

NIBIO har Norges største og mest avanserte analyselaboratorium for plantevernmidler i vegetabilsk mat, vann og jord.
Foto: Erling Fløistad, NIBIO

Plantevernmidler i miljøet i jordbruket i Norge

Hvor raskt plantevernmiddelet brytes ned i jord og vann, hvor hardt det bindes til jord og hvor raskt det kan transporteres til grunnvann og overflatevann er noen av spørsmålene som må besvares når risikoen for spredning av et plantevernmiddel i miljøet vurderes. Hva vet vi egentlig om plantevernmidlers skjebne i miljøet i Norge?

PLANTEVERNMIDLER I NORGE

Plantevernmidler - også kalt sprøytemidler eller pesticider - brukes for å bekjempe utbredelse av sopp, skadedyr og uønsket vegetasjon (ugress) i jordbruk, skogbruk, grøntanlegg, hagebruk, golfbaner, veksthus, og langs veikanter og jernbane. I tillegg kan soppmidler, skadedyrmidler, algemidler og antibakterielle preparater være bestanddeler i for eksempel treimpregneringsmidler, rottmidler, myggmidler, bunnstoff til båter, husvaskemidler, maling, desinfeksjonsmidler og i tekstiler - men slike preparater kalles med et fellesnavn for *biocider* og er ikke en del av gruppen regulære plantevernmidler². Mens biocider reguleres av EUs biocidforordning, reguleres plantevernmidler

av EUs plantevernmiddelregulativ. Regelverket er litt forskjellig avhengig av om stoffet er klassifisert som et biocid eller som et plantevernmiddel.

GODKJENNING AV PLANTEVERNMIDLER

Godkjenning av *virksomme stoffer* av plantevernmidler gjøres på fellesskapsnivå i EU. Norge deltar på ekspertmøtene i European Food Safety Authority (EFSA) der risikovurderingen av virksomme stoffer blir diskutert, samt på møtene i EU-kommisjonen der det stemmes over eventuell godkjenning. Selve handelspreparatet av plantevernmiddelet må derimot godkjennes for bruk av hvert enkelt medlemsland,



Foto: Erling Fløistad, NIBIO

etter søknad fra preparatets tilvirker³. Landene i Norden og Baltikum har blitt enige om en harmonisering og arbeidsdeling⁴ som åpner opp for at dersom et preparat er godkjent i f.eks. Sverige så kan det lettere bli godkjent også til bruk i Norge. I Norge er det Mattilsynet som utfører slik godkjenning og gir markedsføringstillatelse for fem år om gangen. Tilsvarende utføres nasjonal godkjenning av biocidprodukter av Miljødirektoratet.

MILJØRISIKOVURDERING AV PLANTEVERN- VERN MIDLER

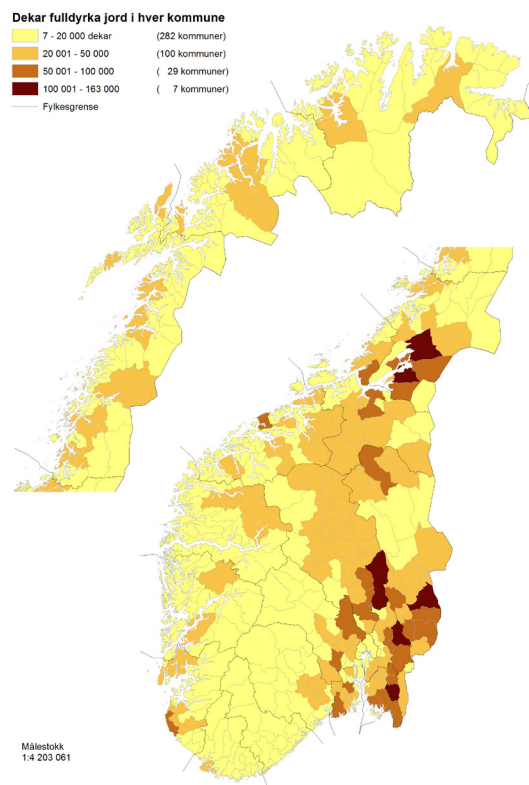
Plantevernmiddelets nedbrytingshastighet i jord og vann, binding til jord, transport til grunnvann og overflatevann og bioakkumulering i organismer er noen av kriteriene EFSA evaluerer når risikoen for spredning i miljøet av et nytt plantevernmiddel vurderes. EFSA mottar dokumentasjon på disse parametrene fra plantevernmiddelets tilvirker. Dokumentasjonen er basert på lab- og felt-studier i jord fra ulike steder i Europa, men som oftest fra lokaliteter i Sentral- og Sør-Europa. Lite data for plantevernmidlenes skjebne i Europas nordzone er dermed inkludert i bakgrunns-materialet EFSA vurderer. I 2011 ble det imidlertid innfelt et krav i EUs plantevernmidregelverk om at det ved godkjenning av plantevernmidler skal tas hensyn til landbruks-, plantehelse- og miljøforhold, herunder klimaforhold, der plantevernmiddelet skal brukes. Dette er viktig, for nordisk klima kan represen-

