

«Internasjonale» avrenningsmodeller — Passer de for Norge?

Av Knut L. Seip

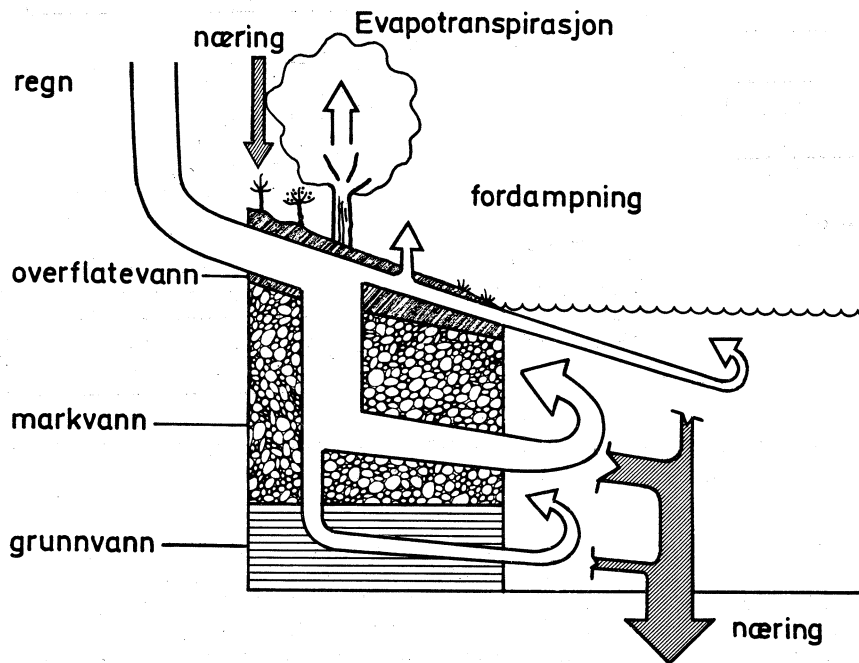
Knut L. Seip er ansatt på Senter for industriforskning (SI)

*Innlegg på Seminar i Norsk Vannforening
8. november 1984.*

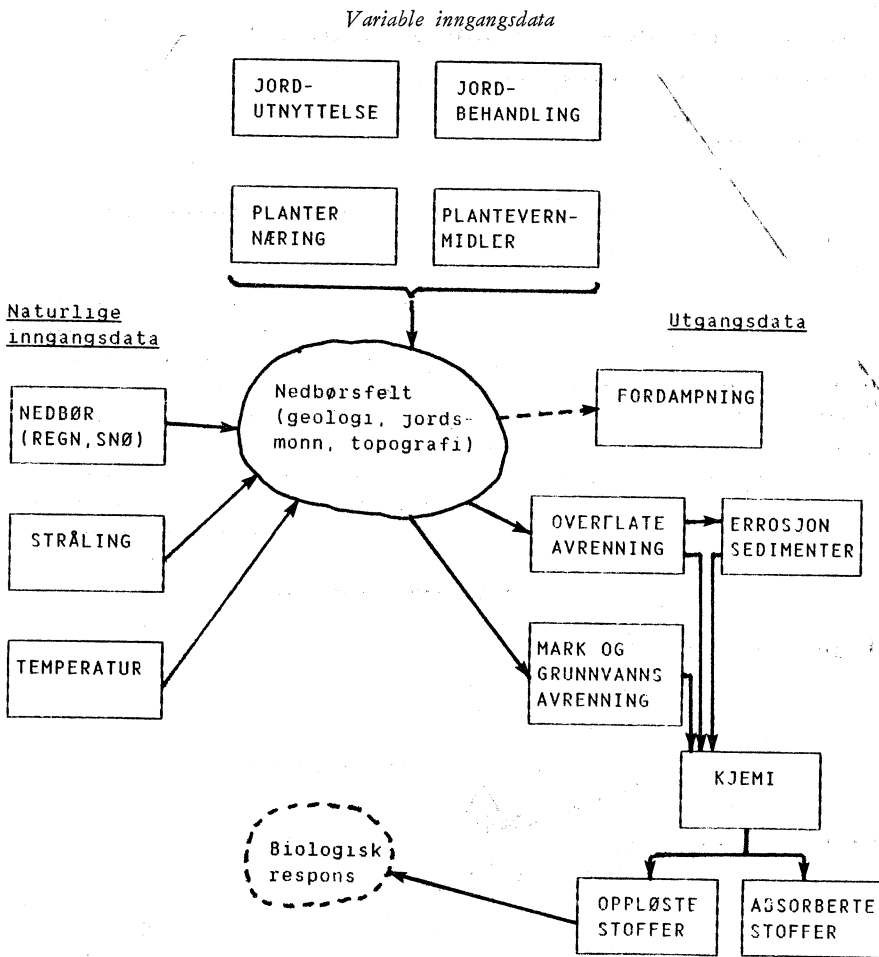
1. INNLEDNING som også er en presentasjon av et dilemma.

