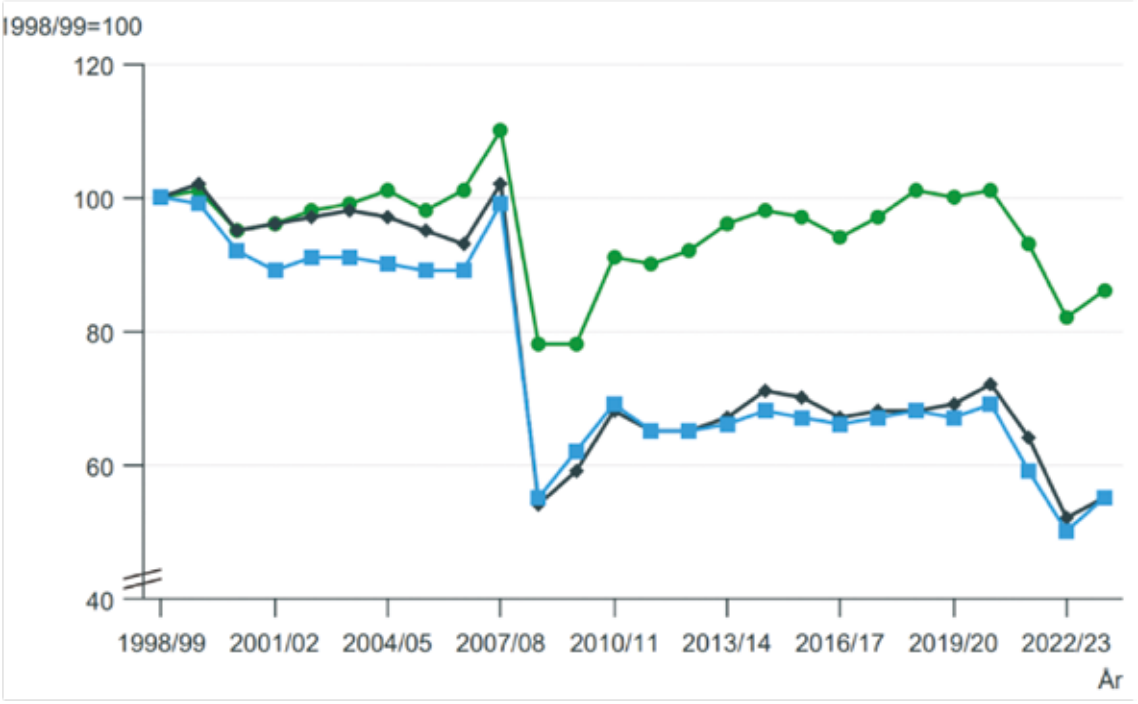
Tabell 2. Viktige tiltak og trender som har redusert landbrukets miljøavtrykk betydelig er:

Trender – lavere miljøavtrykk	Utvikling siden 1990	Offentlige/private
Kornareal	Redusert med 700 000 dekar siden 1991	
Endret jordarbeiding	Ca. 70 % av kornarealet i stubb (upløyd) i 2024.	RMP - midler
Gjødslingsplan	Gjødslingsplan er obligatorisk siden 1998 (fra 2025 også krav om gjødsel-journal).	Offentlig lovverk
Fosfornorm	Redusert med 30 % siden 2008. Nye og strengere fosforkrav fra 2025.	Offentlig lovverk
Moderne spreiderteknologi (GPS)	De aller fleste nye traktorer har slik teknologi installert.	Private firmaer driver utviklingen.
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	3 000 000 dekar under ordningen, cirka 30 % av totalt landbruksareal i 2024.	Støtteordning: «Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel»
RMP ordning	En rekke miljøtiltak for å hindre avrenning/næringstap (se vedlegg 1)	Fylkesvise ordninger (offentlig)
Bransjeprosjekter i korn	«Økt norsk kornproduksjon»	Offentlig/privat samarbeid
Bransjeprosjekter i gras	«Grovfôr 2020»	Offentlig/privat samarbeid

Obligatorisk gjødslingsplanlegging

Obligatorisk gjødslingsplanlegging ble innført i 1998, og innebærer at all gjødsling skal baseres på representative jordprøver og NIBIOs gjødslingsnormer. Innføringen av dette kravet har sammenfalt med en markant reduksjon i bruken av mineralgjødsel.

Analyser av langtidstrender viser en tydelig nedgang i forbruket av nitrogen, fosfor og kalium etter at gjødslingsplan ble obligatorisk. Sammenlignes perioden 2020–2025 (Figur 5) med perioden 1991–1996, fremkommer en reduksjon i nitrogenforbruket på om lag 10 %. For fosfor og kalium er nedgangen rundt 45 % i samme tidsrom, noe som illustrerer en langsiktig og betydelig mer ressurs- og miljøeffektiv gjødslingspraksis i norsk jordbruk.



Figur 5. Utgangsåret (98/99) er satt til 100 %. Dette representerer 106 000 tonn nitrogen, 13 000 tonn fosfor og 51 000 tonn kalium.

2.3 Potensialet i landbruksteknologi bør utnyttes bedre

Landbruket er inne i en omfattende teknologisk moderniseringsprosess. Nye traktormodeller leveres i dag med avanserte GPS-baserte styringssystemer og funksjonalitet for seksjonsavstenging som standard. Felleskjøpet Agri (FKA) anslår at de alene har levert 3500 traktorer fullt utstyrt med denne teknologien i norsk marked. Samtidig vurderer FKA at ikke mer enn 20 % av traktorenes teknologiske potensial utnyttes fullt ut.

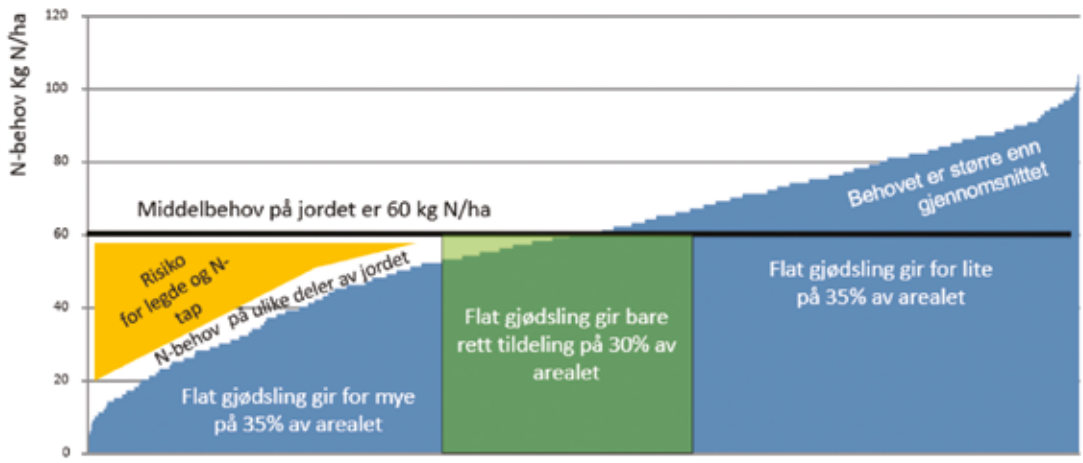
Omtrent 75 % av mineralgjødsel i Norge spres med sentrifugalspreder. I Norge er skiftearronderingen ofte usymmetrisk, og dette gjør det vanskelig å spre mineralgjødsel presist uten dobbeltgjødsling. Moderne traktorer er utstyrt med GPS-systemer som gjør det enkelt å holde rett kjøreavstand under arbeidsoperasjoner. Nye sentrifugalspredere har dessuten seksjonsavstenging, slik at arbeidsbredden automatisk smales inn, når man nærmer seg en passasje som allerede er gjødslet. I tillegg er kantspreder en nyttig funksjon, som hindrer at gjødsel kastes ut kantvegetasjonen. På den måten unngår man unødvendig dobbeltgjødsling og tap til omgivende natur.

For mindre driftsenheter representerer aktivering av nødvendig programvare og utstyr en betydelig investering, dette kommer i tillegg til øvrige maskin- og utstyrskostnader. Dette medvirker til at potensialet ennå ikke er fullt utnyttet til tross for at teknologien allerede er tilgjengelig på mange maskiner. Moderne gjødselspredere har også flere funksjoner som sikrer bedre spredebilde i hellende terreng. Kupert og hellende terreng innebærer en ekstra utfordring for korrekt gjødselspredning, og moderne teknologi kan hjelpe norske bønder å plassere mineralgjødsel mer optimalt.

2.4 Presisjonsjordbruk på skiftenivå

Presisjonsjordbruk kan defineres som bruk av den best tilgjengelige teknologien for å skreddersy behandlingen av jord og vekster på ulike deler av et skifte (NIBIO).

Når det gjelder nitrogen observeres betydelige forskjeller i jordas N-bidrag på ulike deler av skiftet. Dette er en viktig årsak til at N-responskurver og optimalt N-nivå kan variere mye mellom ulike deler av et jorde. Samme mengde over hele skiftet vil da for eksempel kunne bety at man gir for mye nitrogen i forhold til behovet på 1/3 av arealet, for lite på en annen tredjedel og at man dermed treffer rimelig riktig kun på den siste tredjedelen av skiftet (se Figur 6 under). Ved bruk av presisjonsutstyr og variert gjødsling vil man med en omfordeling fremme en betydelig bedre tilpasset gjødsling. Nitrogenet prioriteres der det er behov, og spares inn der det er unødvendig, med betydelig gevinster i form av økt avling og kvalitet og redusert risiko for nitrogentap.



Figur 6. Prinsipp for variert N-gjødsling for å tilpasse gjødsling til varierende behov innenfor et skifte (Knud Nissen, Yara)

Generelt øker avlingene med økende N-gjødsling, først bratt deretter avtagende for så å flate ut og etter hvert vil avlingene gå ned dersom N-gjødslingen økes ytterligere (f.eks pga. legde i korn). N-responskurver på enkeltfelt eller på ulike deler innenfor skifter er imidlertid mindre forutsigbare og entydige, og kan avvike fra denne generelle sammenhengen. Er forutsetningene gode med store N-bidrag fra jorda vil N-responskurven flate ut tidligere, mens motsatt, dersom N-bidraget fra jorda er lavt, vil utflatingen skje ved høyere N-nivåer. Da er det heller ikke alltid entydig at N-optimum er høyere på steder med høyt avlingsnivå enn det er på steder med lavt avlingsnivå. Med presisjonsverktøy kan disse variasjonene hensyntas.

2.4.1 Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel

Et sentralt mål i prosjektet «Grovfôr 2020 (2015–2017)» var å fremme mer miljøvennlige metoder for spredning av husdyrgjødsel.

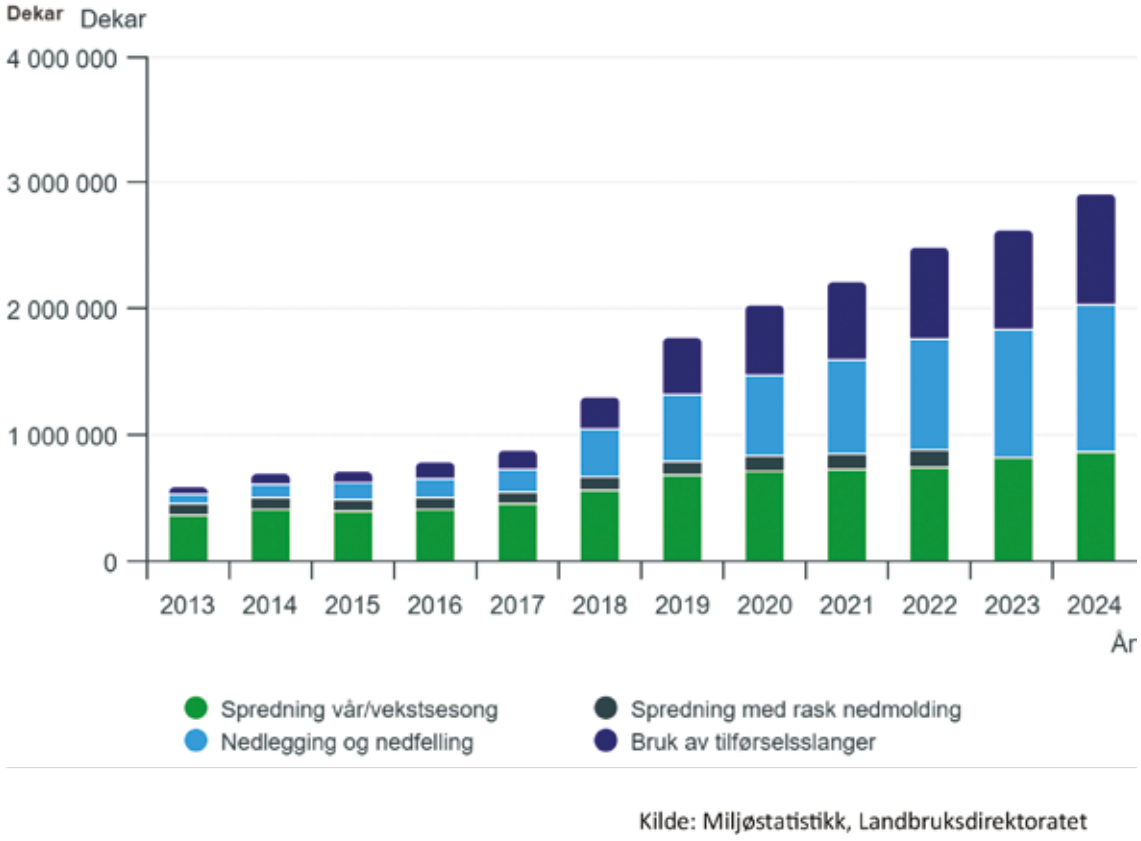
Teknologier som slepeslange- og stripespredere fikk raskt stor tilslutning (Figur 7). Dette illustrerer hvor effektivt ny teknologi kan tas i bruk når bønder, næringsaktører og forvaltning etablerer en felles forståelse av mål, virkemidler og effekter. Slepeslange/stripespreder har i stadig økende grad erstattet tradisjonell breispredning, noe som har bidratt til mer presis

gjødselplassering og lavere ammoniakktap. I tillegg spres husdyrgjødsel tidlig i sesongen, noe som sikrer bedre næringsstoffeffektivitet.

Det er også nødvendig å redusere tørrstoffinnholdet til < 3 %, for å få slepeslange og stripespreder til å fungere best mulig. De nye metodene for å spre husdyrgjødsel gjør derfor at husdyrgjødsel er mer utvannet enn tidligere. Lav tørrstoffprosent er en viktig faktor for å redusere tap av ammoniakk ved spredning.

I tillegg har det skjedd omfattende strukturelle endringer i husdyrholdet. Siden 1999 er antallet melkekyr redusert med omtrent 35 prosent (tilsvarende rundt 120 000 færre dyr), mens antall sau har gått ned med om lag 20 prosent. Overgangen til mjølkeroboter og større utekummer har ført til at husdyrgjødsel har lavere tørrstoffinnhold enn tidligere. Synker tørrstoffprosenten fra 6 % til 4 %, reduseres ammoniakktapet med 35 %.

Faktorene ovenfor har direkte betydning for landbrukets miljøregnskap og er viktige, sentrale parametere i teoretiske beregninger av næringsavrenning og klimagasser fra landbruket.



Figur 7. Jordbruksarealet med tilskudd til miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel, fordelt etter type tiltak. 2013–2024.

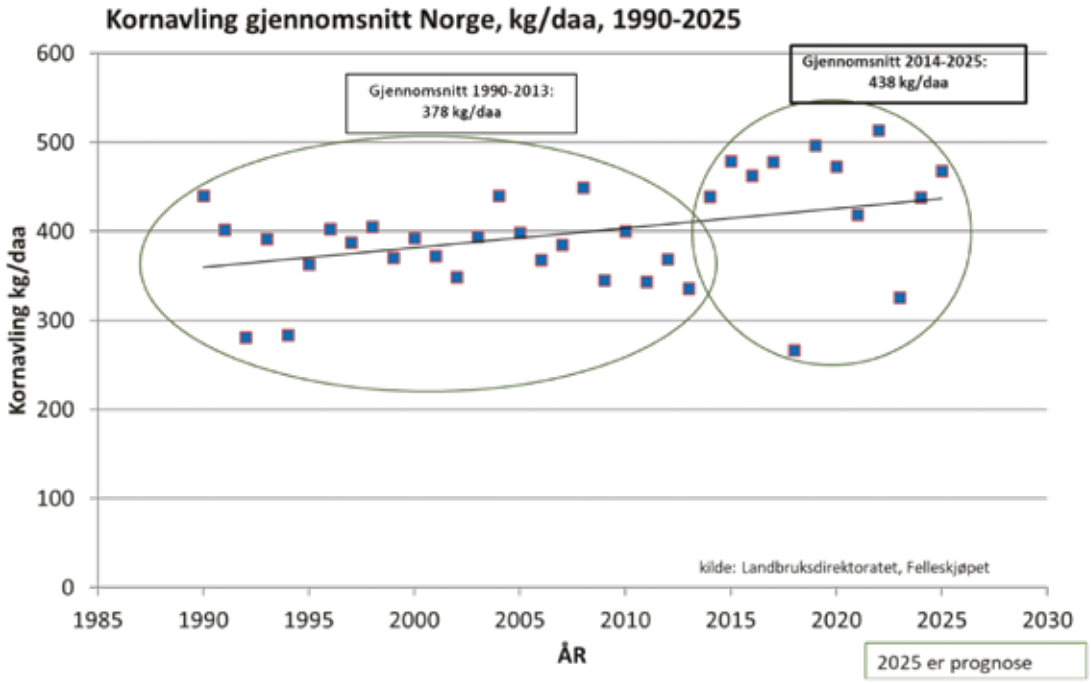
2.5 Økte avlingsnivåer i korn og gras gir økt nitrogeneffektivitet

Landbruksbransjen har over en lengere periode gjennomført forbedringsprogrammer innen korn- og grasdyrking. Målet er økt arealproduktivitet og bedre kvalitet på produktene.

De mest kjente bransjeprosjektene er «Økt Norsk Kornproduksjon» i perioden 2011–2013 og «Grovfôr 2020» i perioden 2015-2017. Begge prosjektene avslørte stor variasjon mellom

gårdsbruk både med hensyn til avlingsnivå og agronomisk praksis. Variasjon er i seg selv interessant, for variasjon betyr at mange gårdsbruk har betydelig forbedringspotensial, også når det gjelder nitrogenutnyttelse og nitrogeneffektivitet.

Norske kornavlinger, målt i kg pr. dekar, viser en betydelig framgang når man sammenligner perioden 1990–2013 med 2014–2025 (Figur 8). Gjennomsnittet for perioden 2014-2025 ligger 60 kg per dekar høyere sammenlignet med 1990-2013. Dette er en solid framgang, særlig med tanke på at perioden 2014–2025 inkluderer to sesonger med meget lave avlinger, 2018 og 2023.



Figur 8. Nasjonal kornavling per dekar 1990–2025.

Våre analyser av mineralgjødselomsetning fordelt på ulike vekster viser en markant forbedring i nitrogenutnyttelsen av tilført mineralgjødsel i norsk korndyrking i årene etter bransjeprosjektet «Økt norsk kornproduksjon» (2011–2013). Analysen baserer seg på nasjonale avlingstall, registrerte proteinnivåer i høst- og vårhvete, samt et skjønnsmessig estimert proteinnivå på 11 % i fôrkorn. Selv om disse beregningene må betraktes som grove anslag, viser trendkurven tydelig at nitrogenutnyttelsen har økt i takt med høyere avlingsnivåer.

Figur 9. Nitrogeneffektivitet i norsk korndyrking 2013–2024 (kun mineralgj.).

Variasjonen mellom år er imidlertid betydelig (Figur 9). I tørkeåret 2018 var nitrogenopptaket redusert til om lag 36 %, mens det svært gunstige kornåret 2022 viste en nitrogeneffektivitet på rundt 81 %. Over hele analyseperioden ligger gjennomsnittlig nitrogeneffektivitet for mineralgjødsel på omtrent 65 %. EU rapporterer om 64 % nitrogeneffektivitet for europeisk jordbruk, så når det gjelder korndyrking oppnår norske bønder en høyst akseptabel nitrogeneffektivitet sammenlignet med resten av Europa.

Det er økende fokus på reduksjon av klimagassutslipp i landbruket, og forbedret nitrogenutnyttelse er et sentralt tiltak i denne sammenhengen. De markante reduksjonene i nitrogeneffektivitet i tørkeår, særlig i 2018, viser at robusthet mot tørke er en avgjørende faktor for effektiv nitrogenutnyttelse på gårdsnivå. I en framtid med mer uforutsigbart klima, kjennetegnet av hyppigere og mer langvarige værhendelser, kan derfor investeringer i vanningsanlegg være et like viktig klimatilpasningstiltak som andre agronomiske forbedringer eller eventuelle reguleringer. Økt tilgang til vanning vil kunne bidra til å stabilisere avlingene og dermed redusere risikoen for store fall i nitrogeneffektivitet ved langvarig forsommertørke.

