

Forurensningsregnskap for Ringerike kommune



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Forurensningsregnskap for Ringerike kommune	Løpenr. (for bestilling) 5673-2008	Dato 15.10.2008
	Prosjektnr. Udemnr. O-28277	Sider Pris 67
Forfatter(e) Lindholm, Markus, NIVA Iversen, Eigil, NIVA Alexander Engebretsen, Bioforsk Tjomsland, Torulv, NIVA	Fagområde Vannforvaltning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østlandet	Trykket CopyCat AS

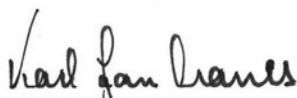
Oppdragsgiver(e) Ringerike kommune	Oppdragsreferanse G. Tollefsen
---------------------------------------	-----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten gir en gjennomgang av de ulike forurensningskildene til vassdragene i Ringerike kommune. Tilstanden i kommunens vassdrag er noe bedret i forhold til tidligere rapporter, noe som trolig er knyttet til igangsatte tiltak, bla. oppgradering av kommunale renseanlegg. Lekkasje fra rønett og forurensning fra overvann er nå trolig en større kilde til fosfor i vassdragene enn de ordinære utslippene fra renseanleggene. Omfanget av lekkasje fra spredte avløp er bare delvis kjent. Arealavrenning fra landbruk er noe redusert, men ytterligere tiltak foreslås, som å la vårkorn overvintre i stubb, og sprøying av punktkilder til fosfor. Innholdet av organisk stoff er fortsatt høyt i flere vassdrag, og bør gis prioritet ved oppsetting av nye miljømål for Ringerike kommune, sammen med reduksjon av bakterietall.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> vannkvalitet forurensningstilførsler egnethet tiltak 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> water quality pollution inputs suitability abatement
--	--



Markus Lindholm
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Forurensningsregnskap for Ringerike kommune

Forord

Denne rapporten gir en oversikt over dagens forurensningskildene til vann i Ringerike kommune.

Arbeidet gir en oversikt over forurensningskildene i kommunen, og kan sees på som en oppfølger av NIVA-rapporten med samme emne fra 1997. Rapporten bygger på data og informasjon fra flere ulike kilder. Foruten egne data fra NIVAs databaser, har følgende vært behjelpelige med informasjon og nyttige innspill: Jostein Nybråten og Grethe Tollefsen fra Ringerike kommune; Marianne Seland og Erik Garnås fra Fylkesmannen i Buskerud, og Lise Irene Karlsen, Eurofins.

Bioforsk v/ Alexander Engebretsen og Håkon Borch har hatt ansvar for kapitlene om jordbruk. Eigil Rune Iversen, NIVA, har foretatt utredningene om avløp og kommunalteknikk og Torulv Tjomsland, NIVA, er ansvarlig for TEOTIL-beregningene. Markus Lindholm, NIVA, har utarbeidet øvrig tekst, og klassifisert dagens tilstand og naturtilstand, utredet brukerinteresser, egnethetsvurderinger og konklusjoner, og har vært ansvarlig for ferdigstilling av rapporten. Seniorforsker Dag Berge, NIVA, har kvalitetssikret prosjektet.

Vi tror og håper at rapporten kan bli et nyttig verktøy i det videre forvaltningsarbeid med kommunens vannressurser, og takker alle bidragsytere for godt samarbeid.

Oslo, 10.10.2008

Markus Lindholm

prosjektleder

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	7
2. Dagens vannkvalitet	9
2.1 Overvåking i Ringerike kommune	10
2.2 Dagens tilstand i vassdragene	10
2.2.1 Øvre Begna – Sperillen	11
2.2.2 Sogna	11
2.2.3 Nedre Begna (Ådalselva)	12
2.2.4 Randselva	13
2.2.5 Storelva	14
2.2.6 Steinsfjorden	16
2.2.7 Tyrifjorden	16
2.2.8 Nordmarka (Storflåtan)	17
2.3 Forventet naturtilstand	18
3. Tilførselsberegninger	21
3.1 Beregninger med modellen TEOTIL	21
3.1.1 Resultater og dagens situasjon	24
3.2 Bakgrunnstilførsler	25
3.2.1 Atmosfærisk deponisjon	25
3.2.2 Avrenning fra skog og fjell	26
3.3 Kommunale avløp og rensesystemer	27
3.3.1 Innledning	27
3.3.2 Status og utslipp fra de ulike rensenanleggene	28
3.3.3 Overvann fra tette flater	28
3.3.4 Lekkasje fra avløpsnett	29
3.3.5 Samlet utslipp fra kommunaltekniske anlegg og tette flater	30
3.3.6 Kloakk uten rør (KUR)	31
3.3.7 Avløp fra spredt bebyggelse	32
3.4 Jordbruk	33
3.4.1 Generelt om jordbruket i Ringerike	33
3.4.2 Arealavrenning	33
3.4.3 Husdyr og husdyrgjødsel	34
3.4.4 Gjødsellager	35
3.4.5 Siloanlegg og melkerom	36
3.4.6 Samlet oversikt over avrenning fra jordbruket i 2007	36
3.5 Utslipp fra industri	37
3.5.1 Oversikt over industrianlegg	37
3.6 Avfallsdeponi	39
3.7 Samlet oversikt over tilførsler fra ulike soner, fordelt på kilder	40
4. Egnethetsvurderinger	40
4.1 Klassifisering av brukerinteressene	42

4.1.1 Bading, rekreasjon, båtliv	42
4.1.2 Fritidsfiske	43
4.1.3 Drikkevann	43
4.2 Miljømål	43
4.2.1 Kommunens oppsatte miljømål	43
4.2.2 Nye miljømål	44
4.2.3 Problemområder for vannkvaliteten i Ringerike kommunes vassdrag	45
5. Forslag til tiltak	46
5.1 Avløpstekniske tiltak	46
5.1.1 Utslipp fra renseanlegg	47
5.1.2 Lekkasje fra ledningsnett	47
5.1.3 Overløp	47
5.1.4 Overvann	47
5.1.5 Samlet vurdering av avløpstekniske tiltak	48
6. 2. Landbrukstiltak	48
6.1.1 Arealtiltak i jordbruket	48
6.1.2 Fangdammer	49
6.1.3 Fosfor i jord	50
6.1.4 Oppsummering av gjennomførte tiltak i landbruket 1996 - 2007	51
6.1.5 Effekter av nye tiltak – å vårpløye alt vårkorn	52
6.1.6 Effekter av nye tiltak – å vårpløye alt høstkorn	52
6.1.7 Effekter av nye tiltak – punktutslipp innen jordbruket	53
6.1.8 Oppsummering av nye tiltak i landbruket	53
6.2 Kostnadseffektivitet	54
7. Konklusjoner og anbefalinger	55
7.1.1 Overvåking og datagrunnlag	55
7.1.2 Avløp og kommunaltekniske tiltak	55
8. Litteratur	57
9. Vedlegg	59

Sammendrag

Denne rapporten gir en oppdatert oversikt over forurensningskilder til vann i Ringerike kommune, og foreslår tiltak og fokusområder. Kommunens vannveier er delt inn i 8 vassdragsområder. Basert på overvåkingsdata fra ulike kilder gis en oversikt over dagens vannkvalitet i disse. Det kan påvises en viss bedring av vannkvaliteten i enkelte vassdrag med hensyn til næringsstoffer, siden forrige oversikt over forurensning til vann ble satt opp (Borgvang m.fl. 1997), som i Tyrifjorden, Nedre Begna, Randselva og Storelva. Innholdet av tarmbakterier er gått ned, og kommunens tidligere oppsatte miljømål er langt på vei nådd. En gjennomgående svakhet er imidlertid at datamaterialet som ligger til grunn for rapporten er mangelfullt, og i hovedsak bygger på bare 4 årlige målinger. For Steinsfjorden, som er et miljømessig "hot spot" i kommunen, finnes ingen sikre tidsserier for årene etter 2004.

Det har de senere år blitt foretatt en oppgradering av kommunens renseanlegg. Renseanlegget på Monserud er det klart største, og anlegget kan vise til gode rensesultater for næringsalter de to siste år, og renskravet ble overholdt med god margin. Utslippene av organisk stoff er imidlertid fortsatt for store. Også flere av de øvrige, mindre anleggene er utbedret og viser lave utslipp av næringsstoffer. Sett under ett tilfører lekkasjer fra rørnett og tilførsler fra overvann vassdragene mer næringsstoffer enn renseanleggenes ordinære utslipp. I 2007 var de samlede utslippene fra kommunens renseanlegg 204 kg fosfor, mens lekkasjer fra utette rørnett og overvann tilførte vassdragene 693 kg.

I 1997 var om lag 9000 personer i kommunen uten kommunal tilknytning. Det finnes ikke nyere data som beskriver dagens situasjon for denne potensielle kilden til næringsstoffer og tarmbakterier.

Det er om lag 70 km² dyrket mark i Ringerike, og kornproduksjon dominerer. Drøyt 40 % av kornarealet er unndratt høstpløying. De tekniske anleggene i nedslagsfeltene er overveiende gode, og avrenningen fra punktkilder er liten. Den samlede lekkasjen fra gjødselkjellere i kommunen beløper seg til 6 kg fosfor i året, mens den tilsvarende verdien for dyrket mark, dvs arealavrenning, er på 4,1 tonn fosfor. Den samlede effekten av tiltak for å hindre avrenning av næringsstoffer fra jordbruk i perioden 1997 til 2007 er beregnet til 208 kg fosfor og 8772 kg nitrogen årlig. Utslippene av fosfor fra industri har gått ned, og beløper seg i 2007 til 2,1 tonn. Dette er mer enn en halvering i forhold til 1997.

I sum utgjør tilførsler av fosfor fra menneskelig aktivitet nå 8,7 tonn årlig i Ringerike. Til sammenligning bidrar naturlig avrenning med drøyt 13 tonn fosfor årlig.

Rapporten foreslår nye miljømål for Ringerike kommune, med tre fokusområder:

- stabilisere de lave utslippene av næringsstoffer, og sikre at disse holdes på dagens nivå;
- redusere innholdet av organisk stoff i vassdragene Sogna, Nedre Begna, Randselva og Storelva;
- redusere innholdet av tarmbakterier i kommunens vassdrag.

