

# Fosfor i erosjonsmaterialet

Av Tore Krogstad

Tore Krogstad er cand. agric. fra NLH 1979 og dr. scient. samme sted 1982. Han er ansatt som forsker ved institutt for jordbunns lære, NLH.

*Innlegg på Norsk Vannforenings seminar  
8. november 1984.*

I de senere år har fosfor fått en stadig større oppmerksomhet på grunn av økt forurensning av elver og vann. Fosfor som tilføres vassdrag kan stamme fra ulike kilder. Det kan være

- naturlig tilførsel fra jord og vegetasjon
- tilførsel fra befolkning
- tilførsel fra industri
- tilførsel fra jordbruk

Det blir i det følgende bare omtalt tilførsel fra jordbruket og den delen som er knyttet til erosjonsmaterialet.

Jordtapene ved erosjon fra åker, kan variere betydelig både mellom jordarter og innen en og samme jordart, da det er en rekke ulike faktorer som spiller inn (2, 4, 5, 6). Det synes derfor umulig å oppgi noe tall for middels jorderosjon ved åkerdrift. Jorderosjonen er heller ikke sterkt knyttet til noen bestemt årstid. Kraftige regnskylt vår, sommer og høst med vannmengder større enn jordas infiltrasjonskapasitet medfører erosjon. Tilsvarende vil det være i vinterhalvåret dersom det regner på jord med et tynt lag av oppvint jord over tele. Samme effekt har vi også i snømeltingen om våren og det er vanligvis i denne perioden jorderosjonen er størst.

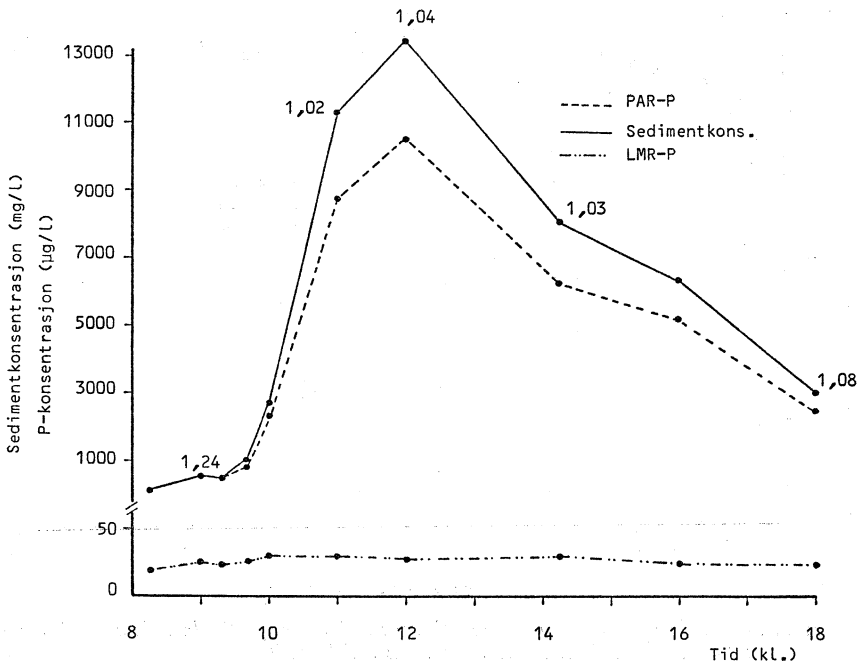
Det er spesielt i områder under marin grense med mye bakkeplanert leir- og siltrik jord og mye åpen åker at erosjonsbelastningen er størst. Og i perioder av året transporterer elver og bekker betydelige mengder fosforrikt jordmateriale som stammer fra dyrka mark. På Østlandet er Romenike et godt eksempel på dette.

Jeg skal i det følgende se litt nærmere på forholdet mellom løst og partikulært bundet P i vann som inneholder erosjonsmateriale, P-innholdet i erosjonsmaterialet samt kort drøfte hva som kan skje med P i jord som eroderer ut i vassdrag.

Figurene som brukes, bygger på foreløpige resultater fra NLVF-prosjektet «Fosfor i erosjonsmaterialet» som sluttrapporteres i 1985. Publikasjoner med beskrivelse av forsøksopplegg, metoder og omfattende resultatdrøftinger på P-undersøkelser i vann, jord og sedimenter er under utarbeidelse.

## **Løst (LMR-P) og partikulært bundet P (PAR-P) i vann som inneholder erosjonsmateriale.**

Når det gjelder P-transport ved jorderosjon, må det skilles mellom løst P og partikulært bundet P. Senere års undersøkelser har vist at ikke bare løst P, men også store deler av det som er partikulært bundet er tilgjengelig for alger i vassdragene (3).



