

Prosjektrapport:
Norske scenarier og modelvalidering:
Kalibrering og validering av MACRO og
PRZM3 for utlekking i to felt.

skrevet av Lars Egil Haugen (IJVF, NLH), Ole Martin Eklo
(Plantevernet), Kristin Espeset, Cathrine Waage Tveit og Terje
Haraldsen (Landbrukstilsynet).

Desember 2002.

Forord

Vi takker alle som har bidratt i dette arbeidet. Spesielt vil vi takke Tom Wetlesen og Magnus Løken for at de stilte felt på Rustad og Løken til disposisjon. Videre vil vi takke Landbrukstilsynet som har stilt økonomiske midler til disposisjon gjennom Handlingsplanen for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler.

INNHold

1. Innledning	1
Rapporter som er gitt ut i forbindelse med prosjektet:.....	2
2. Modellverktøy	3
3. Områder for utprøving av modellene	4
3.1 Vandsemb (Mørdre-feltet)	4
3.2 Rustad gård 1999-2000 (Skuterud-feltet)	4
3.3 Løken gård (Heiabekken)	5
4. Prosedyre for modell-simuleringer	6
5. Vurdering av modelprediksjon	7
6. Resultater og diskusjon	7
6.1 Vandsemb	7
6.2 Rustad og Løken gård	8
6.2.1 Bromid.....	8
6.2.2 Isoproturon	10
6.2.3 Metalaksyl	12
6.3 Oppsummering.....	13
7. Bruk av modellene for godkjenning av plantevernmidler	13
VEDLEGG 1	16
Nedbør og temperatur for Ås.	16
Nedbør og temperatur for Rygge.	16
VEDLEGG 2	17
Målte og simulerte verdier for bromid.	17
Målte og simulerte verdier for isoproturon.	18
Målte og simulerte verdier for metalaksyl	19

1. Innledning

Funn av plantevernmidler i overvåkingsprogram i Norge viser at det er et behov for å undersøke nærmere hvordan plantevernmidler oppfører seg under norske forhold. I "Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (1998-2002)" blir arbeidet med å fremskaffe data og modeller som underlag for risikovurderinger nevnt som en prioritert oppgave. Som et resultat av handlingsplanen ble det bevilget penger til forskning og utviklingsarbeid (FoU). Disse ressursene ble blant annet satt av til vurdering av simuleringsmodeller egnet for norske forhold. Internasjonalt har det også i denne perioden vært stor interesse for slike simuleringsmodeller. I EU er det utviklet egne scenarier (FOCUS-scenarier) for ulike regioner. Samtidig anbefales det at de enkelte land oppretter nasjonale scenarier for å forbedre sine risikovurderinger.

Dette er en sluttrapport for prosjektet: "Risikomodeller for norske scenarier". Prosjektet startet i 1999. Landbrukstilsynet har i dette arbeidet vært avhengig av spisskompetanse fra relevante forskningsmiljøer. Prosjektgruppen har bestått av ressurspersoner fra Institutt for Jord- og Vannfag (NLH), Planteforsk og Jordforsk. Landbrukstilsynet har også deltatt. Mål for prosjektet har vært å forbedre Landbrukstilsynets miljørisikovurderinger i forbindelse med godkjenning av plantevernmidler. Dette vil igjen kunne føre til reduserte utslipp av plantevernmidler til vann. Det har også vært et mål å øke kompetansen på risikomodeller i Landbrukstilsynet.

Første delen av prosjektet var en modellsimulering av avrenning via både drenering og erosjon i Vandsembfeltet på Romerike. En parametrisering av modellene ble foretatt og simuleringer ble sammenlignet med målinger fra bekkeutløp.

Den andre delen av prosjektet har vært modellsimulering av utlekking med tanke på grunnvann i to felt: Rustad i Ås og Løken gård (Heiabekken) i Råde. Det ble utført laboratorieforsøk på to modellstoff (isoproturon og metalaksyl) for sorpsjon/desorpsjon og nedbrytning sammen med feltmålinger. Feltmålingene ble gjort i 1999 og 2000 etter en tilførsel av bromid, isoproturon og metalaksyl i september begge årene. Bromid ble tilført for å beskrive og simulere vannbalansen. De to plantevernmidlene ble brukt som modellstoff fordi de er mobile, metalaksyl er mer mobilt enn isoproturon. Klimadata viser at det var to svært nedbørsrike høst/vintre, men nedbørsmengden etter sprøyting var noe forskjellig for de to årene. I 1999 kom det store nedbørsmengder rett etter sprøyting, som deretter avtok til en ny episode rundt juletid med stor nedbørsmengde. I 2000 var det relativt store nedbørsmengder i perioden fra sprøyting til slutten av desember med et mer stabilt snødekke gjennom vinteren.

Denne rapporten er en sammenligning av modellsimuleringer med de to modellene MACRO og PRZM3.

Rapporter som er gitt ut i forbindelse med prosjektet:

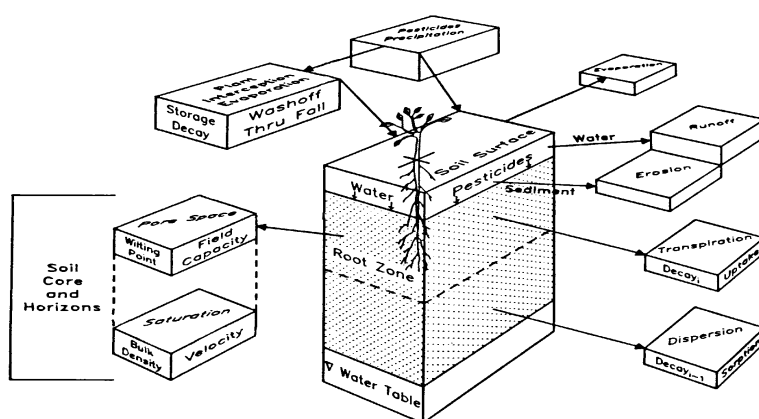
- Almvik, M., Eklo O.M., Bolli R.I., Thorstensen, C.W. & Lode, O. "Degradation and dissipation studies of isoproturon and metalaxyl in two soils from Norway". Grønn Forskning 22/2002.
- Deelstra J.: "A description of the Vandsemb catchment". Jordforsk report no. 2001.
- Deelstra J.: "A description of the Skuterud catchment". Jordforsk report no. 2002.
- Deelstra J.: "A description of the Heiabekken catchment". Jordforsk report no. 2002.
- Eklo & Haraldsen: "Parameterisering av PRZM 3-modellen for Vandsemb-feltet". Intern rapport, 2001.
- Eklo & Haraldsen: PRZM-simulering – Rustad gård. Intern rapport, 2002.
- Eklo & Haraldsen: PRZM-simulering – Heiabekken. Intern rapport, 2002.
- Eklo O.M., Almvik, M., Bolli R.I., Thorstensen, C.W. & Lode, O. "Degradation and dissipation studies of isoproturon in a silty clay loam from Norway". Grønn Forskning 11/2001.
- Eklo, O.M., Almvik, M., Bolli R.I., Thorstensen, C.W. & Lode, O., 2002. Degradation and dissipation studies of isoproturon in a silty clay loam from Norway. International Journal of Environmental Analytical Chemistry , Vol 82, No 8-9, pp 491-501.
- Haugen & Espeset: Parameterisering av MACRO-modellen for Vandsemb-feltet. Intern rapport.
- Haugen & Espeset: MACRO-simulering – Rustad gård. Intern rapport, 2002.
- Haugen & Espeset: MACRO-simulering – Heiabekken. Intern rapport, 2002.
- Wu & Riise: Sorption and desorption of isoproturon and metalaxyl in soils from Heiabekken and Rustad, south-eastern Norway. Rapport nr. 7/2001 (97). NLH.
- Wu & Riise: Sorption properties of isoproturon in soils. Rapport nr. 8/2001 (98). NLH.