tere *worst-case* forhold for nedbryting av plantevernmidler i jord sammenlignet med resten av Europa. I Sentral- og Sør-Europa er vekstsesongen minst 60-140 dager lengre enn her i nord og gir dermed mer tid for effektiv mikrobiell nedbrytning av plantevernmidler i jord⁵. Legges den effektive temperatursummen til grunn, kan årlig mikrobiell nedbrytning i nord grovt anslått være halvparten av nedbrytingen sør i Europa⁵. Langsom nedbryting øker oppholdstiden til plantevernmidlene i jorda og kan føre til mer utlekking og utvasking av plantevernmidler til grunnvann og overflatevann i nord.

HVA KJENNETEGNER JORDBRUKETS JORD- OG KLIMAFORHOLD I NORGE?

For å kunne si noe sikkert om plantevernmidlers skjebne her til lands må vi først vite hva som kjennetegner jordbrukets jord- og klimaforhold i Norge. Forholdene varierer betydelig i ulike deler av landet ettersom landet strekker seg over flere klimasoner. Mens det er maritimt klima på Jæren og langs kysten, er det fuktig kontinentalklima på Sør-Østlandet, men kontinentalt subarktisk klima langs Trondheimsfjorden og i Tromsø. Dette gir utslag på varigheten av vekstsesongen. Værdata for perioden 1989-2011 viser en vekstsesong på 244 dager i Stavanger, i underkant av 200 dager i Osloområdet og Trondheimsregionen, avtagende til 153 dager i Tromsø. Til gjengjeld har Tromsø årlig 142 dager med over 25 cm snødekke,

KART 1: FULLDYRKA JORD



Figur 1. De viktigste jordbruksområdene for planteproduksjon i Norge, vist ved fordelingen av fulldyrka jord i landets kommuner¹. Nær 50 % av landets fulldyrka jord finnes på Østlandet, 30 % i Trøndelag, Møre og Romsdal og Nordland og 10 % i Rogaland. Det dyrkes fôrgras på om lag 60 % av jordbruksarealet i Norge.

Trondheim har 9, Oslo har 25, mens Stavanger aldri opplever over 25 cm snødekke.

Jordsmonnet i Norge er ungt, da det er påvirket av det skandinaviske isdekket som opphørte for ca. 10 000 år siden. Et kjølig klima gjør at jordsmonnutviklingen går langsommere her enn på sørligere breddegrader⁶. Leirjorda som ble avsatt som havbunn ved slutten av siste istid er i dag grunnlaget for mye av jordbruket og planteproduksjonen på Sør-Østlandet og langs Trondheimsfjorden⁷ (Figur 1). Men jordsmonnet er likevel vidt forskjellig på ulike lokaliteter. Vi finner mest Albeluvisol på Sør-Østlandet, Cambisol i Oppland og Hedmark, Umbrisols er vanlig i Rogaland, Stagnosol og Cambisol i Trøndelag og Histosols i Nord-Norge. Dyrket jord i Norge kan – i likhet med i Sverige og Finland – ha et høyt innhold av organisk materiale, sammenlignet med sør i Europa. I Norge gjelder dette særskilt Jæren, langs kysten og i Nord-Norge.