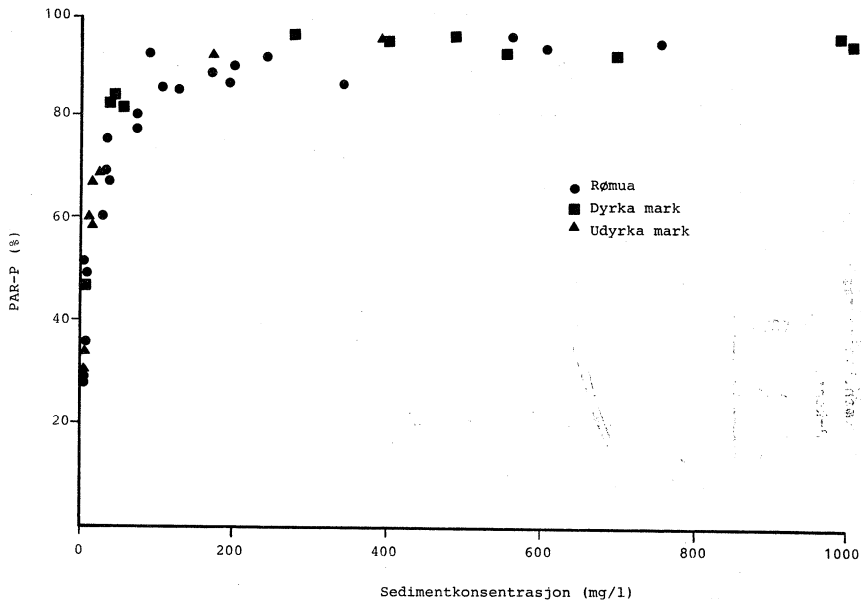
Figur 1. Sedimentkonsentrasjon og P-innhold i avrenningsvann fra åpen åker på mellomleire en dag under snøsmeltingen. Tallene i figuren angir forholdet mellom totalt P-innhold i erosjonsmaterialet og jorda på arealet hvor erosjonen skjer.

I vann som inneholder erosjonsmateriale synes mengden løst P å holde seg forholdsvis konstant uavhengig av sedimentkonsentrasjonen i vannet. Figur 1 viser et eksempel på dette fra avrenning fra åpen åker på mellomleire.

Tilsvarende viser undersøkelser gjennom året på elv vann i sterkt erosjonsbelastede vassdrag. Erosjonsmaterialet virker som en buffer, og er med på å regulere mengden løst P i vannet. Dette samsvarer med laboratorieundersøkelser på jord og bunn-sedimenter som viser at innen visse grenser er mengden løst P uavhengig av forholdet mellom jord og væske. Man kan dessuten tilføre bestemte mengder P til en suspensjon med erosjonsmateriale uten

at konsentrasjonen av P i likevektsløsningen endres. Dette er viktig når erosjonsmaterialet skal vurderes som forurensningskilde. Når alger og planter forbruker P fra vannfasen vil partikkelene som virker som et fosforlager frigi P til vannet for at likevekten skal opprettholdes.

Da mengden løst P holder seg tilnærmet konstant uavhengig av sedimentkonsentrasjonen i vannet, vil mengden partikulært P i % av total P i vannet øke sterkt med økende sedimentkonsentrasjon. Figur 2 gir et eksempel på dette fra Rømuas nedslagsfelt på Romerike. Tilsvarende viser også undersøkelser i andre vassdrag under marin grense (1).



Figur 2. Sammenhengen mellom sedimentkonsentrasjon og partikulært bundet P i % av total P ved ulike lokaliteter i Rømuas nedslagsfelt.

I flomperioder og ved kraftig regnvær vil sedimentkonsentrasjonen i elvevann i sterkt erosjonsbelastede områder være så stor at 80—100% av fosforet er partikulært bundet. Ved kraftig avrenning fra åpen åker på leir- og siltrike jordarter er det ikke uvanlig med sedimentkonsentrasjoner i avrenningsvannet på 20—30 g/l. I slike tilfeller vil generelt ~ 100% av fosforet vært partikulært bundet. Selv ved svært lav overflateavrenning fra åpen åker vil sedimentkonsentrasjonen i avrenningsvannet være flere hundre mg/l.