Robusthet har også betydning for norskandel i kraftfôret. I Figur 10 ser vi norskandel i kraftfôr. Og det er tydelig å se at de dårlige dyrkingsårene 2013, 2018 og 2023 gir økt importbehov påfølgende vinter. Et tydelig bevis på at økte avlinger, økt proteinnivå og bedre nitrogeneffektivitet er tett sammenvevd.

Figur 10. Norskandel i kraftfôr 2013–2025.
(Kilde: Landbruksdirektoratet)

2.6 Økte avlingsforventninger påvirker nitrogenbehovet i gjødslingsplanen

Når rådgiver og bonde legger en gjødslingsplan, må bondens avlingsforventning på det enkelte skifte avklares. Dette er et viktig premiss for beregning av gjødslingsbehov. Som konsekvens av blant annet de nevnte bransjeprosjektene har mange korn- og grasbønder økt sine ambisjoner og satt høyere avlingsforventninger (+ 20 %). I gjødslingsplanen betyr dette økt nitrogengjødslingsbehov.

I tillegg til forbedret agronomisk praksis og økte avlingsforventninger har klimaforholdene endret seg i retning av lengre vekstsesong, og i mange områder tar grasbønder en ekstra slått sammenlignet med før. Det påvirker også nitrogenbehovet direkte.

Tabell 3. Gjødselkorreksjon i gjødselplanlegging ved økt avlingsforventnong.

	Økt avlings- forventning	Faktor (kg N/daa)	Areal (daa)	SUM (tonn)
Økte kornavlinger	+ 100 kg	+ 1,6	3 000 000	4 800
Økte grasavlinger	+ 100 FEm	+ 2,0	5 000 000	10 000
Flere slåtter		+ 3,0	5 000 000	15 000
Potensielt behov for mer N				30 000

Samlet tilsier disse agronomiske og klimatiske utviklingstrekkene i norsk korn- og grasdyrking at det nasjonale behovet for mineralnitrogen burde vært økt med rundt 30 000 tonn årlig (Tabell 3). Til tross for dette har forbruket av mineralgjødsel-nitrogen i Norge falt med om lag 10 000 tonn siden år 2000. Det tilsier at N brukes stadig mer effektivt i tråd med bedre agronomi og teknologisk utvikling.

Det er en stor faglig svakhet at økt produktivitet ikke tillegges mer vekt i arbeidet med økt nitrogeneffektivitet. Fokuset i miljørapporteringer ligger på å måle reduksjoner, både når det gjelder innsatsfaktorer og utslipp. Det er langt mindre fokus på å kartlegge potensialet for redusert miljøavtrykk som resultat av økte avlinger med bedre kvalitet. En tilnærming som øker selvforsyning og reduserer behovet for å importere mat og fôrråvarer.

3 Landbruket er tjent med god nitrogenforvaltning

God nitrogenforvaltning er avgjørende for både matproduksjon, miljø og bondens økonomi. Optimalisert gjødsling gir høye avlinger, lavt nitrogenoverskudd og mindre tap til luft og vann. I kapittel 3 beskrives hvordan landbrukets nitrogeneffektivitet kan forbedres. Nitrogeneffektiviteten (NUE) bør forbedres gjennom god agronomi, presisjonsverktøy, delt gjødsling, riktig pH, drenering og bedre utnyttelse av organisk gjødsel. Nitrogenregnskap er faglig utfordrende og gir ofte misvisende vurderinger. En Nitrogenkorridor er et langt bedre styringsverktøy fordi den ivaretar både behovene for økt produksjon og redusert miljøavtrykk. Denne balanseringen er avgjørende om vi skal nå målet om 50 % selvforsyning.

3.1 N-effektivitet, bedre agronomi og presisjon

Avveining mellom miljøkrav, behov for økt matproduksjon og god lønnsomhet i landbruket innebærer potensielle målkonflikter. For eksempel om det iverksettes miljøbegrunnede restriksjoner som reduserer matproduksjon og/eller lønnsomheten for bonden. Det positive er at det finnes en rekke agronomiske tiltak som fremmer høy matproduksjon, lavt miljøfotavtrykk og god lønnsomhet for bonden samtidig. Løsningen er å identifisere og implementere disse tiltakene.

3.1.1 Nitrogeneffektivitet i planter

Ønsket om en høy NUE i planteproduksjon handler om at en høy andel av tilført nitrogen skal utnyttes av plantene og minst mulig skal tapes til luft (lystgass og ammoniakk) og vann (først og fremst nitrat).

Når man vurderer NUE i planteproduksjon, er NUE et mål på hvor mye av tilgjengelig nitrogen som plantene har klart å utnytte. En enkel versjon av NUE er å sammenligne mengde tilført nitrogen med mengde nitrogen bortført med avling. En mer detaljert beregning kan inkludere flere andre dynamiske prosesser. En nøkkelparameter i alle tilnærminger er %-andelen av tilført gjødsel-N som man finner igjen i avlingene.

Nitrogeneffektivitet i fremgang

Det skjer en kontinuerlig forbedring av N-effektiviteten i norsk jordbruk. Dette reduserer N-overskuddet og dermed risikoen for uønsket tap av nitrogen. Nitrogengjødsel er en betydelig kostnad for bonden, så det er ingen bønder som bevisst sløser med gjødsel. Nøkkelen til ytterligere fremgang er derfor rådgivning med formidling av tydelige budskap som gir forbedring. Dette handler om å vise gevinstpotensialet ved å gjennomføre god agronomisk praksis samt motivere til investeringer i bruk av presisjonsverktøy og teknologi som bidrar til optimalisering og god ressursutnyttelse.

Målet er å treffe optimalt med N-gjødsling tilpasset behovet, men vekstforholdene mellom siste gjødslingstidspunkt og høsting er en betydelig usikkerhetsfaktor som påvirker N-behovet. Derfor er den realistiske ambisjonen å gjøre mest mulig optimale tiltak basert på den informasjonen som er tilgjengelig ved gjødslingstidspunktet. I enkeltår, der ugunstige forhold mot slutten av vekstsesongen reduserer avlingspotensialet, vil N-effektiviteten nødvendigvis kunne bli lavere enn ønskelig.

Det er en rekke tiltak som kan forbedre N-effektiviteten samtidig som produksjonen økes, noe som er helt nødvendig for å nå målsetningen om betydelig økt selvforsyning. Det er store forskjeller fra bruk til bruk og bonde til bonde. De dyktigste gjør veldig mye riktig, med gode avlinger av riktig kvalitet, høy N-effektivitet og god ressursutnyttelse generelt som resultat. Samtidig kan de ha naboer som driver under tilnærmet samme forutsetninger uten å lykkes. Nøkkelen er å få på plass rådgiving og motivasjon som hjelper disse til forbedringer, her ligger det store forbedringspotensialet mht. både matproduksjon og miljø.

3.1.2 Bedre agronomi gir bedre N-effektivitet

En forutsetning for å oppnå høy N-effektivitet er å skape gode forhold for rotvekst som fremmer et rotsystem som går dypt og gjennomvever et stort jordvolum. Dyrkingsopplegget må etablere og ivareta best mulig jordstruktur. Økt innhold av organisk materiale forbedrer evnen til å frigjøre og holde på næringsstoffer, forbedrer jordstrukturen, inkludert evnen til å holde på vann, og sørger for god luftveksling. Vekster med stor rotmasse og dype røtter er generelt mer effektive til å utnytte tilgjengelig nitrogen enn vekster med mindre rotmasse og grunnere røtter. «Rot-arkitekturen» forøvrig har også betydning.

For å forbedre og oppnå høy N-effektivitet er derfor punkt 1 å sørge for at grunnleggende forutsetninger, som jordstruktur, drenering og pH, er optimalisert. Deretter ha et gunstig vekstskifte og sørge for at vekstene som dyrkes etableres på en god måte. Videre gjennom nødvendige strategier og tiltak minimere konkurranse fra ugras, bekjempe skadedyr og holde vekstene friske gjennom nødvendige tiltak mot soppsjukdommer.

Når det gjelder gjødsling, så er målet at alle nødvendige næringsstoff er tilgjengelig i riktige mengder og balansert mengdeforhold. Mineralgjødsel har definert innhold av næringsstoffer i plantetilgjengelig form, dermed kan man med god gjødslingspraksis tilføre rett mengde ved tidspunkt som gir god avlings- og kvalitetsrespons og lav risiko for tap av nitrogen til vann og luft. Organiske gjødseltyper er en viktig ressurs, men næringsinnholdet er mer varierende, kan være ubalansert og har lavere plantetilgjengelighet. Dette kan gi lavere avlings- og kvalitetsrespons på tilført gjødsel og øke risikoen for tap av nitrogen til vann og luft. Ved å kombinere organisk gjødsel med tilpasset type og mengde mineralgjødsel kan man oppnå en mer balansert næringsforsyning til beste for matproduksjon og miljø.

Til korn og mange andre vekster er det anbefalt å porsjonere ut og justere mengdene nitrogen slik at det er best mulig tilpasset vekstens behov i mengde og tidspunkt (delt gjødsling). Dette synkroniserer tilgang og opptak og reduserer mengdeoverskudd og oppholdstid i jorda før planteopptak. Mye nitrogen til stede før planteopptaket skjer, øker risikoen for tap og tap reduserer N-effektiviteten.

Som beslutningsstøtte for optimalisert gjødsling finnes flere gode presisjonsverktøy. Tilgjengelige organiske gjødseltyper må utnyttes på mest mulig effektiv måte gjennom å kjenne næringsinnholdet og benytte tildelingsmetoder som fremmer at en høy andel er plantetilgjengelig til tidspunkt der vekstene har næringsopptak.

Tiltak for god nitrogenforvaltning:

- Sørg for at jorda er godt drenert
- Unngå skadelig jordpakking
- Kalk jorda ved behov
- Godt vekstskifte
- Sørg for balansert gjødsling med essensielle næringsstoff
- Del N-gjødslingen i flere porsjoner og juster N-mengde ut fra vekstforhold, potensial og estimert behov.
- Gjør nødvendige tiltak mot skadegjørere (ugras, sopp, skadedyr)
- Benytt rådgiving, skjønn og erfaring og presisjonsverktøy for best mulige beslutninger
- Utnytt teknologi som sporsystemer, bruk spredere med seksjonsavstengning. Sørg for rett innstilling og godt vedlikehold av gjødselspredere.
- Utnytt tilgjengelige organiske N-kilder optimalt (stripespreder, slepeslange og nedfelling)

3.1.3 Overvurderes nitrogeneffekten av husdyrgjødsel?

Husdyrgjødsel og andre organiske gjødseltyper bidrar betydelig til å dekke vekstenes næringsbehov. Men N-gjødslingseffekten er beheftet med større usikkerhet og uforutsigbarhet enn hva som er tilfelle for mineralgjødsel. Husdyrgjødsel har ofte stor variasjon i næringsinnhold, og kun en begrenset andel av nitrogenet foreligger i umiddelbart plantetilgjengelig form. Beregninger er i stor grad basert på generelle tabellverdier og presise estimat av næringsbalanser og nitrogentap er metodisk utfordrende.

Det er samtidig avgjørende å skille mellom totalnitrogen og nitrogen med reell gjødseleffekt. Offentlige beregninger av nitrogeneffektivitet som tar utgangspunkt i totalnitrogen avviker fra etablert faglig praksis innen gjødslingsplanlegging og agronomiske forsøk. Husdyrgjødsel består av to nitrogenfraksjoner med fundamentalt ulike egenskaper: om lag 50 % ammonium-N, som er plantetilgjengelig og utsatt for betydelige ammoniakktap, og om lag 50 % organisk bundet nitrogen med begrenset kortsiktig (og langvarig) gjødseleffekt. Den organiske fraksjonen inngår i stedet i jordas langsiktige nitrogenpool og bidrar til oppbygging av moldinnhold.

I nordiske dyrkingssystemer, karakterisert av lave jordtemperaturer om våren, skjer mineraliseringen langsomt. Dette øker usikkerheten knyttet til frigjøring av nitrogen fra organisk materiale og kompliserer beregningen av faktisk gjødseleffekt ytterligere.

Agronomisk kunnskap og gjødslingspraksis bygger derfor på en tydelig differensiering mellom mineralisert nitrogen og organisk bundet nitrogen. En gårdbruker eller rådgiver vil aldri føre opp totalnitrogen i en gjødslingsplan, det ville være en kostbar feilvurdering, og påføre bonden både lavere avlingsnivå og redusert avlingskvalitet som konsekvens. I offentlige utredninger behandles totalnitrogen i husdyrgjødsel som om det har samme tilgjengelighet som N i mineralgjødsel. Dette gir en systematisk feilvurdering av nitrogenutnyttelsen og gir et skjevt bilde av husdyrbrukets faktiske nitrogenforvaltning. For at en slik beregningsmetode skal ha faglig legitimitet, må den i så fall inkludere en faktor som beskriver hvordan nitrogen i ufordøyelige planterester i husdyrgjødsel inkorporeres i jorda.

3.2 Nitrogeneffektivitet i norsk korndyrking

I stortingsmelding 11 (2023–2024) «Strategi for auka sjølvforsyning av jordbruksvarer og plan for opptrapping av inntektsmoglegheitene i jordbruket» beskriver regjeringen en strategi, der

økt planteproduksjon utgjør et sentralt element for hvordan selvforsyningsgraden skal økes fra dagens nivå og opp til 50 prosent innen 2030. En økning i selvforsyning fra 40 til 50 %, innebærer at matproduksjonen må økes med 25 %, alle andre forutsetninger holdt konstante.

Denne ambisiøse bestillingen krever altså noe helt annet enn å opprettholde korn- og grasproduksjonen på dagens nivå. Effektive grep som sikrer en rask og kraftig økt matproduksjon, er nødvendig.

Ambisiøse mål krever koordinert innsats mellom myndigheter og landbruksbransje

For å nå målsettingene om 50 % selvforsyning innen 2030 må følgende målsetninger innfris:

- 70 % norske råvarer i kraftfôr innen 2034
- 90 % norskandel i matkorn innen 2040

Dette er meget ambisiøse mål, men samtidig veldig motiverende for norsk landbruk og norske kornprodusenter. Det som er helt sikkert er at disse målsettingene ikke innfrir seg selv. I bransjeprosjektet «Økt norsk kornproduksjon» (2011-2013) var målet å finne tiltak for å øke norsk kornproduksjon med 20 % innen 2030. I sluttrapporten var konklusjonen: *«Økt produksjon kan oppnås enten gjennom økt areal, økte avlinger per dekar eller en kombinasjon av begge. Å realisere en slik ambisjon vil være særdeles krevende om kornarealet forblir stabilt på dagens nivå, og meget urealistisk om arealavgangen fortsetter»*. Det er gledelig å se at denne krevende ambisjonen er i ferd med å bli nådd. De sju beste kornårene i Norge, målt i kg pr. dekar, er alle fra 2015 og senere. Hovedårsakene er økt søkelys på god agronomi og tiltak for økte avlinger, i kombinasjon med flere sesonger med gunstige vekstforhold.

Erfaringene fra «Økt norsk kornproduksjon»-satsingen gir optimisme med hensyn til å innfri ambisjonen om 50 % selvforsyning. En avgjørende forutsetning er at myndigheter, FoU, rådgivning og resten av verdikjeden drar i samme retning, og gjør gode veivalg sånn at man sammen bidrar til stabile rammer og fortsatt framgang for bonden og norsk landbruk.

Betydningen av høy nitrogeneffektivitet

Effektiv utnyttelse av nitrogengjødsel er avgjørende for både lønnsom matproduksjon, miljøhensyn og opprettholdelsen av et godt omdømme for norsk korndyrking. En optimal agronomisk praksis, som legger til rette for høye og stabile avlinger, er fundamentet for god nitrogeneffektivitet. Det er først når gjødslingsnivået overstiger det økonomiske optimum at risikoen for nitrogentap til luft og vann øker.

I denne sammenhengesn er det viktig å påpeke at både svært høy og svært lav nitrogeneffektivitet kan være uheldig. En NUE som overstiger 90 % indikerer at jorda tappes for nitrogenreserver, noe som over tid kan redusere jordas fruktbarhet og produksjonspotensial. Dersom nitrogeneffektiviteten derimot er for lav, øker risikoen for at nitrogen går tapt til miljøet. Dette kan føre til at klimatiltak rettet mot reduserte klimagassutslipp kan gi høy nitrogeneffektivitet, men lav arealproduktivitet – en utvikling som verken er bærekraftig eller ønskelig.

Nitrogeneffektivitet som måleparameter

En av de største fordelene ved å bruke nitrogeneffektivitet som indikator for god agronomisk praksis, er at avlingsnivået inkluderes i vurderingen av optimal gjødslingsstrategi. Det betyr

at like god eller bedre nitrogeneffektivitet ofte kan oppnås ved relativt høye gjødslingsnivåer, forutsatt at avlingsresponsen er tilfredsstillende.

Dette illustreres tydelig i en omfattende forsøksserie (NIBIO, NLR) der målet var å evaluere bondens gjødslingsplan. Tabellen 4 bygger på gjennomsnittet av mer enn 300 kornforsøk, gruppert etter lavt, middels og høyt avlingsnivå. Resultatene viser at nitrogeneffektiviteten er høyest ved høye avlingsnivåer, selv om optimal nitrogenmengde i disse tilfellene er høyere. Forsøkene viser også at halmbehandling har stor innvirkning på beregnet nitrogeneffektivitet; fjerning av halm kontra nedmolding gir betydelige utslag i nitrogenbalansen.

I tillegg dokumenterte forsker Hugh Riley ved NIBIO at dersom man gjødsler med samme mengde nitrogen som fjernes gjennom avlingen (NUE = 100 %), oppstår det en betydelig avlingsreduksjon allerede første år. Ved å tilføre om lag 2,5 kg N/daa mer enn det avlingen fjernet, var avlingstapet vesentlig mindre. Disse funnene demonstrerer tydelig at høye avlingsnivåer er en forutsetning for å oppnå høy nitrogeneffektivitet (NUE). Forsøksseriene med lave avlinger viser gjennomgående lav NUE, et resultat av at tilført nitrogen har stått i et ugunstig forhold til avlingsmengden. I forsøksleddene med middels og høye avlinger fremkommer det derimot at det er fullt mulig å oppnå høy nitrogeneffektivitet i norsk korndyrking. En betydelig andel av forsøkene viser NUE-verdier som overstiger det europeiske gjennomsnittsnivået på 64 %, og resultatene indikerer at NUE over 70 % er oppnåelig under gunstige dyrkingsforhold.

Tabell 4. Beregnet nitrogenutnyttelse (NUE; %) 300 kornforsøk (1991–2014)

BYGG	Optimal	N-opptak	N-opptak	N-balanse	NUE	NUE
Forv. avling	N-mengde	Korn	Halm	(inn – ut)	uten halm	Inkludert halm
300 kg/daa	10,2	4,7	0,5	5,1	46	51
450 kg/daa	11,6	7,0	0,7	4,1	60	66
600 kg/daa	13,1	9,6	0,9	2,8	73	80
750 kg/daa	14,5	12,3	1,1	1,3	85	92
900 kg/daa	15,9	15,2	1,4	-0,4	96	104

HAVRE	Optimal	N-opptak	N-opptak	N-balanse	NUE	NUE
Forv. avling	N-mengde	Korn	Halm	(inn-ut)	uten halm	Inkludert halm
300 kg/daa	10,2	5,1	0,6	4,6	50	56
450 kg/daa	11,6	7,4	1,4	3,4	64	76
600 kg/daa	13,1	9,9	1,3	2,1	76	85
750 kg/daa	14,5	12,6	1,6	0,6	87	98
900 kg/daa	15,9	15,5	1,9	-1,2	97	109

HVETE	Optimal	N-opptak	N-opptak	N-balanse	NUE	NUE
Forv. avling	N-mengde	Korn	Halm	(inn-ut)	uten halm	Inkludert halm
300 kg/daa	10,9	5,1	0,9	5,1	47	55
450 kg/daa	13,3	7,7	1,3	4,5	58	68
600 kg/daa	15,7	10,6	1,9	3,6	68	80
750 kg/daa	18,0	15,4	1,0	2,2	86	91
900 kg/daa	20,4	17,6	3,2	0,1	86	102

Kilde: Hugh Riley, NIBIO

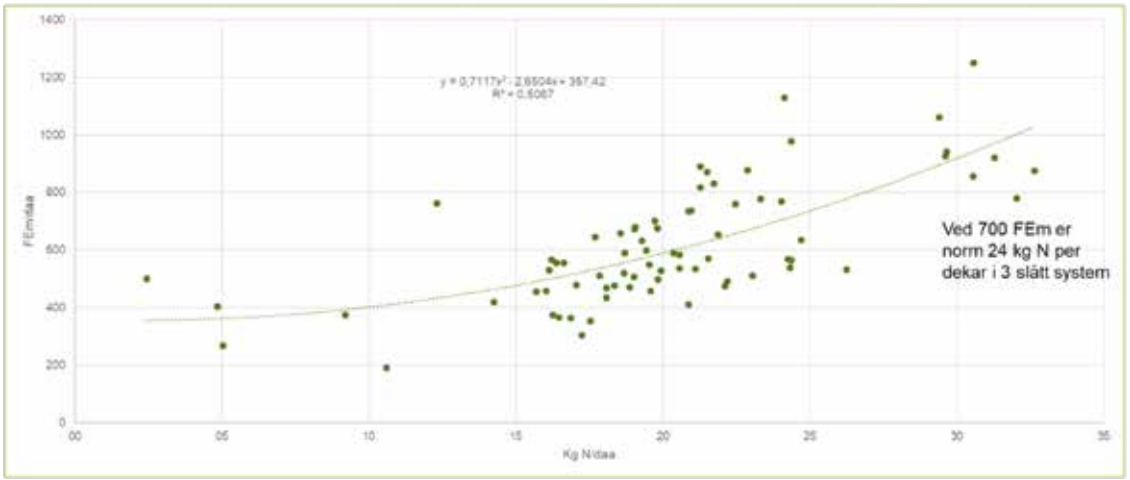
3.3 Nitrogeneffektivitet i norsk grasdyrking

En kartlegging utført av TINE viser at det er betydelig potensial i å utnytte nitrogen bedre i norsk grasdyrking. Analysen av 200 skifter i Trøndelag vekstsesongen 2025 viser store avlingsforskjeller både mellom bruk og skifter. Bønder vil aldri treffe 100 % på avlingsforventning i gjødslingsplanen og reell oppnådd avling, men den betydelige variasjonen i kartlegging av 200 skifter i Trøndelag, viser samtidig at det er stort potensial for å utnytte nitrogen smartere i norsk grasdyrking. Undersøkelsen viser at det er liten tradisjon for å variere nitrogengjødsling mellom skifter internt på det enkelte gårdsbruk (se vedlegg 2).