PLANTEVERN MIDLER I VEGETABILER DYRKET I NORGE

Hvert år blir over 1300 stikkprøver av korn, frukt, bær og grønnsaker analysert for innhold av plantevernmidler ved NIBIO, på oppdrag fra Mattilsynet. Om lag 1/3 av prøvene er norskproduserte vegetabler⁸. I 2015 ble plantevernmidler påvist i 35 % av de norske produktene (fordelt på 160 prøver), men kun én av prøvene hadde funn i en konsentrasjon over tillatte grenseverdier⁹. Funnprosenten var størst i bær (jordbær, bringebær, kirsebær og solbær), men også grønnsaker som agurk, gulrot og rucola viste høy andel funn i forhold til prøveantallet. De plantevernmidlene som blir påvist hyppigst (men likevel under tillatte grenseverdier) i norske produkter er boskalid, cyprodinil, pyraklostrobin, fludioksonil og fenheksamid. De er alle soppmidler.



Foto: Erling Fløistad, NIBIO

PLANTEVERN MIDLERS NEDBRYTING I NORSK JORDBRUKSJORD

Mange kulturer sprøytes gjentatte ganger gjennom sesongen med soppmidler. Selv om midlene ikke påvises i konsentrasjoner over tillatte grenseverdier i vegetabilene etter høsting, kan soppmidler som havner i jorda bindes sterkt til jordpartikler og ha lang oppholdstid i miljøet. Vi ønsker at den andelen av plantevernmidlene som havner i jorda skal brytes raskt ned til mindre toksiske nedbrytingsprodukter. Gjennom ulike forskningsprosjekter har vi undersøkt godkjente plantevernmidlers nedbrytingshastighet i jord i jordbruksområder i Norge (Figur 2).

Vi vet at plantevernmiddelets egenskaper, jordas sammensetning og klimaet er avgjørende for hvor raskt et plantevernmiddel brytes ned i jord. I kontrollerte laboratorieforsøk ser vi at nedbrytingen av plantevernmidler som bindes svakt til jord, slik som soppmiddelet metalaksyl, går raskere når jordas innhold av organisk materiale øker. Årsaken til dette er at jord med mye organisk materiale gjerne har en høy mikrobiell aktivitet. Mikroorganismene kan skille ut enzymer som bryter ned plantevernmidlene. Plantevernmidler som derimot bindes sterkt til jord, slik som



Figur 2. Våre studier viser at nedbrytingen av soppmidler går langsomt i forsøksjorda på Kvithamar i Stjørdal. Snøsmeltingsperioden kan føre til høyere utlekking av midlene enn i varmere klimastrøk. Foto: Lasse Weiseth, NIBIO

soppmiddelet propikonazol, viser ofte langsommere nedbryting når innholdet av organisk materiale i jorda øker. Plantevernmidler som bindes til det organiske materialet blir mindre for mikrobiell nedbryting.

I de områdene av Norge hvor jordbruksjorda har et høyt innhold av organisk materiale (Jæren, langs kysten og i Nord-Norge) kan man derfor forvente at nedbrytingen av plantevernmidler som er mobile (dvs. bindes svakt til jord) går raskere og at nedbrytingen av plantevernmidler som er lite mobile (dvs. bindes sterkt til jord) går langsommere. Men, ute på jordet spiller klimaforholdene en stor rolle for aktivitetsnivået til mikroorganismene. Dette gjør at resultater i kontrollerte laboratorieforsøk ikke uten videre kan overføres til faktiske forhold ute i felt. Våre nedbrytingsstudier fra feltforsøk i Norge viser naturlig nok at plantevernmidler brytes langsommere ned i de kaldeste klimasonene i landet sammenlignet med de sørligste lokalitetene. Men i tillegg ser vi at kombinasjonen lave jordtemperaturer og et høyt innhold av organisk materiale er «worst-case» forhold for nedbryting av plantevernmidler og fører til nedbrytingstider som er mye lengre sammenlignet med tilsvarende studier sør i Europa. Unntak er plantevernmidler som brytes ned kjemisk, f.eks. av sollys eller ved hydrolyse, eller hvis binding er avhengig av jordas pH.