Vi søker svar på bl.a. følgende spørsmål: Hva betyr avrenning fra landbruket for badeliv og fiske i våre innsjøer? Spørsmålet fører til en kjede av delproblemer

som innebærer vurdering av avrenning, erosjon, tilgjengelighet av næringsstoffer for biologisk produksjon etc. Den første delen, avrenning, kan grovt illustreres som på fig. 1. Næringsstoffer transporteres med vann via ulike transportveier og ut i en resipient. Mengden av næringsstoffer i resipienten har betydning for badeliv og fiske. Her skal vi begrense oss til den



Figur 1. Vann- og næringstransport i jord.



Figur 2. Hovedtrekk i en avrenningsmodell. (Etter Knisel 1980, CREAMS-modellen USDA Conservation Research Report no. 26).

delen av transportfasen som stopper idet næringsstoffene når resipienten. Bakgrunns- materialet er hentet fra manualer for avrenningsmodeller (særlig Knisel 1980) og generelle bøker om hydrologi og jord- kjemi (Verruijt 1982, Wilson 1983).

Teoretisk kjenner man ganske mye til de prosessene som beskriver transport av næring fra et jordbruksområde og ut i en resipient, men det er lite data som kan gi kvantitative uttrykk. De data man har er ofte fremkommet ved småskala feltforsøk

eller i laboratoriet. I hvilken grad kan vi bruke disse tallene til å beskrive hva som skjer på et stort område, slik at dette har mening i driftsteknisk sammenheng for jordbruket? Kan modeller utviklet for forhold i utlandet (f.eks. USA) brukes for norske forhold? Hva mangler vi av data? Vi skal her først presentere tre avrenningsmodeller og deretter, ved eksempler, vise hvordan vi tenker oss at modellene kan brukes. Til slutt skal vi kommentere anvendelighet og eventuelt hvilke endringer som bør foretas.

2. I EN SIMULERINGSMODELL FOR AVRENNING FØLGER VI VANNET VIA DETS ULIKE VEIER TIL DET NÅR SJØEN. HVER GANG DET SKJER NOE VESENTLIG MED STRØMMEN AV VANN, BESKRIVER VI PROSESSEN SOM STYRER HENDELSEN I MODELLEN

En modell kan i første omgang oppfattes som en «sort» boks, og vi ser på de data som går inn i modellen og de data

som skal komme ut. Et eksempel på inngangsdata og utgangsdata til en forholdsvis stor avrenningsmodell er vist i figur 2.

Til denne modellen er det også knyttet en kjemisk del som simulerer forløpet av plantevernmidler, fosfor og nitrogen. Typiske utgangsdata fra avrenningsmodeller er: diffus vannføring ut i resipienten, fordampet vannmengde, konsentrasjon av partikulært materiale, nitrogen og fosfor i ulike fonner.

Det eksisterer flere modeller for avrenning. Disse er i hovedsak utviklet for nedbørfelt i USA. Tre av disse er listet i tabell 1 (Dean et al 1984, Imhoff et al 1983, Dickinson and Pall 1982). Det er der i kortform ført opp viktige egenskaper ved modellene og i hvilken utstrekning de har blitt benyttet. Modellene CREAMS og HSPF ser i mange hovedtrekk ut til å være like. GAMES er en meget begrenset modell som bare brukes til å simulere korte regnskyllepisoder.