2. Modellverktøy

PRZM (**Pesticide Root Zone Model**) er en deterministisk kompartimentmodell for simulering av kjemikaliers vertikale bevegelse i umettet jord. Modellen kan gjøres probabilistisk ved at en Monte Carlo-enhet kobles til. Modellen brukes av EPA i godkjenning av plantevernmidler og brukes også i FOCUS-scenariene. Modellen er av FOCUS-gruppen ansett å være godt egnet for både overflateavrenning og grunnvann og brukes i begge typer scenarier i EU. Modellen er en kapasitetsmodell dvs at den er basert på at vannet innen hvert jordlag tilbakeholdes inntil feltpkapasitet overskrides og deretter transporteres overskuddsvannet straks ned til neste jordlag, så fylles dette opp osv ("tipping bucket approach"). Denne tilnærmingen til den vertikale vannbevegelsen er brukbar for grove jordarter, men viser tendens til å overestimere vanntransporten i finere jordtekstur. For mer detaljer om modellen henvises det til manualen for PRZM3 (Carsel et al, 1999).

MACRO er en deterministisk modell for beskrivelse av ikke-stasjonær vann- og ione-transport i jord med makroporer (Jarvis 1994). Modellsimuleringene kan foretas både for 1 (mikro) og 2 (mikro + makro) strømningsregioner. I mikroporene beskrives vanntransporten ved Richard's ligning og ione-transporten ved konveksjons-dispersjons ligningen. Transporten av vann i makroporene er styrt av gravitasjonskreftene mens ione-transporten skjer som masse-transport (dvs ingen diffusjon). Modellen kan benyttes til simulering av ikke-reaktive tracer (eks Br, Cl) eller plantevernmidler og inkluderer prosesser som sorpsjon, nedbrytning og planteopptak av ulike kjemikalier. MACRO brukes også i EU som en grunnvannsmodell i et eget scenarium (Chateaudun) og som en modell for simulering av drenering i overflatevannscenariene.

Driv-variabler for begge modellene er målte tidsserier (døgnverdier) av klimadata. I figur 1 er vist en oversikt over hovedprosesser som inngår i PRZM. Tilsvarende prosesser inngår i MACRO men det er forskjeller mellom modellene i beskrivelsen av de ulike prosessene i jord-vann-plantesystemet. Jordas egenskaper samt plantevernmidlenes egenskaper er i modellene satt ut fra målinger både i felt og på laboratoriet.



Figur 1. Oversikt over de ulike prosesser i PRZM3 modellen

3. Områder for utprøving av modellene.

Modellene ble utprøvd på datasett fra 3 ulike områder: Vandsemb (Romerike), Rustad gård (Ås) og Løken gård (Heiabekken Råde). For Vandsemb ble det benyttet et eldre datasett fra målinger i bekk. På Rustad og Løken gård ble det anlagt feltforsøk hvor innholdet av bromid og plantevernmidler ble målt i jordprøver fra ulike sjikt på ulike tidspunkt etter sprøyting.

3.1 Vandsemb (Mørdre-feltet)

Feltet ligger i Akershus fylke og nedslagsfeltet har en total størrelse på rundt 120 daa. I dette feltet er det tre forskjellige jordtyper: Den dominerende er siltjord over marin leire, som totalt dekker et areal på rundt 102 daa. Tykkelsen av siltlaget varierer mellom 0,6 til 1 m. Jordarten i resten av feltet er en blanding av silt og marin leire som et resultat av planering. Siltig mellomleire utgjør ca 9,7 daa, mens en blanding av sandig silt/siltig mellomleire dekker ca 6,5 daa. Bare deler av feltet bidrar til avrenningen via drengroftene. Propikonazol og bentazon ble brukt som modellstoff. Propikonazol som et eksempel på et stoff som bindes godt til partikler og bentazon som et eksempel på et mobilt stoff.

Tilgjengelige klimadata og målinger foreligger for feltet for 1993 – 1995. Målinger av avrenning og plantevernmidler – konsentrasjoner er foretatt i bekkeutløpet i tilknytning til hele nedslagsfeltet.

3.2 Rustad gård 1999-2000 (Skuterud-feltet)

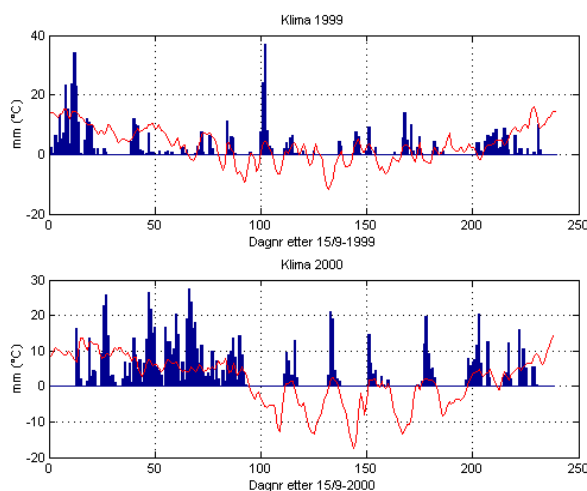
Rustad gård ligger i Ås kommune i Akershus, ca. 30 km sydøst for Oslo. I området hvor feltundersøkelsen ble foretatt og hvor jord til nedbrytning/adsorpsjons-studiene er innsamlet er jordtypen en dårlig drenert siltig mellomleire (Rk8) og jordprofilen er klassifisert som Aeric Endoaqualf (NIJOS 1999). Denne jordtypen er også med i det nordiske referansejordprosjektet (Tiberg et al, 1999). Resultatene fra feltundersøkelsen er nærmere beskrevet i Eklo et al.(2001). Bromid og plantevernmidler ble tilført høsten 1999 og 2000. Ved 4 datoer etter sprøyting ble jordprøver for analyse av de aktuelle kjemikalier tatt ut fra sjiktene 0-20, 20-40, 40-60 og 60-80 cm dyp. Tilførte mengder, dato for sprøyting og prøveuttak er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over sprøytetidspunkt, mengde og tidspunkt for prøvetaking for feltforsøket på Rustad i 1999 og 2000.

Element	Sprøyting 1999	Mengde, mg/m ²	Sprøyting 2000	Mengde, mg/m ²
Bromid	16/9	3900	21/9	5700
Isoproturon	16/9	55,2	21/9	62
Metalaksyl			21/9	15
Prøvetaking	16/9, 17/9, 20/9, 29/9, 17/11, 4/5-2000		21/9, 11/10, 10/11, 23/11, 8/5-2001	

Klimadataene for modellkjøringene er hentet fra den meteorologiske stasjonen på Søråsjordet, Ås. Stasjonen ligger ca 2 km syd for feltforsøket. Dataene for perioden er hentet fra månedsoversikt over klima på Ås (Institutt for tekniske fag, NLH).

Alle årene i forsøksperioden har høyere årsverdier for temperatur og nedbør enn normalen. Se vedlegg 1 for månedsnormal for lufttemperatur og nedbør for Ås sammen med verdiene for årene 1999 - 2001. Høsten år 2000 var spesiell med både høy lufttemperatur og store nedbørsmengder. Oversikt over døgnsummer for nedbør og døgnmiddel av lufttemperatur er vist for perioden 15/9 til 10/5 for begge årene i figur 2. Resultatene viser at i 1999 kom det store nedbørsmengder rett etter sprøyting (16/9-1999) mens deretter avtok nedbørsmengden før en fikk ny episode med relativt store nedbørsmengder rundt juletid. Resultatene for 2000 viser relativt store nedbørsmengder i perioden fra sprøyting (21/9-1999) til slutten av desember.



Figur 2. Nedbør og lufttemperatur for perioden etter sprøyting i 1999 og 2000 på Ås.