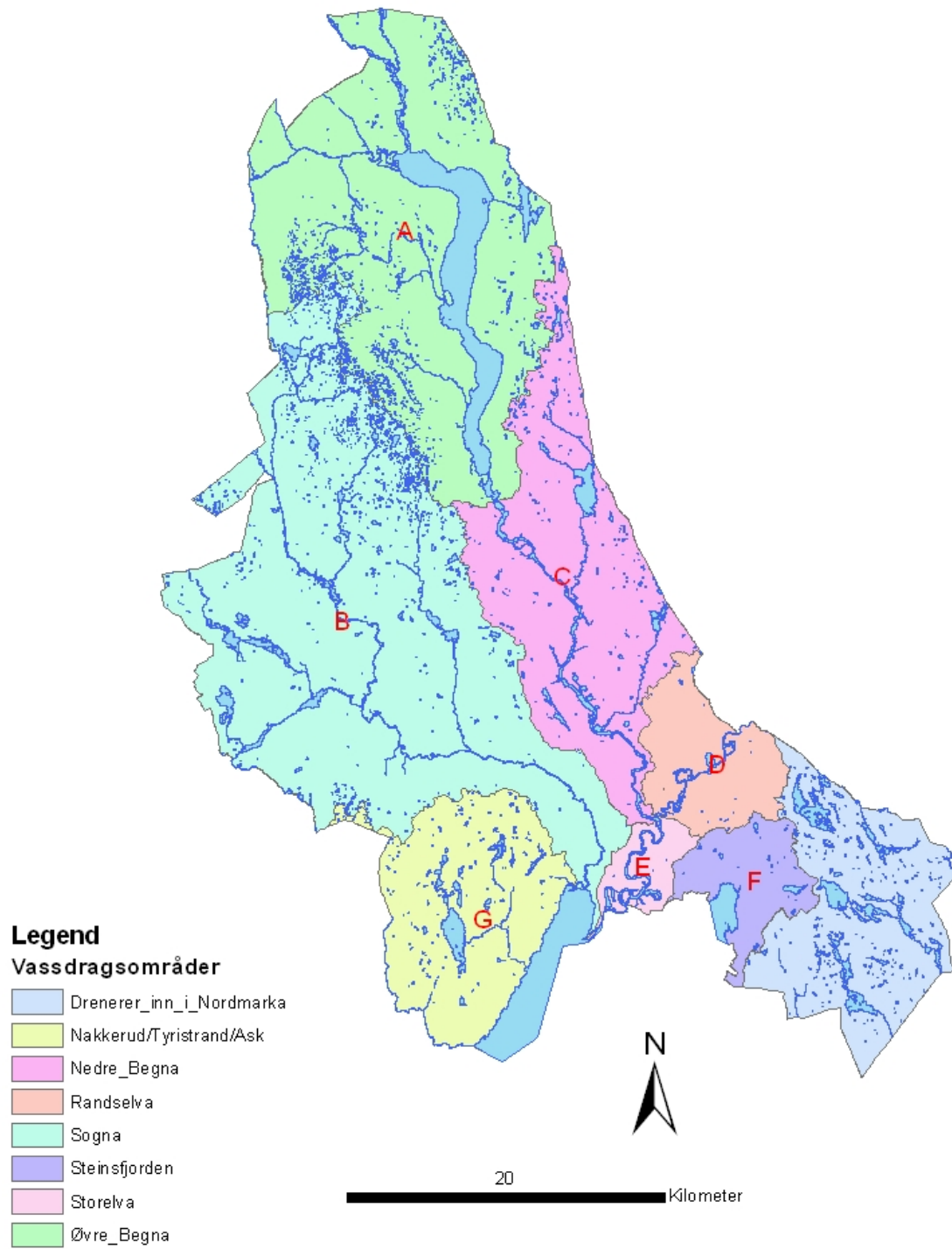
1. Innledning

Ringerike kommune er i gang med revisjon av sin Hovedplan avløp. I den anledning har Norsk Institutt for Vannforskning/NIVA hatt i oppdrag å sette opp et forurensningsregnskap for kommunen. Oppdraget kan oppfattes som en oppfølger til forurensningsregnskapet som ble satt opp i 1997 (Borgvang m.fl. 1997). I samme periode laget også Fylkesmannen i Buskerud et forurensningsregnskap for hele fylket.

Kommunen og andre har gjennomført flere ulike tiltak i etterkant av disse utredningene, og i tråd med handlingsplanen for Hovedplan avløp, der målsettingen hele tiden har vært å bedre vannkvaliteten i vassdragene. Det er innført måleprogrammer for vannkvalitet, og bedre beregningsmodeller og veiledningsmateriale er tilgjengelig. Nasjonalt har Norge forpliktet seg gjennom EUs Vanddirektiv og en egen vannforvaltningsforskrift, der vannregionene har ansvar for å gjennomføre planprogram og etter hvert en forvaltningsplan for vassdragene, der tiltak skal gjennomføres innen gitte frister.

I dette forurensningsregnskapet har vi inndelt kommunes vassdrag i 8 ulike områder (**Figur 1**): Sperillen, Sogna, Nedre Begna (Ådalselva), Randselva, Storelva, Tyrifjorden ("Nakkerud/Tyristrand/Ask"), Steinsfjorden og Nordmarka. Dagens vannkvalitet i hvert område er vurdert, på grunnlag av tall fra Fylkesmannen i Buskerud, fra NIVA og kommunens egne data, og vi har fokusert på trender og endringer over tid. De viktigste kildene til næringsstoffer og organisk stoff i vassdrag – ved siden av naturlige kilder – er avløp og kloakk, landbruk og industri. Med utgangspunkt i dette har vi beregnet tilførslene til de åtte vassdragsområdene. I Ringerike kommune er jordbruk den klart viktigste kilden til menneskelige fosforutslipp.

Etter ønske fra oppdragsgiver har vi benyttet SFTs kriterier for miljøkvalitet i ferskvann og brukernormer. Dette er gjort for at denne rapporten skal være lettere å sammenligne med oversikten fra 1997.



Figur 1. Ringerike kommune, inndelt i åtte vassdragsområder.

2. Dagens vannkvalitet

Statens Forurensningstilsyn satte i 1997 opp et klassifiseringssystem for ferskvann, som skulle lette arbeidet for lokale myndigheter og forvaltning (Andersen m.fl. 1997). Målet var å gi et enkelt redskap til å klassifisere miljøkvaliteten i innsjøer eller elver. Systemet baserer seg på fem tilstandsklasser (rangert fra ”meget god” til ”meget dårlig”) som alle vann og elver kan tilordnes. Seks forskjellige faktorer påvirker i særlig grad vannkvaliteten i innsjøer og elver. De seks faktorene er:

1. næringssalter (særlig innholdet av totalt fosfor og totalt nitrogen)
2. organisk stoff (ofte målt som innholdet av totalt organisk karbon, TOC)
3. forsuring
4. miljøgifter
5. partikler (eks leire)
6. tarmbakterier

I varierende grad vil naturligvis disse faktorene også forekomme i vassdrag som er helt upåvirket av mennesker. Alle innsjøer og strømmende vann inneholder målbare mengder organisk stoff, eller har et visst naturlig innhold av fosfor. Videre er enkelte innsjøer naturlig sure, eller basiske, grunnet geologiske forhold i nedbørsfeltet.

Menneskelig påvirkning viser seg i all hovedsak ved at en (eller flere) av de seks typene endrer seg – at pH synker, innholdet av næringssalter øker, osv. Dermed vil også vassdraget selv få endret sin økologiske struktur. Økt innhold av f.eks. næringssalter beforder plantevekst og kan forandre hele arkitekturen i det akvatiske livsmiljøet. Mange organismer er følsomme for lav pH, og sur nedbør vil dermed kunne utløse store endringer i artssammensetning.

De seks virkningstypene er gjort målbare ved hjelp av definerte størrelser, *parametere*, som måles i felt. For næringsstoffer er dette særlig konsentrasjonene av totalt fosfor og nitrogen, for organisk stoff er det særlig innholdet av totalt organisk karbon (TOC), mens ulike miljøgifter vanligvis defineres ved innholdet av forskjellige tungmetaller. Målet for tarmbakterier defineres av antallet bakterier i 100 ml vannprøve (**Tabell 1**; se for øvrig Andersen m.fl.1997 for detaljer).

Tabell 1. Parametere som definerer vannkvalitet i ferskvann (fra Andersen m.fl. 1997).

Nærings-salter	Organiske stoffer	Forsurende stoffer	Miljøgifter (tungmetaller)	Partikler	Tarm-bakterier
Total fosfor	TOC	Alkalitet	Kobber	Turbiditet	Termotolerante
Klorofyll a	Førgetall	pH	Sink	Suspendert stoff	koliforme
Siktedyp	Oksygen		Kadmium	Siktedyp	bakterier
Primærprod. total nitrogen	Siktedyp		Bly		
	KOF _{Min}		Nikkel		
	Jern		Krom		
	Mangan		Kvikksølv		

Det kan være verdt å nevne at EUs vanndirektiv, som nå implementeres i norsk vannforvaltning, forskyver fokus i denne klassifiseringen over mot økologiske forhold og fokuserer på levende organismer, dyr, planter og biologi, slik disse reflekterer de ulike faktorene nevnt ovenfor (Vedlegg 1).

Men i denne rapporten ble det i samråd med oppdragsgiver bestemt at SFTs klassifiseringssystem skulle legges til grunn.

Om en eller flere av de nevnte seks faktorene er særlig fremtredende, er dette vanligvis forårsaket av menneskelig påvirkning. Enkelte vassdrag kan imidlertid av naturlige årsaker være sterkt påvirket. Elver fra isbreer har et høyt partikkelinnhold, og enkelte vassdrag inneholder mer organisk stoff enn andre (i form av humus, målt som "totalt organisk karbon", TOC), særlig om deler av nedbørsfeltet har mye myr og barskog. Tilstanden i et vassdrag gjenspeiler dermed både naturforhold og menneskelig påvirkning, og det er viktig å avklare fordelingen mellom de to årsakene.

Vi skal nedenfor kort se hvordan de ulike åtte vassdragsområdene i Ringerike kommer ut i en slik klassifisering. Ikke alle parametere er overvåket, men det finnes data for næringssalter, organisk stoff, tarmbakterier (TKB) og i noen utstrekning pH.

2.1 Overvåking i Ringerike kommune

Mange av de nyere overvåkingsdataene som denne rapporten bygger på stammer fra overvåking i regi av Fylkesmannen i Buskerud (SESAM database). Data eldre enn år 2000 er supplert med informasjon fra NIVAs databaser. Prøvetakingsfrekvensen har imidlertid vært ujevn, særlig etter år 2000, og generelt klart lavere enn det som er nødvendig for å få pålitelige årsverdier. De fleste vassdrag er etter årtusenskiftet prøvetatt fire ganger årlig eller mindre, og dette gjør at det ligger en betydelig usikkerhet i mange av middelverdiene. Parametrene har vært konsentrert rundt næringssalter, turbiditet og tarmbakterier. For Sperillen finnes kun data for tre år: 1985, 1986 og 1988, mens nedre Begna (Ådalselva) har vært overvåket frem til idag, gjennom prøvetaking ved Hensfossen (4 prøver gjennom sommerhalvåret). Ved Hvalsmoen har det vært tatt prøver fra Randselva siden 2005 (4 prøver gjennom sommerhalvåret). Storelva har vært prøvetatt ved Sandsætra og ved Busund Bru. På sistnevnte sted har Eurofins på oppdrag fra kommunene Hole og Ringerike, tatt prøver 8 ganger årlig i 2002, 2004, 2006 og 2007. Data fra denne overvåkingen er tatt inn som basisinformasjon for Storelva. Prøver fra Sogna har vært tatt ved Ask bru hvert år fra 2001. I 2002 tok Eurofins prøver åtte ganger også i Randselva og nedre Begna, og disse verdiene er også benyttet i vår utredning.