Tabell 1. *Modeller for avrenning*

Modell/År	Hydrologi	Errosjon	Plantevern	Næringst.	Bruk
CREAMS 1976—84	SCS kurve no. metode (1) overflate og kanal- avrenning	Frigjøring avsetning USLE (2)	Adsorpsjon Desorpsjon Nedbrytning	Nitrogen Fosfor Minerali- sering Denitri- fikasjon	Feltskala > 10 anven- delser Svetlosanov and Knisel (1982)
HSPF 1976—81	SCS kurve no. metode (1)	som over	som over	som over	Nedbørfelt > 10 anven- delser
GAMES 1982	beskrivelse av regnskyl	USLE (2)	—	—	Ukjent

(1) US Dept. of Agriculture 1972

(2) Universal Soil Loss equation

For å vurdere hvilke data som er ønskelige ved simulering av avrenning og erosjon, har vi i tabell II listet opp de data som modellene CREAMS behøver. Det er imidlertid ikke alltid nødvendig å ha gode data for alle parametrene, fordi enkelte kan være av liten betydning for resultatene. For de fleste av dataene

har vi antydnet hvilken kvalitet vi kan vente å få ved å bruke de vanligst tilgjengelige kilder og deretter hvilke kilder som i hovedsak vil kunne brukes for å skaffe data tilveie. Vi har hittil bare erfaring i hvordan det vil være å skaffe tilsvarende data for norske forhold, når det gjelder hydrologi.

TABELL II

Tabell over databehovet for modellen CREAMS. Tabellen er ikke helt fullstendig, bl.a. er databehovet for plantevernmodellen utelatt. Med håndbok siktes til: Department of Agriculture 1972.

Parameter	Kilde for data	Parameter	Kilde for data
<i>Hydrologi</i>			
1. Nedbør (mm dag ⁻¹) (godt)	Klimadata	13. Koeffisienter for kurve nr. metode	Håndbok jordtypedata
2. Nedbør (mm dag ⁻¹) bare regnskyll (godt)	Klimadata	14. Hellning på bekk, elv (%) (god)	Kart
3. Areal (km ²) (godt)	Måles, kart	15. Hellning på felt (%)	Kart
4. Hydraulisk lednings- evne (cm ⁻¹ s) (dårlig til god, følsom)	Estimeres fra jordklasse eller lab.måling	16. Lengde av nedbørfelt (m) (god)	Kart
5. Del av plantejordlaget fylt ved full kapasitet 0—1, vel definert.	Feltestimat	17. Lengde av bekk, elv (m)	Kart
6. Fordampnings- koeffisient (rimelig)	Håndbok	18. Bredder av nedbørfelt (m) (god)	Kart
7. Jordporøsitet (cm ³ cm ⁻³) (robust)	Feltmåling	19. Vanninnhold i 7 horisontale jordlag, alle i vekstsonen (cm) (rel. god)	Måling
8. Vanninnhold i jorden (uben) (robust)	Feltmåling	20. Dybde av overflatelag (cm) (subjektivt)	Feltestimat
9. Temp. (C°) (god)	Klimadata	21. Dybde av rotsone (cm) (rimelig)	Feltestimat
10. Lysintensitet (Em ⁻² s ⁻¹) (god)	Klimadata	22. Effektiv kapillarspenning (rimelig)	Jordtypedata
11. Vinterdekning (1 for avling, 0.5 for gress)	Jordbruks- telling	23. Mannings overflate- struktur koeffisient (god, men subjektiv)	Håndbok felt- observasjon
12. Bladindex (god)	Håndbok		