PLANTEVERN MIDLER I JORDBRUKSNÆRE OVERFLATEVANN I NORGE

Kommer plantevernmidler på avveie etter sprøyting i jordbruket i Norge? Gjennom Program for jord- og vannovervåking (JOVA) (www.nibio.no/jova) undersøker NIBIO, på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet, forekomst av plantevernmidler i bekker i seks jordbruksdominerte nedbørfelt. Grønnsaker og potet



Foto: Marit Almvik, NIBIO

er intensive produksjoner med bruk av plantevernmidler, og dette gjenspeiles i hyppig gjenfinning av en rekke ulike midler gjennom vekstsesongen. Spesielt i områder med sandige jordarter og hvor det vannes i tørre perioder, påvises det hyppig plantevernmidler i bekkevannet. I områder med korn dyrking er det store utfordringer med soppjukdommer enkelte år, noe som gjenspeiles i sprøytefrekvens og gjenfinning av plantevernmidler i bekkevann. Vi ser at midler som sprøytes om høsten (eks. ugrasmidler som sprøytes ut i stubb og ugras- og soppmidler i høstkorn) når temperaturene er for lave for nedbrytning i jorda, er utsatt for utvasking og avrenning ved kraftig nedbør om høsten og i snøsmeltingen om våren.

I de fleste tilfeller påvises flere enn ett plantevernmiddel i den enkelte vannprøve, og i ekstreme tilfeller kan så mange som 10-15 midler påvises i samme prøve. Overvåkingsresultatene fra flere av JOVA-feltene indikerer en risiko for negative effekter på vannlevende organismer i kortere perioder gjennom vekstsesongen på grunn av risiko for samvirkning mellom plantevernmidlene som påvises.

JOVA-overvåkingen omfatter ikke alle plantevernmidler som brukes og mye brukte ugrasmidler som glyfosat og sulfonyleurea lavdosemidler, nedvisningsmidlet dikvat og enkelte mye brukte soppmidler (bl.a. mankozeb) overvåkes ikke rutinemessig. Det kan derfor ikke utelukkes at risikoen for negative cocktail-effekter av plantevernmidler i vannmiljø er større enn overvåkingsresultatene indikerer.

PLANTEVERNMIDLER I JORDBRUKSNÆRT GRUNNVANN I NORGE

Mens grunnvannet dekker det aller meste av vannforsyningen i andre land i Europa, utgjør grunnvann kun 15 % av vannforbruket i Norge. Utlekking av plantevernmidler til drens- og grunnvann utgjør som regel mindre enn 1 % av sprøytet mengde middel^{10,11}, men kraftig nedbør kort tid etter sprøyting kan imidlertid føre til utlekking av inntil 5-10 % av dosen^{10,12}. I vårt nordlige klima er dessuten snøsmeltingsperioden om våren en kilde til utlekking av plantevernmidler. I 2007-2012 fant NIBIO plantevernmidler i 25 av 30 jordbruksnære grunnvannsbrønner i Norge^{13,14}. Det ble gjort flest funn av mobile plantevernmidler (benzotiazon, MCPA, atrazin, simazin, metalaksyl-M), men også noen lite mobile plantevernmidler (pencykuron, propikonazol og fenpropimorf) ble gjentatte ganger påvist i grunnvannet. Totalt 13 plantevernmidler og nedbrytingsprodukter ble påvist i konsentrasjoner over den veiledende grenseverdien for drikkevann på 0,1 µg per liter, men konsentrasjonene og blandingsene

er vurdert til ikke å utgjøre en helseisiko ved inntak¹⁵. NIBIO følger opp grunnvannsundersøkelsene med nye studier^{16,17}.