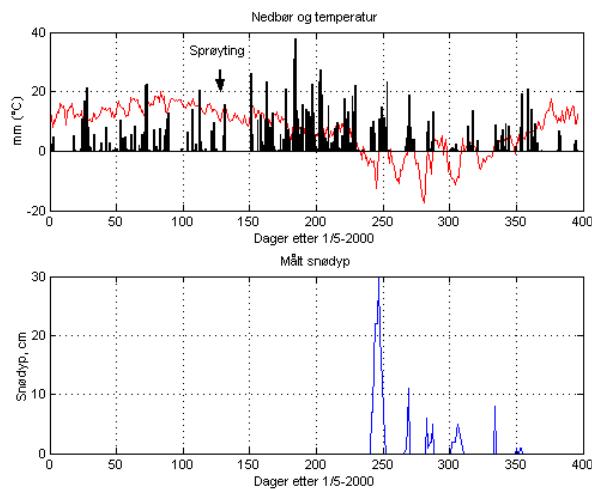
3.3 Løken gård (Heiabekken)

Gården ligger i Råde kommune i Østfold. Jordarten på forsøksfeltet består av tre ulike jordtyper. I jordprofilen HEI002 er det sandjord med lavt leirinnhold i alle sjiktene. Dette er den dominerende jordtypen i feltet. Profilet HEI001 har et sandlag over en sandig lettleire. Profilet (HEI003) er mer et blandingsprofil som består av et topplag med sandig lettleire over et sandlag som igjen ligger over en sandig lettleire. I modellsimuleringene med MACRO endte vi opp med å bruke HEI001 og for PRZM er alle tre jordtypene sammenlignet og de tre var relativt like, men HEI002 var litt bedre enn de andre. Tilførte mengder, dato for sprøyting og prøveuttak er vist i tabell 2.

Tabell 2. Oversikt over sprøytetidspunkt, mengde og tidspunkt for prøvetaking for feltforsøket på Løken gård i 2000.

Element	Sprøyting 2000	Mengde, mg/m ²
Bromid	6/9	7000
Isoproturon	6/9	49
Metalaksyl	6/9	18
Prøvetaking	6/9, 28/9, 15/10, 22/11, 22/5-2001	

Klimadataene for modellkjøringene er hentet fra den meteorologiske stasjonen Rygge. Månedsmiddel (1973-2001) for lufttemperatur og nedbør for Rygge er vist i vedlegg 1 sammen med verdiene for 2000 og 2001.



Figur 3. Døgnmiddel lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$), døgnsom av nedbør og målt snødyb på Rygge flystasjon 1/5-2000 til 31/5-2001.

4. Prosedyre for modell-simuleringer

Ved simulering av plantevernmidlers skjebne i naturen med matematiske modeller eksisterer det visse prinsipper eller regler for hvordan man skal utføre simuleringer i henhold til god anerkjent praksis. Prinsippene for slik simulering er beskrevet og ble fulgt i en simuleringsovelse innen EU-prosjektet COST 66 (Vancloster et al., 2000). Slike prinsipper blir ofte referert til som GMP – ”good modelling practice” og har vært det overordnede prinsippet for simuleringene med data fra gårdene Rustad og Løken .

Selve prosedyren er delt i to hovedfaser. Første fase er å teste modellens tilpasningsevne. I den andre fasen blir det å teste modellens evne til å predikere eller ekstrapolere også betegnet som validering. Ut fra resultatene avgjøres om modellens evne er god nok til å predikere konsentrasjoner av pesticider uten ytterligere kalibrering. Det vil si om modellen er god nok for beslutningstakere i forbindelse med godkjenning av plantevernmidler. Et overordnet prinsipp i første fase er at hele modellen blir testet mot ukalibrerte verdier og at resultatet blir rapportert. Verdiene som brukes er da basert på manualene og ellers målte verdier som for eksempel jordsmonn-egenskaper. Etter at ukalibrerte verdier er rapportert foretas en kalibrering av modellen. En fullstendig beskrivelse av parametervalg og resultatene av første simulering (ukalibrert) er beskrevet i delrapportene. Den videre fremgangsmåten var:

- kalibrering av vannbalansen ved hjelp av målte bromid-data
- sammenligning av målt og simulert innhold av plantevernmidler i ulike jordsjikt hvor plantevernmidlets egenskaper ble satt ut fra målte/estimerte verdier ut fra laboratorieforsøk. Det ble ikke foretatt noen kalibrering ved å endre plantevernmidlets egenskaper.

5. Vurdering av modelprediksjon.

For å vurdere sammenhengen mellom målte og predikerte verdier for de to modellene har vi brukt følgende statistiske mål.

Modelling efficiency (ME)

Uttrykk for sammenhengen mellom målt og predikert for alle observasjonene.

$$ME = 1 - \frac{\sum (O_i - P_i)^2}{\sum (O_i - \bar{O})^2}$$

hvor O = observert og P = predikert. ME er nær 1 ved god tilpasning, mens negative verdier betyr at gjennomsnittet av målingene er en bedre tilnærming enn modellprediksjonen.

Coefficient of residual mass (CRM)

Uttrykk for sammenhengen mellom målt og predikert mengde som er tilbake i jorda. En verdi nær 0 viser en god sammenheng mellom målt og simulert mengde tilbakeholdt i jorda.

$$CRM = \frac{\sum (P_i - O_i)}{\sum O_i}$$

Coefficient of shape (CS)

Sammenligner formen på fordelingskurven i jorda. En verdi på 1,0 indikerer en perfekt tilpasningen av formen på kurven (men sier ikke noe om plasseringen i profilet).

$$CS = \frac{\sum (O_i - \bar{O})^2}{\sum (P_i - \bar{P})^2}$$

6. Resultater og diskusjon

6.1 Vandsemb

Resultatene fra Vandsemb-feltet ble benyttet for en første utprøving av modellene før en fikk egne, sikrere felldata. Sprøytemidler brukt i nedslagsfeltet var propikonazol og bentazon og konsentrasjonen av disse plantevernmidlene samt jordpartikler ble registrert i tilknytning til en målestasjon i bekken ut av nedslagsfeltet.

Propikonazol er et plantevernmiddel som adsorberes sterkt til jordpartikler mens bentazon er mer mobilt. Simuleringene med MACRO viste svært små mengder med propikonazol i dreinsvann og det som ble ført bort var i tilknytning til overflateavrenning, selv om simuleringene avvek fra målte nivåer for hovedjordtypen, silt. Simuleringene ble foretatt både for silt og planert siltig mellomleire som begge forekommer i nedslagsfeltet. Simuleringene for planert siltig mellomleire viste 30-40 ganger høyere tap av propikonazol enn for siltjord. Målte verdier lå mellom simulerte verdier for silt og siltig mellomleire.

MACRO-simuleringene for bentazon viste tilnærmet avrenningsforløp som målingene men her var det en klar overestimering av tapet i forhold til målingene. Hva dette store avviket skyldes er foreløpig uavklart. Hovedinntrykket etter de første simuleringene med MACRO er at modellen kan være et nyttig verktøy for vurdering av transport av sprøytemidler i første rekke til drensvann og grunnvann ("mobile plantevernmidler"). Hvorvidt den egner seg for plantevernmidler som i første rekke transporteres ved overflateavrenning (erosjon) er foreløpig et åpent spørsmål. Simuleringene for Vandsemb-feltet får riktignok frem forskjellen i avrenningsforløp mellom bentazon (mobilt) og propikonazol (bindes sterkt i jord).

For PRZM var det følgende hovedkonklusjon: Det var akseptabel overensstemmelse mellom målte og simulerte verdier når det gjelder vannbalansen både for silt og siltig mellomleire. Når det gjelder simuleringer med de to plantevernmidlene er det for propikonazol i overflateavrenning god overensstemmelse med episodene, og nivåene er ganske like de målte verdiene. Imidlertid kom ikke propikonazol ut i drensvannet i simuleringen. Simuleringen av bentazon gir i utgangspunktet for store verdier for bentazon i grøftevannet og for lite i overflatevannet. Ved å justere bindingen til jordpartikler vil en få mindre utlekking og mer avrenning på overflata. Erfaringer fra simuleringene tyder på at det er leirjorda som er av størst betydning for mengden av overflateavrenning.

6.2 Rustad og Løken gård

En oversikt over målte og simulerte verdier for begge forsøksfeltene og for de ulike tilførte kjemikalierne er beskrevet samlet for begge forsøksfeltene. For en mer detaljert beskrivelse av modellsimuleringene med MACRO og PRZM henvises til delrapportene.