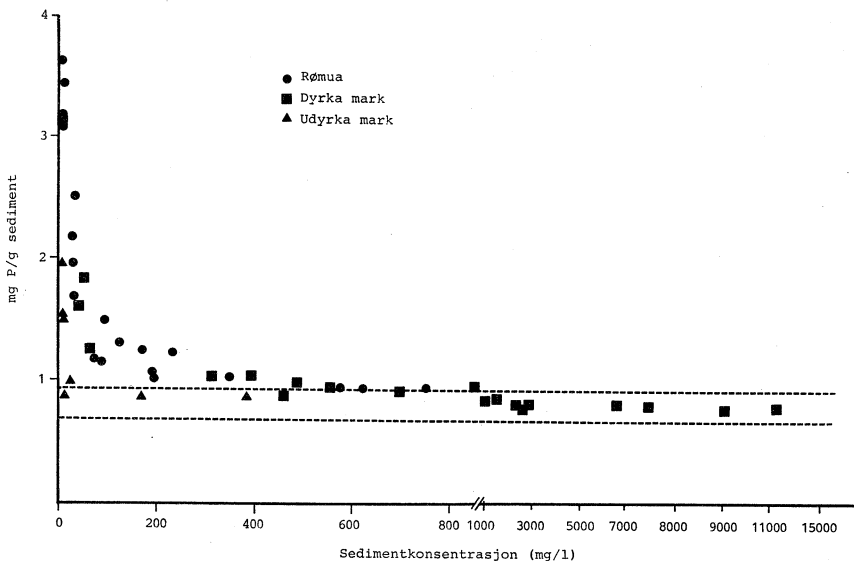
Dette viser hvor viktig erosjonsmaterialet er som transportør av P i vassdrag i områder hvor erosjonen er stor. Hvorvidt dette er en forurensningskilde vil avhenge av hvordan materialet oppfører seg etter at det kommer ut i vassdragene. Både mulighetene for sedimentering og hvor lett

fosforet kan frigjøres til omgivelsene er viktig i denne sammenheng.

#### P-innhold i erosjonsmaterialet.

Mengden fosfor som eroderes ut i vassdrag vil i tillegg til mengden partikulært materiale også være avhengig av størrelsesfordelingen mellom partiklene. Da finkornige partikler er fosforrikere enn grovkornige, vil fosfortransporten være størst i områder med mye erodert leire sammenlignet med sand og grus.

Det er en nøye sammenheng mellom sedimentkonsentrasjon, vannføring og størrelsen på suspenderte partikler. Liten vannføring tilsier liten erosjon og i vassdragene vil bare de mest finkornige partiklene være i suspensjon. Figur 3 er et eksempel på hvordan P-innholdet i erosjonsmaterialet



Figur 3. P-innhold i erosjonsmaterialet som funksjon av sedimentkonsentrasjon ved ulike lokaliteter i Rømuas nedslagsfelt. Variasjonsområdet for totalt P-innhold i dyrka jord langs vassdraget er avmerket.

kan variere med sedimentkonsentrasjonen i vannet.

Ved overflateerosjon på grovkornige jordarter vil det skje en selektiv utvasking av finstoff. Men i leir- og siltnrike jordarter vil erosjonsmaterialet fra åker for det meste ha en kornsammensetning og et P-innhold som tilsvarer utgangsmaterialet (fig. 1 og 3). Ved kraftig avrenning vil også en vesentlig del av materialet erodere i form av aggregater.

Det totale P-innhold i dyrka jord og dermed også i erosjonsmaterialet vil vanligvis variere i området 0,06—0,1%, hvorav 20—50% vil være organisk bundet P. På grunn av liten selektiv partikkelerosjon på erosjonssvake jordarter vil mengden erodert P tilnærmet øke lineært med mengden erodert jord.

I nedbørsfattige perioder med liten vannføring vil den relative andelen av fosforrike små partikler i suspensjon i vassdragene øke. Det vil også være disse partiklene som dominerer i vannfasen i perioder med sterk algevekst dersom det i det hele tatt finnes erosjonsmateriale i suspensjon i slike perioder.

Det er ofte liten forskjell i totalt P-innhold i dyrka og udyrka jord under marin grense. Vann fra elver rik på suspenderte sedimenter vil derfor inneholde mye P uavhengig av hvor erosjonsmaterialet kommer fra.

### Erosjonsmaterialet i vassdrag.

Erosjonsmaterialet kan adsorbere løst P og transportere dette over lengere avstander eller det kan sedimentere og friggi P

til omgivelsene, alt avhengig av forholdene i vannet. Både pH, P-konsentrasjonen, innholdet av andre anioner enn fosfat, redoksforholdene, temperaturen m.m. vil virke inn. Både materiale i suspensjon og de øverste løse bunnsedimentlagene i elver i områder med mye erosjon antas i hovedsak å stamme fra dyrka jord langs vassdragene. Flere undersøkelser har vist at erosjonsmaterialet endrer visse egenskaper etter at det kommer ut i vassdragene. Blant annet synes evnen til å binde løst P å øke.