I bransjeprosjektet «Grovfôr 2020» som gikk fra 2015 til 2017 gjennomførte NLR og TINE 200 gårdsanalyser, der bondens gjødslingspraksis ble analysert. Hver gård ble analysert individuelt, og avlingsnivåer, gjødselpraksis, næringsinnhold i husdyrgjødsel, spredeutstyr mm. ble registrert.

Den svært grundige analysen avdekket en stor variasjon mellom gårdsbrukene, både i gjødselstyrke og avlingsnivå. I alle regioner fant vi gårdbrukere som høstet mer enn 700 FEm per dekar i snittavlinger, men overraskende få gårdbrukere tilførte nok nitrogen for å dekke plantenes næringsbehov ved dette avlingsnivået. Spørsmålet blir da naturligvis om bøndene gjødsler korrekt ut fra realistisk avlingsnivå på egen gård, eller om de taper avling ved at nitrogenmengden er suboptimal.

Det var 74 gårdsbruk som gjennomførte 3-slått system. De fleste gårdsbrukene var på Jæren eller flatbygdene på Østlandet. Ved 700 FEm avlingsnivå, som TINE/NLR mener er svært realistisk avlingsforventning, er gjødselanbefalingen 24 kilo nitrogen per dekar. Det var overraskende få bønder som gjødslet graset med 24 kg nitrogen (mineralgjødsel + husdyrgjødsel) i dette utvalget (Figur 11).



Figur 11. Nitrogenmengde og avling på 74 gårdsbruk analysert i Grovfôr 2020.

3.3.1 Bedre agronomi er nøkkelen til økt NUE i norsk grasdyrking

Store grasavlinger er et viktig mål for kostnadseffektiv grovfôrproduksjon. Fornying av eng er dermed et sentralt agronomisk tiltak for å opprettholde høy grovfôrproduktivitet, stabil fôrkvalitet og god utnyttelse av tilført nitrogen. I tillegg til effekten på avlingsnivå og botanisk sammensetning, har fornyingsstrategien betydelig innvirkning på nitrogeneffektivitet. Etablering av eng etter forgrøder som grønnfôr, kombinert med nedmolding av husdyrgjødsel i åpen åker, gir vesentlig høyere nitrogenutnyttelse enn dagens praksis der mye av husdyrgjødsla spres tynt på etablert engoverflate.

Teoretisk beregning av effekt på nitrogenkonsum:

Alternativ 1: **Langvarig eng uten fornying,** husdyrgjødsel spres tynt utover hele arealet uten nedmolding.
Alternativ 2: **Hyppig fornying**, husdyrgjødsel disponeres i åpen åker og moldes ned i forgrøder og gjenlegg.

Alternativ 1: Langvarig eng uten fornying (husdyrgjødsel spres tynt på overflaten)
Forutsetninger:

- 50 daa eng
- Behov: 20 kg mineral-N per daa
- Husdyrgjødsel: 2 tonn blautgjødsel per daa (≈ 2 kg plantetilgjengelig N/daa)

Nitrogenbalanse:

- Husdyrgjødsel totalt: 50 daa × 2 tonn = 100 kg N
- Mineralgjødsel: 50 daa × 18 kg N = 900 kg N

Sum tilført nitrogen med mineralgjødsel: **900 kg N**

Alternativ 2: Hyppig fornying av eng (husdyrgjødsel moldes ned i åpen åker)
Forutsetninger:

- 50 daa i et femårig omløp med grønnfôr, gjenlegg og eng
- Husdyrgjødsel nedmoldes i åpen åker (5 tonn/daa), rask nedmolding gjør at nitrogenet utnyttes mer effektivt.
- Gjødsling med mineralgjødsel ut fra gjeldende NLR/NIBIO normer.
- Kløverandel i første engår: 20 %

Nitrogenbalanse:

- Grønnfôr (10 daa): 5 kg mineral-N/daa + 5 tonn husdyrgjødsel
- Gjenleggsår (10 daa): 3 kg mineral-N/daa + 5 tonn husdyrgjødsel
- Engår 1 (10 daa): 14 kg N/daa = 140 kg N
- Engår 2 (10 daa): 20 kg N/daa = 200 kg N
- Engår 3 (10 daa): 20 kg N/daa = 200 kg N

Sum tilført nitrogen med mineralgjødsel: **620 kg N**

Eksemplet viser at hyppig omlegging av eng gir vesentlig lavere behov for nitrogen gjennom et 5-årig vekstomløp. Hyppig fornying av eng øker nitrogeneffektiviteten med om lag 30 % sammenlignet med langvarig eng uten fornying. (280 / 900 × 100 ≈ 30 % forbedring).

Hyppig fornying av eng gir dessuten flere synergistiske agronomiske effekter:

1. Økt nitrogenutnyttelse:
   Nedmolding av husdyrgjødsel i åpen åker reduserer ammoniakktap og øker plantetilgjengelig N sammenlignet med overflatespredning på etablert eng. Dette gir en betydelig høyere N-effektivitet.
2. Bedre avlingsstabilitet:
   Nyetablerte enger har høyere andel verdifulle grasarter og mer kløver. Kløver gir økt biologisk N-fiksering, og rom for å redusere N-gjødsling.
3. Redusert ugraspress:
   Regelmessig fornying bryter etablering av flerårige ugrasarter og gir jevnere plantebestand.
4. Mulighet for kalking og bedre jordkjemi:
   Jordarbeiding gir rom for systematisk kalking, som bidrar til optimal pH, økt N-mineralisering og bedre rotutvikling.

Hyppig fornying av eng, kombinert med strategisk bruk av husdyrgjødsel i åpen åker, representerer et agronomisk tiltak med betydelig potensial for å øke nitrogeneffektivitet, forbedre avlingsnivået og redusere næringstapet. En slik praksis er konsistent med målsettingene i 50–70–90-strategien, og gir samtidig en mer robust og klimasmart grovfôrproduksjon.

I flere av Norges dalstrøk, fjellbygder og nordlige regioner fremstår jordbruksarealer preget av vedvarende agronomiske utfordringer. Engarealene viser ofte høy forekomst av ugras, redusert botanisk kvalitet, og jordprøver med pH-verdier betydelig under anbefalte nivåer.

Disse forholdene indikerer en systematisk ugunstig forvaltning av jordressursene og en manglende evne til å utnytte tilført nitrogen på en effektiv måte. Slike agronomiske utfordringer må adresseres for å unngå en miljøpolitikk/miljøkrav som hindrer dyktige bønder å gjødsle optimalt.

Utformingen av nytt regelverk for nitrogenforvaltning i landbruket fordrer at man balanserer en rekke målkonflikter. Et alternativ er å legge hovedvekten på agronomiske forbedringer som kan øke avlingsnivået og samtidig styrke nitrogeneffektiviteten. Tiltak som målrettet kalking, regelmessig fornying av eng og optimalisert gjødsling har dokumentert positiv effekt på avlingsmengde og grovfôrkvalitet. En slik strategi vil derfor gi økt lønnsomhet for produsenten, en høyere andel norskprodusert fôr i husdyrholdet og en styrket nasjonal selvforsyningsgrad. Dette er i tråd med nasjonale målsettinger om robust matproduksjon, landbruk over hele landet og økt beredskap.

3.3.2 Importerte mat- og fôrvarer har også et klimaavtrykk

Norsk landbruk må øke matproduksjonen i takt med befolkningsveksten, ellers er konsekvensen redusert selvforsyning og økt behov for matimport.

I dagens vurderinger av nitrogenbruk i norsk landbruk inngår klimabelastningen fra importerte fôr- og matvarer i liten grad i helhetsanalysene. Importert protein og karbohydrater utfyller i praksis norskproduserte råvarer, men deres tilhørende klima- og miljøfotavtrykk blir sjelden beregnet eller inkludert i sektorens samlede utslippsregnskap. Dette representerer en logisk brist i nasjonale miljøberegninger, fordi nasjonale reguleringer som svekker norsk matproduksjon, ikke vurderer miljøeffektene av økt importbehov.

Proteinimporten har økt betydelig over tid

I perioden 2002–2018 var det nesten en dobling i forbruket av proteinråvarer i norsk kraftfôr. Om lag 90 % av dette ble importert, halvparten som rapsprodukt fra Sverige/Danmark/Baltikum og resten hovedsakelig som soya fra Brasil. Etter 2018 viser utviklingen at lengre vekstsesonger, agronomiske forbedringer og målrettede utviklingsprogrammer innen korn- og grovfôrproduksjon har bidratt til redusert import av proteinråvarer. Dette bryter en langvarig trend med økende import av blant annet rapsprodukter fra våre naboland.

Med et gjennomsnittlig avlingsnivå på 350 kg raps per dekar innebærer økningen i proteinimport på 180 000 tonn siden 2002 et produksjonsareal på minst 500 000 dekar i nabolandene. Rapsarealer i Sverige og Danmark gjødsles med nitrogenmengder som er minst på nivå med norsk praksis (om lag 20 kg N per dekar), og store deler av disse arealene drenerer, på samme måte som norsk jordbruksmark, til Skagerrak (eller eventuelt Østersjøen). Vi importerer også raps fra Baltikum.

I et samlet klima- og miljøregnskap fremstår det betydelig mer gunstig å produsere en større andel av proteinet som protein i gras eller fôrkorn i direkte tilknytning til husdyrproduksjonen. Det er gjennomført og pågår prosjekt omkring dette, bl.a. for å øke innholdet av protein i norskprodusert bygg. Økt proteininnhold i grovfôr og fôrkorn er dessuten kostnadseffektivt, ettersom de fleste produksjons-, høste- og utfôringskostnader uansett vil være der. Dette i motsetning til importert raps, som krever full gjennomføring av alle dyrkingsoperasjoner og har innhøstings- og foredlingskostnader i produksjonslandet før sluttproduktet (rapsmel/rapskake) importeres til Norge, og videreforedles til kraftfôr. Økt protein i norskprodusert gras og fôrkorn vil redusere behovet for importprotein. Ved import av proteinråvarer er det i tillegg lett å glemme at dette samtidig representerer en betydelig karbohydratimport som også hemmer målet om 70% norske råvarer i kraftfôret.

Dette illustrerer hvordan importerte jordbruksvarer innebærer omfattende ressursbruk og utslipp i produksjonslandene, uten at dette synliggjøres i norske klima- og miljøregnskap. Fôrimport bør derfor betraktes som et sentralt, men ofte undervurdert, element i vurderingen av nitrogenrelaterte miljøeffekter, ressursforvaltning og nasjonal matsikkerhet.

Et regelverk som pålegger systematisk suboptimal nitrogengjødsling, og dermed reduserer innenlandsk matproduksjon, vil derfor skape nye utfordringer. Konsekvensen av lavere produksjon er økt import av både mat- og fôrvarer, med de utfordringer innen klima og bærekraft dette medfører. Nettoeffekten av slike tiltak fremstår som marginal eller negativ i et helhetlig globalt miljø- og klimaperspektiv. Bedre agronomi og økt produksjonseffektivitet er et reelt og bærekraftig alternativ til produksjonsbegrensende miljøtiltak.

3.4 Løsninger for å oppnå bedre nitrogeneffektivitet

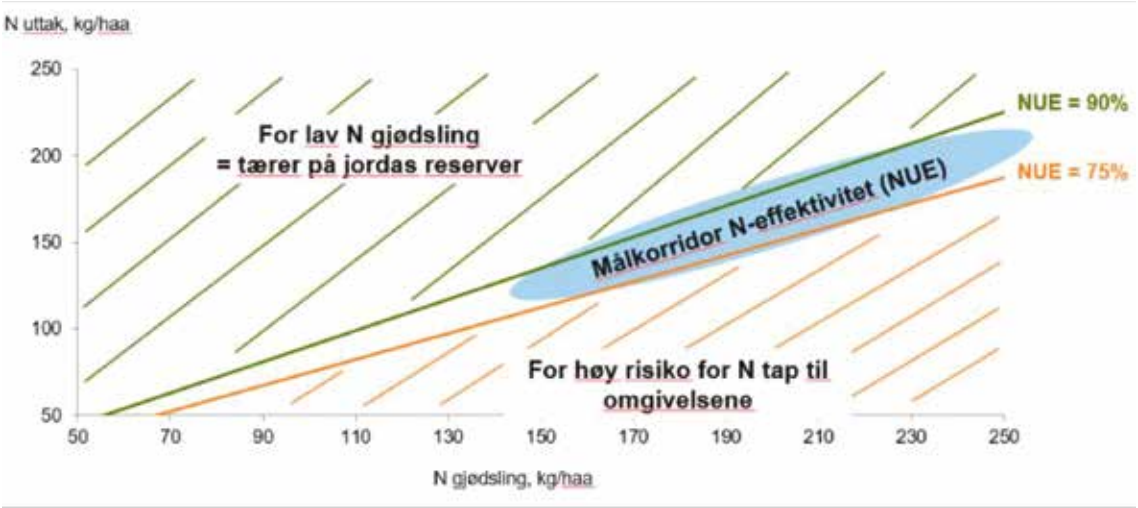
3.4.1 Nitrogenkorridor: Effektiv metode for å vurdere nitrogeneffektivitet

Forbedring av nitrogeneffektivitet må ta utgangspunkt i agronomiske tiltak og reell gjødseleffekt. Vi anbefaler konseptet nitrogenkorridor som faglig ramme for videre arbeid.

Nitrogenkorridoren angir et ønskelig område for nitrogeneffektivitet. En slik korridor vil fungere som et positivt insentiv, der gårdbrukere kan arbeide systematisk med bedre nitrogenutnyttelse, sammenligne egne resultater med kolleger og identifisere forbedringsmuligheter, uten at dette kobles til kontroll- eller sanksjonsmekanismer fra forvaltningen.

Høy N-effektivitet er målet, men både for høy og for lav N-effektivitet er uheldig (Figur 12). Er NUE over et visst nivå (85–90 %) tærer man på jordas reserver. Årsaken er at avlingene og visse uunngåelige N-tap (som alltid skjer), til sammen fører bort mer N enn det man erstatter med gjødsling. Konsekvensen er en utarming av jorda som over tid reduserer fruktbarhet og produksjonspotensial. Er NUE for lav øker risikoen for at nitrogen tapes til miljøet. Det er over lengre tid jobbet med korridorer for ønsket NUE. En korridor som har vært benyttet i EU-sammenheng tilsier at NUE bør ligge mellom 75 og 90 %. Dette er ambisiøst, da en sammenstilling viste at gjennomsnittlig NUE for korn i EU-landene var 64 %.

Det bør gjøres et grundig forarbeid for å definere hva som er fornuftige og rimelige grenseverdier for en korridor tilpasset norske forutsetninger. Men prinsippet og tilnærmingen er hensiktsmessig i en situasjon der vi både skal øke produksjonen og minske miljøfotavtrykket. En korridor for NUE gir bonden konkrete tall å forholde seg til. Bonden blir bevisstgjort hvordan NUE i egen dyrking er, NUE-tallene vil være et nyttig utgangspunkt for at bonden, i samarbeid med rådgivere, kan gjøre systematiske analyser for å finne



forbedringspunkter.

Figur 12. Nitrogenkorridor for bedre nitrogeneffektivitet. Kilde: Nitrogen Use Efficiency (NUE) Guidance Document for assessing NUE at farm level (2016)

Om lag 90 % av norsk planteproduksjon er gras (grovfôr) og korn brukt som dyrefôr. Når planteprodukter omsettes via dyr, oppstår det nitrogentap i alle ledd av produksjonskjeden, inkludert dyrking, høsting til lagring og fôring. Alle operasjoner i denne kjeden kan forbedres for å oppnå bedre nitrogenutnytting på gården. I denne rapporten er dyrkning og høsting tillagt mest vekt. Utnyttingen av nitrogen i fôringen er berørt i Vedlegg 4. Vedlegg 4 viser en tabell hvor N-utnytting varierer mellom

ulike produksjoner. Vel så viktig er imidlertid den betydelige variasjonen innen produksjon. Dette indikerer et betydelig forbedringspotensial. Det mest effektive er å tilpasse tildelingen av protein til behovet. Dette vil redusere utskillingen av overskudds-N i form av urea og urinsyre. Nitrogen som raskt omdannes til ammoniakk og dermed representerer en betydelig risiko for N-tap til omgivelsene fra husdyrgjødsel. Den største utfordringen i dette ligger i for lav tilførsel av protein til dyrene og dermed redusert produksjon. Tilpassede vurderingssystem og optimal produksjonsstyring vil være nødvendig for å hente ut økt N-effektivitet i en samlet plante- og husdyrproduksjon.

Det er påfallende at forbedret produksjonsstyring, både innen planteproduksjon og husdyrhold tillegges svært begrenset oppmerksomhet i tiltakene som foreslås for å redusere nitrogenutslipp. Tiltaksanalyser vurderer sjelden økt produktivitet som en mulig strategi for å redusere utslipp per produsert enhet, til tross for at mer effektiv utnyttelse av innsatsfaktorer som gjødsel, energi og andre driftsmidler er en veletablert metode for å redusere både miljøpåvirkning og kostnader i landbruket.

3.4.2 Konkrete tiltak for både økt produksjon og N-effektivitet

For både å oppnå produksjons- og miljømessige forbedringer er optimalisert gjødsling løsningen. Gjødsel er en kostbar innsatsfaktor. Dette tilsier at ingen bønder bevisst tilfører større mengder enn hva som er økonomisk fornuftig. Det må videre gjennom rådgiving og eventuelt tilskudd motiveres til presisjonsjordbruk og utnyttelse av annen teknologi som bidrar til at rett mengde gjødsel tilføres på rett sted til rett tid (Tabell 5).

Tabell 5. Løsninger som vil sikre bedre bruk av innsatsmidler i norsk korn- og grasdyrking, og samtidig sikre bonden et bedre økonomisk resultat

Løsning/ Tiltak	Areal effekt	Effekt	Miljøgevinst	Økonomi for bonde
GPS/seksjonsavstengning	Stor	Stor effekt på skifter med dårlig arrondering	Mindre lystgass, mindre næring-savrenning, bedre bruk av plantevern	God
Gjødslingsstrategier (delt gjødsling i korn og gras)	Stor	Stor effekt i vanskelige sesonger med ustabilt vær om våren.	Mindre lystgass, mindre avrenning	God
Lav karbon gjødseltyper (BAT)	Stor	Det vil komme mer ammoniumni-trat med lavere miljøavtrykk	Velge gjødseltyper som er pro-dusert med lavest mulig klimaav-trykk (BAT)	Lav
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Stor	Fremdeles mulig å utvide arealet.	Mindre ammoniakktap og mindre lystgass (red. jordpakking) Mer presis tildeling Men skadelig for biologisk mangfold	God
Smartere kjøring (bruk av traktor)	Stor	Med redusert jordarbeiding og moderne teknologi er det mulig å redusere dieselforbruk på de fleste gårdsbruk	Mindre CO_2 utslipp	God
Bedre tilpasning av N-gjødsling til avlingsnivå	Stor	Stort forbedringspotensial, særlig i gras. Både over- og undergjødsling er utfordrende	Mindre lystgass, mindre behov for proteinimport	God
Sjekke gjødselspreder	Stor	Stort potensial for å bedre praksis rundt gjødselspredning.	Mindre lystgass, mindre avrenning, mindre gjødsel ut i kantsoner	God
Kalking	Stor	I grasdistriktene er det store are-aler med lav pH. Potensial for økte avlinger og bedre næringsstoff-utnyttelse.	Mindre avrenning, mindre lystgass	God
Hyppig fornying av eng	Stor	Bedre nitrogeneffektivitet og økte avlingsnivåer Bedre kvalitet på fôret, og mindre behov for import fôr.	Mindre avrenning, mindre lystgass	God

3.5 OECD – rapportering på næringsbalanser i medlemsland

Offentlige rapporter viser ofte til OECDs beregninger av nitrogeneffektivitet per hektar i ulike land. Ifølge OECD er Norge et av de minst nitrogeneffektive landene i Europa. (kilde: Eurostat). Denne påstanden gjengis regelmessig i norsk offentlighet uten forbehold. Sist i rapport «Helhetlig plan for bærekraftig bruk av nitrogen i jordbruket» (Rapport nr. 30/2026). Det er grunn til å advare mot slike sammenligninger fordi datagrunnlaget ikke er tilstrekkelig harmonisert mellom Eurostats medlemsland. I metadataene til Eurostat leser man følgende advarsel: «Geographical comparability is currently limited due to the different methodologies applied to calculate coefficients and differences in data sources used. Therefore, data should not be directly compared between countries.»