Oversikt over de statistiske målene gis i tabellform. Resultatene fra modellsimuleringene på Løken er vist i figurer, mens figurene fra Rustad ligger i vedlegg 2. Kommentarene til resultatene tar utgangspunkt i statistikken og figurene. For de statistiske beregningene viser det seg å være en viss usikkerhet knyttet til tolkningen av de ulike statistiske målene. Dette skyldes delvis få målepunkter, store forskjeller i konsentrasjon mellom ulike lag og at små tidsforskyninger av simulerte og målte konsentrasjoner kan gi store utslag. Et eksempel på sistnevnte er vist i figur 4 under bromid. De statistiske målene er likevel tatt med for å gi et generelt inntrykk av modellens brukbarhet. Ved vurdering av dette kan en bruke som utgangspunkt at tilpasningen er god når:

ME > 0,6 -0.20 < CRM < 0.20 CS nær 1

6.2.1 Bromid

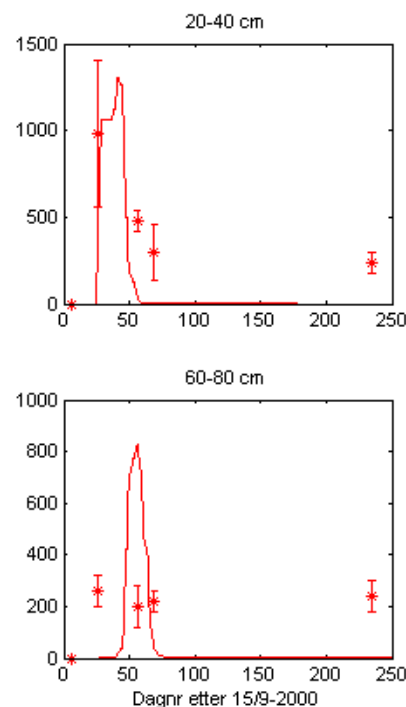
I figur 5 er vist målte og simulerte verdier for bromid på Løken gård for 2000/2001. De samme verdiene for Rustad ligger i vedlegg 2. Resultatene er for den beste tilpasningen for hver av modellene. Ulike statistiske mål for tilpasning predikerte og målte verdier for Rustad og Løken er vist i tabell 3.

Tabell 3. Ulike statistiske mål for modellprediksjon av bromid.

	1999			2000		
	ME	CS	CRM	ME	CS	CRM
Rustadfeltet						
MACRO	0,77	0,73	0,16	-3,8	> 100	1,32
PRZM	0,87	1	-0,25	-1,3	0,34	-0,4
			Heiabekken			
			MACRO	0,34	1,12	0,03
			PRZM	0,6	0,88	0,3

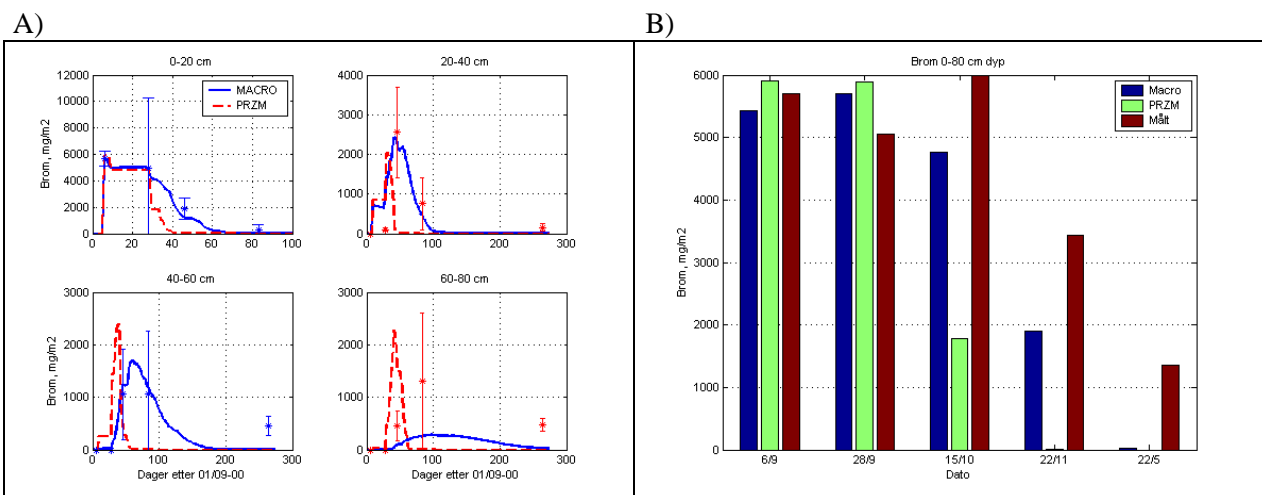
ME (model efficiency) viser en bra tilpasning for begge modellene 1999. I 2000 er det negative verdier for Rustadfeltet, noe som antyder at middelverdien for måling er en like bra (hvis ikke bedre) modell enn den benyttede modellen. For Heiabekken, 2000 er resultatene bedre. CRM (Coefficient of residual mass) viser bra resultat i 1999, spesielt for MACRO. For PRZM er det en viss underpredikering av restene. Totalt sett ser det ut til at simuleringene for dette året er gode. For året 2000 var tendensen ikke like god som for 1999. PRZM underpredikerer mengden rester en god del (-0,4), mens MACRO overpredikerer mengdene (1,32). For Heiabekken simulerer modellene mye bedre mengden rester (CRM). CS (coefficient of shape) viser også gode resultatene for 1999 for begge modellene. For 2000 var resultatet for Rustadfeltet ikke like gode.

Ved å studere simuleringene grafisk ser en at simuleringene for 2000 allikevel stemmer bra med de målte verdiene. Årsaken til at resultatene statistisk sett ikke kommer så bra ut er en liten forsinkelse i modellen i forhold til de målte verdiene, og denne forsinkelsen gir stort utslag statistisk. Figur 4 illustrerer denne tidsforskyvelsen, og den store forskjellen det da blir mellom predikert og målt verdi.



Figur 4. Målte og PRZM-simulerte verdier for bromid i jord på Rustad, 2000/2001.

Begge modellene gir en brukbar beskrivelse av tapet av Bromid fra det øverste jordsjiktet, 0-20 cm, mens MACRO viser den beste tilpasningen for dypere lag. Resultatene for begge feltene viser at MACRO gir en bedre prediksjon av vannbalansen enn PRZM (figur 5A). For den våte høsten 2000 viser simuleringene med PRZM en svært rask utvasking fra dypere lag for begge feltene. Utvaskingen er klart raskere enn hva som er målt, noe som også fremgår av massebalansen vist i figur 5B.



Figur 5. Målte og simulerte verdier for bromid Løken 2000/2001.

A) Målte og simulerte verdier for ulike jordsjikt som funksjon av tid

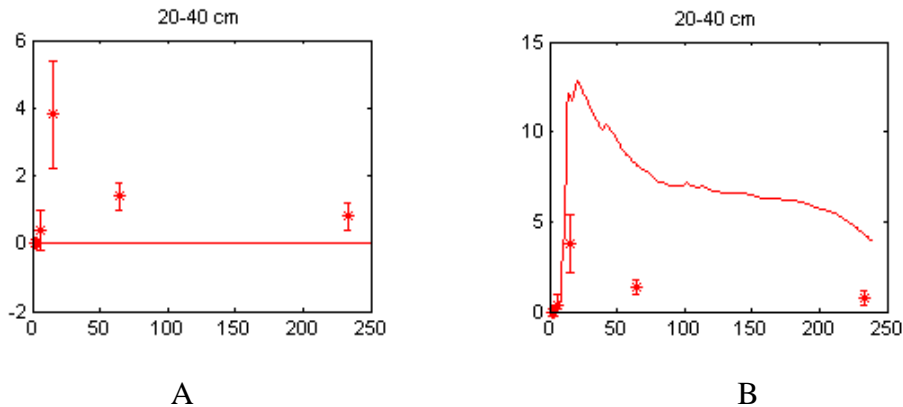
B) Målt og simulert massebalanse for sjiktet 0-80 cm som funksjon av tid

6.2.2 Isoproturon

Tabell 4 viser de ulike statistiske målene på tilpasning av de predikerte verdiene i forhold til de målte for isoproturon.