Steinsfjorden og Tyrifjorden har tidligere vært tett overvåket. Etter år 2000 har NIVA hatt ansvaret for en avgrenset overvåking av Steinsfjorden, med fokus på blågrønnalger og algetoksiner, men etter 2004 er dataene for fåtallige til å benyttes. Tallmaterialet for Tyrifjorden frem til årtusenskiftet bygger på NIVAs egne data. Eurofins' overvåking (åtte ganger årlig) fra 2004, 2006 og 2007 er lagt til dette basismaterialet.

Data for Storflåtan i Nordmarka stammer fra overvåking i regi av Oslo vann og Avløp (OVA), som overvåket en lang rekke fysiske, kjemiske og biologiske variabler i Storflåtan. Denne overvåkingen ble innstil i 2003.

2.2 Dagens tilstand i vassdragene

Det er viktig å være oppmerksom på at det er stor forskjell på elver og innsjøer i forhold til flere av parametrene som inngår i klassifiseringssystemet. Innsjøer er ofte ganske stabile gjennom året, og et fåtall målinger er gjerne nok til å få et bilde av vannkvaliteten. Elver er annerledes. De reagerer hurtig og forbigående på vannstandsendringer og hendelser oppstrøms i nedbørsfeltet. Kraftige regnskyll etter tørkeperioder vil for eksempel vaske mye næringssalter ut i elva i dagene etterpå. Overvåking av elver er derfor vanskeligere, og 4-6 målinger som midles til et årsgjennomsnitt kan ofte gi et nokså

tilfeldig bilde. Om en av målingene er tatt etter kraftig regnskyll vil innholdet av næringssalter være svært høyt, og omvendt lavt i tørkeperioder.

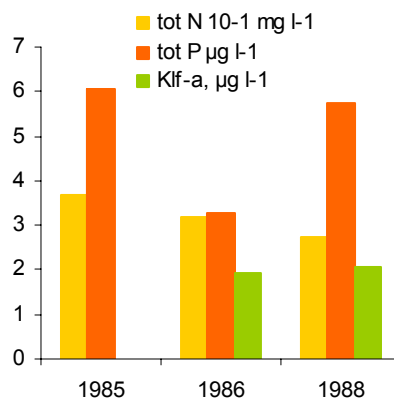
De fleste dataene som er lagt til grunn i den følgende gjennomgangen, er gjennomsnittlige verdier for 4 målinger. Dette er lite, selv for innsjøer, men ganske særlig overfor elver. Det er derfor viktig å være klar over at bildet trolig inneholder mangler.

2.2.1 Øvre Begna – Sperillen

Sperillen er en dyp næringsfattig innsjø, og i liten grad påvirket av menneskelig aktivitet. Det finnes ingen data for vannkvaliteten etter 1988, men vi kjenner heller ikke til indikasjoner på at forholdene har endret seg siden den gang. **Figur 2** viser innholdet av næringssalter og klorofyll a for to/tre år (gjennomsnitt av 4-10 årlige målinger). Siktedypet i innsjøen, som gir en enkel pekepinn om mengden av partikler i vannet, ble målt fire ganger i 1988, og ga en middelvei på 5,1 m.

Den teoretiske oppholdstiden, retensjonstiden, for vannmassene i innsjøen er beregnet til 210 dager. Det gir Sperillen en betydelig evne til selvrensing. Foreliggende modeller (Tjomsland og Bratli 1996) tilsier at nær 60 % av fosforet og ca 10 % av nitrogenet som slippes ut i innsjøen vil være borte når vannet forsvinner ut i Nedre Begna.

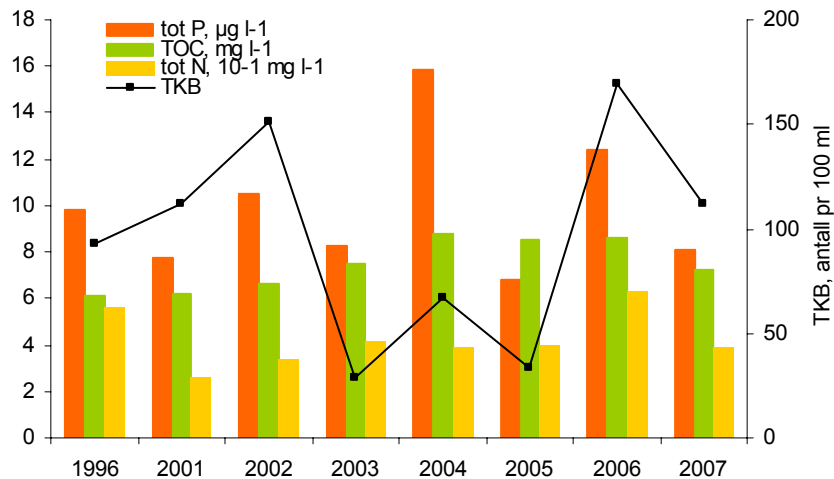
Forutsatt at dataene fortsatt er gyldige, kan dagens miljøtilstand i Sperillen klassifiseres til «meget god».



Figur 2. Sperillen: Nøkkeldata for 1985, 1986 og 1988.

2.2.2 Sogna

Sognas nedbørsfelt er med 624 km², forholdsvis begrenset. Berggrunnen består av grunnfjell, med marin leire i de lavere delene. I disse områdene drives også intensivt jordbruk. Sogna sentrum har fått utbedret sitt ledningsnett etter 2001, og det er i dag også færre gårdsbruk med beitende dyr enn før. Det finnes ett mindre kloakkrensanlegg som nytter Sogna som resipient. I 2007 betjente denne i underkant av 700 pe. Renseanlegget ble oppgradert i 2002, noe som bedret renseseffekten på fosfor betraktelig, og med hensyn til næringsstoffer overholdes renskravet i dag med god margin. Utslippene av organisk stoff, som før ombyggingen var lave (ca 200 kg årlig, grunnet et separat biologisk rensetrinn i det gamle anlegget) har imidlertid i årene etter ligget på et betydelig høyere nivå (>1 tonn).



Figur 3. Sogna: Nøkkeldata for perioden 2001 til 2007, og for 1996.

Figur 3 viser data for perioden 2001 til 2007, samt for 1996. Prøvene er tatt ved Ask bru, nederst i vassdraget. Med hensyn til næringssalter viser hverken nitrogen eller fosfor noen signifikant endring for perioden, til tross for oppgradering av Sokna RA. Nitrogenverdiene holdt seg mellom 300 og 400 $\mu\text{g l}^{-1}$, som er det samme som i 1990-årene (Borgvang m.fl. 1997). Innholdet av fosfor holdt seg også forholdsvis stabilt, men det kan spores en svak nedgang fra forrige tiår, da tot P-verdiene holdt seg nær 10 $\mu\text{g l}^{-1}$. Et særpreg med elva er det høye innholdet av organisk stoff (TOC). Dette skyldes delvis naturlige kilder, da det er mye barskog og torvmyrer i nedbørsfeltet, men også utslippene knyttet til Sokna RA bidrar sannsynligvis. I tillegg ligger et av landets største sagbruk, Moelven Soknabruket, i nedbørsfeltet, og dette er trolig også en kilde til TOC i elva.

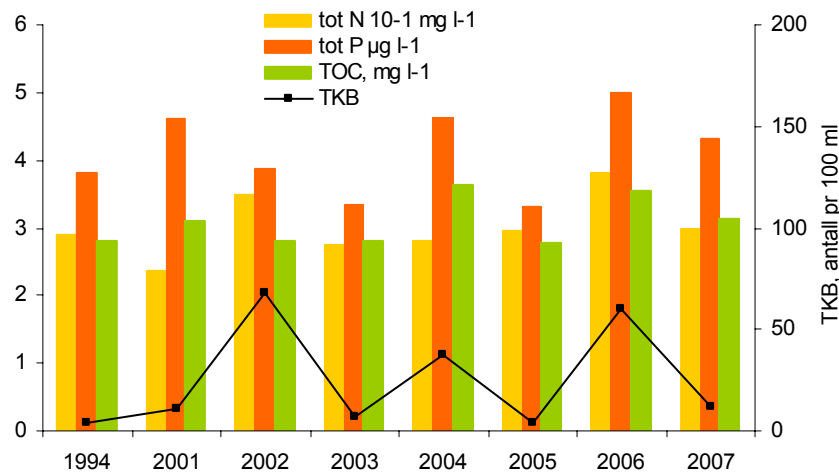
Innholdet av tarmbakterier har vært variabelt, men jevnt over på et relativt høyt nivå. Det hører imidlertid med til bildet at også for tarmbakterier er datagrunnlaget spinkelt, i tillegg til at denne parameteren erfaringsmessig viser betydelig variasjon, bl.a. i forbindelse med nedbørsmønster.

I 2007 var det midlere innholdet av totalt fosfor 8,1 $\mu\text{g l}^{-1}$, med 387 μg som tilsvarende verdi for nitrogen. Innholdet av TOC var 7,2 mg l^{-1} , noe som er mer enn det dobbelte av hva skogselver på Østlandet vanligvis har. Innholdet av tarmbakterier var 112 pr 100 ml. Turbiditeten i elva har variert mellom 1,6 og 5,5 FTU.

Tallene tilsier at vannkvaliteten i Sogna etter SFTs vurderingssystem mht næringssalter kan karakteriseres som "God", mens den i forhold til organisk stoff må karakteriseres som "Dårlig". Innholdet av tarmbakterier gir tilstanden "Mindre God".

2.2.3 Nedre Begna (Ådalselva)

Nedre Begna (Ådalselva) tjener som resipient for Follum Fabrikker, og dessuten som resipient for Hallingby renseanlegg, som håndterer avløpsvann for 600 pe. I tillegg drenerer renseanlegget på Ringmoen, som har jordinfiltrasjon, til elva. Follum Fabrikker har i 2008 redusert driften fra tre til to maskiner, noe som trolig vil føre til reduserte utslipp. I tillegg ble det i 2007 igangsatt nytt og forbedret renseanlegg for industriavløpsvann. Effekten av dette vil først kunne påvises inneværende år.



Figur 4. Nedre Begna: Nøkkeldata for perioden 2001 til 2007, og for 1994. Målinger fra Hensfossen.

Vannprøver fra nedre Begna har vært tatt ved Hensfossen og ved utløpet av Hønefoss kraftstasjon.