OECD oppgir Eurostat som kilde. I Eurostat beregnes NUE og nitrogenoverskudd ved å beregne differansen mellom total nitrogeninput til landbrukssystemet og nitrogen fjernet gjennom høstet biomasse. Beregningene baseres dessuten på totalt jordbruksareal i hvert medlemsland. Metodikken forutsetter dermed at både arealgrunnlag og inputfaktorer er konsistent definert mellom land.

3.5.1 Er Norge et av Europas mest intensive landbruksområder?

OECDs data viser at Norge ligger svært høyt både når det gjelder tilført nitrogen per hektar, innhøstet nitrogen per hektar, og nitrogenoverskudd per hektar. Både når det gjelder gjødslet nitrogen per arealenhet og beregnet nitrogenoverskudd per hektar rangeres Norge som nummer to i Europa, i begge tilfeller kun slått av Nederland.

Basert på disse indikatorene framstår Norge, sammen med Nederland, som et av de mest nitrogenintensive landbruksområdene i Europa. Norge har med sitt begrensede jordbruksareal en selvforsyningsgrad på cirka 40 %. Til sammenligning har Nederland en av verdens mest industrialiserte og eksportorienterte landbrukssektorer, med en årlig eksportverdi på over 100 milliarder euro, noe som gjør landet til verdens tredje største eksportør av landbruksvarer. At man i norsk landbruk skal gjødsle like sterkt med nitrogen som i Nederland, et av verdens mest intensive landbruksområder, tilsier at metadataene bør sjekkes grundig.

Nitrogen-rapportering til OECD er preget av usikre og manglende datakilder

Eurostat oppgir at alle jordbruksarealer (UAA) i hvert enkelt medlemsland inngår i beregningen over NUE. Eurostat skiller ikke på om jordbruksarealene er brakklagt, ugjødslet eller drives økologisk når næringsstoffbalanser og nitrogeneffektivitet beregnes. Når ugjødslede innmarksbeiter, ekstensivt driftede arealer og brakklagt jord inngår i det totale jordbruksarealet, vil dette resultere i et kunstig lavt nitrogennivå per hektar i land der slike arealer utgjør en stor andel av totalarealet.

Beskrives nitrogenavrenning per dekar kombinert med totalt jordbruksareal blir fremstillingen av nitrogentap i de europeiske landene betydelig endret (Figur 13). Da er det de store landbrukslandene som topper statistikken over tapt nitrogen, naturlig nok. Dette forholdet underkommuniseres i offentlige rapporter, selv om det naturligvis er de totale nitrogentapene som burde vært mest vektlagt med tanke på miljøbelastning.

Figur 13. Nitrogentap på landsnivå rapportert til Eurostat 2023.

Kilde: Eurostat

Sammenligning av dyrkingsdata i de nordiske land er krevende

I en nordisk kontekst er nivåene på grasavlinger og proteininnhold i fôret åpenbare feilkilder i meta-dataene til Eurostat. Variabler som størrelsen på grasarealer, omfanget av innmarksbeiter, anslåtte grasavlinger og vurderinger av grovfôrkvalitet påvirker de nasjonale nitrogenbalansene. Europeiske land har ulike metoder for å registrere avling og usikkerheten bak avlingsestimatene er betydelig, ifølge Eurostat. De beskriver selv at anslag på grasavlinger har stor påvirkning på nasjonale næringsbalanser, og konkluderer med at det er stort behov for å utvikle bedre metoder for å evaluere grasavlinger og beiteopptak.

Nitrogeneffektivitet i de nordiske land

Ifølge SSB består Norges jordbruksareal av 9,87 millioner dekar, hvorav 8,11 millioner dekar er fulldyrket jord og 1,76 millioner dekar klassifiseres som overflatedyrket eng og innmarksbeite. I Norge driftes innmarksbeiter intensivt i mange områder, og utgjør en viktig fôrressurs. Når innmarksbeiter utgjør nær 20 % av totalarealet, er det metodisk sannsynlig at dette bidrar til at Norge fremstår mer nitrogenintensivt i internasjonale sammenstillinger, siden andre land med overskudd av jordbruksareal ikke gjødsler slike arealer.

I Sverige utgjør beitemark om lag 4,5 millioner dekar, hvorav 4,15 millioner dekar mottar miljøstøtte. Hoveddelen av dette arealet gjødsles ikke, men arealet inngår likevel i Eurostats beregninger i «Gross Nutrient Balances». Samtidig i 2019, da OECD beregner N-effektivitet i svensk jordbruk er over 20 % av arealene økologisk drevet, mot rundt 5 % i Norge.

Agronomisk har Norge mest til felles med Finland, et land med lignende klimatiske begrensninger og produksjonsforhold. Det fremstår lite sannsynlig at Norge skal ha vesentlig lavere nitrogenutnyttelse per hektar enn Finland, slik OECDs tall viser. Én forklaring kan være at

23 % av det finske landbruksarealet (14 % økologisk + ca. 9 % brakklagt) ikke tilføres mineralgjødsel, og dermed trekkes landets gjennomsnittlige nitrogeninput per hektar betydelig ned. Slike forskjeller i arealbruk og driftssystemer mellom Norge, Sverige og Finland gjør det faglig misvisende å sammenligne nitrogeneffektivitet per arealenhet uten å kalibrere dataene for strukturelle forskjeller i gjødslingsgrad, økologisk drift og omfanget av ekstensiv arealbruk. Oppsummert fremstår Eurostats metadata for de nordiske landene som usikre og fragmenterte, og det er vanskelig å etablere sammenlignbare NUE-tall mellom Norge, Sverige og Finland grunnet dette misforholdet.

Alle nordiske land praktiserer obligatorisk gjødslingsplanlegging basert på nasjonale normer (Tabell 6). Så gjødslingspraksisen ved et bestemt avlingsnivå er relativt sammenlignbar mellom de nordiske landene.

Når man sammenholder nasjonale gjødslingsnormer for de nordiske landene, fremstår det ulogisk at Norge skal ha en signifikant lavere nitrogenutnyttelsesgrad (NUE) enn våre naboland. I de fleste tilfeller er de norske anbefalingene lavere enn eller om lag på samme nivå som i de andre nordiske landene. Dette står i skarp kontrast til at OECD rapporterer om langt lavere NUE i Norge sammenlignet med Norden for øvrig.

Tabell 6. Gjødslingsnormer i nordiske land, kg N pr. dekar ved definerte avlingsnivåer (kg per daa) i et utvalg vekster

Nasjonale nitrogenanbefalinger					
	Avling	**Danmark**	**Sverige**	**Finland**	**Norge**
Bygg	500	14,5	8,5 (malt)	12,0	11,1
Vårhvete	500	15,0	14,5	14,0	12,5
Høsthvete	700	17,0	16,0	16,0	16,5
Høstraps	400	19,0	14,0	20,0	18,0
Eng (3 slåtter)	800	28,0	18,0	25,0	24,0

4 Landbrukets modellberegninger – Kostbare beslutninger fattes på usikkert tallgrunnlag

Kapittel 4 beskriver hvordan beslutninger innen landbruk og miljø bygger på et kunnskapsgrunnlag basert på usikre måledata og modeller, særlig for nitrogenutslipp. NOx-utslippene er kraftig redusert siden 2000, mens nye beregningsmetoder har senket estimatene for ammoniakkutslipp fra jordbruket betydelig. Likevel benyttes modellberegninger som beskriver liten fremgang i landbrukets nitrogentap, uten tydelig kommunisering av de store usikkerhetene bak modelleringsarbeidet. Dette er alvorlige svakheter, for uten robuste data kan kostbare klimatiltak bli basert på metodisk svake grunnlag. Dette vil over tid vil svekke klimapolitikkens legitimitet i befolkningen.

4.1 Internasjonale avtaler påvirker landbruket

Norge er part i flere internasjonale avtaler som regulerer både nasjonale utslippsnivåer og rapporteringsplikter for nitrogenholdige gasser og nitrogenforbindelser.

Det er viktig å understreke at nitrogen ikke kun tilføres miljøet gjennom landbruket. Flere sektorer i det norske samfunnet bidrar til samlede nitrogenutslipp, herunder transport, industri og avløpssystemer og er regulert og forpliktet under det samme regelverket.

4.1.1 Internasjonale avtaler som regulerer norske nitrogenutslipp

Gøteborgprotokollen

Gøteborgprotokollen (1999), under Konvensjonen om langtransportert grenseoverskridende luftforurensning (LRTAP), forplikter signaturstatene til å redusere utslipp av luftforurensende stoffer som bidrar til forsuring, eutrofiering og dannelse av bakkenært ozon. Protokollen regulerer blant annet utslipp av:

- Svoveldioksid (SO_2)
- Nitrogenoksider (NOx)
- Ammoniakk (NH_3)

For Norges del er landbruket en hovedkilde til utslipp av ammoniakk, mens transport- og industrisektoren står for betydelige NOx-utslipp.

Parisavtalen

Parisavtalen (2015) er et globalt rammeverk for å begrense klimaendringer. Norge har forpliktet seg til å redusere sine totale klimagassutslipp med minst 55 % innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå. For landbrukssektoren er følgende nitrogenrelaterte klimagasser sentrale:

- Metan (CH_4), særlig fra enterisk fermentering
- Lystgass (N_2O), hovedsakelig fra jordbruksarealer og håndtering av husdyrgjødsel

Lystgass er av spesiell betydning da den har 265 ganger høyere globalt oppvarmingspotensial (GWP100) enn CO_2.

Parisavtalen stiller krav til nasjonal beregning av utslipp basert på IPCC's retningslinjer. For N_2O betyr det at man bruker utslippskoeffisienter (Emission Factors, EF) for de ulike typer nitrogengjødsel. Dette kalles Tier 1 metoden. Man kan beregne det på andre måter, men dette forutsetter omfattende emisjonsmålinger i representative områder (evt. kombinert med modellering). Slike nasjonale emisjonsfaktorer benevnes Tier 2, men dette må altså dokumenteres med omfattende målinger. Norge bruker derfor Tier 1 metoden, og dette betyr at beregnet N_2O-utslipp bare kan reduseres ved å senke gjødslingsintensitet.

Det finnes også ny teknologi som reduserer andelen av nitrat-N som slipper ut som N_2O. Et eksempel er nitrifikasjonshemmere tilsatt nitrogengjødsel, som er kontroversielt, men som sannsynligvis kan tas i bruk innen få år. Et alternativ kan bli å bruke N_2O reduserende bakterier. Denne bioteknologien er under utvikling i Norge, og kan bli et gjennombrudd.

Nitratdirektivet

Nitratdirektivet (91/676/EØF) har som formål å beskytte vannmiljøet mot nitratforurensning fra landbruket. Direktivet er sentralt for å redusere:

- Eutrofiering i innsjøer, elver og kystsoner
- Risiko for forhøyet nitrat i drikkevann

Direktivet krever at landene identifiserer sårbare områder, gjennomfører overvåking og etablerer handlingsprogram med krav til gjødselhåndtering, lagring, spredningstidspunkt og maksimal tillatt nitrogentilførsel.

4.1.2 Bygger landbrukets nitrogenreguleringer på feil grunnlag?

Norge er gjennom flere internasjonale avtaler forpliktet til å begrense utslipp av nitrogenholdige forbindelser til både luft og vann. Men det er også fastsatt et nasjonalt mål om å øke norsk selvforsyning til 50 %. Dette krever en meget tydelig strategi i norsk matproduksjon, der ulike hensyn må balanseres.

Landbruksnæringen opererer i et landskap, der ulike målkonflikter må håndteres. På den ene siden forventes det at sektoren skal øke matproduksjonen og bidra til høyere nasjonal selvforsyningsgrad. På den andre siden møter næringen en kontinuerlig utfordring knyttet til stadig nye krav og forventninger om å redusere sitt samlede miljøavtrykk. De senere årene har en rekke rapporter fra offentlige forskningsinstitusjoner omtalt landbruket som en betydelig miljøbelastning, både for terrestriske økosystemer, vannforekomster og kystnære havområder.

En vitenskapelig basert styring av nitrogenkretsløpet er avgjørende for å oppnå:

- Reduserte miljø- og klimaeffekter
- Mer effektiv ressursbruk
- Et bærekraftig landbruk innenfor økologiske tålegrenser

For å vurdere hvordan nitrogen tapes gjennom utvasking til omgivende natur, benyttes flere modellverktøy (AGRITIL og TEOTIL). Dessverre viser modellene lite fremgang i nitrogenlekkasjer, på tross av en betydelig miljøinnsats fra landbruket.

Fraværet av modellert forbedring får betydelige konsekvenser. AGRITIL og TEOTIL 3 benyttes aktivt som beslutningsgrunnlag av forskere, forvaltning og interesseorganisasjoner, og ligger til grunn for anbefalinger om innføring av nye, produksjonsbegrensende miljøtiltak. Dersom modellene ikke i tilstrekkelig grad fanger opp tiltak og reelle endringer i agronomisk praksis representerer dette et faglig og politisk problem som kan svekke både legitimitet og treffsikkerhet i norsk miljø- og landbrukspolitikk.

4.2 Usikkerhet i målingene og modellene

Det legges nå et press på forvaltningsapparatet og forskningsinstitusjoner om å rapportere miljøbelastning fra landbruket. Utviklingen går så raskt at forskere ikke rekker å utvikle korrekte emisjonsfaktorer og faregrenser tilpasset norske forhold. Vi risikerer at miljøtiltak dermed fattes på feil grunnlag, med usikkert utfall.

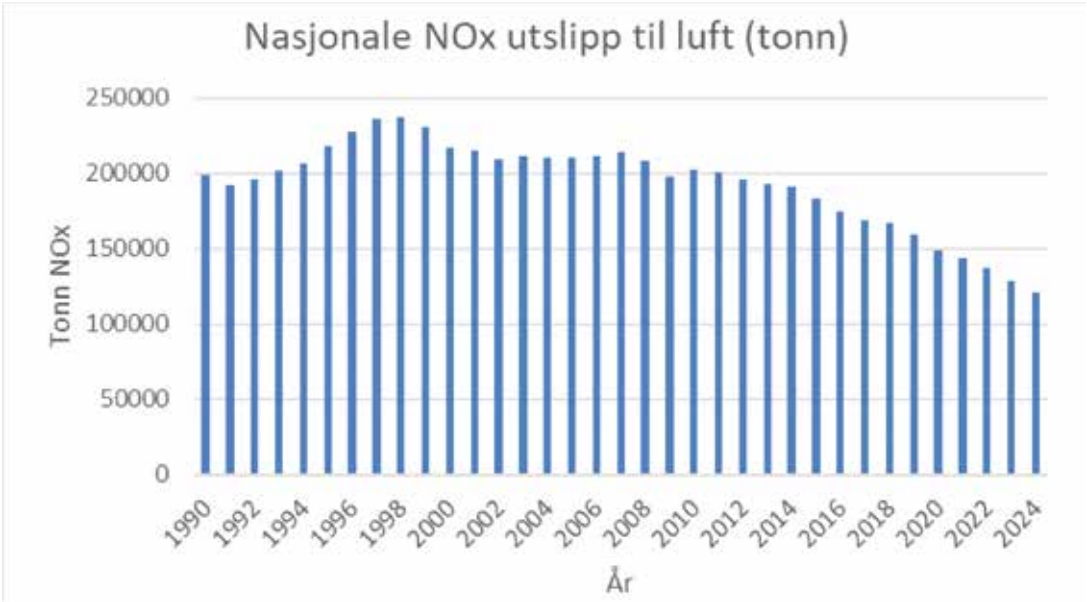
4.2.1 NOx - Norges forpliktelser og måloppnåelse

Gjennom Gøteborgprotokollen under Konvensjonen om langtransportert grenseoverskridende luftforurensning (LRTAP) forpliktet Norge seg i 2012 til å redusere sine NO_x utslipp med 23 % innen 2020, sammenlignet med nivået i 2005 (Figur 14). NOx utslipp består av de to gassene NO og NO_2.

Ifølge Miljødirektoratets rapportering ble reduksjonsmålet oppnådd allerede i 2017, tre år før fristen. Dette skyldes en kombinasjon av strukturelle endringer i transportsektoren, økt elektrifisering, samt målrettede tiltak innen industri og maritim sektor.

I 2005 oppgir SSB NOx utslippene til 210 446, mens i 2024 har utslippene blitt redusert med cirka 90 000 tonn NOx, dvs. en reduksjon på 42,7 %. Norge ligger dermed langt foran ambisjonen om 23 % kutt innen 2020 med 2005 som basisår for Gøteborgavtalen. Basert på de anvendte omregningsfaktorene fremstår det derfor som metodisk forsvarlig å estimere en reduksjon i utslipp av reaktivt nitrogen på minst 27 000 tonn nitrogen (N) siden år 2005.

I og med at NO har lavere molvekt enn NO_2, og NO_2 brukes i innrapporteringen av utslippsreduksjon, er i tillegg den reelle reduksjonen i nitrogenreduksjon større enn det Norge innrapporterer.



Figur 14. Nasjonale maksutslipp 1990–2024.

Kilde 08941: Forsurende gasser, SSB

4.2.2 Ammoniakk NH_3 - Norges forpliktelser og måloppnåelse

SSBs utslippsstatistikk for 2024 oppgir samlede norske ammoniakkutslipp til luft på 29 432 tonn, hvorav 28 083 tonn antas å stamme fra landbrukssektoren. Det ble fastsatt nye utslippsfaktorer for NH3 i Guidebook EMEP/EEA 2023 som ble innført i utslippsregnskapet (SSB) høsten 2024, noe som ga Norge høyere emisjonsfaktorer av NH3 sammenliknet med tidligere beregning.

På tross av endrede emisjonsfaktorer publiserte Regjeringen høsten 2025 følgende: «Nye tall for ammoniakkutslipp» som ble publisert i starten av november viser en positiv utvikling for ammoniakkutslippet. Det har vært en nedgang på 10 prosent fra nivået i 2005.

Det betyr at Norge overholder målet vi har påtatt oss i Gøteborgprotokollen, om reduksjon på minst 8 prosent fra nivået i 2005 til 2025.

Etter at Gøteborgavtalens målsetninger er innfridd fokuserer norske myndigheter på EUs Takdirektiv, som innebærer ytterligere innstramminger i ammoniakkutslipp frem mot 2030. EUs takdirektiv (NEC-direktivet) etablerer bindende nasjonale utslippstak for fem sentrale luftforurensende stoffer, blant annet NOx og NH3, med mål om å redusere langtransportert forurensning og begrense helseskader og økologiske effekter.

Direktivet fastsetter reduksjonsforpliktelser for 2030. Medlemsstatene skal utarbeide nasjonale luftforurensningskontrollprogrammer og rapportere utslippsdata, scenarier og økosystemeffekter til EU. Direktivet gjelder også i EØS, der Norge følger forpliktelsene gjennom nasjonale forskrifter, med unntak av Svalbard som faller utenfor EØS-regelverket.

Ammoniakkutslipp fra norsk jordbruk til luft

I løpet av de seneste 3–4 årene er det publisert flere rapporter som beskriver ammoniakktap fra jordbruket til omgivende natur (Tabell 7). Den siste beregningen fra NIBIO i Delrapport 1 Nitrogenkilder og -strømmer i jordbruket (2025) ansees nå som det korrekte tallet for ammoniakkutslipp fra landbruket, etter at utslippsfaktorer er korrigert etter anbefalingene i EMEP/EPA 2023. En forbedring i ammoniakkutslipp i siste NIBIO rapportering på cirka 10 000 tonn NH_3 (x 0,823) tilsvarer et kutt i utslipp på 7 000 tonn rent nitrogen.

Nasjonale statistikker over ammoniakktap er dermed kraftig nedjustert.

Tabell 7. I fire nylige publiserte rapporter fra 2022 til 2025 oppgis til dels svært ulike anslag over landbrukets ammoniakkutslipp.

Rapporter	År	Ansvarlig	Nasjonale ammoniakkutslipp tonn per år
M2065*	2022	NIVA	33 000
Rapport 22/2023**	2023	M.dir./L.dir.	30 778
SSB	2024	SSB	29 432
Nibio delrapport 1***	2025	NIBIO	23 337 (kun landbruk)

Den betydelige variasjonen i rapporterte ammoniakktap over en relativt kort tidsperiode illustrerer kompleksiteten i å kvantifisere utslipp av flyktige nitrogenforbindelser. Raske endringer i beregninger over nasjonale ammoniakkutslipp, er en påminnelse om at modellberegninger for flyktige nitrøse gasser bør tolkes med stor varsomhet. Forbedret metodikk, reviderte utslippsfaktorer og mer konsistent datainnsamling kan raskt endre både nivå og trend i rapporterte utslipp.