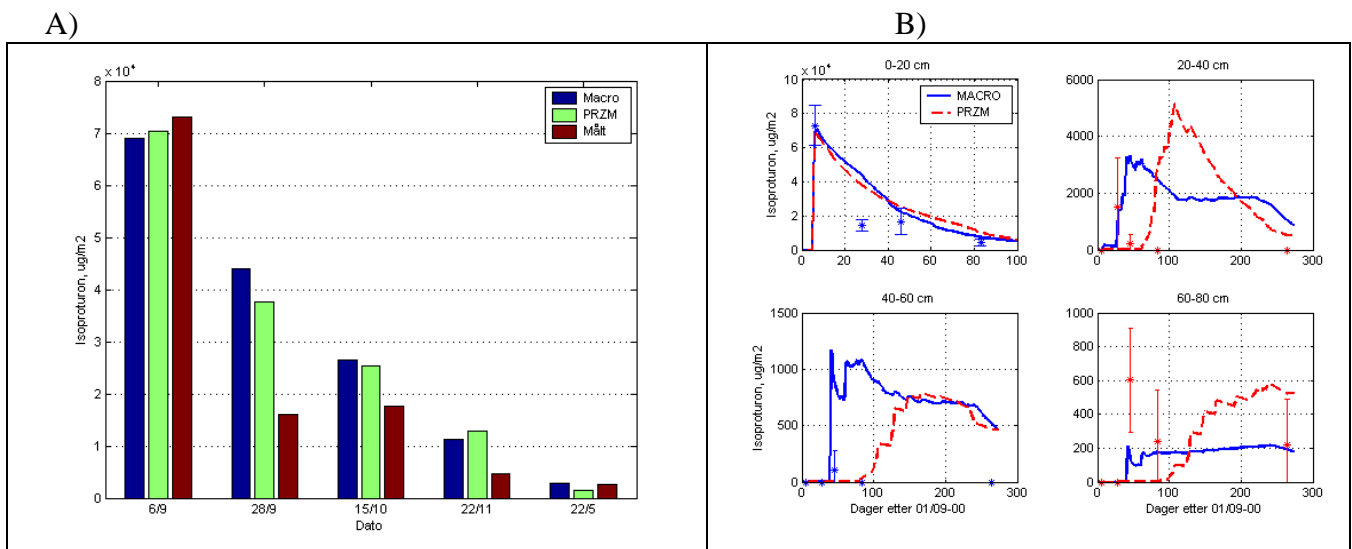
	1999			2000		
	ME	CS	CRM	ME	CS	CRM
Rustadfeltet						
MACRO	0,98	1,02	0,14	-2,3	0,21	1,41
PRZM	0,98	1,01	-0,06	-0,4	0,26	0,2
			Heiabekken			
			MACRO	-1,58	0,19	0,94
			PRZM	0,87	0,88	0,3

Ut ifra de tre statistiske målene ser en veldig bra resultater i 1999 for begge modellene. Dette til tross for at det grafisk er en viss uoverenstemmelse mellom simulerte og målte verdier i sjiktene under 20 cm, men siden det der er lavere konsentrasjoner enn i det øverste sjiktet betyr dette mindre for statistikken. Figur 6 illustrerer dette med sjiktet 20-40 cm for både MACRO og PRZM. Av figuren ser en også at PRZM tømmer profilet for isoproturon. Dette kan en også se ut av massebalansen i figur 7A.



Figur 6: Målte og simulerte verdier for isoproturon i jord på Rustad, 1999. A er simulert med PRZM, mens B er simulert med MACRO.

De statistiske målene er ikke så bra for år 2000, med unntak av PRZM på Løken som gir en brukbar tilpasning.



Figur 7. Målte og simulerte verdier for Isoproturon Løken 2000/2001.

A) Målt og simulert massebalanse for sjiktet 0-80 cm som funksjon av tid

B) Målte og simulerte verdier for ulike jordsjikt som funksjon av tid.

Isoproturon er et plantevernmiddel som adsorberes moderat sterkt i jord, dvs det er antatt å være mindre mobilt enn metalaksyl. Målingene for begge feltene viser en raskere nedgang enn simulert for sjiktet 0-20 cm i prøvene tatt ved første prøvetaking etter tidspunkt for sprøyting. Begge forsøksfeltene lå på et flatt område og det skjedde ingen overflateavrenning på feltene. Dette betyr at den observerte nedgangen i sjiktet 0-20 cm må skyldes transport nedover i profilet. Massebalansen vist for feltet på Løken gård, figur 7A, indikerer at en stor del av plantevernmidlet er transportert under 80 cm i jorda. For den siltige mellomleira på Rustad er det en tendens til MACRO-simuleringene viser en større transport av isoproturon til jordlagene under 20 cm enn simuleringene med PRZM (se vedlegg 2). Siden PRZM viste en raskere transport for bromid enn MACRO så skyldes antagelig forskjellen at adsorbsjon/desorbsjon beskrives ulikt i de to modellene. For den siltige finsanda på Løken

gård er det mindre forskjeller mellom de to modellene, men her er det en tendens til at MACRO gir en bedre tilpasning (figur 7B).

6.2.3 Metalaksyl

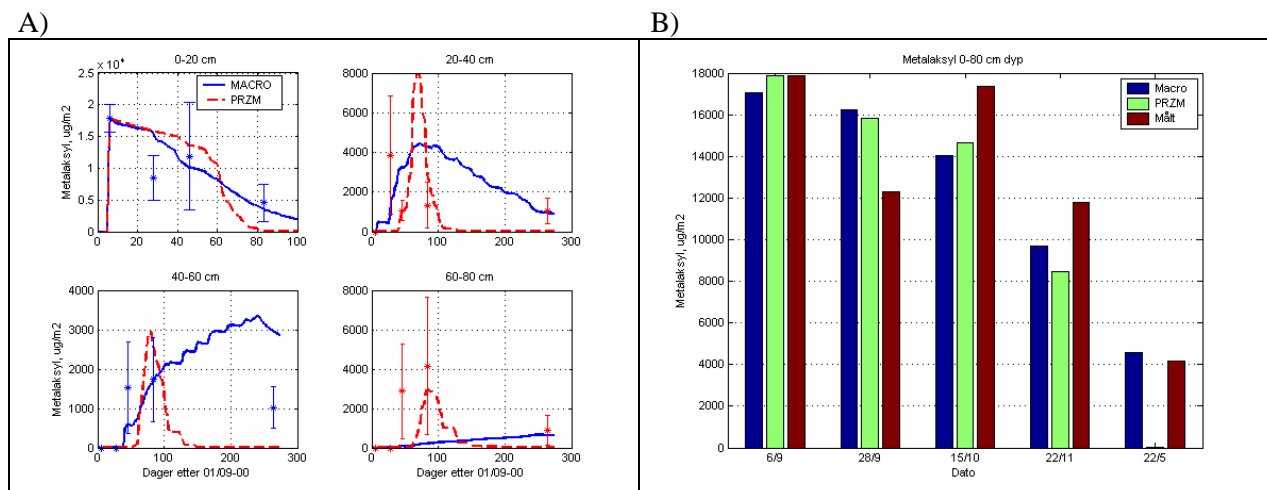
I figur 8 er vist målte og simulerte verdier for metalaksyl på Løken i 2000/2001. samme figurer for Rustad er i vedlegg 2. De ulike statistiske målene for tilpasning predikerte og målte verdier er vist i tabell 5.

Tabell 5. Ulike statistiske mål for modellprediksjon av metalaksyl

	2000		
	ME	CS	CRM
Rustadfeltet			
MACRO	-0,09	2,32	-0,49
PRZM	0,031	0,89	-0,49
Løken			
MACRO	0,26	0,55	-0,02
PRZM	0,67	0,6	-0,1

Resultatene fra den statistiske vurderingen viser at det er stor forskjell mellom de to feltene. For Løken er resultatene ganske gode for begge modellene, mens de for Rustad viser en dårligere tilpasning.