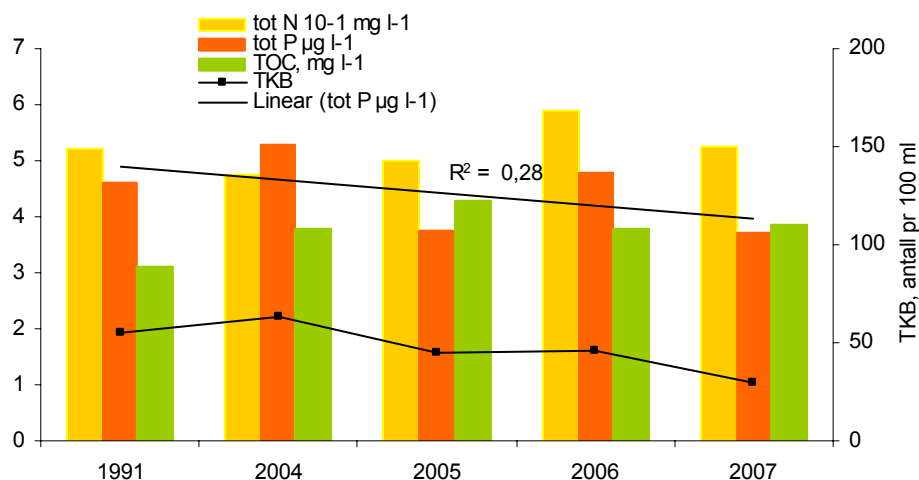
Figur 4 viser innholdet av næringssalter, organisk stoff og tarmbakterier for perioden 2001 til 2007, samt for 1994. Alle data er fra Hensfossen. Verdiene for vannkjemi holdt seg stabilt på om lag samme nivå gjennom alle presenterte år, og det er ingen klare trender verken mot økning eller reduksjon. Innholdet av organisk stoff, målt som det totale innholdet av karbon (TOC) viste en liten, men ikke signifikant økning ($R^2 = 0,18$), men det meste av denne økningen lå før år 2000.

Da endringene fra år til år er så vidt små kan vi basere karakteriseringen av miljøtilstand på tallene for 2007. Tot N-innholdet var da $300 \mu\text{g l}^{-1}$, mens den tilsvarende verdien for fosfor var $4,3 \mu\text{g}$. Innholdet av TOC var på $3,12 \text{ mg l}^{-1}$. Innholdet av tarmbakterier synes å variere noe fra år til år, men 2007 hadde 12 pr 100 ml som gjennomsnitt (den høye verdien for 2006 skyldes en enkelt høy måling på ettersommeren, da det ble målt 230 pr 100 ml).

På grunnlag av dette kan vi slutte at vannkvaliteten i Nedre Begna mht næringssalter var ”Meget god”. Mht organisk stoff og tarmbakterier kan tilstanden betegnes som ”God”.

2.2.4 Randselva

Randselva drenerer Randsfjorden, som er en dyp fjordsjø med teoretisk oppholdstid (retensjonstid) på 3,3 år (Fjeld 1999). Dette gir en betydelig renseeffekt for næringssalter, og kan forklare hvorfor Randselva ved ankomst til Ringerike kommune har et så vidt lavt innhold av næringssalter (se for øvrig nedenfor, kapittel om TEOTIL).



Figur 5. Randselva: Nøkkeldata for perioden 2004 til 2007, og for 1991. Trendlinjen markerer en reduksjon i innholdet av totalt fosfor for perioden.

Figur 5 viser nøkkeltall for 2004 til 2007, samt for 1991. En trendanalyse indikerer at innholdet av totalt fosfor er redusert med anslagsvis $1 \mu\text{g l}^{-1}$ i løpet av tidsperioden ($R^2 = 0,28$). Også innholdet av tarmbakterier har gått ned ($R^2 = 0,73$), og lå i 2007 på 29 pr 100 ml. Innholdet av organisk stoff har imidlertid tiltatt noe, og viste i 2007 $3,85 \text{ mg l}^{-1}$.

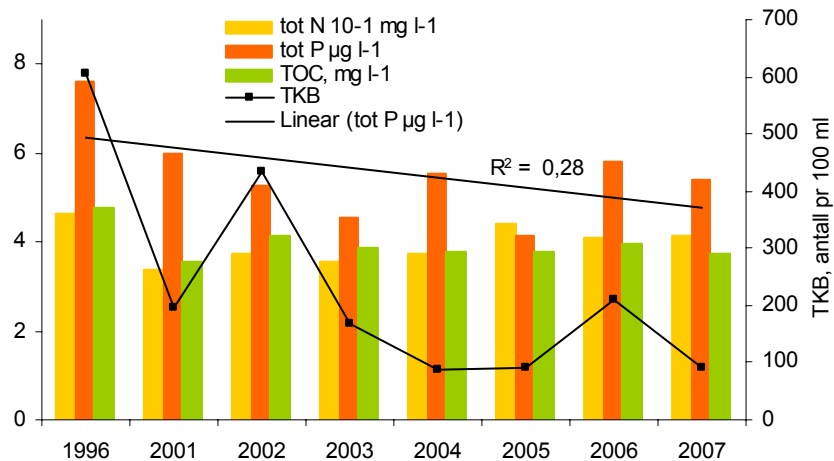
Dataene for 2007 tilsier at vannkvaliteten i Randselva har bedret seg noe i forhold til 1997. Innholdet av nærings saltene fosfor og nitrogen var i fjor henholdsvis $3,7$ og $525 \mu\text{g l}^{-1}$. Fosfor, som utgjør nøkkelparameteren, tilsier "Meget God" vannkvalitet, mens den betraktelig høyere nitrogenverdien tilsier "Mindre God". I sum gir dette "God" vannkvalitet mht denne parameteren. Innholdet av TOC var i 2007 $3,85 \text{ mg l}^{-1}$, og plasserer dermed Randselva som "Mindre god" mht organisk stoff. Innholdet av tarmbakterier var i 2007 29 pr 100 ml, noe som tilsvarer "God" vannkvalitet. Det siste er en klar bedring fra 1997, da kvaliteten ble klassifisert som "Dårlig" for denne faktoren.

Randselva har vært satsningsområde i kommunen de siste ti år. Gammelt røranlegg langs elva er sanert, og de øvre delene av området fikk nytt ledningsanlegg i 2002. Den bedre vannkvaliteten må trolig sees på bakgrunn av disse tiltakene.

2.2.5 Storelva

Storelva utgjør den sentrale vannveien på Ringerike, og føyer Begnas nedbørsfelt sammen med vann fra Randsfjorden. Til sammen dreneres vann fra 8500 km^2 landareal gjennom Storelva.

Storelva utgjør en sentral ressurs i kommunen, både som resipient og for rekreasjon, og som hovedkilde for Tyrifjorden. 2006 ble nedre deler av elveløpet mudret opp for å legge til rette for båttrafikk fra Tyrifjorden. 1000 m^3 ble flyttet opp på en grunne ved Slepa, og 2000 m^3 ble fjernet fra munningen og dumpet lenger ute i Tyrifjorden. Den siste massen besto hovedsakelig av sand, med lavt innhold av organisk stoff.



Figur 6. Storelva. Nøkkeldata for perioden 2001 til 2007, og for 1996. Trendlinjen antyder en reduksjon i fosforinnholdet for perioden.

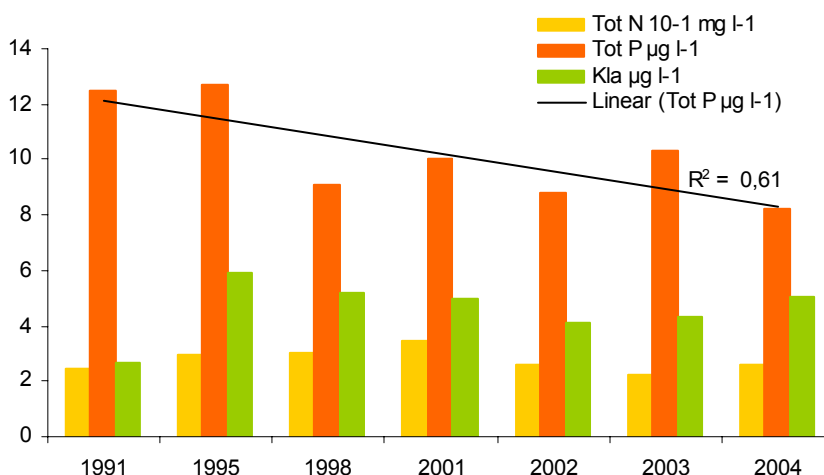
Miljøtilstanden i Storelva har vært overvåket med 4 prøver årlig tatt ved Sandsætra (siden 2001), og før det med jevne mellomrom tilbake til begynnelsen av 1980-tallet. Videre har Eurofins overvåket Storelva i 2002, 2004, 2006 og 2007, med åtte prøvetakinger tatt ved Busund bru, og disse dataene er benyttet her. **Figur 6** viser årgjennomsnitt for totalt fosfor, totalt nitrogen, organisk stoff og tarmbakterier. Trendlinjen antyder en moderat reduksjon i fosforinnholdet, og også innholdet av tarmbakterier har gått klart ned.

Vi har basert karakterisering av dagens miljøtilstand på tall fra 2007. Med hensyn på innholdet av næringssalter, var middelerdien for totalt fosfor $4,7 \mu\text{g l}^{-1}$, og det tilsvarende tallet for totalt nitrogen var $415 \mu\text{g l}^{-1}$. Fosforverdien, som utgjør en nøkkelparameter, tilsier at miljøtilstanden kan klassifiseres som ”Meget god”, men nitrogenkonsentrasjonen er så høy at den faktiske tilstanden befinner seg mellom ”Meget god” og ”God” (tilstandsklasse I til II). Innholdet av TOC ($3,75 \text{ mg l}^{-1}$) er så høyt at tilstanden for organisk stoff er ”Mindre god” (tilstandsklasse III). Innholdet av tarmbakterier – 91 pr 100 ml som gjennomsnitt – er fortsatt så høyt at tilstanden er ”Mindre god”.

Det kan dermed spores en viss bedring av miljøtilstanden i Storelva sammenlignet med 1997. Den gang var konsentrasjonen av totalt fosfor og nitrogen henholdsvis $7,9 \mu\text{g l}^{-1}$ og $410 \mu\text{g l}^{-1}$. Også innholdet av tarmbakterier er redusert i løpet av perioden, mens innholdet av organisk stoff (TOC) er uendret.

2.2.6 Steinsfjorden

Steinsfjorden er en forholdsvis grunn fjordarm av Tyrifjorden, omgitt av dyrket mark, og et større antall boliger og fritidshus. De mange ulike interessene og brukstypene av Steinsfjorden, som fiske, vanning, bading, båtferie og krepsing, gjør at vannkvaliteten har vært overvåket gjennom en årrekke, med fokus på giftproduserende alger. **Figur 7** viser et utvalg år før år 2000, samt perioden 2001 til 2004. Etter 2004 har overvåkingen vært for mangelfull til at dataene kan brukes her. Innholdet av alggift har vist en fallende konsentrasjon de siste årene (Halstvedt 2007).