MODELLERING SOM HJELPEMIDDEL

I forbindelse med godkjenningsarbeidet er det tatt i bruk matematiske modeller og klimascenarier til å beregne konsentrasjoner av plantevernmidler i jord, grunnvann, overflatevann og sediment. I EU brukes et utvalg scenarier (lokaliteter og klima) i modelleringen, men i tillegg har mange land sine egne nasjonale scenarier. Norge har utviklet egne scenarier for å beregne konsentrasjonen i grunnvann¹⁸ og overflatevann¹⁹. Disse scenariene representerer de vanligste jordtyper og klima fra norske jordbruksområder. Områder med spesielle jordtyper, med mye nedbør og lave temperaturer, er ikke representert. Erfaringer viser også at det er vanskelig å tilpasse modellene til norske vinterforhold med frysing og tining, noe som det jobbes med. Imidlertid erfarer vi fra modelleringsarbeidet at den direkte effekten av klima er relativt liten, mens den indirekte effekten er større ved at klimaet har påvirket dannelse og egenskaper av jorda i forhold til binding og mikrobiell aktivitet. Binding og nedbryting er de parameterne som blir regnet å ha størst effekt på modellberegningen og som forårsaker den langsomme forsvinningen av plantevernmidler fra miljøet her i Norge. Modellberegninger kombinert med geografiske informasjonssystemer (GIS) og jordsmonnkart har gjort det mulig å identifisere sårbare områder for forurensning fra plantevernmidler. For plantevernmidler som bindes svakt er dette områder med høyt grunnvann og sandholdig jord med lite innhold av organisk materiale som særlig finnes langs våre store elver. For plantevernmidler som bindes sterkt er derimot områder med hellende terreng sårbart for overflateavrenning særlig i områder med mye nedbør. Slike risikokart vil være viktige hjelpemiddel for reduksjon av uønskede effekter av plantevernmidler i miljøet i fremtiden. Imidlertid mangler vi erfaringer fra områder med høyt innhold av organisk materiale som forårsaker langsom nedbryting kombinert med mye nedbør¹⁷.

VEIEN VIDERE

Om lag 110 virksomme stoffer av plantevernmidler er godkjent til bruk i Norge i dag. Etter innføringen av EUs plantevernmiddelregelverk i Norge i 2015 forventes dette antallet å øke, da om lag 400 virksomme stoffer er tillatt brukt i EU. Dette vil gi plantedyrkerne bedre vilkår for å bekjempe sopp, skadedyr og ugress i avlingene, men samtidig må vi ta hensyn til de

særnorske jord- og klimaforhold som kan øke risikoen for utlekking av plantevernmidler her til lands. Plantevernmiddelregelverket stiller nå strenge krav til plantedyrkere om at andre tiltak enn kjemiske plantevernmidler skal vurderes brukt, og at man skal velge det plantevernmiddelet som utgjør minst fare for helse og miljø. Lave temperaturer og kort vekstsesong gjør imidlertid at den mikrobielle nedbrytingen av plantevernmidler går langsommere i Norge enn i mange andre europeiske land. Vinterforholdene gjør at plantevernmidler lekker ut ikke bare etter sprøyting men også om våren, etter snøsmelting. Vi ønsker å ivareta den gode utviklingen med lave nivåer av rester av plantevernmidler i norsk frukt og grønt. Mye står ennå utforsket for å kunne beskytte miljøet mot skadelige plantevernmidler.