Geografisk fordeling av ammoniakkutslipp i Norge

Landbruket står for 95 % av de nasjonale ammoniakkutslippene. Et sentralt forhold ved landbrukets ammoniakkutslipp er den svært spredte geografiske fordelingen av jordbruksarealer (Tabell 8). Dette skiller Norge fra de fleste land i Europa, der jordbruksarealene er mer konsentrerte og utgjør en betydelig større andel av landarealet. I Norge utgjør andelen fulldyrket mark kun 3 % av totalarealet, og jordbruksarealene er fragmentert og spredt over store avstander. Til sammenligning består om lag 55 % av arealet i Nederland og omtrent 65 % i Danmark av dyrket mark.

Tabell 8. Andel fulldyrket jord av totalarealet per fylke

Fylke	Totalt areal i dekar	Fulldyrket jord i dekar	Fulldyrket jord i %
Østfold	4 003 000	706 820	17,6
Oslo og Akershus	6 349 000	791 790	12,5
Buskerud	14 694 000	411 017	2,8
Innlandet	52 072 000	1 788 656	3,4
Vestfold	2 168 000	392 595	18,1
Telemark	15 298 000	206 848	1,4
Agder	16 434 000	240 459	1,5
Rogaland	9 337 000	540 857	5,8
Vestlandet	33 871 000	425 717	1,3
Møre og Romsdal	14 356 000	419 363	2,9
Trøndelag	42 202 000	1 454 782	3,4
Nordland	38 456 000	438 897	1,1
Troms	26 189 000	208 566	0,8
Finnmark	48 638 000	80 289	0,2

Ved å sammenholde størrelsene på de geografisk spredte ammoniakkutslippene (NH_3) med reduksjonene i de nasjonale NO_X-utslippene de siste tiårene, blir det tydelig at nedgangen i nitrogen fra NO_X langt overstiger den totale mengden nitrogen som slippes ut som ammoniakk. NO_X-utslippene forekommer dessuten i større grad i og rundt de største befolkningskonsentrasjonene (Oslo, Stavanger, Bergen og Trondheim), og representerer dermed en større risiko for lokal luftkvalitetsforringelse.

I lys av dette, og med bakgrunn i forpliktelsene under EUs takdirektiv, kan det være grunnlag for å vurdere om ammoniakk (NH_3) og nitrogenoksider (NO_X) bør vurderes mer samlet i den nasjonale utslippsforvaltningen. Begge forbindelsene er reaktive nitrogenforbindelser som bidrar til atmosfæriske nitrogenavsetninger, og det er faglig krevende å se at de skulle ha prinsipielt ulike effekter på den totale nitrogenbelastningen på økosystemene.

En helhetlig vurdering av alle nitrøse gasser under én ramme kan derfor gi et bedre grunnlag for politikkutforming, overvåking og innrapportering.

4.3 Langtransportert nitrogen (atmosfæriske avsetninger)

Ammoniakk (NH_3) og nitrogenoksider (NO_x) fra norske kilder inngår i det totale atmosfæriske nitrogennedfallet over Norge, sammen med langtransporterte bidrag fra Europa. Norge står for om lag 17 % av nedfallet av oksidert nitrogen og 35 % av redusert nitrogen (Klein m.fl., 2025). Som vist i Tabell 9 er NOx utslipp over Europa redusert med 63 % og NH_3 med 32 % (EEA Report 04/2023).

Tabell 9. Utslipp av NOx og ammoniakk i Europa (inkluderer ikke Norge).

Kilde	1990 (tonn)	2021 (tonn)	Reduksjon i utslipp	Reduksjon nitrogen (tonn)
NO_x	15 127 000	5 636 000	9 491 000	2 885 264
NH_3	4 902 000	3 335 000	1 331 000	1 096 744
NO_x (Norge)	191 992	143 488	48 504	14 550
NH_3 (Norge)	31 879	31 526	353	290

Kilde. SSB og EEA

Meteorologisk institutt har målt luftkvalitet over Norge gjennom en lang tidsperiode (Tabell 10). Målingene viser betydelig mindre nitrogen i lufta, både som NOx (oksidert) og som NH3 (redusert). Men når man ser de store reduksjonene i norske og europeiske nitrogenutslipp burde man egentlig forventet at reduksjonene i atmosfærisk nitrogen over Norge var større enn 23 %?

Tabell 10. Atmosfæriske nitrogenavsetninger over Norge (Kilde NILU)

År	N (oksidert)	N (redusert)	total N
1978-1982	83 882	93 342	177 224
1983-1987	93 456	93 602	187 058
1988-1992	82 462	76 782	159 245
1992-1996	80 251	71 602	151 852
1997-2001	73 564	77 572	151 136
2002-2006	75 612	79 244	154 856
2007-2011	62 798	77 524	140 321
2012-2016	68 166	73 494	141 660
2017-2021	61 440	61 175	122 615
Prosent diff. fra 1980	-27 %	-34 %	-31 %
Prosent diff. fra 1990	-25 %	-20 %	-23 %
Prosent diff. fra 2000	-16 %	-21 %	-19 %

Siden det meste av det atmosfæriske nitrogennedfallet skjer over Sør-Norge, med et samlet areal på omtrent 210 000 km² indikerer NILU og NIVAs målinger at nitrogennedfall over Sør-Norge er redusert med 50 000 tonn de siste tiårene. Til sammenligning har norsk landbruk de siste årene brukt cirka 95 000 tonn nitrogen i form av mineralgjødsel.

NIVA publiserte i 2023 en ny beregningsmodell som viser betydelig lavere nitrogenavsetninger enn tidligere anslått med gammel modell.

Den nye modellen kombinerer europeiske EMEP-modeller med NILUs observasjonsbaserte interpoleringer (gammel modell) og gir et mer realistisk bilde av nitrogenavsetningen. Den nye modellen gir en halvering av arealet der tålegrensen overskrides, sammenlignet med tidligere modelleringer (Austnes, 2023), noe som indikerer at historiske overskridelser i Sør-Norge trolig har vært overvurdert. Den nye modellen gir høyere avsetninger langs kysten, mens den gamle modellen gir høyere avsetninger lenger inn i landet.

Ifølge NIVA (Rapport L.NR. 78792023) innebærer nye beregninger at:

- Andelen av Norges areal over tålegrensen for eutrofiering reduseres fra 36 % (gammel modell) til 15 % (ny modell).

Når overskridelsen beregnes med avsetningsdata fra den nye metoden, er overskredet areal for den siste perioden (2017–2021) mer enn halvert sammenliknet med overskredet areal beregnet med avsetningsdata fra den tradisjonelle metoden for samme periode. (Tabell 11)

Tabell 11. Overskridelsene av tålegrensene for overgjødsling av vegetasjon og overflatevann har gått jevnt nedover siden 1978.

Periode	km²	%	mEkv/m²/år	kg N/ha/år
1978–19821	134864	42	26.9	3.8
1983–1987	144876	45	38.2	5.4
1988–1992	116078	36	35.9	5.0
1992–1996	109212	34	23.8	3.3
1997–2001	112436	35	22.	23.1
2002–2006	117009	37	22.5	3.2
2007–2011	115739	36	19.3	2.7
2012–216	119201	37	22.0	3.1
2017–2021 (tradisjonell avsetning)	116794	36	11.8	1.7
2017–2021 (ny avsetning)	46818	15	12.1	1.7

I tillegg til å utvikle ny modell har NIVA strammet inn tålegrensene for ulike naturtyper, basert på en studie av Bobbink m.fl. (2022) i Tyskland. Alle tålegrensene i den tyske studien er angitt som et intervall, og det er opp til nasjonale myndigheter å velge nasjonal grenseverdi innenfor intervallet. I tråd med føre var-prinsippet og Norges relativt kjølige klima og næringsfattige jordsmonn, blir den laveste verdien i intervallet konsekvent benyttet (Austnes 2023). Samlet førte endringene i både modellering og tålegrenser til at andelen areal over tålegrensen kun endret seg marginalt fra 37 % til 36 % med den gamle metoden (tradisjonell avsetning).

Naturens tålegrenser er et mål på hvor mye naturen kan motta av et forurensende stoff uten at det påføres skade. Begrepet er et akseptert utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av luftforurensninger (Austnes 2023).

Vurderingen fra myndighetene om å benytte svært restriktive tålegrenser medfører at miljøbelastningen ved avsetning av relativt små mengder atmosfærisk nitrogen fremstår som en stor belastning for norsk natur, på tross av at mengden atmosfærisk nitrogen faktisk er kraftig redusert. I Bobbinks omfattende rapport «Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe», går det tydelig frem at tålegrensene, delvis er godt begrunnet i noen tilfeller, mens mange tålegrenser er fastsatt basert på kvalifisert skjønn (ekspertvurdering). Tålegrenser for alle naturtyper i rapporten til Bobbink er oppgitt som et intervall. Norske myndigheter har innført de mest restriktive tålegrensene i oppgitt intervall, uten å vurdere om de mest konservative anslagene i oppgitt intervall faktisk er tilpasset norske forhold.

Faktagrunnlaget for valg av svært konservative tålegrenser burde begrunnes mye tydeligere. Fastsatte grenseverdier har store økonomiske konsekvenser, blant annet gjennom miljøkrav satt til norsk landbruk. Det etterlyses også en kost-nytte analyse ved at laveste grenseverdi på alle naturtyper fastsettes ut fra et «føre-var» prinsipp. Nitrogen er tross alt et næringsstoff avgjørende for planters vekst, det representerer ikke et giftstoff som norsk natur må beskyttes mot. Det er grunn til å reise spørsmålet: Hvem er det i norsk forvaltning som fastsetter grenseverdier, og hvor mange er faktisk involvert i beslutningen?

Begrepet «naturens tålegrense» er et kraftfullt kommunikativt virkemiddel. For å bevare analytisk klarhet er det relevant å konkretisere hva en overskridelse tilsvarende 1,7 kg nitrogen per hektar per år faktisk innebærer.

Én hektar tilsvarer 10 dekar, noe som betyr at overskridelsen utgjør 170 gram nitrogen per dekar, eller 0,17 gram per kvadratmeter årlig. Om lag 60 % av denne tilførselen skjer om vinteren gjennom nedbør i form av snø og regn. Det er rimelig å anta at store deler av dette nitrogenet raskt transporteres bort under snøsmeltingen, og dermed har begrenset påvirkning på stedegen vegetasjon i vekstsesongen. Den årlige effektive overbelastningen på økosystemene kan derfor i praksis ligge nær 0,1 gram nitrogen per kvadratmeter.

Dette reiser spørsmål om bruken av uttrykket «overskridelse av naturens tålegrense» i denne sammenhengen gir et dramatisk inntrykk som ikke fullt ut reflekterer størrelsesordenen på den faktiske belastningen. Samtidig er det viktig å merke seg at nitrogennedfall i Norge over tid har vært klart avtakende. De endringene som nå registreres i vurderingene, skyldes derfor i hovedsak justeringer i de beregnede tålegrensene, ikke økte tilførsler av atmosfærisk nitrogen.

Observerte endringer i økosystemer kan dessuten vanskelig tilskrives én enkelt faktor. Klimaendringer, ustabile vintre, hyppigere flomepisoder, mindre sur nedbør og endrede hydrologiske forhold er alle sammenfallende påvirkningsfaktorer. Det er dermed ikke gitt at endringer i naturmangfold automatisk kan tilskrives marginale variasjoner i nitrogen-avsetning alene.

4.4 Nitratdirektivet og håndtering av atmosfærisk nitrogen i norske beregningsmodeller

Nitratdirektivet har som hovedformål å redusere tap av nitrogen til ferskvann og videre til kystsonen. En del av dette nitrogenet stammer fra atmosfæriske avsetninger, som enten faller ned via regn, snø eller som tørrdeposisjon. Hvordan dette nedfallet registreres og inngår i nasjonale modeller varierer imidlertid mellom institusjoner og metodiske tilnærminger.

I NILUs rapport «Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway Annual Report 2021» beskrives at nitrat- og ammoniumkonsentrasjonene i nedbør er redusert i hele Sør-Norge, rundt 30-60% reduksjon for nitrat og 30-40 % for ammonium siden 1990.

I innsjøer har også nitratkonsentrasjon avtatt betydelig spesielt i perioden 1995–2005. Deretter har trenden flatet ut, men middelverdiene på landsbasis for 2019 og 2020 er de laveste som hittil er registrert. (Garmo & Skancke 2021 Overvåkningsrapport M-2102–2021). Det store kartleggingsprosjektet «Tidstrendsjøene» ble anlagt i 1986, der man følger utvikling i vannkjemi i 78 innsjøer i Sør-Norge, i takt med reduksjon i sur nedbør. Målingene viser betydelige endringer i vannkjemi i perioden 1986 til 2006, før trendkurvene begynner å stabilisere seg. Både innholdet av suspendert stoff og humuspartikler øker betydelig i vannløpene i takt med at pH i vannet øker. Det er grunn til å anta at landbruket har fått ufortjent mye skyld for disse endringene i vannkjemi, i takt med at fjellvann, elver og lavtliggende innsjøer sin kjemiske sammensetning ble endret grunnet stadig mindre sur nedbør.

4.4.1 NIVAs bruk av modellen TEOTIL

NIVAs modell TEOTIL, brukes til å beregne nitrogenavrenning fra nedslagsfeltet til elver/innsjøer og beregner nitrogentap videre ut i havet. Det er viktig å understreke at NIVAs modell TEOTIL ikke inneholder en egen landbruksmodul. Alle landbruksdata produseres av NIBIOs modell AGRITIL-N, og dataene sendes deretter til TEOTIL. Arbeidsdelingen innebærer fare

for misforståelser, der relativt grove nitrogenbalanser på gårdsnivå i AGRITIL-N, tolkes som svært sikre datakilder av NIVA eksperter.

Den store usikkerheten i AGRITIL modellen, er hvordan nitrogenbalansen beregnes. Dette er avgjørende viktig for å beregne korrekt nitrogentap fra landbruksarealer. Men beregningene for nitrogentap er usikre fordi modellen mangler presis informasjon på gårdsnivå om blant annet mineralgjødselbruk, håndtering av husdyrgjødsel, grovfôravlinger og proteininnhold i fôrkorn og grovfôr. I praksis benyttes derfor fylkesvise salgstall for mineralgjødsel fordelt likt på alt jordbruksareal i fylket og husdyrtall brukes til grove beregninger av gjødselmengder som igjen fordeles jevnt på kommunenes areal. Videre må det gjøres antakelser om grasavlinger, fôrkvalitet og proteininnhold i korn- og grasavlingene før endelig nitrogentap fra jordbruksarealer beregnes.

En annen usikkerhet er hvordan de store reduksjonene i atmosfærisk nitrogen over skog og utmark registreres. I TEOTIL modellen registreres ikke atmosfærisk nitrogennedfall over skog og utmark som en eksplisitt tilførsel. Kun atmosfærisk nitrogen som faller direkte i innsjøer inngår i beregningene av nitrogenbelastning i ferskvann. Metodikken gir grunn til å sette spørsmålstegn, ved om de store reduksjonene i atmosfærisk nitrogennedfall de siste tiårene fanges opp i modellen. NIVAs modell er for øvrig i stadig utvikling, og er nylig oppgradert fra TEOTIL 2 til TEOTIL 3.

Den metodiske beslutningen om at atmosfæriske nitrogenavsetninger til skog og utmark tas opp i naturen og ikke bidrar til avrenning, reiser et prinsipielt spørsmål. Om nedfall av atmosfærisk nitrogen forutsettes å bli immobilisert i skog og utmark, hvorfor antas ikke en tilsvarende mekanisme å gjelde for ammoniakkavsetninger fra landbruket? Ammoniakktapene i landbruket skjer i hovedsak i distriktene med stor geografisk spredning og mye av ammoniakken som tapes fra landbruket faller ned lokalt over skog og utmark i grisgrendte områder.

I AGRITIL modellen inngår atmosfæriske nitrogenavsetninger som en av flere nitrogenkilder i jord-/plantesystemet. Her antas en viss andel av nedfallet å kunne bidra til nitrogenutvasking og avrenning, avhengig av hydrologi, jordtype, drenering og agronomiske forhold. Atmosfærisk nitrogentilførsel behandles dermed ulikt mellom naturarealer og jordbruksarealer i de to avrenningsmodellene.

4.4.2 Usikkerheter ved modellbruk gir risiko for feilslutninger

At modellerte data overføres mellom modeller og rapporter uten at underliggende usikkerheter tydelig kommuniseres er en stor utfordring. Beskrivelsen i NIVAs M2065- rapport om Oslofjorden er et godt eksempel på farene ved å flytte modellerte data mellom ulike modeller. Innen landbruket er det velkjent at AGRITIL data må tolkes med varsomhet, ettersom modellene kun delvis bygger på empiriske målinger og i stor grad avhenger av relativt usikre parametere.

Til tross for denne usikkerheten omtales AGRITIL data i NIVA rapport M2065 som «svært sikre» fordi modellen bygger på faktiske målinger. Dette skaper et misvisende inntrykk av presisjon, ettersom datagrunnlaget er en kombinasjon av usikre inputverdier og modellert informasjon. Når slike resultater presenteres for politikere uten forbehold om usikkerhet i datamaterialet, øker risikoen for at beslutningstakere fatter politiske vedtak basert på tilsynelatende sikre, men metodisk svake, estimater.

4.4.3 Misforhold mellom andre målinger og avrenningsmodellen TEOTIL

I NIVAs rapport «Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord (M2065)» finner vi følgende oppsummering vedrørende landbrukets miljøinnsats basert på modellberegninger med TEOTIL: «Samlet over perioden fra 1993/95 til 2015/2017 har man sett en nedgang i estimerte tilførslene på ca. 10%. Mens det var en signifikant nedgang fram til 2001/2003 (11%; se Tabell 43), ser det ut at nitrogentilførselene fra landbruket etter dette har stabilisert seg.» NIVA og Miljødirektoratet konkluderer i rapportene M2065 og M1550, basert på TEOTIL og AGRITIL modelleringer, at 43 % av nitrogenlekkasjene til Oslofjorden kommer fra landbruket.

NIVAs beskrivelse av norsk jordbruk, står i sterk kontrast til den store miljøinnsatsen som legges ned i næringen. Det er særdeles beklagelig at NIVA hverken anerkjenner eller beskriver denne innsatsen når de beskriver landbrukets nitrogenpåvirkning i M2065.

I Miljødirektoratets og Landbruksdirektoratets nylig utgitte rapport «Helhetlig plan for bærekraftig bruk av nitrogen i jordbruket (2026)» er følgende konsekvens av de oppdaterte nitrogenmodellene beskrevet:

«I tilstandsrapporten fra NIVA om Oslofjorden er jordbruket identifisert som den største kilden til tilførsler av nitrogen (10 000 tonn) til Ytre Oslofjord per 2021 (TEOTIL2). Tilsvarende tall for 2022 etter at TEOTIL3 ble tatt i bruk var 14 068 tonn nitrogen. For 2023 var tilførselen fra jordbruket cirka 13 800 tonn nitrogen, der beregnet nedgang på 268 tonn skyldes implementering av regionale miljøkrav. (Sample, 2025).» I Miljødirektoratetes forslag til helhetlig plan for Oslofjorden i 2019, oppgis landbrukets nitrogenutslipp til 12 000 tonn.

Til tross for omfattende satsing på miljøtiltak i landbruket de siste 25 årene viser de nye modellberegningene i TEOTIL3 og AGRITIL-N at nitrogenlekkasjene fra landbruket øker. Resultatet fremstår som faglig utfordrende. I 2022, som var det beste kornåret i moderne tid, oppnådde norske korndyrkere for første gang en gjennomsnittlig kornavling på over 500 kg korn per dekar. Samtidig var bruken av mineralgjødsel heller ikke spesielt høy (99 000 tonn nitrogen). De høye avlingene tilsier at nitrogenutnyttelsen dette året var uvanlig god (81 % NUE i korndyrking).

Til sammenligning var 2023 et av de svakeste kornårene i moderne tid, med avlinger ned mot halvparten av normalen (58 % NUE i korndyrking). Likevel viser modellene at nitrogeneffektiviteten skal ha forbedret seg i 2023 sammenlignet med 2022. En slik utvikling fra 2022 til 2023 fremstår faglig vurdert som lite troverdig gitt de agronomiske forholdene de to årene.

Vi vil anbefale at landbruksmyndighetene avklarer årsaken til den store økningen i beregnede nitrogenlekkasjer ved overgangen til TEOTIL3 og AGRITIL-N i 2022. For å sikre legitimitet og tillit til modelleringsverktøyene er det avgjørende at både landbruksnæringen og gårdbrukerne får en forståelig forklaring på hvorfor beregnede nitrogenlekkasjer øker, til tross for langsiktig innsats for å redusere dem.

Regionale miljøprogram (RMP) utarbeides av Statsforvalterne i de respektive fylkene i samarbeid med fylkeslagene til Norges Bondelag, Norsk Bonde- og Småbrukarlag, NLR, Fylkeskommunene og kommunene.