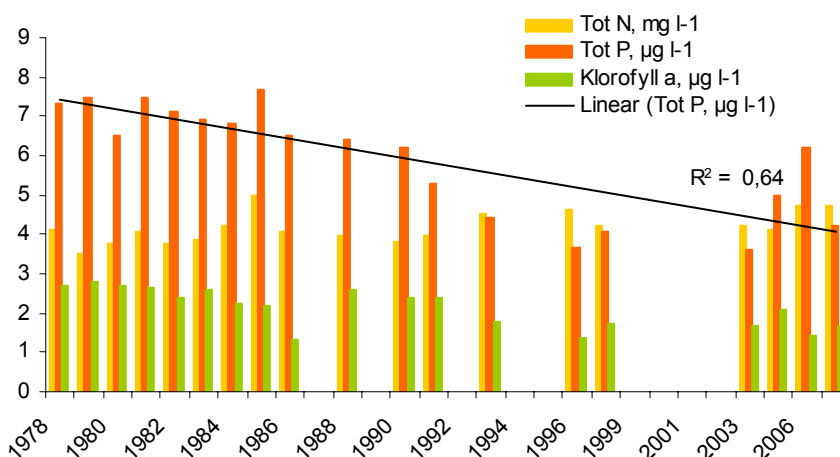
Figur 7. Steinsfjorden: Nøkkeldata for utvalgte år. Trendlinjen viser en reduksjon i innholdet av fosfor.

Trendlinjen viser en signifikant nedgang i konsentrasjon av fosfor etter år 2000. I 2004 var det i gjennomsnitt $8 \mu\text{g fosfor l}^{-1}$ i Steinsfjorden, som er den laveste årsmiddelkonsentrasjonen som er målt noensinne. Klorofyll a-konsentrasjonen viste samme år $9,6 \mu\text{g l}^{-1}$, mens nitrogeninnholdet var $387 \mu\text{g l}^{-1}$. Det finnes ikke tilgjengelige data for innhold av tarmbakterier.

På grunnlag av data fra 2004 kan vi klassifisere dagens miljøtilstand som "God" (tilstandsklasse II) mht næringsalter. Vannkvaliteten har dermed rykket opp et trinn fra forrige undersøkelse, da den ble satt til tilstandsklasse III. Man bør imidlertid være oppmerksom på at tallene som er lagt til grunn er fra 2004, og er middelverdier for 4 målinger gjennom sommersesongen. Dette gir en høy usikkerhet. De få målingene som er utført i påfølgende år antyder at vannkvaliteten senere har forverret seg. Det er for eksempel verdt å merke seg at kommunens egen miljørapport mener at vannkvaliteten i Steinsfjorden mht klorofyll a nå er "Dårlig" (Tilstandsklasse IV).

2.2.7 Tyrifjorden

Tyrifjorden er en av landets største innsjøer, og mottar vann fra nær $10\,000 \text{ km}^2$ av Sør-Norge. Det meste av dette stammer fra Storelva. Med disse dimensjonene er det klart at den økologiske tilstanden i Tyrifjorden betyr mye, både økonomisk, opplevelsesmessig og kulturhistorisk. Innsjøen har derfor vært overvåket gjennom lang tid, og i NIVAs arkiv finnes data og rapporter om Tyrifjorden helt tilbake til 1960-årene.

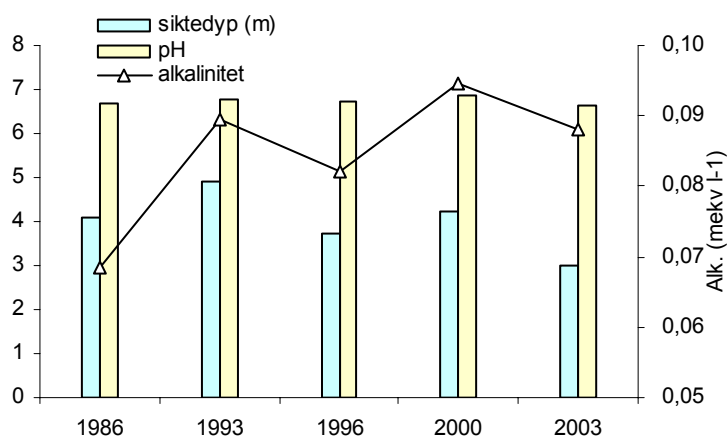


Figur 8. Tyrifjorden: Nøkkeldata for utvalgte år. Trendlinjen viser en reduksjon i innholdet av fosfor.

Etter en periode med høye innhold av næringssalter i Tyrifjorden på 1970- og 80-tallet, falt verdiene, som følge av flere tiltak i nedbørsfeltet (**Figur 8**). I tråd med dette ble også overvåkingen nedprioritert. Eurofins har imidlertid foretatt overvåking (åtte ganger årlig, på oppdrag fra Hole og Ringerike kommune) også de senere år, og disse dataene er tatt med.

I tilstandsvurderingen er data fra 2007 lagt til grunn. Ut fra dette året er vannkvaliteten i Tyrifjorden nå med hensyn på næringssalter "Meget god" (tilstandsklasse I), med 4,2 µg totalt fosfor og 1,7 µg klorofyll a l⁻¹. Nitrogen-nivået, som utgjør en støtteparameter, var imidlertid med 474 µg l⁻¹ noe forhøyet.

2.2.8 Nordmarka (Storflåtán)



Figur 9. Storflåtán i Nordmarka: Nøkkeldata for utvalgte år.

Ringerike kommune dekker også vassdrag i vestre Nordmarka, som drenerer til Sørkedalen og Lysakerelva. Enkelte av vannene, som Storflåtan og Heggelivann, er demmet opp og inngår i Oslo Vann og Avløps (OVA) system av drikkevannskilder. Demningene er av eldre dato, men gjør likevel at innsjøene i henhold til vanndirektivet klassifiseres som ”mulig risiko”.

OVA har overvåket Storflåtan siden 1985, riktignok med svært varierende prøvetakningsfrekvens. Verdiene var imidlertid så stabile gjennom perioden at overvåkingen ble avsluttet i 2003 (**Figur 9**).

I tilstandsklassifiseringen legges data fra 2000 til grunn, da dette er siste år med noe hyppigere (6-7 målinger) prøvetaking. Vi har her fokusert på andre variabler enn i de øvrige vassdragene, da dette er skogssjøer som ligger utenfor bebyggelse og slik ikke er påvirket av avrenning fra landbruk eller avløp.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor dette året var $6 \mu\text{g l}^{-1}$, mens innholdet av klorofyll a var $2,2 \mu\text{g l}^{-1}$. Siktedypet var på drøyt 4 m. Mht næringssalter var tilstanden dermed ”Meget god” til ”God” (tilstandsklasse I-II). Alkaliniteten var på $0,09 \text{ mmol l}^{-1}$, og pH holdt seg på 6,9, noe som plasserer Storflåtan på grensen mellom tilstandsklasse I og II.

2.3 Forventet naturtilstand

En vurdering av dagens vannkvalitet må basere seg på hva vi tror vannkvaliteten ville vært dersom ingen menneskelige påvirkninger hadde funnet sted. Vi forsøker derfor å rekonstruere *forventet naturtilstand*, dvs ”den miljøkvaliteten vannet ville hatt utelukkende med den belastningen eller de tilførsler som naturen selv bidrar med” (Bratli 1995). Geologi og geografisk plassering er særlig viktige faktorer som bestemmer innsjøens miljømessige egenart. Breddegrad, høyde over havet, omgivelsenes topografi osv. - bestemmer klima, sesongmessige temperatursvingninger, nedbørsmønster og -mengde. Det bestemmer dermed også nøkkelprosesser i innsjøene, slike som antall fullsirkulasjoner i året og graden av stratifisering i øvrige perioder. Berggrunn og løsmasser i nedbørsfeltet avgjør hvor mye næringsstoffer som tilføres. I lavlandet i Sør-Norge er det særlig viktig å vite om innsjøen befinner seg under den marine grensen, da de marine sedimentene fra istiden inneholder lettløslige næringsstoffer (kalsium, fosfor, kalium) og kan tilføre vassdragene mye leirpartikler ved erosjon. - Men også andre faktorer spiller inn. Innsjøbassengets form, middeldyp og graden av gjennomstrømning betyr mye. Oppholdstiden påvirker innsjøens evne til selvrensing: med økende oppholdstid øker evnen til å sedimentere ut næringssalter og miljøgifter. - Sist men ikke minst betyr også vegetasjonen i nedbørsfeltet noe for vannkvaliteten. Særlig vil områder med barskog i kombinasjon med produktive torvmyrer produsere store mengder organisk stoff (humusforbindelser). Tarmbakterier er imidlertid ikke til stede i innsjøer uten menneskelig påvirkning eller beitedyr i nedbørsfeltet.

Beregningene for forventet naturtilstand for vassdragene i Ringerike kommune i denne rapporten baserer seg i hovedsak på det som ble utført av NIVA i 1997 (Borgvang m.fl. 1997).

Ringerike kommune omfatter flere store vassdrag og vannforekomster. Flere av dem drenerer imidlertid fjellområder som for en stor del ligger utenfor kommunen. De delene av nedbørsfeltene som ligger i kommunen, befinner seg i stor grad under den marine grensen, og vil påvirkes av dette.

Tabell 2, **Tabell 3** og **Tabell 4** gir en oversikt over hvilke tilstandsklasser vi kan forvente å finne i de viktigste vannforekomstene innen kommunen, med hensyn til de tre faktorene næringssalter, organisk stoff og partikler.

Tabell 2. Forventet naturtilstand mht næringsalter for de viktigste vannforekomstene innenfor Ringerike kommune.

Vannforekomster:	Tilstandsklasser				
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Øvre Begna – Sperillen					
Sogna					
Nedre Begna					
Randselva					
Storelva					
Steinsfjorden					
Tyrifjorden					
Nordmarka (Storflåtan)					

Det er særlig innholdet av fosfor som er viktig for å kunne anslå naturlig påvirkning av næringsalter. Grenseverdien for klasse I, "Meget god", er satt til 7 µg fosfor l⁻¹ som midlet konsentrasjon. Vi mener at samtlige vassdrag i kommunen ville hatt et lavere fosforinnhold enn 7 µg ved fravær av menneskelig påvirkning. Øvre Begna og Sperillen, som drenerer høyfjellsområder, ville trolig hatt et spesielt lavt fosforinnhold, anslagsvis 3-4 µg l⁻¹. Sogna og Steinsfjorden, på den annen side, med deler av nedslagsfeltene i marin leire, ville trolig ligget nær grenseverdien, grunnet utvasking av fosforrike leirpartikler. Nedre del av Sogna ville trolig ligget på grensen mellom tilstandsklasse I og II, fordi den flyter gjennom leirrike ravinefelt.