REFERANSER

- 1 Mathiesen, H. F. 2014. Fulldyrka jord og dyrkbar jord - en landsoversikt. Fakta fra Skog og landskap 14/2014, 2p. Norsk institutt for skog og landskap.
- 2 Miljødirektoratet. 2014. Om biocidprodukter og biocidforordningen. <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Kjemikalier/Kjemikaliereregulering/Biocider/Biocidprodukter/>
- 3 Mattilsynet. Internasjonalt samarbeid på plantevernmiddeleområdet. 2015. http://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/plantevernmidler/godkjenning_av_plantevernmidler/internasjonalt_samarbeid_paa_plantevernmiddeleomraadet.3098
- 4 Danish EPA 2015. Cooperation in the North Zone - Guidance document on work-sharing in the Northern zone, version 4.0 (<http://mst.dk/82462.aspx>).
- 5 Braunschweiler, H.; Koivisto, S. 2000. *Fate and Effects of Chemicals in the Nordic Environments Related to the Use of Biocides*; Nordic Council of Ministers.
- 6 Sperstad, R.; Nyborg, Å. 2009. Beskrivelse av jordsmonn grupper og jordsmonnheter på dyrka mark i Norge. Karakteristikk, egenskaper og utbredelse. Dokument fra Skog og landskap 05/08.
- 7 Jørgensen, P.; Sørensen, R. 2013. Prestvik, O. *Norske Jordarter*; p. 56. http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/114780/Norske_jordarter.pdf
- 8 Skretteberg, L. G.; Holen, B.; Lyrån, B. 2013. Rester av plantevernmidler i maten vi spiser. Bioforsk Tema, vol. 10 (8). Ås, Norge.
- 9 Bolli, R. I.; Stuveseth, K.; Christiansen, A.; Kvarme Lilleby, M.; Gudmundsdottir Haarstad, I.; Komada, M. 2016. Rester av plantevernmidler i næringsmidler 2015 (http://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/uonskede_stofferimaten/rester_av_plantevernmidler_i_mat/rester_av_plantevernmidler_i_naeringsmidler_2015.22926/binary/Rester%20av%20plantevernmidler%20i%20n%C3%A6ringsmidler%202015). Mattilsynet & NIBIO.
- 10 Flury, M. 1996. Experimental Evidence of Transport of Pesticides Through Field Soils – a Review. *Journal of Environmental Quality*, 25: 25-45.
- 11 Brown, C. D.; van Beinum, W. 2009. Pesticide Transport Via Sub-Surface Drains in Europe. *Environmental Pollution*, 157: 3314-3324.
- 12 Kladviko, E. J.; Brown, L. C.; Baker, J. L. 2001. Pesticide Transport to Subsurface Tile Drains in Humid Regions of North America. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 31: 1-62.
- 13 Rød, L. M.; Ludvigsen, G. H. 2010. Pesticider i grunnvann i jordbruksområder. Resultater fra prøvetaking i 2009. Bioforsk Rapport, vol. 5(43).
- 14 Roseth, R. 2013. Plantevernmidler i grunnvann i jordbruksområder. Resultater fra prøvetaking i 2010 – 2012. Bioforsk Rapport, vol 8(46).
- 15 Hetland, R.; Brunborg, G.; Dirven, H.; Gjølme, N.; Instanes, C.; Lindeman, B. 2014. Inntak av plantevernmidler gjennom drikkevann vurdert i forhold til vedtatte grenseverdier - Rapport til prosjektet «Kartlegging av helseskader fra plantevernmidler – 2014». Oslo, Norge, Nasjonalt Folkehelseinstitutt.
- 16 Kværner, J.; Eklo, O. M.; Solbakken, E.; Solberg, I.; Sorknes, S. 2014. An Integrated Approach for Assessing Influence of Agricultural Activities on Pesticides in a Shallow Aquifer in South-Eastern Norway. *Science of the Total Environment*, 499: 520-532.
- 17 Eklo, O. M. 2015. Plantevernmidler i grunnvann og verktøy for tiltak. Plantevernmidler i grunnvann på ei elveslette med potet- og korn dyrking, aktuell tilstand og utvikling over tid. Verktøy for identifikasjon av sårbare områder og planlegging av tiltak. Framdriftsrapport prosjektnr. 14/62699 for Lanbruksdirektoratet.
- 18 Haugen, L. E.; Eklo, O. M.; Espeset, K.; Tveit, C. W.; Haraldsen, T. 2002. Prosjektrapport: Norske scenarier og modelvalidering: Kalibrering og validering av MACRO og PRZM3 for utlekking i to felt. Internal Report (in Norwegian) for the Norwegian Food Safety Authority.
- 19 Bolli, R. I.; Eklo, O. M.; Holten, R.; Mulder, P. 2013. National scenarios - Norway. Development of WISPE for surface- and groundwater modelling of pesticides in major crops. Bioforsk Report 172 (8): 1-172. Ås, Norway, Bioforsk PlanteHelse.

FORFATTERE:

Marit Almvik, Ole Martin Eklo, Marianne Stenrød, Åge Nyborg, Halvard Hole
NIBIO
E-post: marit.almvik@nibio.no