Metalaksyl adsorberes svakere i jord enn isoproturon, dvs det er mer mobilt. Figur 8 viser at begge modellene viser en brukbar prediksjon av innholdet av metalaksyl i det øverste jordsjiktet, 0-20 cm. For dypere lag er det en tendens til at MACRO viser en bedre tilpasning til målingene enn PRZM. Massebalansen ved den siste prøvetakingsdatoen (22/5, figur 8B) viser et brukbart samsvar mellom målt og simulert med MACRO. Simuleringene med PRZM viser at det er svært lite igjen av metalaksyl i jorda på denne prøvetakingsdatoen.



Figur 8. Målte og simulerte verdier for metalaksyl i jord, Løken gård 2000/2001. (NB! merk at det er forskjeller i skala x-akse for sjiktet 0-20 cm).

- A. Simulering med MACRO og PRZM
- B. Målt og simulert massebalanse 0-80 cm

6.3 Oppsummering

Begge modellen gir en brukbar predikering for de 3 stoffene i matjordlaget, mens for de dypere liggende lagene er resultatene mer varierende. MACRO synes å gi en bedre beskrivelse enn PRZM av transporten av bromid, dvs vannbalansen. For dypere jordlag synes PRZM å gi en litt bedre predikasjon av transporten av plantevernmidler som adsorberes i moderat grad i jord (isoproturon) enn MACRO. For mer mobile plantevernmidler, som metalaksyl, synes MACRO å gi en bedre predikasjon.

7. Bruk av modellene for godkjenning av plantevernmidler

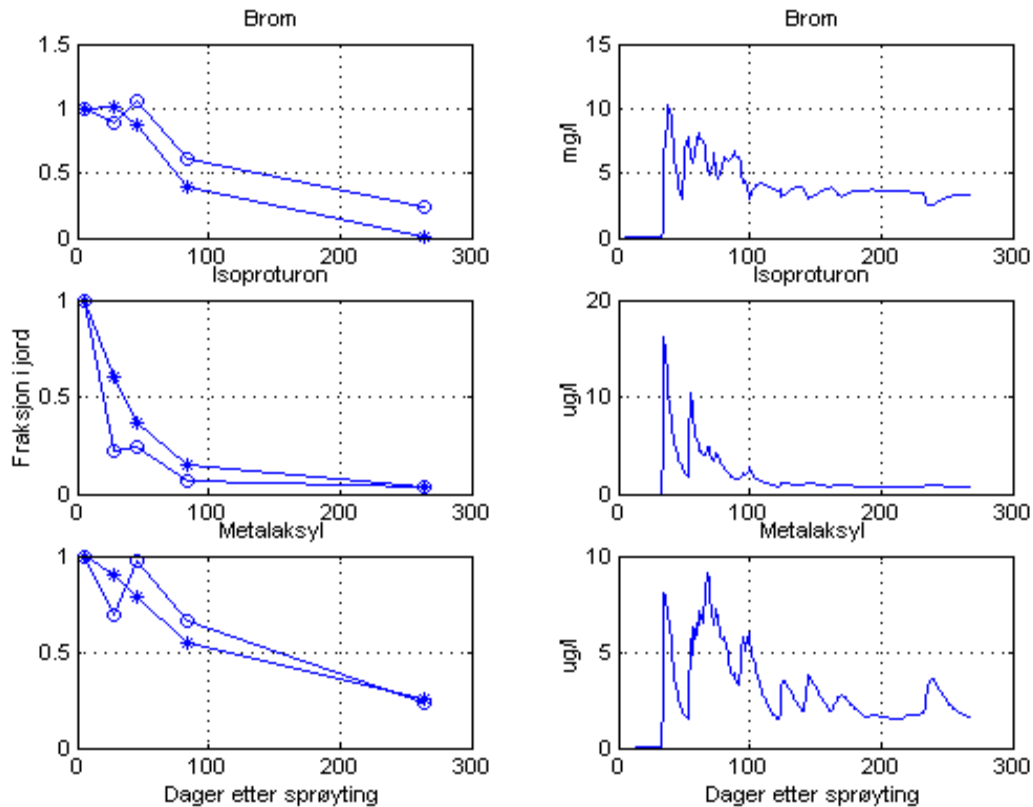
Erfaringene fra simuleringsarbeidet har vist at modellene hver for seg har svakheter i forhold til:

- jordtyper (leirholdig jord i forhold til sandholdig)
- topografi (hellingsgrad og overflateavrenning)
- klima (vinterklima, frysing, tining og spesielt avrenning om våren).

Det er fortsatt behov for å forbedre modellene i forhold til jordtyper, topografi og klima. I denne forbindelse kan det være behov for en nordisk satsning i form av et forskningsprosjekt på å utvikle modeller som bedre beskriver nordisk klima.

Det trengs data fra flere felter for å validere modellene med hensyn til overflateavrenning og dreinsvann. Nesten all simulering, med unntak av Vandsemb har vært basert på konsentrasjoner av plantevernmidlet i jord og ikke som fluks og konsentrasjoner i avrenningsvannet. Modell-simuleringene har vist tilfredsstillende predikasjoner av konsentrasjoner av plantevernmidler i jord. Modellene simulerer relativt godt forsvinningsbilde av plantevernmidler fra øvre jordlag, hvor de forekommer ved høye konsentrasjoner. Derimot er det større avvik i jordlagene ned mot dreinsgrøftene. Disse konsentrasjonene vil være et mål på tilførsel av plantevernmidler fra grøftevann til overflatevann. Dette er svært viktig i betydningen for og eksponering av vannlevende organismer og forholdet til giftighet. Samme målet blir også brukt som risiko for utlekking til grunnvann (shallow groundwater) med annen grenseverdi uavhengig av giftighet (0.1 ug/L) som er grensen for drikkevann.

I dette prosjektet er modellene testet mot målte konsentrasjoner i ulike jordsjikt og en mangler informasjon om konsentrasjon av de ulike plantevernmidlene i dreinsvannet. Siden konsentrasjonen i dreinsvannet er et viktig kriterium for godkjenning av nye plantevernmidler anbefales at dette bør undersøkes nærmere før en kan ta et slikt modellverktøy direkte inn i godkjenningsarbeidet. Modell-predikasjonen av konsentrasjonen av isoproturon og metalaksyl i dreinsvannet på Løken gård (siltig finsand) som funksjon av tid viser at det til dels predikeres høye konsentrasjoner (se figur 9). Hvorvidt de predikerte konsentrasjonene er reelle vites ikke så de er kun tatt med som et eksempel.



Figur 9. Oversikt over resultater fra Løken gård, 2000/2001. Venstre side av figuren viser målt (o) og simulert (*) fraksjon av bromid, isoproturon og metalaksyl i jord som funksjon av tid etter sprøyting. Høyre side av figuren viser simulert konsentrasjon av de samme elementene i drensvannet som funksjon av tid.

Feltforsøkene og modellsimuleringer har vært foretatt på jordtyper som regnes som norske referansejordarter, en sand- og en leir-jordart. Bakgrunnen var at de to jordartene kunne danne grunnlaget for utviklingen av norske scenarier i tilknytning til godkjenning av plantevernmidler. I løpet av prosjektperioden har vi kommet nærmere dette målet, men vi føler at usikkerheten tilknyttet simulert konsentrasjon av plantevernmidler i drensvann og overflatevann foreløpig er for stor. Vi anser derfor at modellene foreløpig ikke bør brukes direkte for godkjenning, selv om de vil være et velegnet verktøy sammen med andre vurderinger av godkjenning av nye plantevernmidler.