Målet for RMP er å bidra til å ivareta jordbrukets kulturlandskap, biologisk mangfold, kulturminner og miljøer, tilgjengelighet i jordbrukslandskapet, samt begrense utslipp til vann og luft. De regionale miljøprogrammene skal gi en målretting av miljøinnsatsen i jordbruket utover det som er mulig gjennom generelle nasjonale ordninger. Nasjonal instruks for regionale miljøtilskudd legger føringer og rammer for miljøprogrammene. Vedlegg 1 beskriver miljøtiltak i RMP 2025, som skal redusere tap av næringsstoffer.

Tabell 12 viser statistikk over iverksatte miljøtiltak under RMP ordningen for 2022:

Tabell 12. Innvilgede RMP-tilltak i 2022.

Miljøtiltak (2022)	Antall innvilgede søknader
Ingen jordarbeiding om høsten	20 782
Grasdekte kantsoner	1 424
Gras på arealer utsatt for flom	914
Ingen jordarb. på flomutsatte områder	806
Grasdekte vannveier i åker	577
Fangvekster som underkultur	566
Fangvekster sådd etter høsting	370
Direktesådd høstkorn/oljevekster	333
Lett harving høstkorn/oljevekster	329
Kantsone i eng	184
Fangvekster med høy diversitet	142
Fangdam	136
Bruk av egenprodusert kompost	102
Grasdekt kantsone i åker/potet/grønnsaker	81
Grasstriper i åker, korn	59
Grasdekte vannveier i åker/potet/grønnsaker	19
Grasstriper i åker/potet/grønnsaker	6
Spredning av biokull	6

Se vedlegg 1 for oppdatert informasjon om tiltak i RMP ordningen som bidrar til å redusere næringstapene fra jordbruksarealer for 2025.

Til tross for omfattende miljøforbedringer i landbruket de siste 25–35 årene beskrevet i kapittel 2, samt RMP tiltak beskrevet i vedlegg 1 (og tabell over), viser modellene AGRITIL og TEOTIL, slik de brukes i rapport M-2065 og i NIVA rapport 8108-2025, altså ingen målbar reduksjon i nitrogenlekkasjer fra landbruket etter 2000. NIVA-rapporten «Kildefordelte tilførsler til norske kystområder i 2023» viser at modellerte tap av nitrogen og fosfor til kysten ikke er redusert siste 25 årene, til tross for betydelig miljøinnsats i landbruket.

Dette står i kontrast til nasjonale måleserier for luft, ferskvann og hav, som viser klare reduksjoner i nitrogenbelastning siden 1990-tallet. At modellene viser betydelig økning i nitrogenlekkasjer fra landbruket etter innføring av TEOTIL 3 reiser spørsmål om metodikk og forutsetninger i modellene er korrekte, eller om miljøtiltakene landbruket iverksetter ikke virker som forutsatt.

4.5 Parisavtalen og lystgass (N_2O)

Norge rapporterte i 2023 totale klimagassutslipp på 46,7 millioner tonn CO_2-ekvivalenter, det laveste nivået siden 1990 og en reduksjon på 9,1 % sammenlignet med basisåret. Jordbrukssektoren sto i 2023 for nær 10 % av de samlede utslippene, tilsvarende 4,5 millioner tonn CO_2-ekvivalenter, en nedgang på om lag 11 % siden 1990 og 4 % siden 2022 (SSB).

«Greenhouse Gas Emissions 1990–2023 M2948» rapporterer norske utslipp av klimagasser til UNFCCC national GHG inventories. Rapporten anslår at 76 % av N_2O utslippene fra Norge stammer fra landbruket i 2023.

4.5.1 Utfordringer ved måling og rapportering av N_2O

Direkte målinger av N_2O- flukser er kompliserte og påvirkes av en rekke klimatiske og fysiske faktorer. På grunn av denne kompleksiteten benytter IPCC et massebalanseprinsipp, der salgsvolumet av nitrogen i mineralgjødsel fungerer som et stabilt utgangspunkt for nasjonale beregninger av N_2O-utslipp.

For norske forhold benyttes en standardfaktor på:

N_2O utslipp = (solgt mengde N i mineralgjødsel) × 1,6 %

I tillegg inkluderes indirekte N_2O utslipp gjennom:

- Ammoniakkfordamping ($NH_3 \rightarrow N_2O$). Det forutsettes i modellen at 20 % av ammoniakktapet inngår i lystgassemisjonen.
- Nitratutvasking
- Fordamping av NO_x ($NO_x \rightarrow N_2O$). Det forutsettes i modellen at 20 % av NO_x-tapet inngår i lystgassemisjonen.

Denne metodikken innebærer at alle tiltak som reduserer bruken av mineralgjødsel automatisk beregnes som utslippsreduserende, selv om den reelle effekten biologisk sett kan være svak eller fraværende. Kjær (m.fl. 2025) fant i prosjektet Capture, at 67 % av lystgassemisjonene fant sted utenfor vekstsesongen, særlig vinter og tidlig vår under smelteepisoder. Kjær fant en liten, men distinkt «lystgasstopp» like etter gjødsling om våren, men gjennom vekstsesongen viste lystgassemisjonene gjennomgående lave verdier. Kornforsøkene i Capture-prosjektet var grunngjødslet med 14,5 kg N per dekar. Dette er betydelig høyere mengde enn dagens praksis på 8-9 kg N per dekar om våren, med påfølgende delgjødsling ut fra behov. En mer moderat grunngjødsling, i tråd med etablert gjødslingspraksis, ville sannsynligvis gitt lavere N_2O utslipp om våren.

N_2O utslippene, som skjer utenfor vekstsesong, vil imidlertid ikke reduseres, selv om nitrogenbruk i vekstsesongen reguleres. Det er mengden mineralisert N fra jorda selv i kombinasjon med grønt plantemateriale, som utgjør lystgasspotensialet utover høst/vinter/vår. Det er også grunn til å sette spørsmålstegn ved IPCCs lavere utslippskoeffisienter for husdyrgjødsel enn for mineralgjødsel, tatt i betraktning av at kombinasjonen nitrat og organisk materiale stimulerer lystgassproduksjon i betydelig grad.

4.5.2 Danske data utfordrer IPCCs standardfaktorer

Danmark har etablert et forskningsprogram for å evaluere den nye IPCC standarden der utslippsfaktor for områder med mer enn 1000 mm årsnedbør er økt betydelig:

Den nye IPPC emisjonsfaktor er:

- 1,6 % for mineralgjødsel
- 0,6 % for husdyrgjødsel

Basert på 28 feltforsøk i Danmark over tre år i bygg og høsthvete fant man følgende utslippsfaktorer i vekstsesongen:

- Kun gjødslet med mineralgjødsel i vårbygg: 0,11 %
- Kun gjødslet med mineralgjødsel i høsthvete: 0,16 %

I vekstsesongen fant forskerne altså lystgassutslipp på under 10 % av IPCCs standardfaktor.

Ved kombinasjon av mineralgjødsel med organisk gjødsel (husdyrgjødsel eller biorest) økte utslippsfaktoren til:

- Mineralgjødsel + biorest vårbygg: 0,38 %
- Mineralgjødsel + grisemøkk: 0,37 %

Altså økte N_2O- utslippene når man kombinerer organisk gjødsel med mineralgjødsel, sammenlignet med mineralgjødsel alene i disse danske forsøkene, men fortsatt betydelig under IPCCs 1,6 %.

I den danske miljørapporteringen for 2025 benyttes for øvrig en emisjonsfaktor på 1 % for å beregne dansk landbruks lystgassproduksjon, i motsetning til SSB som benytter 1,6 % for å beregne norske utslipp.

Parallelt med det danske arbeidet for å etablere nye emisjonsfaktorer for N_2O, er Sofia Dehlin ved SLU i ferd med å kartlegge hva som kreves for å utvikle en TIER 2 (landsspesifikk emisjonsfaktor) for svensk jordbruk. Begge våre skandinaviske naboland er dermed i gang med å planlegge og skaffe dokumentasjon for å kunne etablere nye emisjonsfaktorer for lystgass. Det vil være en klar ulempe for norsk matproduksjon, hvis Norge blir det eneste skandinaviske landet som viderefører IPPC beregningsfaktoren på 1,6 %.

IPPC oppfordrer da også til at det utvikles regionale TIER 2 standarder. Mulighetene for å samarbeide med Sverige og Danmark om å etablere en felles dokumentasjon på N_2O -emisjoner for korndyrking bør derfor utredes. Dette også fordi norske forsøk indikerer at IPPC faktoren kan være for høy også under våre vekstforhold.

4.5.3 Lystgassemisjoner feiltolkes grunnet feil forståelse av IPPC emisjonsfaktor

Resultatene tyder på at dagens massebalansebaserte rapporteringssystem for lystgass (N_2O) ikke reflekterer biologiske prosesser og reelle utslipp godt nok. Dette innebærer at en del klimatiltak kan fremstå som effektive i UNFCCC- rapporteringen, men i praksis ha begrenset eller manglende klimaeffekt.

Koblingen mellom salg av mineralgjødsel og en høyst usikker IPPC- faktor reiser et grunnleggende spørsmål: Er Norge i ferd med å investere i svært kostbare klimatiltak basert på antatte reduksjoner i lystgassutslipp som i realiteten ikke finner sted? Det kan diskuteres om massebalanseprinsippet som kobler mineralgjødsel, nitrogenstrømmer og N_2O-utslipp er tilstrekkelig undersøkt og forstått. Dersom reduksjoner i mineralgjødselforbruk tolkes direkte som reelle kutt i lystgassemisjoner, uten å ta hensyn til nitrogenets faktiske skjebne i jord–plante–atmosfære-systemet, kan resultatet bli misvisende utslippsregnskap som initierer kostbare, men ineffektive klimatiltak.

4.5.4 Miljøeffekter av presisjonsteknologi

Det er faglig betenkelig at data fra maskinteknologi, presisjonslandbruk og avanserte systemer for produksjonsstyring ikke får vesentlig faglig oppmerksomhet eller vurderes som sentrale virkemidler i klimaarbeidet i norsk landbruk. Gevinstpotensialet for ny maskinteknologi har hatt begrenset fokus innen FoU, men med dagens rivende teknologiske utvikling er det viktig at miljøpotensialet som digitale datakilder representerer utnyttes optimalt.

Forskere ved NIBIO har påpekt at det foreligger begrenset dokumentasjon på miljøeffektene av å redusere overlappende gjødsling av nitrogen. Gitt at dobbeltgjødsling i enkelte tilfeller kan innebære 50–60 % høyere tilført nitrogenmengde på deler av skiftet, skulle man forvente at teknologier som direkte motvirker dette blir betraktet som særdeles miljøfaglig relevante og prioriterte. Det er særlig på de områdene vi får overlappende gjødsling, faren for lystgassdannelse og avrenning av nitrat øker.

Teknologien for presisjonsstyrt gjødsling har vært tilgjengelig i flere tiår. At effekter av redusert overlapp fortsatt er svakt dokumentert, kan indikere at forskning innen presisjonsjordbruk i Norge ikke har rettet tilstrekkelig oppmerksomhet mot de mest praksisnære og effektive tiltakene for å redusere næringstap. Mye har skjedd innen landbruksteknologi, utviklingspotensialet er fortsatt stort og økende. Det bør være et prioritert mål å beregne utslippsreduksjonene denne teknologien bidrar til gjennom mer presis bruk av nitrogen.

5 Oslofjord i endring, men forstår vi årsakene?

Oslofjorden er i endring, og ikke til det bedre: Ålegress er på retur, tareskogen forsvinner, trådalger («lurv») overtar, og torsken er borte. I løpet av de senere 3–4 år er det oppstått en sterk politisk vilje til innsats for å redde fjorden, og en bred enighet om at dette kan oppnås ved å redusere nitrogentilførselen – først ved å fjerne nitrogen fra avløpsvann, og i neste omgang gjennom tiltak for å redusere nitratavrenning fra landbruket.

Vi skal i dette notatet legge frem en del momenter som tilsier at denne majoritetsoppfatningen er basert på feiltolking av data, og at de foreslåtte tiltakene for nitrogenfjerning ikke vil ha den ønskede effekt på Oslofjorden.

De foreslåtte tiltakene er kostbare og vil innebære en betydelig belastning for offentlige budsjetter i mange år fremover. Kostnadene vil også blir merkbare for befolkningen i form av økte kommunale avgifter. En økning som kommer på toppen av en rekke andre utgifter som har økt drastisk de siste årene (renter, husleie, eiendomsskatt, formueskatt mm.). Derfor er det så viktig at det ikke hersker tvil om kunnskapsgrunnlaget før det fattes politiske beslutninger med så store konsekvenser.

I dette notatet vil vi vise at det rådende premissgrunnlaget for mye av politikken er feilaktig. Vår anbefaling er at det igangsettes et arbeid for å fremskaffe et bedre vitenskapelig grunnlag fra en bredt sammensatt gruppe av eksperter.

NIVA-rapporten – premissgivende men misvisende

I 2022 leverte NIVA en «Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord» (Staalstrøm et al 2022 RAPPORT L.NR. 7723-2022), på oppdrag fra Miljødirektoratet. Utredningen er et veldig viktig dokument fordi den er lagt til grunn for kravet om rensing av avløpsvann som ender ut i Ytre Oslofjord.

Rapporten er imponerende detaljrik og omfattende (220 sider), og er i hovedsak en oppdatert og utvidet versjon av utredningen av Skjoldahl et al (1996), som er en 150 siders utredning av næringstilførsler til ytre Oslofjord, og deres effekt på fjordens økologiske tilstand (eutrofieringstilstand), skrevet av en ekspertgruppe (Havforskningsinstituttet, Niva, Universitetet i Oslo, Universitetet i Bergen og Universitetet i Trondheim), på oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn.

Siden rapporten har spilt en så viktig rolle som grunnlag for ønsket om nitrogenrensing er det grunn til å rette et kritisk blikk på denne. Ved grundig gjennomgang av rapporten avsløres graverende svakheter både i datapresentasjon, analyse og ikke minst konklusjoner. Vi vil særlig fremheve følgende:

- Nitrat-konsentrasjonen i fjorden hevdes å ha økt i perioden 1995–2020. En statistisk analyse av rapportens «egne tall» viser derimot at det ikke er grunnlag for å hevde dette.
- Det påstås i rapporten at nitrat-tilførslene fra elvene har økt de siste 30 årene. Men deres egne tall viser at nitratnivået var konstant i perioden 1990–2018. Et unntak var i 2019, som kan forklares med avlingssvikt i tørkeåret 2018.
- Andre NIVA-forskere publiserte nylig en studie som viser motsatte trender for nitrat: ingen økt tilførsel fra elvene, og fallende nitratnivå langs kysten i Skagerak i perioden 1990–2016 (Frigstad et al, 2023, Estuarine, Coastal and Shelf Science).
- Rapporten om Oslofjorden hevder at det er fallende oksygen-nivå i fjorden ved å sammenligne målinger utenfor Hurumlandet i 2020 og i 1995. Men målingene i 1995 ble gjort på 150–175 meters dyp, mens det i 2020 ble målt rett over bunnen (200 m) og er derfor ikke sammenlignbare. Forfatterne skriver selv at oksygenkonsentrasjonen faller betydelig de siste meterne før man når bunnen (!)

Det fremstår som at NIVA-rapporten overvurderer trender (økende nitrat – fallende oksygen-nivå) for å underbygge en konklusjon om at det er behov for å redusere nitrogentilførselen.

Uten forutgående beregninger konkluderer de med at det er behov for minst 10 % reduksjon av den samlede tilførsel av nitrat. NIVAs konklusjoner hviler på utstrakt bruk av modellerte data ved hjelp av modellene TEOTIL og AGRITIL. Det er en kontinuerlig metodisk utfordring at modellerte data flyttes mellom modeller og rapporter uten at grunnleggende usikkerheter kommuniseres. Når slike modellerte resultater presenteres for politiske beslutningstakere uten en eksplisitt og grundig formidling av usikkerhet, øker risikoen for at politiske beslutninger fattes på grunnlag av data som fremstår mer sikre enn de faktisk er.

Andre rapporter og vitenskapelige utredninger

Situasjonsforståelsen av at miljøproblemene i Oslofjorden skyldes for høye nitrogennivåer, henger ikke sammen med målingene i havområdene rundt Oslofjorden.

Danmark har i nær fire tiår iverksatt omfattende og målrettede tiltak for å redusere nitrogenavrenning til kystsonen, noe som har resultert i en total reduksjon på om lag 51 % siden 1990. Til tross for denne betydelige nedgangen i nitrogen viser danske miljømyndigheter at flere sentrale økologiske indikatorer har vært stabile eller forverret de siste ti årene. Hvis mindre nitrogen automatisk skulle gi bedre havmiljø, burde man sett forbedringer. Det har ikke skjedd.

I den danske miljørapporten, Vandmiljø og Natur 2024, finner vi de samme nitrogenverdiene i åpne kystvann, som de som er oppgitt i NIVAs M2065, der nitrogennivåer i Ytre Oslofjord er beskrevet. Dette er som forventet fordi Skagerrakvannet som når Ytre Oslofjord transporteres inn via Sjællandstrømmen, Jyllandstrømmen og Nordsjøstrømmen, før det sirkulerer videre langs Sørlandskysten og ut i Norskehavet. Disse strømsystemene homogeniserer næringssalt-konsentrasjonene over store geografiske områder.

Skagerak og Nordsjøen: NIVA rapporten til Frigstad viser at nitrat (nitrogen) i kystvannet i Skagerak har gått ned med 27 % de siste 30 årene. Samtidig øker mengden partikler og humusstoffer med 23–85 %. I det store internasjonale marine overvåkningsprogrammet OSPAR meldes det at nitrogenutslippene til Nordsjøen er redusert med en tredjedel siden 1990, og fosforutslippene er redusert med to tredjedeler. På Miljøstatus.no er miljøstatus i Skagerak beskrevet slik: «I forhold til målte konsentrasjoner på begynnelsen av 1980-tallet har det vært

en betydelig reduksjon i mengden nitrogen i Skagerrak om sommeren. Næringssaltforholdene i Skagerrak de senere årene må anses som svært gode, sammenlignet med tidligere.»

Havforskningsinstituttet skriver i rapporten «Status for miljøet i Nordsjøen og Skagerak og ytre påvirkning, Rapport fra overvåkningsgruppa 2018» følgende:

> På grunn av lavere dødelighet grunnet fiske (fiskedødelighet) har flere av de kommersielt utnyttede fiskebestandene vokst i de senere årene, og de fleste av bestandene er nå på bærekraftige nivåer. Til tross for bedringen i tilstand tyder flere undersøkelser på at rekrutteringen og nettoproduksjonen er lav i bestandene. Noen studier har knyttet den lave rekrutteringen til endringer i forekomst av dyreplankton. En annen viktig endring i økosystemet i Nordsjøen og Skagerrak er at primærproduksjonen har minket de siste årene. Dette har sannsynligvis skjedd på grunn av at den samlede tilførselen av næringssalter har gått ned siden 1990-tallet.

En rekke nasjonale måleprogram viser dessuten at både NO_x og ammoniakkutslipp (NH_3) faller kraftig. I tillegg er atmosfæriske nitrogenavsetninger betydelig redusert. Listen i tabellen er ikke utfyllende (Tabell 13). Tallene i Tabell 13 avviker fra tallene i Tabell 1, grunnet at tall i Tabell 13 bruker høyeste utslippsnivå for NOx-utslipp i 1998, samt NIBIOs nye utslippsmål for amoniakk på 23 337 tonn.

Tabell 13. Forbedringer i nasjonale nitrogenstatistikker 2000–2025

Område	Status	Dokumentert resultat
Landbrukets nitrogenutslipp	Kraftig forbedret	Gøteborgavtalen oppfylt
NOxutslipp	Kraftig redusert	Reduksjon 36 000 tonn nitrogen
Landbrukets NH3utslipp	Kraftig forbedret	Reduksjon 7 000 tonn nitrogen
Atmosfærisk nitrogen nedfall over Norge	Redusert med 25%	Om lag 25 % reduksjon, tilsvarende 50 000 tonn nitrogen (Sør-Norge ≈ 210 000 km²)
OSPAR	Lavere nitrogentilførseler til Nordsjøen	Omlag 35 % reduksjon siden 1990
Skagerrak	Lavere nitrogennivåer i Skagerak	Betydelig reduksjon siden 1985

1. Nyhet fra regjeringen 25.11.2025, Bedre utnytting av gjødsel - regjeringen.no
2. Nasjonale NOx – utslipp: 08941: Forsurende gasser, ozonforløpere m.fl., etter utslippskilde, energiprodukt og komponent 1990-2024
3. Nasjonale beregninger fra NIBIO: NIBIO-delrapport 1 - Nitrogenkilder - og strømmer i jordbruket.pdf
4. Utslipp redusert med 20–25 %: Overskridelser av tålegrenser for forsuring og overgjødsling for Norge: Oppdatering med perioden 2017–2021 – miljodirektoratet.no
5. OSPAR: Nutrient Inputs to the Greater North Sea, Bay of Biscay and Iberian Coast
6. Miljøstatus.no: Næringssalter i Skagerrak – Miljøstatus – Norges klima- og miljømål

Miljøtilstanden i fjorden og tilgrensende havområder har dessverre ikke blitt bedre, selv om mengden nitrogen er redusert. Dette indikerer at den økologiske ubalansen kan være knyttet til forholdet mellom næringsstoffene, endrede lysforhold, økt tilførsel av organisk materiale og partikler, endringer i hydrografi eller kombinerte belastninger som ikke fanges opp av dagens forvaltningsmodeller. Det er derfor behov for en helhetlig og tverrfaglig analyse der interaksjonene mellom land og kystnære områder forstås bedre. Vi trenger bredere analyser av hva som faktisk feiler Oslofjorden, før kostbar miljøpolitikk iverksettes. Uten en slik forskningsbasert forståelse er risikoen betydelig for at tiltak ikke gir forventet miljøeffekt, og at ressursene i stedet kanaliseres inn i lite målrettede prosesser.