Det er velkjent at det i første rekke er Fe- og Al-forbindelser som er ansvarlig for bindingen av P i jord. Av disse er de amorfe forbindelsene bedre korrelerte med fosforbindingsevne enn de krystalinske. Når erosjonsmaterialet sedimenterer og blir utsatt for et lavere redokspotensiale kan  $Fe^{3+}$  reduseres til  $Fe^{2+}$  og det kan skje en nedbrytning i mineralstrukturen med det resultat at  $Fe^{2+}$  går i løsning. Dannelsen av amorfe jernforbindelser kan da skje ved en reoksydering og/eller en økning i pH. I elver med sterk biologisk aktivitet kan pH i løpet av sommeren bli svært høy. Det er ikke uvanlig å finne pH-verdier større enn 9 på utsatte steder i slike vassdrag når algeoppblomstringen er stor.

I vassdrag med stort tilslag av myrvann kan innholdet av organiske stoffer i vannet bli betydelig. Dette kan ha en tosidig virkning på P i erosjonsmaterialet. Som anion vil organiske molekyler konkurrere med fosfationene om bindingsplassene på mineralpartikkelene og dermed forskyve likevekten mot mer P i løsning. Fe-rikt organisk materiale vil derimot kunne binde løst P og transportere dette i vassdraget som komplekse forbindelser. Altså en indirekte binding til organisk materiale som i seg selv har dårlig fosforbindingsevne.

Flere ting som over siket er med på å forbedre erosjonsmaterialets fosforbindingsevne vil også kunne føre til en utlekking av allerede bundet P fra materialet. For eksempel vil P lettere frigjøres dersom  $Fe^{3+}$  reduseres til  $Fe^{2+}$  og ved at pH øker. I utgangspunktet har erosjonsmaterialet vanligvis en pH-verdi i området 5—7. Både økende konsentrasjon av  $OH^{-}$ -ioner og organiske anioner øker mulighetene for anionbytting med fosfationene som dermed lettere kan frigjøres til vannfasen. I kalkrike vassdrag vil en økning i pH ha motsatt effekt da P her kan felles ut som kalsiumfosfater.

Det blir hele tiden forsøkt opprettholdt en likevekt mellom P bundet til partikkelmaterialet og P i løsning. Denne likevekten er imidlertid meget sterkt forskyvet i retning av partikulært bundet P.

Transporten av P-rikt erosjonsmateriale i vassdragene er vanligvis størst i perioder av året hvor den biologiske aktiviteten er liten. Det meste av erosjonsmaterialet vil derfor passere gjennom vassdragene og sedimenterer i innsjøer og i havet uten å være tilgjengelig som P-kilde for alger i vannet. Høy sedimentkonsentrasjon vil dessuten hindre algevekst blant annet på grunn av begrenset lystilgang.

En reduksjon i mengden erosjonsmateriale vår og høst vil derfor bare i liten grad påvirke den biologiske aktiviteten i vassdragene om sommeren. I sterkt erosjonsbelastede områder vil det alltid være noe suspendert materiale i elvene og dermed også partikulært bundet P selv om det ikke er overflateerosjon i nedslagsfeltet. Det biologiske livet i vassdraget vil påvirkes både av disse partikkelene og av løste næringsstoffer i vannet.

### Sammendrag.

Erosjonsmaterialet er meget viktig som transportør av P i vassdrag, og er medvirkende årsak til at mengden løst P i vannet holdes forholdsvis konstant på et lavt nivå. I flomperioder vil 80—100% av P i vassdragene være partikulært bundet.

Ved overflateavrenning på leir- og silt-rike jordarter vil erosjonsmaterialet for det meste ha en kjemisk og fysisk sammen-

setning som utgangsmaterialet. Etter sedimentering i vassdragene endres visse egenskaper som blant annet medfører bedre evne til å binde løst P. Ulike forhold vil medføre at bundet P blir løst og dermed lettere tilgjengelig for det biologiske livet i vannet. Bare en liten del av erosjonsmaterialet som tilføres vassdragene gjennom året vil imidlertid påvirke den biologiske aktiviteten i vassdragene om sommeren.

### LITTERATUR

- (1) Dahl, I. & Arnesen, R. T., 1982. Hølenvassdraget. Hovedrapport om forurensnings-tilførsler og stofftransport 1977—1980. Norsk institutt for vannforskning. Rapport F-80420, 75 s.
- (2) Lundekvam, H., 1984. Stofftap fra en landbruksområde i Østfold. NORDFORSK-seminar, Stockholm, 15 s.
- (3) Løvstad, Ø., 1984. Effekter av erosjonen. Tilgjengelig fosfor og algerespons. NORD-FORSK-seminar, Stockholm, 9 s.
- (4) Njøs, A. & Hove, P., 1984. Erosjonsundersøkelser — Vannerosjon. NLVF-slutt-rapport nr. 496, 12 s.
- (5) Uhlen, G. 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimetres on a cultivated soil I. Meld. fra NLH, 26 s.
- (6) Ulén, B. 1981. Erosjon av fosfor frå åker. NJF-seminar nr. 19, Oslo, 9 s.