Litteraturliste

- Carsel, R.F., Imhoff, J.C., Hummel, P.R., Cheplick and Donigan A.S. 1997. PRZM3, A modell for Predicting Pesticide and Nitrogen Fate in the Crop Root and Unsaturated Soil Zones: Users Manual for Release 3.0. National Exposure Research Laboratory Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency Athens, GA 30605-2720
- Jarvis, N.J, (1994): Simulation of soil water dynamics and herbicide persistence in a silt loam soil using the MACRO model. *Ecological Modelling* 81, 97-109.
- Tiberg et al, 1998: Nordic Reference Soils. *TemaNord* 1998:537
- Vanclooster et al, 2000: A European test of pesticide-leaching models: methodology and major recommendations. *Agricultural Water Management* 44, 1-19.

VEDLEGG 1

Nedbør og temperatur for Ås.

Tabell: Månednormaler (1961-1990) og månedsverdier for årene 1999-2001 for lufttemperatur og nedbør, Ås.

Måned	Temperatur				Nedbør			
	Normal	1999	2000	2001	Normal	1999	2000	2001
Januar	-4,8	-2,6	-0,9	-3,9	49	106	40	126
Februar	-4,8	-2,6	-0,5	-5,7	35	41	44	37
Mars	-0,7	0,0	1,4	-2,7	48	125	31	51
April	4,1	6,1	5,6	3,7	39	66	89	102
Mai	10,3	8,8	11,7	11,1	60	58	88	52
Juni	14,8	13,4	13,0	13,8	68	143	48	50
Juli	16,1	16,7	15,4	16,9	81	64	83	76
August	14,9	15,0	14,6	15,4	83	47	67	88
September	10,6	13,7	10,4	11,0	90	176	58	104
Oktober	6,2	6,2	9,2	8,7	100	92	242	143
November	0,4	3,8	5,6	1,6	79	31	311	24
Desember	-3,4	-3,1	0,6		53	110	107	
År	5,3	6,3	7,2	(6.5)	785	1059	1206	(851)

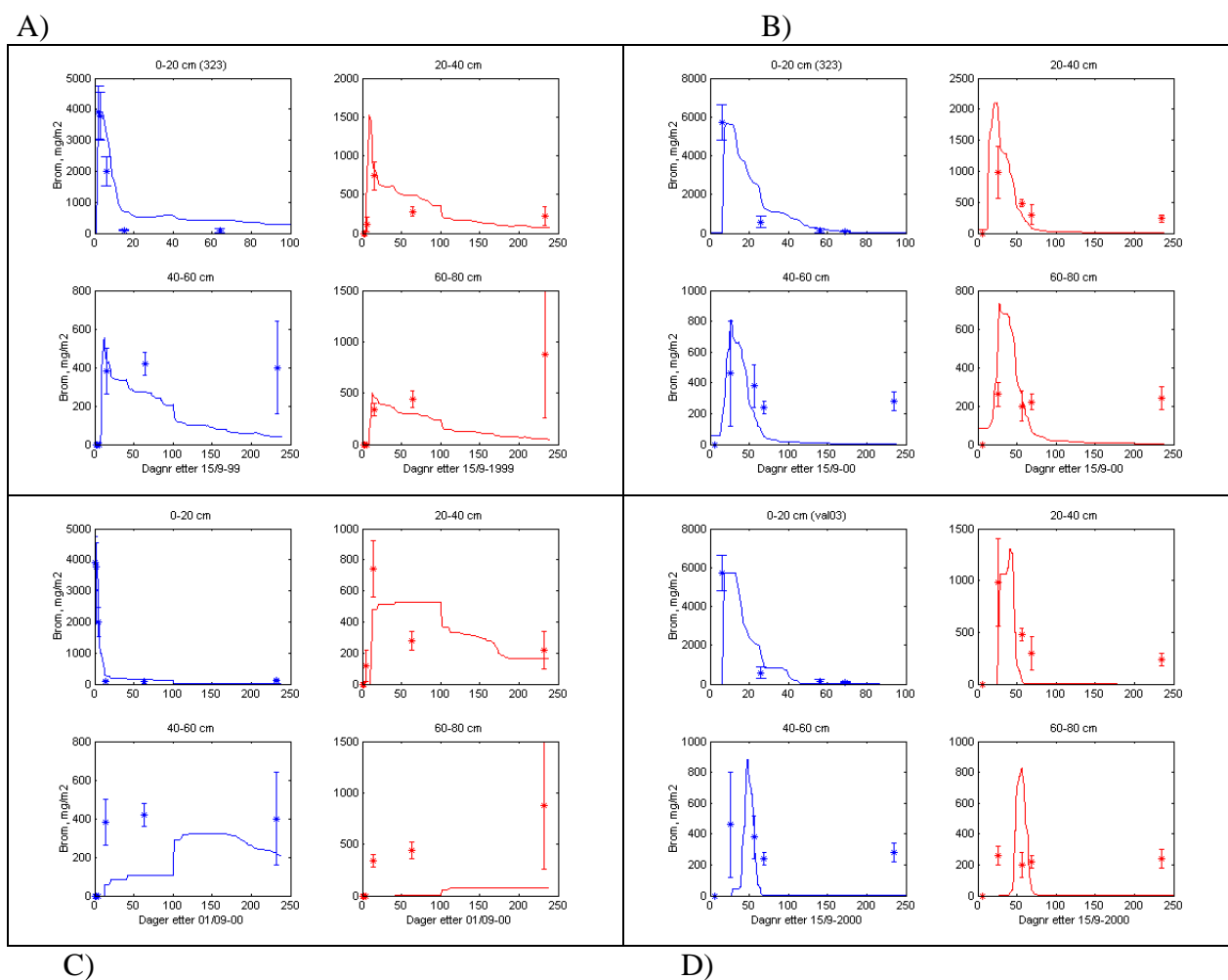
Nedbør og temperatur for Rygge.

Tabell: Månedsmiddel (1973-2001) og månedsverdier for årene 2000-2001 for lufttemperatur og nedbør fra Rygge.

Måned	Temperatur			Nedbør		
	1973-2001	2000	2001	Normal	2000	2001
Januar	-2,2	1,0	-2,0	68	61	131
Februar	-2,5	1,3	-4,0	49	65	36
Mars	0,7	2,4	-1,2	61	45	44
April	4,9	6,5	4,4	46	78	116
Mai	10,9	12,2	11,8	49	74	21
Juni	14,6	13,4	14,3	69	52	44
Juli	16,8	16,2	17,8	68	121	84
August	16,0	15,5	16,5	77	69	127
September	11,4	11,7	11,9	90	54	85
Oktober	7,0	10,3	10,1	108	219	145
November	2,3	6,7	3,8	97	266	31
Desember	-1,2	2,3	-2,9	76	156	48
År	6,6	8,3	6,7	857	1258	912