6 Oppsummering

I Stortingsmelding 11 (2023-2024) "Strategi for auka sjølvforsyning av jordbruksvarer og plan for opptrapping av inntektsmoglegheitene i jordbruket" beskriver regjeringen en strategi, der økt planteproduksjon utgjør et sentralt element for hvordan selvforsyningsgraden skal økes fra dagens nivå og opp til 50 prosent. Oppdraget fra regjering og Storting innebærer at norsk landbruk skal øke matproduksjonen med 25 prosent.

Tilstrekkelig nitrogentilgang er avgjørende for god utnyttelse av avlingspotensialet og økt selvforsyning. Høye avlingsnivåer og økt matproduksjon, vil kunne gi enda bedre bruk av nitrogen og redusere risiko for tap til luft og vann. Reguleringer for bruk av nitrogen bør ta utgangspunkt i forholdet mellom tilført nitrogen og faktisk avling, og evalueres og vurderes kontinuerlig for å gi best mulig effekt for produksjon, økonomi og miljø.
Landbruket har tatt betydelige miljøgrep, fra 1990-tallet til i dag og det er innført en rekke tiltak for å senke miljøavtrykket, løpende bedre nitrogenbruken. Dette har sammen med teknologiendringer gitt stadig mer presis bruk. Nitrogeneffektiviteten vil stadig forbedres etter hvert som teknologi, agronomisk praksis og kunnskap videreutvikles og implementeres. De gode løsningene finnes i god agronomi, presisjonsjordbruk, balansert gjødsling og bruk av teknologi som gir oversikt og styring på skiftenivå.

Når man ser innsatsen fra en samlet landbruksnæring de siste 25 årene for å redusere tap av næringsstoffer, er det oppsiktsvekkende at modellberegninger konkluderer med få eller ingen reduksjoner i nitrogenavrenning fra landbruksarealer i samme periode. En manglende fremgang som reiser spørsmål om metodikk og modellforutsetninger stemmer, eller om forklaringen er at miljøtiltakene som myndighetene iverksetter ikke virker som tiltenkt? Dette tyder på at modellene må gjennomgås og det må utføre nye feltforsøk og måling av avrenning for å få bedre data. Ser man dette i forhold til øvrige utslippsstatistikker for landarealer, for nedbør, ferskvann og havet som viser betydelig lavere nitrogeninnhold fra 1990-tallet og frem til i dag, blir denne kontrasten enda vanskeligere å forstå

Både jordbruk og samfunn har mye å tjene på og har felles interesse av god nitrogenforvaltning, og forvaltningen må bygge videre på kunnskapsbaserte, presise tiltak og teknologiske løsninger. Dette krever samarbeid mellom myndigheter, bønder, rådgivning og forskning, et omforent kunnskapsgrunnlag og felles målsetninger, samt vilje til å ta i bruk nye metoder og tilpasse krav slik at man sikrer både bærekraft, gode avlinger og økonomisk stabilitet for framtida.

Forfatterne ønsker å peke på følgende agronomisk tiltak som vi mener bør være satsningsområder fremover for å balansere avveiningene mellom miljøhensyn og ønsket om økt produksjon (Tabell 14).

6.1 Forslag fra forfatterne til økt nitrogeneffektivitet gjennom økt produktivitet

Tabell 14. Tiltak for økt nitrogeneffektivitet som ivaretar ønske om økt produktivitet.

Tiltak	Bedre nitrogenhusholdning
Nitrogenkorridor	Det bør startes et bransjeprosjekt, der forskningsinstitusjoner, rådgiverorganisasjoner og landbruksbransjen diskuterer rammene for en nitrogenkorridor, og hvordan en slik korridor kan utnyttes til mer presis nitrogengjødsling.
Drenering	Mange bønder ønsker å drenere, men rammene er for lave. Tilskuddspotten bør økes. Bedre drenering vil dessuten redusere faren for jordpakking. I sum vil dette gi bedre dyrkingsvilkår, økte avlinger og dessuten redusere faren for uønsket lystgass produksjon.
Vanning	Det er stort fokus på å redusere klimagassutslipp, men overraskende lite fokus på hvordan vi skal innordne oss endrede dyrkingsbetingelser i fremtiden. Det er all grunn til å forvente hyppigere og sterkere episoder med forsommertørke. I Norge er vi heldig stilt, ved at det er rikelig tilgang på vann, men bønder mangler ofte utstyr til å vanne. Det bør stimuleres til at flere bønder går sammen om felles vanningsanlegg.
Kalking	Ansvaret for langsiktig forvaltning av jordressursen forblir uavklart mellom jordeier og forpakter. Dette ansvaret bør avklares. I forbindelse med offentlig register for jordprøver, bør det vurderes om jordprøver med lav pH bør følges opp med krav om kalking via AK tilskuddsordningen
Rask teknologi implementering	Både innen plantevern og gjødsling skjer det en rivende teknologisk utvikling innen maskinteknologi. Det bør iverksettes en prosess der landbruksbransje, rådgivning, akademia og forvaltning samles for å drøfte hvordan denne teknologien kan utnyttes optimalt og implementeres raskere.
Bedre produksjonsstyring	I takt med en rivende teknologisk utvikling innen både agronomi og husdyrhold, endres rådgivingsbehov. Tilgangen på data fra ulike systemer gjør det mulig å optimalisere produksjoner og forbedre ressursutnyttelse. Bedre bedre produksjonsstyring og integrering både innen og mellom plante- og husdyrproduksjonene åpner betydelig potensial for økt matproduksjon og bedre utnytting av innsatsfaktorer som nitrogen. Dette bør ha høy prioritet.
Bedre gjødselspredning	Det bør settes krav om at sentrifugalspredere skal være utstyrt med sporsystemer/seksjonsavstenging. Det bør etableres et nettverk med entreprenører som leverer denne tjenesten. Ordningen med Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel har vært en suksess, men arealet under ordningen kan fremdeles utvides. Dette bør sees i sammenheng med å opprette satellittlager for husdyrgjødsel, slik at transportavstander ikke hindrer denne utviklingen.
Bedre fôringsstrategier i husdyrproduksjonen	Mer optimal bruk av protein gjennom vekst- og laktasjonsperioden vil redusere nitrogeninnholdet i gjødsel og urin. Spesielt er det viktig å kunne redusere andelen fra urin da den er mest flyktig. Bedre optimalisering av aminosyresammensettingen i fôrrasjoner tilpasset produksjonsintensiteten
Bedre bygningsløsninger i husdyrproduksjonen	En vesentlig del av nitrogentapet i husdyrproduksjonen skjer gjennom tap av ammoniakk fra fjøs og gjødsellager. Nye løsninger for håndtering av husdyrgjødsel vil bidra til et redusert tap.

Vedlegg 1

Oversikt over de RMP-tiltakene i 2025 som bidrar til å redusere tap av næringsstoffer

Avrenning til vann **Formålet med tilskuddene under miljøtema avrenning til vann er å redusere avrenning av næringsstoffer og partikler til vassdrag og kyst.**	
Tiltak	Regioner som har med tiltaket
Ingen jordarbeiding om høsten Tilskuddet skal stimulere til at åkerarealer ikke blir jordarbeidet om høsten etter siste høsting.	Agder, Møre og Romsdal, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Vestfold og Telemark.
Grasdekte kantsoner i åker Tilskuddet skal stimulere til etablering av grasdekt kantsone mot vassdrag på åkerareal som er utsatt for erosjon og næringsstoffavrenning.	Agder, Møre og Romsdal, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Rogaland, Vestfold og Telemark.
(Ugjødsla) Kantsone i eng Tilskuddet skal stimulere til at arealer som grenser mot vassdrag der det dyrkes flerårige urte/grasvekster til fôr, ikke blir gjødslet eller sprøytet, slik at forurensning til vann blir redusert.	Agder, Troms og Finmark, Vestland, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Nordland, Rogaland.
Fangdam Formålet med tilskuddet er å stimulere til at fangdammer utgjør et effektivt rensetiltak og at vegetasjonene i tilknytning til fangdammen blir skjøttet.	Møre og Romsdal, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Nordland.
Direktesådd høstkorn og høstoljevekster Formålet med tilskudd er å stimulere til redusert jordarbeiding ved etablering av høstkorn etter høsting av årets avling.	Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Vestfold og Telemark.
Grasdekte vannveier og grasstriper i åker Formålet med tilskuddet er å stimulere til flerårig grasdekke i dråg på åpen åker og på tvers av fallet i lange hellinger som er særlig utsatt for erosjon.	Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Gras på arealer utsatt for flom og erosjon Tilskuddet skal stimulere til bruk av flerårige vekster på åkerareal som er spesielt utsatt for flom eller erosjon.	Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Vestfold og Telemark.
Ingen jordarbeiding på flomutsatte arealer Tilskuddet skal stimulere til at områder som er særlig utsatt for flom, ikke jordarbeides om høsten. Dette skal hindre jordtap og avrenning av næringsstoffer.	Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Vestfold og Telemark.

Utslipp til luft **Formålet med tilskuddene under miljøtema Utslipp til luft er å stimulere til miljøvennlige gjødslingsmetoder som gir redusert utslipp av ammonikk og lystgass og redusert avrenning av næringsstoffer til vann og vassdrag.**	
Spredning av all husdyrgjødsel om våren og/eller i vekstsesongen Tilskuddet skal stimulere til at husdyrgjødsel og biorest blir spredt på mest mulig gunstig tidspunkt for best mulig utnytting av næringsstoffene i gjødsla og for reduksjon av forurensning til vann og utslipp til luft.	Agder, Møre og Romsdal, Troms og Finnmark, Vestland, Innlandet, Trøndelag, Nordland.
Nedlegging av husdyrgjødsel Tilskuddet skal stimulere til at husdyrgjødsel og biorest blir lagt rett ned på jorda (nedlegging) i stedet for tradisjonell breispredning med gjødselkanon eller lignende.	Agder, Møre og Romsdal, Troms og Finnmark, Vestland, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Nordland, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Nedfelling av husdyrgjødsel Tilskuddet skal stimulere til at husdyrgjødsel og biorest blir blandet direkte i jordsmonnet (nedfelling) i stedet for tradisjonell breispredning med gjødselkanon eller lignende.	Agder, Møre og Romsdal, Troms og Finnmark, Vestland, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Nordland, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Spredning av husdyrgjødsel med tilførselsslange Tilskuddet skal stimulere til bruk av tilførselsslange for spredning av husdyrgjødsel og biorest for å redusere jordpakking.	Agder, Møre og Romsdal, Troms og Finnmark, Vestland, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Nordland, Rogaland, Vestfold og Telemark.

Jord og jordhelse **Formålet med tilskuddene under miljøtema jord og jordhelse er å forbedre tilstanden i jorda ved å stimulere til mer biologisk aktivitet. Dette gjøres gjennom å øke plantedekke og redusere forstyrring av jorda. Økt plantedekke fører også til lagring av karbon i jord. Tiltak under miljøtema jord og jordhelse reduserer også tilførselen av jordpartikler og næringsstoffer til vann ved å forbedre jordstrukturen og dermed vannhusholdningen og evnen til å holde på næringsstoffer.**	
Fangvekst som underkultur Tilskuddet skal stimulere til bruk av fangvekster for å bedre jordstruktur og jordhelse gjennom å øke innholdet av levende røtter og organisk materiale. I tillegg beskytter fangvekster jordoverflaten mot erosjon og avrenning av næringsstoffer ved kraftig nedbør og flom.	Agder, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Fangvekster sådd etter høsting Tilskuddet skal stimulere til bruk av fangvekster for å forbedre jordstruktur og jordhelse gjennom å øke innholdet av levende røtter og organisk materiale. I tillegg beskytter fangvekster jordoverflaten mot erosjon og avrenning av næringsstoffer ved kraftig nedbør og flom.	Agder, Vestland, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Fangvekst med høy diversitet Tilskuddet skal stimulere til bruk av fangvekster med høy diversitet fordi det gagner jordhelsen ved å skape høy biodiversitet av mikro og makroorganismer i jorda.	Agder, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus.
Spredning av biokull Formålet med tilskuddet er å stimulere til spredning av biokull på jordbruksjord.	Innlandet, Trøndelag, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Bruk av egenprodusert kompost Tilskuddet skal stimulere til bruk av egenprodusert kompost fordi det er et svært godt jordforbedringsmateriale. Tilskuddet skal stimulere til resirkulering av gårdens egne næringsstoffer.	Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Vestfold og Telemark.

Klimarådgiving og miljøavtale **Formålet med Klimarådgiving og miljøavtale er å redusere jordbruksproduksjonens klima- og miljøavtrykk.**	
Klimarådgiving Tilskuddet skal stimulere til at bonden får rådgivning om gårdens klimaavtrykk og behovet for klimatilpasning.	Agder, Møre og Romsdal, Troms og Finmark, Vestland, Innlandet, Østfold – Buskerud – Oslo og Akershus, Trøndelag, Nordland, Rogaland, Vestfold og Telemark.
Miljøavtale Formålet med tilskuddet er å stimulere til at foretak gjennomfører flere miljøtiltak, som i kombinasjon gir større miljøgevinst enn enkelttiltak.	Innlandet, Rogaland, Vestfold og Telemark.

Kilde: Oversikt over fylkesvise RMP-veiledere - Landbruksdirektoratet

Vedlegg 2

Kartlegging av grasavlinger i 2025 (Kjøsnes og Wekre, TINE)

Beregning av nitrogeneffektivitet (NUE) i grasproduksjon er metodisk krevende, ettersom en rekke agronomiske, klimatiske og driftsmessige faktorer påvirker både nitrogeninput og -output i systemet.

Fremgang i grovfôranalysene i 2025

De senere årene har flere større bransjeprosjekter, som «Grovfôr 2020» og «Økt Norsk Selvforsyning», lagt betydelig vekt på å styrke kunnskapen om grovfôrkvalitet og bedre utnyttelsen av norske fôrressurser.

Tines FAS-statistikk (grovfôranalyser) viser at i 2025 var det rekordhøyt antall innsendte grovfôranalyser. En økende andel produsenter ser nå verdien av å analysere fôret systematisk. Selv om gjennomsnittsverdiene fortsatt ligger under ønsket nivå, viser datagrunnlaget en klar kvalitetsforbedring: 33 % av prøvene i 2025 oppnår en OMD > 75, som er svært godt grovfôr.

	OMD	Protein	NDF
Gjennomsnitt (N=11495)	73,3	151,77	492,29
Gode verdier (N=3757)	77,46	165,75	448,04

Det rapporteres samtidig om en økning i antallet analyser av både sinkufôr og halm. Dette skyldes en målrettet innsats fra rådgivningstjenesten for å inkludere også lavkvalitetsfôr i analysegrunnlaget. Sinkufôr har gjennomgående lavere næringsverdi, noe som trekker ned gjennomsnittsnivået i de samlede analysene. Det høye antallet analyser i 2025 reflekterer derfor sannsynligvis en større variasjon i prøvematerialet enn tidligere år.

Graset kan produsere mere protein

TINE rådgivning la i 2024 ut 54 max-ruter i gras om våren, for å sjekke nitrogenstyrken i bondens oppsatte gjødslingsplan. Det ble kun registrert proteinprosent i disse maksrutene. I 42 av rutene var det 2,6 %-poeng økt proteininnhold, mens 12 ruter ikke ga effekt, men disse gårdene hadde allerede gjødslet tilstrekkelig med N.

	Antall max ruter	Protein prosent	
		Bondens gj.plan	Max ruter (+ 4 kg N, gitt med YaraBela Sulfan)
Med respons	42	15,7	18,3
Uten respons	12	18,6	17,7

Proteinresponsen fra TINES max ruter indikerer at det ikke er gjødslet for hardt med nitrogen på de fleste av gårdene i dette utvalget.

Gårdsanalyser i Trøndelag 2025

I 2025 gjennomførte TINEs fôringsrådgivere Tomas Kjøsnes og Jørgen Wekre en rekke gårdsanalyser i Trøndelag. Datagrunnlaget besto av avlingsregistreringer og fôranalyser fra bruk der de året før hadde utarbeidet gjødslingsplaner.

Resultatene bekrefter et mønster som også fremkommer i andre avlingsregistreringer: en betydelig variasjon mellom gårdsbruk. Mens enkelte produsenter gjødsler langt over behovet (opptil +30 %), ligger like mange tydelig under det gjødslingsnivået som avlingspotensialet tilsier (–40 %). De 200 skiftene som ble registrert viser derfor et klart potensial for mer presis og behovstilpasset nitrogengjødsling. Samtidig må funnene tolkes i lys av et svært utfordrende dyrkingsår i Trøndelag.

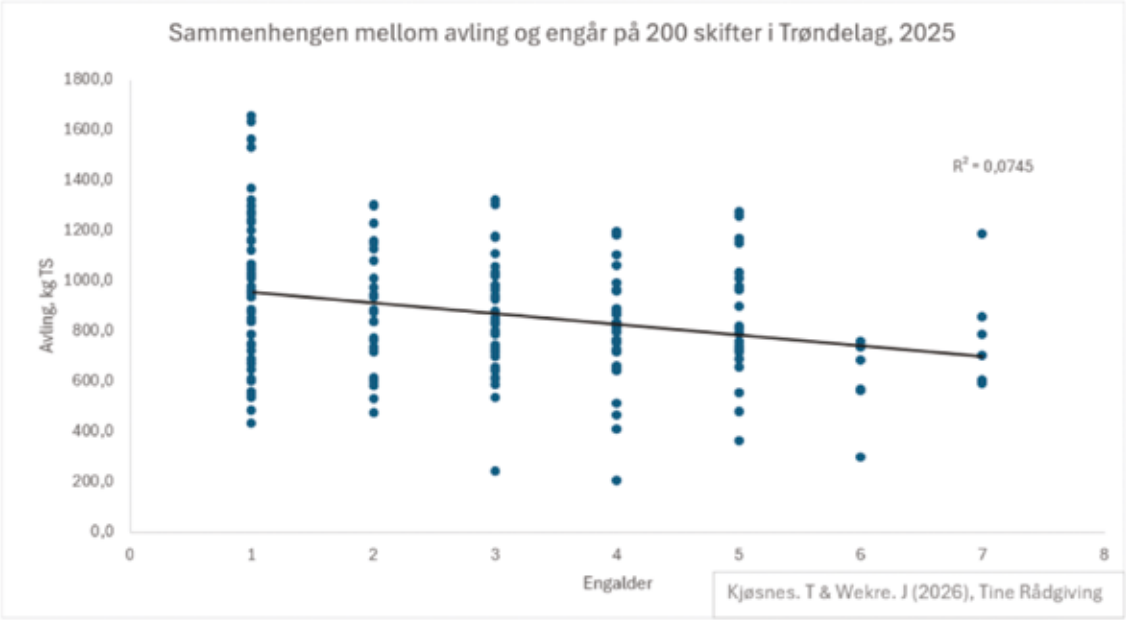
Til tross for vanskelige vekstforhold med mye nedbør ble det likevel høstet store grasavlinger. I førsteårseng var gjennomsnittsavlingen nær 1 000 kg tørrstoff per dekar (TS/daa), og gjennomsnittet for alle skifter endte på 857 kg TS/daa.