<i>Parameter</i>	<i>Kilde for data</i>	<i>Parameter</i>	<i>Kilde for data</i>
<i>Erosjon</i>		42. Kanalbeskrivelse. Mannings n. (triangulær = 1 rektangulær = 2 erodert = 3)	Felt- observasjon
24. Viskositet (god)	Håndbok	43. Mannings konstant for kanaler med dekke	Håndbok
25. Mannings konstant for overflateavrenning over glatt jord (god, men subjektiv)	Håndbok	44. Kritiske skjær- spenninger for erosjon og dekkebrist (kg m ⁻²)	Håndbøker Felt- observasjon
26. Mannings konstant for avrenning over vegetasjon	Håndbok	45. Dybde til ikke eroderbare flater i kanal (m)	Feltobserva- sjoner
27. Mannings konstant for kanalavrenning	Håndbok	46. Kanalbredde (m) sidehelling (%)	Feltobserva- sjoner Foto
28. Jordtetthet (kg m ⁻³)	Jordtype	47. Damkarakteristikk	Kart
29. Erosjonsfaktor i kanal (dårlig, kan trenge kalibrering)	Håndbok, feltmåling	<i>Næringsstoff</i>	
30. Yalins sediment transport koeffisienter (god)	Håndbok	48. Oppløst nitrogen (kg ha ⁻¹)	Jordbr. registrering
31. Fordeling av sand, grus og leire (%) (god)	Jordtype, felt	49. Oppløst fosfor (kg ha ⁻¹)	Jordbr. registrering
32. Partikkelstørrelse (mm) og tetthet (kg m ⁻³)	Håndbok felt- måling	50. Nitrat (kg ha ⁻¹)	Jordbr. registrering
33. Overflateavrennings- areal (km ²)	Kart	51. Nitrogen i jord (kg ha ⁻¹)	Feltmåling
34. Lengde av overflate- avrenningsareal (m)	Kart	52. Fosfor i jord (kg ha ⁻¹)	Feltmåling
35. Hellning ved tre lokaliteter (%)	Kart	53. Ekstraksjons koeffisienter for nitrogen og fosfor, fra overflatelaget og ut i avrenning	Håndbok Feltmåling
36. Erosjonsfaktor i pløyet mark (god i USA)	USLE Håndbok	54. Antikningskoeffisienter for nitrogen og fosfor i overflatelaget	Håndbok Feltmålinger
37. Plantedekningstype	USLE Håndbok	55. Konsentrasjon av nitrogen i nedbør.	Feltmålinger
38. Pløyemønstertype	USLE Håndbok	56. Dato for gjødsling	Jordbr. registrering
39. Kanalform (god, men subjektiv)	Erfaring og felt- observasjon	57. Del av gjødsel i overflatelag	Jordbr. registrering
40. Kanallengde (m) (god, men subjektiv)	Kart		
41. Nedbørfeltareal til ulike deler av kanal	Kart		

**3. ET TYPISK SPØRSMÅL VI ØNSKER AT AVRENNINGSMODELLER SKAL GI SVAR PÅ ER:
«HVILKEN VIRKNING HAR REDUSERT GJØDSLING PÅ MENGDE OG TIDSPUNKT AV NÆRINGSSTOFFTILFØRSEL TIL INNSJØER?»**

Dersom modellen for avrenning skal kunne brukes i praksis, må de inneholde beskrivelser av aktuelle tiltak i landbruket. Tiltakene må beskrives slik at det er lett

å endre dem i modellen. På den måten kan man studere ulike tiltak og den sannsynlige virkning av disse. I tabell III har vi satt opp 4 ulike tiltak, hvilken type jordbruksområde de er aktuelle for, hvilken effekt de sannsynligvis vil ha på avrenning og hvordan tiltaket kan formuleres ved å endre inngangsdata til modellen. Det siste tiltaket: planting av et 5—12 m bredt vegetasjonsbelte mellom dyrket mark og vannkanal, kan være vanskelig å formulere i de nåværende modeller.

TABELL III

Formulering av ulike kontrolltiltak i landbruket for å hindre næringsstoffavrenning til vassdrag. Eksempel fra Årungen nedbørfelt.

<i>Kontrolltiltak</i>	<i>Anvendelsesområde</i>	<i>Effektivitet på stedet og i Årungen nedbørfelt</i>	<i>Formulering i modellen, inngangsdata som endres. Tall i parentes henviser til Tabell II</i>
Begrense gjødsling	Dyrket mark	Høy på stedet høy ved Årungen	<i>Hydrologi</i> Ingen endring. <i>Erosjon</i> Ingen endring. <i>Næringsstoff</i> Tilførsel endres (kg ha ⁻¹) (48—52) og andel næring i de øverste cm endres (57). Dato for gjødsling (56)
Holde dyr borte fra elver og bekker	Beiteland	Høy på stedet, liten ved Årungen (lite dyrehold)	Som over; og endring i ekstraksjonskoeffisient for nitrogen og fosfor (53)
Redusere pløying	Dyrket mark	Middels på stedet middels til høy ved Årungen	<i>Hydrologi</i> : Endre jordporøsitet og fordampningskoeffisient (6, 7) Vinterdekning (11) Koeffisient for kurve nr. (13) Mannings n (23) <i>Erosjon</i> : Mannings n (25, 26, 27). Jordtetthet (28). Pløymønster-type (38). Plantedekningstype (37)