Tabell 3. Forventet naturtilstand mht organisk stoff for de viktigste vannforekomstene innenfor Ringerike kommune.

Vannforekomster:	Tilstandsklasser				
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Øvre Begna – Sperillen					
Sogna					
Nedre Begna					
Randselva					
Storelva					
Steinsfjorden					
Tyrifjorden					
Nordmarka					

BOKS I. Organisk stoff.

Hva er "organisk stoff"?

Innholdet av organiske stoff, særlig karbonforbindelser, kan måles på flere ulike måter. Man kan måle hvor raskt bakterier forbruker vannets oksygen til organisk nedbrytning (BOF, Biologisk OksygenForbruk), eller man kan måle innholdet av organisk karbon (TOC, Totalt Organisk Karbon), eller man kan måle vannets farge (definert ved et tallsystem).

Det finnes i prinsippet tre ulike hovedkilder til organisk stoff i vann. Vassdrag som fører gjennom myrlendt landskap og barskog vil få en gulbrun farge av humus. Dette er organiske stoffer som altså stammer fra vegetasjonen. De er tungt nedbrytbare for bakterier og holder seg derfor lenge i vannet. Humuspåvirkningen er spesielt stor i vann og vassdrag som drener myrlendt mark. Den naturlige tilførselen av humus til vassdragene varierer med nedbørsforholdene. Store nedbørsmengder gir økt avrenning av humusstoffer. - I tillegg til det organiske materiale som stammer fra naturen selv, kan utslipp fra menneskelig aktivitet (kloakk, husdyrgjødsel, industriell aktivitet) tilføre vassdragene organisk stoff. En tredje kilde til organisk stoff i vassdrag kommer fra algevekst og annen planteproduksjon i selve vassdraget. Denne produksjonen vil som kjent kunne øke betraktelig om innholdet av plantenæringsstoffer (fosfor og nitrogen) øker. Organisk stoff i vannet kan slik også være en indirekte effekt av forurensning med plantenæringsstoffer.

Humusinnholdet i vassdragene på Ringerike skyldes dels naturlige kilder og dels menneskelig påvirkning.

De fleste vassdragene i Ringerike kommune vil ha TOC-verdier $<2,5 \text{ mg l}^{-1}$, og fargetall $<15 \text{ mg Pt l}^{-1}$. Sogna og Storflåtan, som begge ligger i områder med en forholdsvis høy produksjon av råhumus og torv (gjennom barskog og torvmyrer), vil begge ha forhøyet innhold av TOC, og forhøyet fargetall. For sistnevnte, som er upåvirket mht organisk stoff, kan vi bruke overvåkingsdataene som mål for naturtilstanden. Storflåtan har et høyt innhold av TOC ($5,5 \text{ mg l}^{-1}$), og av den grunn også et høyt fargetall (25 mg Pt l^{-1}). Vannkvaliteten for denne innsjøen er derfor mht organisk stoff satt til III ("Mindre god"), på tross av fraværet av menneskelig påvirkning. (Som forklart i BOKS I, dekker betegnelsen "Organisk stoff" forskjellige karbonforbindelser av ulik opprinnelse. De organiske stoffene som plasserer Storflåtan i tilstandsklasse III er naturlige, tungt nedbrytbare humusforbindelser. Disse fører ikke til noen nevneverdig økt bakteriell aktivitet i vannet, med tilhørende høyt oksygenforbruk, slik lett nedbrytbare organiske stoffer fra industri og avløp gjør. De kan imidlertid sette smak og farge, og svekker dermed til en viss grad likevel vannets bruksmuligheter).

Partikkelinnhold som skyldes naturlig eller menneskeskapt erosjon i nedbørsfeltet og i elveløpet vil være beskjedent for de fleste vannforekomstene i Ringerike, dvs. $<0,5 \text{ FTU}$ i turbiditet og $<1,5 \text{ mg l}^{-1}$ suspendert stoff (**Tabell 4**). For nedre del av Sogna, derimot, som drenerer gjennom leirrike ravinefelt, vil det være en viss naturlig partikkelpåvirkning, men neppe større enn en midlere turbiditet på 1 FTU i turbiditet, eller $3 \text{ mg suspendert stoff l}^{-1}$. Resultatene viser at gjennomsnittsverdiene for Sogna tilsvarer klasse II ("God"), selv om det tidvis kan forekomme høyere verdier i forbindelse med flomsituasjoner.

Tabell 4. Forventet naturtilstand mht partikler for de viktigste vannforekomstene innenfor Ringerike kommune.

Vannforekomster:	Tilstandsklasser				
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Øvre Begna – Sperillen					
Sogna					
Nedre Begna					
Randselva					
Storelva					
Steinsfjorden					
Tyrifjorden					
Nordmarka					

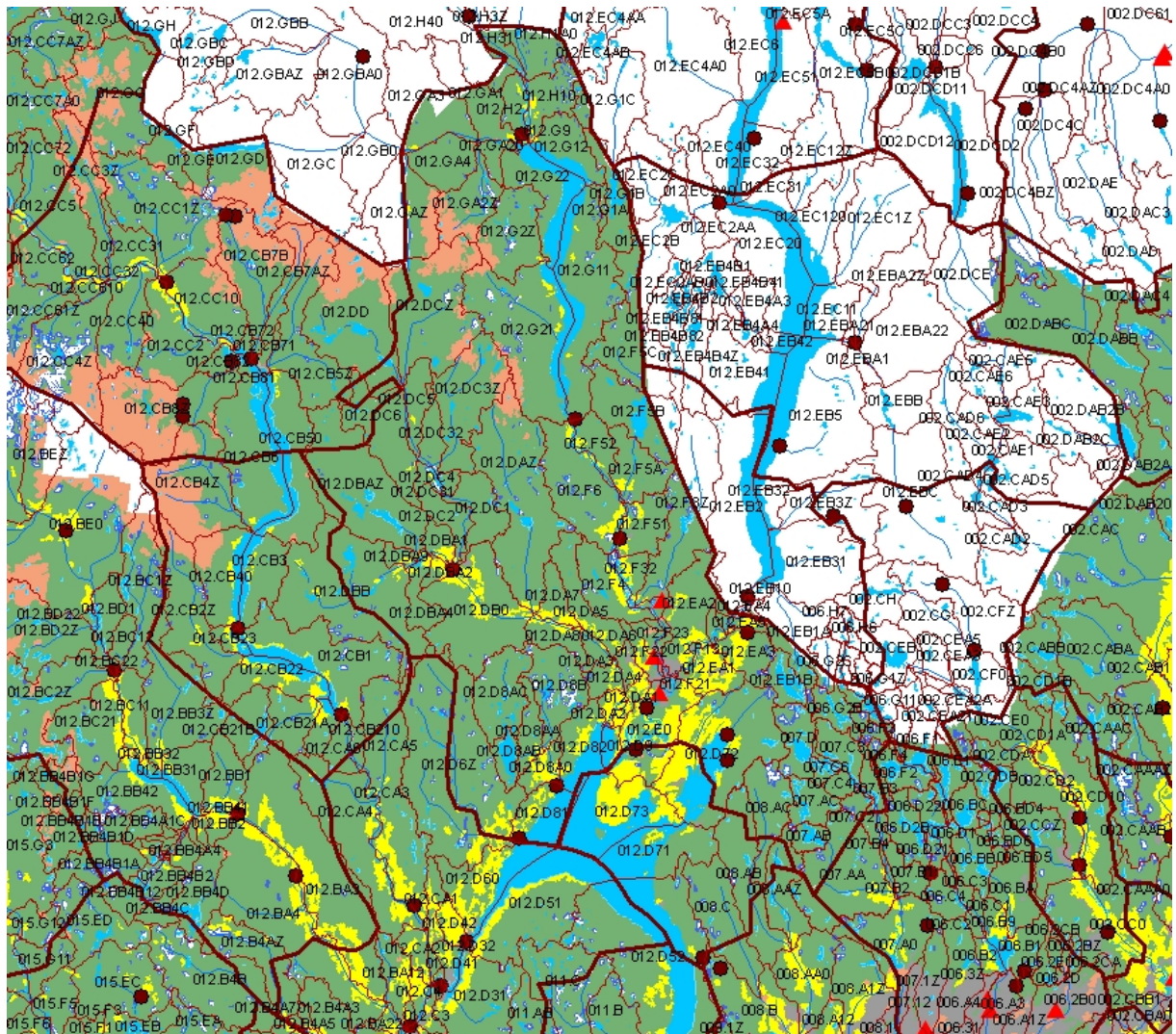
3. Tilførselsberegninger

3.1 Beregninger med modellen TEOTIL

TEOTIL er et dataverktøy som er spesiallaget for å beregne tilførsler fra punktkilder og ulike arealtyper for nedbørfelt med kjent innbyrdes drenering. Modellen er egnet til å gi en første oversikt over de ulike kildene til næringssalter som tilflyter vassdragene i kommunen. De data og metoder som er brukt i denne rapporten er de samme som dem vi benytter for å beregne tilførsler til norskekysten i internasjonal sammenheng.

Til grunn for modellen ligger NVEs hydrografiske inndeling av landet i om lag 20 000 små nedbørfelt, såkalte REGINE-felt (Regine = REGister over NEdbørsfelt). Reginefeltene følger grensene for landets små nedbørfelt, og ender i en spiss, som også er dette feltets laveste punkt, dvs det punktet der vanligvis en bekk forlater feltet. De åtte vssdragsområdene som Ringerike kommune er delt inn i inkluderer alle flere Reginefelt, men grensene mellom de ulike områdene går langs grensene for Reginefelt, da begge inndelingene er basert på nedbørsfelt, bare av ulik størrelse.

Kildene til næringssalter er i modellen definert som a) lokale kilder innen kommunen og b) transporterte mengder fra kilder oppstrøms. Det er tatt hensyn til retensjon (effekten av naturlig selvrensing) i innsjøer. Følgende tilførselskilder er definert: Befolkning (renseanlegg og spredt bosetning), industri, jordbruksarealer og naturarealer (skog, utmark og innsjøer; se for øvrig **Figur 10**). Årlige tilførsler fra industri og befolkning er hentet fra SFTs databaser. Opplysninger om tilførsler fra spredt bosetning foreligger kun for Ringerike kommune under ett. Disse tilførslene har vi derfor i modellen fordelt på Reginefeltene innen kommunen, i forhold til areal dyrket mark (ut fra antagelsen at spredt bosetning følger landbrukets utbredelse). Utslipp fra renseanlegg (tett bosetning) er punktutslipp med kjente koordinater. Det samme gjelder for utslipp fra industri. Avrenning fra ulike arealtyper ble basert på avrenningskoeffisienter for den respektive arealtypen.