VEDLEGG 2

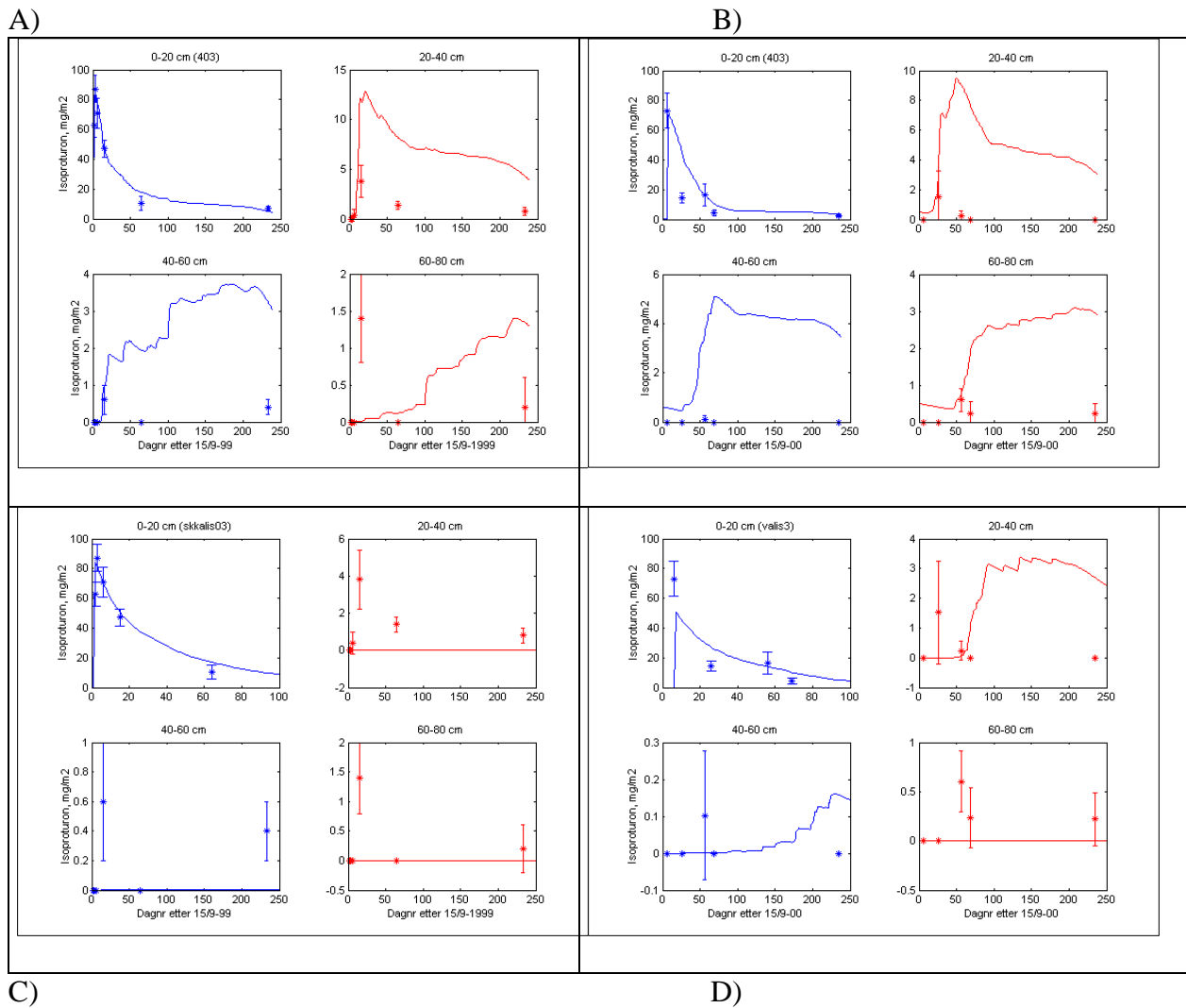
Målte og simulerte verdier for bromid.



Figur. Målte og simulerte verdier for bromid i jord på Rustad 1999/2000 og 2000/2001. (NB! merk at det er forskjeller i skala x-akse for sjiktet 0-20 cm).

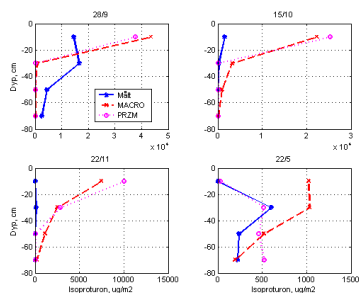
- A) Simulering med MACRO 1999/2000
- B) Simulering med MACRO 2000/2001
- C) Simulering med PRZM 1999/2000
- D) Simulering med PRZM 2000/2001

Målte og simulerte verdier for isoproturon.



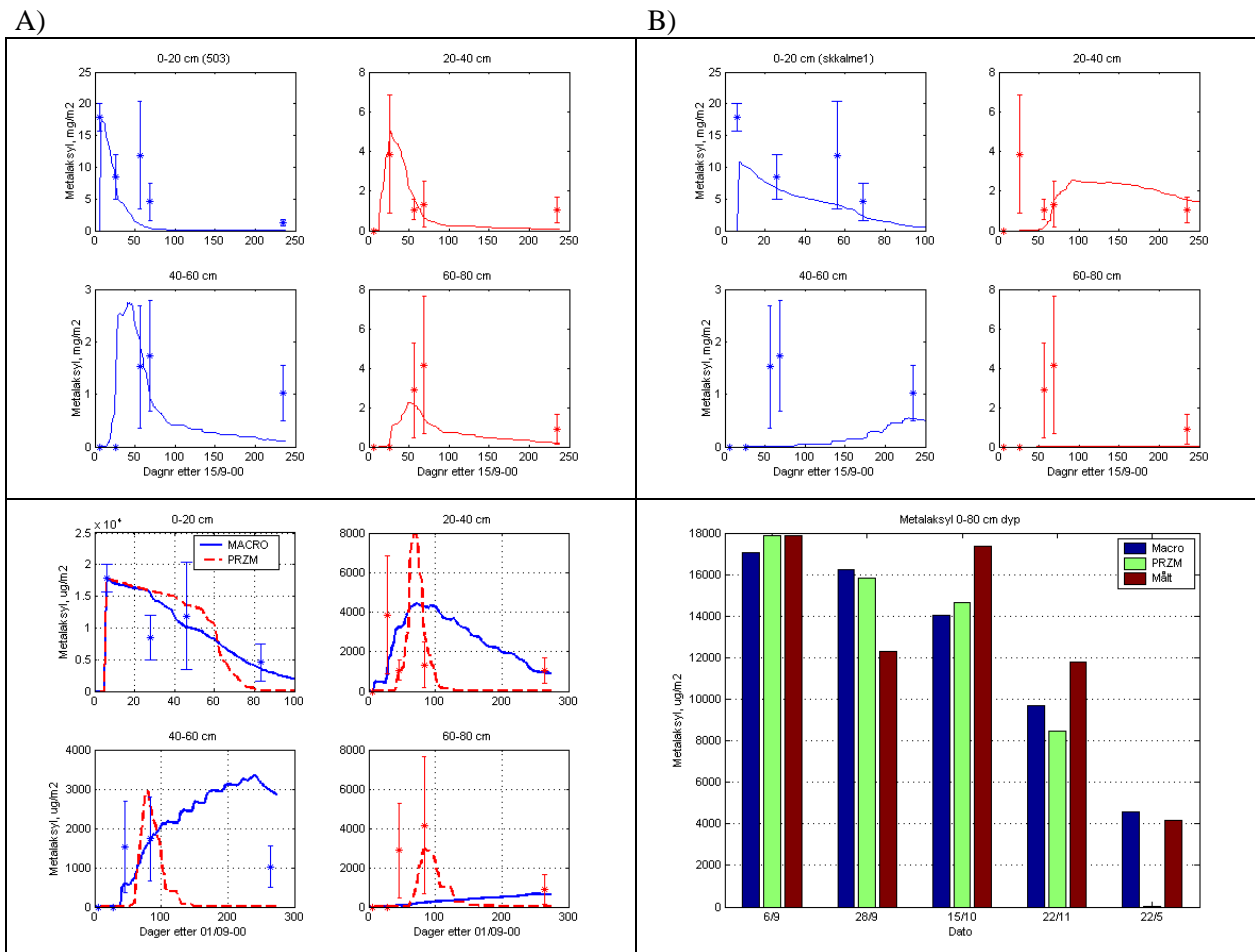
Figur. Målte og simulerte verdier for isoproturon i jord på Rustad 1999/2000 og 2000/2001. (NB! merk at det er forskjeller i skala x-akse for sjiktet 0-20 cm).

- A) Simulering med MACRO 1999/2000
- B) Simulering med MACRO 2000/2001
- C) Simulering med PRZM 1999/2000
- D) Simulering med PRZM 2000/2001



Figur 8. Målt og simulert dybdefordeling for isoproturon Løken 2000/2001 ved ulike datoer.

Målte og simulerte verdier for metalaksyl



C) D)
 Figur. Målte og simulerte verdier for metalaksyl i jord på Rustad og Løken 2000/2001. (NB! merk at det er forskjeller i skala x-akse for sjiktet 0-20 cm).

- A. Simulering med MACRO – Rustad
- B. Simulering med PRZM – Rustad
- C. Simulering med MACRO og PRZM Løken
- D. Målt og simulert massebalanse 0-80 cm Løken