<i>Kontrolltiltak</i>	<i>Anvendelses- område</i>	<i>Effektivitet på stedet og i Årungen nedbørsfelt</i>	<i>Formulering i modellen, inngangs- data som endres. Tall i parentes henviser til Tabell II</i>
Plantevegetasjon mellom dyrket mark og vannløp	Dyrket mark	Sannsynligvis høy på stedet og ved Årungen	<i>Hydrologi.</i> Inndeling i delnedbørsfelt, reformulering av kanalbegrepet. Ingen enkel endring. <i>Erosjon.</i> Muligens tilstrekkelig med endring i kritiske skjærspenninger (44). <i>Næringsstoff.</i> Reformulering av ekstraksjonskoeffisienter (53), muligens også andre endringer.

**4. VI VIL KONKLUDERE MED AT
MODELLENE «CREAMS» OG
«HSPF» DANNER ET RIMELIG
UTGANGSPUNKT FOR STUDIE AV
AVRENNING UNDER NORSKE
FORHOLD, MEN AT EN REKKE
AV DELPROSESSENE MÅ
TILPASSES, EVENTUELT
SKRIVES OM.**

Så langt vi kan se er hovedkonseptene i både modellen «CREAMS» og «HSPF» rimelige gode og gir i utgangspunktet et meget brukbart verktøy for analyse av en rekke tiltak i landbruket som kan begrense tilførselene av næringsstoff. De delprosessene som inngår i modellene bygger på omfattende og vel dokumenterte studier.

For enkelte, muligens mange, av disse prosessene gjelder det imidlertid at norske forhold kan ligge utenfor gyldighetsområdet for de valgte parametre. For eksempel kommer en stor del av nedbøren som voldsomme regnskylt i de områdene modellen har blitt brukt mest, mens nedbøren i de fleste steder i Norge kommer meget jevnere. I arbeidet med å tilpasse modellene kan det i første omgang kanskje være hensiktsmessig å bytte ut relativt store deler (eller lage «by-passes») med erfaringsmodeller, f.eks. fra arbeider av Dahl (1984), Lundekvam (1984) og Uhlen (1984). Likevel vil vi beholde modellenes hovedstruktur og ha et overordnet rammeverk for avrenningsstudiet.

LITTERATUR:

1. Dahl, I. 1984. Case studiet, Holenvassdraget. Foredrag Norsk Vannforening. 8. nov. 1984.
2. Dean, I. D., Jowise, P. P. and Donigian, jr. A.S. 1984. Leaching evaluation of agricultural chemicals. (Leach) Handbook. EPA, Athens. Ga, 407 pp.
3. Dickinson, T. and Pall, R. 1982. Identification and control of soil erosion, and fluvial sedimentation in agricultural areas of the Canadian Great Lakes Basin. Univ. of Guelph, Ontario, Canada. 121 pp.

4. Imhoff, J. C., Bicknell, B. R. and Donigan jr. A. S. 1983. Preliminary application of HSPF to the lower River Basin to model water quality and the effects of agricultural best management practices. EPA, Athens, Ga. 90 p + App.
5. Knisel, W. G. 1980. CREAMS. A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems. USDA Conservation Research Report. No. 26, 640 pp.
6. Lundekvam, H. 1984. Case Studiet. Rakkestadelva. Foredrag Norsk Vannforening. 8. nov. 1984.
7. Svetlosanov, V. and Knisel, W. G. 1982. European and United States case studies in application of the CREAMS model. IASA, Luxemburg, Austria. 148 pp.
8. Seip, K. L. 1984. Economical and social consequences of lake enrichment. SI-notat.
9. Uhlen, G. 1984. Gjødsling og avrenning. Foredrag Norsk Vannforening 8. nov. 1984.
10. US. Department of Agriculture 1972. Soil Cons. Service. National Engineering Handbook. Section 4.
11. Verruijt, A. 1982. Ground water flow. The Macmillan Press 144 pp.
12. Wilson, E. M. 1983. Engineering hydrology. Macmillan Press 309 pp.