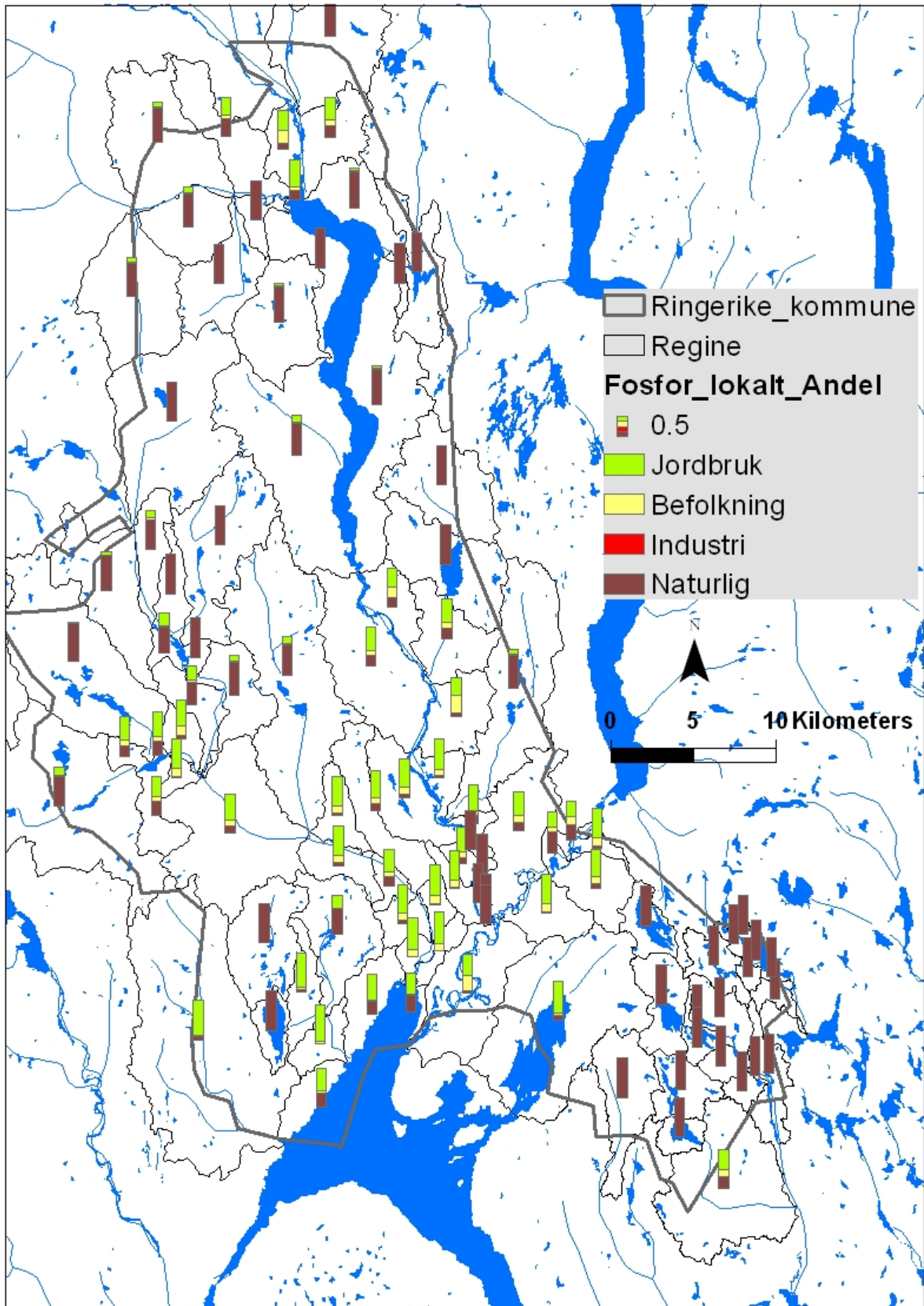


Figur 10. Oversiktskart over Regine nedbørfelter med tilhørende kode for Ringerike kommune og tilhørende region. Inndelingen i ulike Reginefelt danner grunnlaget som gjør det mulig å beregne tilførslene av næringsalter fra ulike deler av kommunen. Tilførslene er fordelt på renseanlegg (punkter), industri (trekanter), jordbruk (gult), skog (grønt), utmark (brunt) og innsjøer (blått).

Vi benytter GIS (Arcview) for å bestemme beliggenhet av ulike punktkilder og arealet av ulike markslag innen hvert felt. For å bestemme markslag er kart fra NIJOS i målestokk 1:250 000 lagt til grunn. Tilførsler fra luft til innsjø ble fordelt etter vannoverflate innen Reginefeltet.

Vannføringsberegningene tok utgangspunkt i normalvannføringen 1960-1990, dvs. NVEs opplysninger om spesifikk avrenning for hvert Reginefelt, og korrigert ut fra observasjoner i beregningsåret. For en nærmere beskrivelse av datagrunnlaget og metode viser vi til Selvik m.fl. (2007).

Ser man så på hvert Reginefelt, kan man med TEOTIL beregne den prosentvise fordelingen av fosforkilder fra de ulike feltene til vassdragene nedenfor (**Figur 11**). Mens høyereliggende felt får sitt fosfor fra berggrunn og løsmasser, øker den menneskelige andelen når man nærmer seg lavere, bebodde strøk. I Ringerike kommune er jordbruk den klart viktigste kilden til fosfor fra menneskelig påvirkning.

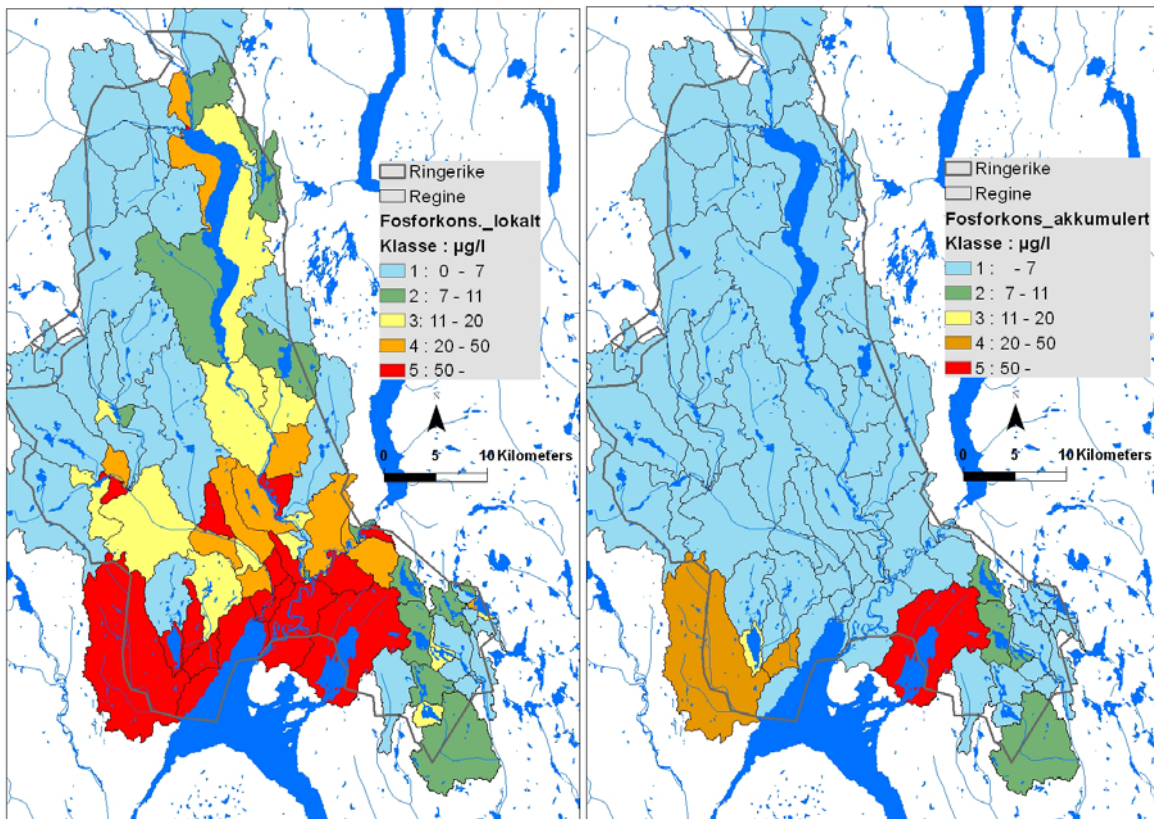


Figur 11. Fosforkildene i hvert Reginefelt, prosentvis fordelt på jordbruk, befolkning, industri og naturlige kilder. Som man ser er det to hovedkilder til fosfor i kommunens vassdrag – naturlige kilder og jordbruk.

3.1.1 Resultater og dagens situasjon

Figur 12 (venstre) viser konsentrasjonen av fosfor i vann som slippes ut fra hvert enkelt Reginefelt. Man ser at kvaliteten på vann som forlater Reginefelt i høyereliggende strøk er meget god, med fosforkonsentrasjoner $< 7 \mu\text{g l}^{-1}$. Tilførsler fra Reginefelt langs Sperillen har noe høyere fosforkonsentrasjon, men effekten av dette forsvinner grunnet Sperillens evne til selvrensing.

Reginefelt nærmere Tyrifjorden og langs hovedvassdragene er tettere bebyggd og med intensivt landbruk, og fra slike felt er også fosforbidragene større. Økningen må imidlertid også sees på bakgrunn av at mange av disse feltene ligger under marin grense. Også dette gir vann fra slike felt høyere fosforkonsentrasjon.



Figur 12. Til venstre: SFTs klassifisering av miljøkvalitet. Grenseverdier for totalt fosfor er markert med farge, og viser hvilken tilstandsklasse avrenningen fra de ulike Reginefeltene har. Til høyre: Effekten av fosfortilførsler fra hvert felt i forhold til hovedvassdragene (se for øvrig tekst).

Figur 12 (til høyre) viser i hvilken utstrekning fosforbidraget fra det enkelte Reginefelt er i stand til å påvirke vannkvaliteten nedenfor, og reflekterer slik effekten på resipientkapasiteten. På grunn av Ringerikes geografiske plassering, nedenfor store nedbørsfelt som drenerer betydelige arealer fra høyereliggende skog og fjell, er faktisk effekten av fosfortilførsler fra Ringerike kommune på hovedvassdragene så liten at vannkvaliteten ut av kommunen fortsatt er meget god – med henblikk på næringssalter. Kun ett område skiller seg tydelig ut, som følge av stor avrenning av fosfor i kombinasjon med små totale nedbørsfelt: Området rundt Steinsfjorden. Her gjør det betydelige fosforbidraget fra bosetting og landbruk i kombinasjon med et beskjedent nedbørsfelt sitt til at effekten av tilførselene på vassdraget, dvs Steinsfjorden, får stor betydning. Dette bidrar også til at dette

vassdragsområdet har redusert resipientkapasitet og derved er spesielt sensitivt for menneskelig påvirkning.