Gjennomsnittstall for 200 skifter i Trøndelagfor 2025

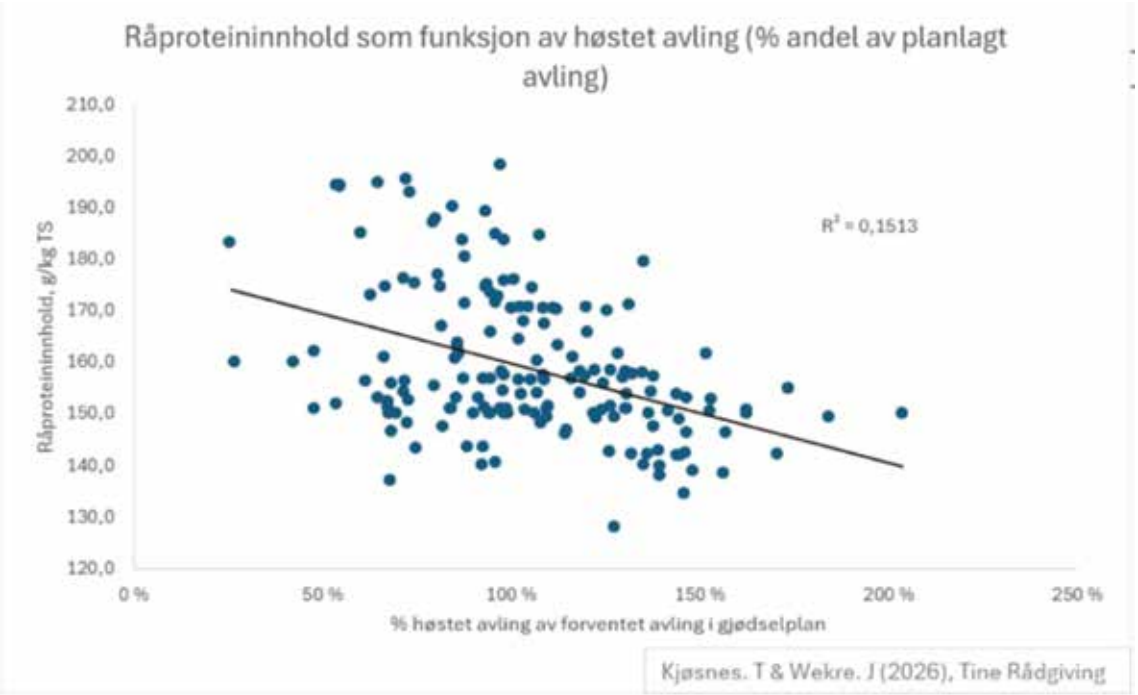
	Netto avling, kg TS/daa	N uttak, kg/daa	RP, g/kg TS	P uttak, kg/daa
Gj.snitt	865,6	22,1	161,1	2,7
Standardavvik	274,2	6,6	41,5	0,9

Tallene viser også svært store variasjoner i avlingsnivå, fra 430 til 1650 kg TS/daa. Dette illustrerer både et betydelig potensial for høyere avlinger og et tydelig behov for bedre samsvar mellom gjødslingsnivå og faktisk avlingsrespons. Både over- og undergjødsling med nitrogen fremstår som utfordringer som bør adresseres.

Når avlingene grupperes etter engår, fremkommer et tydelig mønster: førsteårseng gir høyest avlingsnivå, med et gjennomsnitt på om lag 1 000 kg TS/daa. Datamaterialet viser klart at kunnskap om de enkelte skiftenes avlingspotensial er avgjørende for å utforme en presis og effektiv gjødslingsstrategi. En relativt stor andel av skiftene høstet over 1 000 kg TS/daa, men ingen av produsentene hadde tilført nitrogenmengder som stod i forhold til dette avlingsnivået.



Kjøsnes og Wekre kartla også proteininnholdet i grovfôret. Som forventet viste analysene at skifter som var undergjødslet med nitrogen i forhold til forventet avlingsnivå, hadde lavere proteininnhold. På skifter der nitrogenmengden oversteg plantenes behov, ble det registrert noe høyere proteininnhold. Det ble likevel observert betydelig variasjon i proteineffektiviteten også på skifter der gjødslingen var tilpasset avlingsnivået (100 %), noe som indikerer at faktorer utover gjødslingsnivået påvirker nitrogenutnyttelsen.



Arbeidet til Tine viser at det foreligger et betydelig potensial for å optimalisere nitrogengjødslingen i norsk grasdyrking. Det er store variasjoner i avlingsnivå både mellom gårdsbruk og mellom skifter, samtidig som det i liten grad praktiseres behovstilpasset variasjon i nitrogentilførselen.

Bedre nitrogenutnyttelsen gjennom positive dyrkingstiltak og økte avlinger

I flere dal- og fjellbygder samt i nordlige produksjonsområder, karakteriseres jordbruksarealene av vedvarende agronomiske utfordringer. Engene preges ofte av høy ugrasandel, redusert botanisk kvalitet, og jordprøver dokumenterer pH-nivåer som ligger vesentlig under agronomisk anbefalte verdier. Disse forholdene peker mot en strukturell og vedvarende underutnyttelse av jordressursenes produksjonspotensial, og en svekket evne til å omsette tilført nitrogen i høye og stabile avlinger.

Før man innfører et regelverk som risikerer å begrense bønders mulighet til å gjødsle på et agronomisk optimalt nivå, er det nødvendig å adressere disse grunnleggende produksjonsbegrensningene.

Utforming av nytt regelverk for nitrogenforvaltning innebærer derfor et prinsipielt veivalg. Ett alternativ er å prioritere tiltak som styrker agronomien – herunder målrettet kalking, systematisk fornying av eng og optimalisert gjødsling som er godt dokumentert å kunne øke grovfôravlinger, forbedre fôrkvalitet og samtidig løfte nitrogeneffektiviteten. En slik strategi vil ikke bare gi økt lønnsomhet for produsenten, men også bidra til større andel norskprodusert fôr i husdyrholdet og dermed styrke den nasjonale selvforsyningsgraden.

Dette er i tråd med overordnede nasjonale mål om robust matproduksjon, klima- og miljøriktig ressursbruk og økt beredskap.

Vedlegg 3

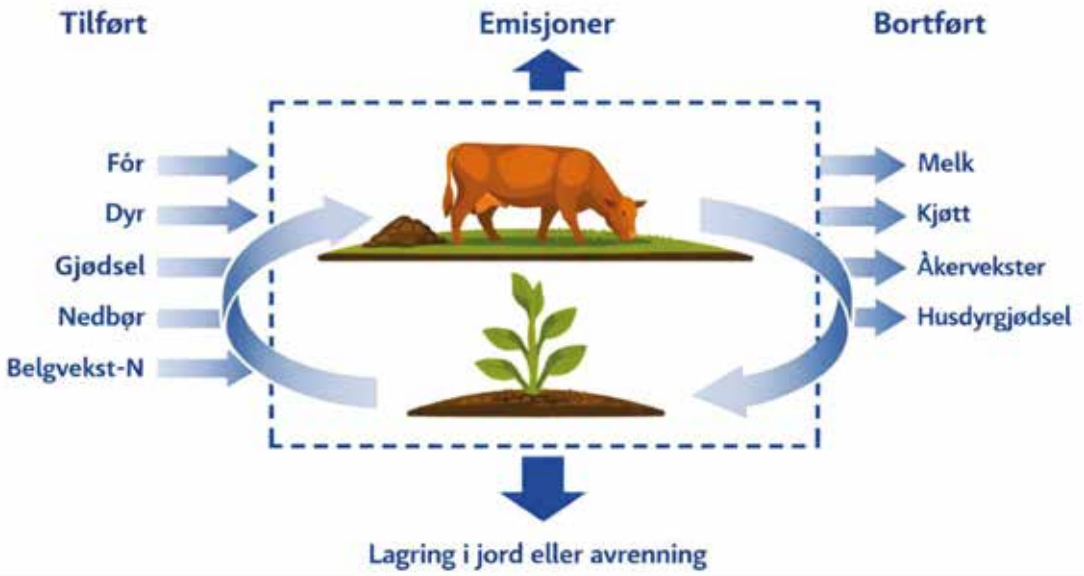
Nitrogen i Norge og fra norsk jordbruk – status og usikkerhet

Matproduksjon har en avgjørende betydning for de globale kretsløpene for nitrogen (N) og fosfor (P). Nesten alle matsystemene trenger ekstern tilførsel av N. Husdyrbasert produksjon trenger tilførsel av N gjennom protein fra fôret, og plantene gjennom gjødsel, med unntak av planteproduksjon basert på nitrogenfikserende planter. Utnyttelsen av N varierer mellom matsystemer (Quemada et al., 2020), hvor den er høyest for kornproduksjon (60 %) og lavest for melkeproduksjonen (20 %). En lav utnyttelse betyr ikke automatisk et økt tap til miljøet (Quemada et al., 2020), men et fokus på det uutnytta nitrogenet i planteproduksjonen. Det gjelder spesielt i husdyrproduksjonen hvor husdyrgjødsla representerer en betydelig N ressurs. Nitrogen er mye brukt som en bærekraftsindikator i matproduksjonen, ofte ved å beregne N balanse mellom tilført og brukt N i de ulike produksjonssystemene. I husdyrproduksjonen skjer tap av N til miljøet hovedsakelig gjennom ammoniakk (NH_3) fra fjøs og gjødsellager, NH_3 tapt under spredning av gjødsel, og avrenning fra jorda (Edouard et al., 2019; Powell & Rotz, 2015; Velthof et al., 2012). I tillegg til tap av NH_3 til luft og nitrat (NO_3-) til vann, så vil N i gjødsel og jord bli omdannet til lystgass (N_2O) og dermed ha en effekt på utslippet av klimagasser fra landbruket.

I flere land er det krav til beregning av N- og P- balanser på gårdsnivå for å dokumentere utnyttelse, tap og overskudd, og dermed en indikator på miljøbelastningen. I Norge er det satt grenser for hvor mye P fra husdyrgjødsel man kan tilføre per daa, og i noen geografiske områder er det også satt et maksimumskrav på 17 kg N per dekar fra husdyrgjødsel (Forskrift om husdyrgjødsel, 2002).

Gjennom en utredning av behovet for å redusere tilførsel av N til Ytre Oslofjord gjort av Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) ble det vist at landbruket står for den største tilførselen av biotilgjengelig N til fjorden (Staalstrøm et al., 2022). Det blir i dag gjort mange tiltak for å redusere avrenning gjennom randsoner, fangvekster og redusert jordarbeiding (Landbruksdirektoratet, 2024), men mindre for å øke og evaluere utnyttelsen av N i ulike deler av plante- og husdyrproduksjonen.

En utfordring for norsk husdyrproduksjon er tilgang på protein. Hos fjørfe er det meste av proteinet importerte proteinråvarer (ref), mens hos svin vil proteintilførselen være en kombinasjon av protein fra norsk korn og importerte proteinråvarer. I drøvtyggerproduksjonene vil en betydelig del av proteinet stamme fra grovfôrproduksjonen (60–70 %) hvor N i hovedsak kommer fra husdyrgjødsel og handelsgjødsel. I drøvtyggerproduksjonene vil 10–20 % av nitrogenet stamme fra importerte proteinråvarer og 20-25 % fra norsk korn.



Figur 1. Overordnet skisse for å beregne næringsbalanse på gårdsnivå i en husdyrbasert produksjon (Volden, 2022).

Nitrogenkretsløpet

Nesten all husdyr- og planteproduksjon trenger tilførsel av N fra eksterne kilder. Figur 1 viser en oversikt over N-flyten og grunnlaget for å beregne N-balansen på gårdsnivå. En viktig oppgave er å optimalisere bruken av N i de ulike næringsstrømmene slik at minst mulig av nitrogenet kommer på avveie og tapes til omgivelsene.

Nitrogenkretsløpet består av en rekke kompliserte sammenhenger hvor N transporteres gjennom planter, dyr, jord og luft gjennom ulike prosesser. Viktige begreper i kretsløpet er fiksering, inkorporering, høsting, absorbering, mineralisering, nitrifisering, denitrifisering og avrenning.

I kretsløpet opptrer N i ulike forbindelser både i uorganisk og organisk form. De viktigste uorganiske forbindelsene er nitrat (NO_3-), nitritt (NO_2-), ammoniakk/ammonium (NH_3/NH_4+), nitrogengass (N_2), nitrogenoksider (NO, NO_2, N_2O). I organisk form inngår N i proteiner, aminosyrer, nukleinsyrer og klorofyll.

Nitrogen fra lufta gjøres tilgjengelig for planter gjennom N-fikserende bakterier som lever i symbiose med plantene, eller industrielt N fremstilt i form av mineralgjødsel. I tillegg kommer en betydelig del av N tilførselen fra husdyrgjødsel som stammer fra fôrprotein, enten grovfôr eller kraftfôr. Husdyrgjødsel inngår i gruppen naturgjødsel som omfatter husdyrgjødsel, menneskegjødsel, kompost, tang, tare og guano, og kalles ofte organisk gjødsel på bakgrunn av et høyt innhold av organisk materiale. Gårder med husdyrproduksjon importerer store mengder næringsstoffer gjennom innkjøpt fôr. Husdyrene utnytter 10–50 % av næringsstoffene, noe som innebærer at en stor andel havner i husdyrgjødsla. Risikoen er en oppkonsentrering av næringsstoffer på gårder med husdyrproduksjon, og mangel på gårder som driver ensidig plante-produksjon. Mineralgjødsel fremstilles industrielt hovedsakelig ved at naturgass reagerer ved høy temperatur og trykk med nitrogengass og danner ammoniakk. Denne videreforedles til ulike former for N-basert handelsgjødsel.

Plantene tar opp N i uorganisk form som nitrat (NO_3-) eller ammonium (NH_4+). Ammonium-N kan inngå direkte i organiske forbindelser, mens NO_3- må reduseres til NO_2- og NH_4+ i plantecellene før de kan inngå i organiske forbindelser. Ammonium er positivt ladet og kan binde seg til negativt ladde partikler i jorda og er dermed mindre utsatt for tap. Nitrat er negativt ladet og binder seg i mindre grad til jordpartiklene og er derfor mer utsatt for utvasking. I plantene inngår det meste av N i aminosyrer som utgjør proteinene. Innholdet av protein i plantene avhenger av planteart og plantedel. I typiske proteinfôrmidler (soya og raps) er innholdet av protein 40–50 % av tørrstoffet, i våre mest dominerende kornarter (bygg, havre hvete) 9–12 % av tørrstoffet og i gras, vårt mest dominerende grovfôr, 13–17 %.

I husdyrene utnyttes proteinet i fôret til vedlikehold, melkeproduksjon og vekst (kjøtt). Utnyttelsesgraden varierer betydelig mellom ulike husdyrslag og livsytringer. Tabell 1 viser nitrogenutnyttelsen i ulike husdyrproduksjoner. Data basert på Karlengen et al, 2012 og Volden, 2023.

Tabell 1. Utnyttelsen av nitrogen i ulike husdyrproduksjoner

Produksjon	Nitrogenutnyttelse, %
Melkeku	23-35
Storfekjøtt	8-20
Sau	8-20
Gris	28-45
Slaktekylling	45-60
Verpehøns	35-50

Tabellen viser en betydelig variasjon både mellom og innen produksjon. Det betyr at det er mulig å øke utnyttelsen innen produksjon ved bedre fôroptimalisering. Samtidig er det viktig å ha en strategi som øker utnyttelsen uten at det går utover produksjonsnivået.

Nitrogen fra husdyrgjødsla stammer fra både gjødsel og urin, og hvor mye som skilles ut er avhengig av proteininnholdet i fôret og utnyttelsen i dyret. Når N skilles ut fra dyret foreligger N i form av urea i urin og organisk bundet N i gjødsel. Tilgjengeligheten av N fra husdyrgjødsla vil være avhengig av forholdet mellom de to N-fraksjonene. I løpet av kort tid reduseres urea til ammoniakk (NH3), og direkte til plantevekst vil det ha en tilgjengelighet på tilnærmet 100 %, mens den organisk bundne N-fraksjonen vil ha en tilgjengelighet på 30–40 %. Det fører til at N-tilgjengeligheten i husdyrgjødsla fra drøvtyggere er i området 50–70 %, mens hos svin er tilgjengeligheten 85–90 % siden det meste av N foreligger som urin.

Kilder

Nitrogen Use Efficiency (NUE) Guidance Document for assessing NUE at farm level (2016) NUE-Guidance-Document.pdf

7 Kildeliste

Vitenskapelige artikler

Bobbink, R., Loran, C. og Tomassen, H. (eds.), 2022. *Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe.* German Environment Agency

Edouard, N., et al. (2019). Nitrogen dynamics in livestock systems. *Journal of Environmental Management.*

Jingli, M., et al. (2025). Optimization of nitrogen allocation and remobilization improves nitrogen use efficiency of winter wheat in the North China Plain. *European Journal of Agronomy, 171*, Article 12778.

Kjær, K., et al. (2025). Speciesspecific effects of cover crops on nitrous oxide emissions in hemiboreal cereal production: The importance of freeze–thaw driven emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment.*

Quemada, M., et al. (2020). Nitrogen use efficiency in plant and livestock systems. *Agricultural Systems.*

Velthof, G., et al. (2012). Ammonia emissions and nitrogen transformations in soil. *Soil Biology & Biochemistry.*

Norsk forskning / institusjonsrapporter

Karlengen, H., et al. (2012). Nitrogenutnyttelse i ulike husdyrproduksjoner. *NMBU*.

NIBIO. (2025). *Nitrogenkilder og -strømmer i jordbruket: Delrapport 1*.

Volden, H. (2022). *Næringsbalanse i husdyrproduksjon.* NMBU.

Volden, H. (2023). *Nitrogenutnyttelse i husdyrproduksjon.* NMBU.

NIVA / NILU / EMEP / EEA

Austnes, K., et al. (2023). Overskridelser av tålegrenser for forsuring og overgjødsling for Norge. NIVA.

EMEP/EEA. (2023). Air pollutant emission inventory guidebook 2023. European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu

NILU. (2021). Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway: Annual Report 2021. NILU.

Garmo, Ø., & Skancke, L. (2021). Overvåkningsrapport M2102 – Tidstrendsjøene. Miljødirektoratet.

Klein, M., et al. (2025). Transboundary air pollution by sulphur, nitrogen, ozone and particulate matter in 2023: Norway. EMEP.

Sample (2025). Rapport 8108–2025 *Kildefordelte tilførsler til norske kystområder i 2023 – Tabeller, figurer og kart*

Staalstrøm, A., et al. (2022). *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord (M2065).* NIVA.

Internasjonale avtaler

Gøteborgprotokollen. (1999). *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.*

Paris Agreement. (2015). *UNFCCC.*

European Union. (1991). *Nitrates Directive (91/676/EEC).*

Offentlige norske kilder

Miljødirektoratet. (2024). *Overskridelser av tålegrenser for forsuring og overgjødsling.* https://www.miljodirektoratet.no

Miljøstatus. (2024). *Næringssalter i Skagerrak.* https://miljostatus.no

Regjeringen. (2025). *Bedre utnytting av gjødsel og mindre på avveie.* https://www.regjeringen.no

Statistisk sentralbyrå. (2024). *08941: Forsurende gasser, ozonforløpere m.fl.* https://www.ssb.no

OSPAR

OSPAR Commission. (2017/2023). *Nutrient Inputs to the Greater North Sea, Bay of Biscay and Iberian Coast.* https://oap.ospar.org

Landbruksdirektoratet / RMP

Landbruksdirektoratet. (2022–2025). *Regionale miljøprogram (RMP): Veiledere og tiltaksstatistikk.* https://www.landbruksdirektoratet.no

Diverse fagkilder

Kjøsnes, T., & Wekre, J. (2023). Nitrogeneffektivitet i norsk grasdyrking. *TINE*.
Riley, H. Nitrogeneffektivitet i kornproduksjon (forsøk 1991–2014). Pers. med.
Russenes, A.L. (2021). Lystgassutslipp i kornproduksjon. Presentasjon, Korn 2021.

Bakgrunnsstoff

Andersson, A., et al. (2005). Nitrogen redistribution from the roots in postanthesis plants of spring wheat. *Plant and Soil, 269*(1–2), 321–332.
Eller, F., et al. (2026). Contradicting default nitrous oxide emission factors: Average nitrous oxide emissions from mixed organic fertilizer application are higher than those from synthetic nitrogen fertilizers on Danish agricultural soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment.*
Fathi, A. (2022). Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review. *Agrisost, 28*, 1–8.
Kätterer, T. (2011). Roots contribute more to refractory soil organic matter than aboveground crop residues. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 141*, 184–192.
Wang, L., et al. (2025). Irrigation and nitrogen fertiliser increase wheat productivity by improving root–shoot population coordination. *Agricultural Water Management, 316*, 109589.

Referanser og kilder kap. 5 Oslofjord i endring, men forstår vi årsakene?

Frigstad et al (2023) Three decades of change in the Skagerrak coastal ecosystem, shaped by eutrophication and coastal darkening
Three decades of change in the Skagerrak coastal ecosystem, shaped by eutrophication and coastal darkening
Staalstrøm et al. (2022) Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord. NIVA rapport L.Nr 7723-2022. Miljødirektoratet . https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/juni-2021/utredning-av-behovet-for-a-redusere-tilforslene-av-nitrogen-til-ytre-oslofjord/
Miljøstatus.no Nordsjøene og skagerak https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/havindikatorer/nordsjoen-skagerrak/
OSPAR commission https://www.ospar.org/
Inputs of Nutrients to the OSPAR Maritime Area
Vandmiljø og Natur 2024 NOVANA. Tilstand og udvikling -faglig sammenfatning Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 687. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR687.pdf
Skjoldal HR et al. (1996) YTRE Oslofjord, Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe. Publikasjonen er registrert i norsk vitenarkiv (https://nva.sikt.no/registration/0198cc8b3531-42ea9b8f-0682-44bc-84f3-d6ce0fa06f5a), men ikke elektronisk tilgjengelig. Forfatterne av dette notatet har imidlertid en elektronisk utgave.
Havforskningsinstituttet (2018) Status for miljøet i Nordsjøen og Skagerak og ytre påvirkning, Rapport fra overvåkningsgruppa 2018_NS_2018-1.pdf

Foto forside: Thibaut Priou