De to kartene antyder at Ringerike kommune lokalt har et forurensningsproblem med hensyn til næringssalter. Dette kan føre til miljømessige forstyrrelser i sidevassdrag og mindre innsjøer, men at fortynningen likevel er så stor når vannet fra hvert Reginefelt flyter ut i de store elvene, at effekten av forhøyet konsentrasjon av næringssalter forsvinner.

Ifølge TEOTIL-modellen transporteres årlig 4542 kg fosfor inn i kommunen via Randselva. Av dette stammer 2549 kg fra menneskelig aktivitet, mens resten kommer fra naturlige kilder oppstrøms i nedbørsfeltet. Tallet er stort, men på bakgrunn av elvas betydelige vannvolum er den faktiske konsentrasjonen (fosfor pr liter vann) lav. Det lave fosforinnholdet er primært forårsaket av den lange retensjonstiden i Randsfjorden, som fjerner mye av de næringsstoffene som bassenget tilføres.

Beregninger slik vi her har gjort det ved bruk av modellen TEOTIL, gir en første oversikt over vannkvalitet og hvilke kilder som dominerer. Det må imidlertid presiseres at datagrunnlaget er hentet fra generelle kart og databaser og følgelig er beheftet med usikkerhet og mulige feil. Resultatene bør følgelig brukes med kritisk sans og som et supplement til reelle data fra undersøkelser i felt. Slike mer detaljerte data og fakta ligger til grunn for de følgende hovedkapitlene.

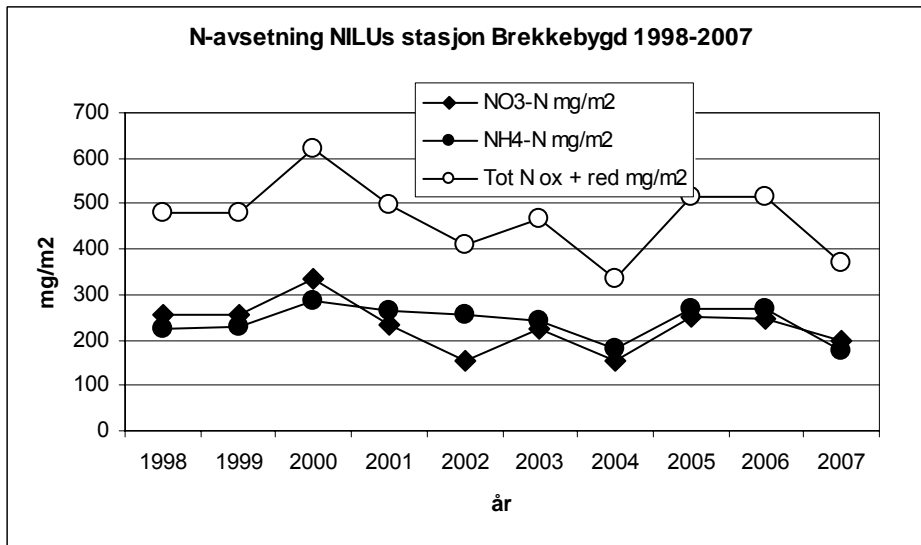
3.2 Bakgrunnstilførsler

Vann og vassdrag mottar betydelige mengder næringssalter og organisk stoff fra naturlige kilder, som fra atmosfære, vegetasjon og fra berggrunn. Slike kalles bakgrunnstilførsler. Ved beregning av disse tilførselene skiller det mellom atmosfærisk deponisjon (tilførsler via nedbør og tørravsetninger direkte til vannoverflatene), og tilførsler fra fjell og skog i nedbørsfeltet. I **Tabell 5** har Landbrukskontoret i Ringerike kommune oppgitt tall for ulike arealtyper i kommunen.

3.2.1 Atmosfærisk deponisjon

Flere undersøkelser gir beregningstall for deponisjon av fosfor fra luft (Skiple & Lükewille, 1999). En undersøkelse fra Tyrifjord-området på slutten av 1970-tallet viste at fosforbidraget fra atmosfæren varierte fra 13 til 30 kg totalt fosfor pr km² og år (Berge 1983). En lignende undersøkelse estimerte fosfordeponisjonen til 20-30 kg pr km² og år for Sørlandet og det sørlige Østlandet (Holtan og Åstebøl 1991). I denne rapporten er det benyttet en fosfordeponisjon på innsjøareal tilsvarende 30 kg tot P km² år⁻¹. For hele kommunen er det samlede fosforbidraget fra atmosfæren til innsjøarealer estimert til 3450 kg år⁻¹ (**Tabell 6**).

Med hensyn til nitrogen, har SFT og NILU kart med oversikter over innholdet av nitrogen i nedbøren (våtavsetning), og for Ringerike er den midlere årsverdien for tot N angitt til 0,8 mg l⁻¹. NILUs målinger i Hallingdal for perioden 1998 til 2007 ga en årlig middelvei på 470 mg nitrogen pr m² (Aas et.al. 2007; **Figur 13**). Med en normalnedbør på om lag 600 mm gir dette et årlig nedfall på om lag 480 kg tot N km² år⁻¹. For hele Ringerike kommune kan det samlede N-bidraget fra atmosfæren til innsjøarealer dermed beregnes til 55.200 kg N i året (**Tabell 7**).



Figur 13. Nitrogenavsetning fra luft over Hallingdal for perioden 1998 til 2007. Midlere årlig total nitrogenavsetning ble beregnet til 480 mg m² (Aas et.al 2007).

3.2.2 Avrenning fra skog og fjell

Holtan og Åstebøl (1991) har foreslått avrenningskoeffisienter for total fosfor for ulike naturområder. For avrenning fra skog og myr er det for Ringerike kommune benyttet 7,5 kg P km² år⁻¹, og for impediment 4 kg P km² år⁻¹.

På bakgrunn av undersøkelser i en rekke vassdrag i slutten av 80-årene er man også kommet frem til en sammenheng mellom bakgrunnsavrenning av nitrogen pr km² og spesifikk avrenning for de ulike landsdelene. Den normale spesifikke avrenningen i Ringerike kommune varierer mellom 9 og 16 ltr pr km² og år (NVE 1987).

På bakgrunn av arealfordelingen for de ulike vassdragsområdene (**Tabell 5**) har vi så beregnet avrenningen av fosfor og nitrogen fra skog og fjell for de ulike vassdragsområdene (**Tabell 6** og **Tabell 7**).

Tabell 5. Arealer av skog, myr, impediment og innsjø i de ulike vassdragsområdene (km². Kilde: Landbrukskontoret, Ringerike kommune).

	Øvre Begna	Sogna	nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyri-fjorden	Nordmarka
Skog	3300	430	160	40	8	38	150	100
Myr	20	20	10	1	0	1	7	10
Impedimenter	40	25	5	2	0	2	3	16
Innsjø	38	15	10	0	0	7	31	14

Tabell 6. Fosforavrenning fra skog, myr, impediment samt atmosfærisk deponisjon på innsjøoverflatene (kg P år⁻¹) fra de ulike vassdragsområdene.

	Øvre Begna	Sogna	nedre Begna	Randselva	Stor-elva	Steinsfjorden	Tyri-fjorden	Nordmarka
Arealavrenning fra skog	2250	3225	1200	300	60	285	788	750
Arealavrenning fra myr	150	150	75	8	0	8	53	75
Arealavrenning fra imp.	160	100	20	8	0	8	12	64
Atmosfærisk til innsjøer	1140	450	300	0	0	210	930	420
Sum naturlig avrenning av fosfor	3700	3925	1595	316	60	511	1783	1309

Tabell 7. Nitrogenavrenning fra skog, myr, impediment samt atmosfærisk deponisjon på innsjøoverflatene (kg N år⁻¹) fra de ulike vassdragsområdene.

	Øvre Begna	Sogna	nedre Begna	Randselva	Stor-elva	Steinsfjorden	Tyri-fjorden	Nordmarka
Arealavrenning fra skog	19316	24196	9076	1876	404	1636	5576	5100
Arealavrenning fra myr	1396	1236	676	160	116	156	480	640
Arealavrenning fra imp.	2676	1516	396	204	116	196	272	1408
Atmosfærisk til innsjøer	18240	7200	4800	0	0	3360	14880	6720
Sum naturlig avrenning av nitrogen	41628	34148	14948	2240	636	5348	21208	13868

En summering av tilførslene av fosfor og nitrogen til Ringerikes vassdrag viser at det naturlige fosforbidraget utgjør i overkant av 13 tonn årlig, mens den tilsvarende mengden for nitrogen er 134 tonn.

3.3 Kommunale avløp og rensesystemer

3.3.1 Innledning

Ringerike kommune har vært delt inn i ni rensdistrikt. Men Snadden og Ask er nå slått sammen med andre, så per i dag er det i realiteten syv rensdistrikt. Åsa anses som eget rensdistrikt, med naturbaserte anlegg (KUR). Kommunen har i dag 44 pumpestasjoner for avløp, og 68 km med spillvannsledninger. Det meste av ledningsnett holder en akseptabel standard, med 39 år som gjennomsnittsalder. Enkelte felleskummer for vann og avløp finnes fortsatt, men det meste behandles i skilte systemer (informasjon fra "Hovedplan Avløp" Evaluering 2001-2006).

Fra 2007 er Ringerike kommune forurensningsmyndighet for mindre rensanlegg, dvs anlegg mindre enn 2000 pe (personenheter). Dette betyr at alle kommunens anlegg med unntak av Monserud kommer inn under denne bestemmelsen. Det er imidlertid ikke utarbeidet nye utslippstillatelser for disse anleggene, og Fylkesmannens opprinnelige tillatelse fra 1992 gjelder derfor fortsatt.

Vi skal i det følgende ta for oss tre potensielle forurensningskilder knyttet til kommunale avløpsnett: Direkte utslipp fra rensanlegg, forurensning knyttet til overvann på tette flater (byområder), og lekkasjer fra avløpsnett, knyttet til utette rør og overløp fra lokale pumpestasjoner.

3.3.2 Status og utslipp fra de ulike rensanleggene

Utslipp fra rensanlegg kommer fra følgende anlegg: Monserud, Tyristrand, Nakkerud, Hallingby og Sokna. I tillegg kommer jordinfiltrasjonsanleggene i Nes i Ådal og Ringmoen. **Tabell 8** gir en oversikt over rensedistriktene.

Monserud RA er det klart største anlegget, med kapasitet på 24 000 pe, og med Storelva som resipient. Ask rensedistrikt ble overført til Monserud i 2002. Overvåkingen av utslipp fra Monserud (Karlsen og Holte 2007) bekrefter at anlegget har hatt gode rensresultater og høy driftsstabilitet både i 2006 og 2007. Midlere restkonsentrasjon av fosfor når vannet forlater rensanlegget har begge disse årene holdt seg på $6 \mu\text{g l}^{-1}$. Dette gir en renseseffekt for fosfor på 98 %, og et totalt årlig utslipp av fosfor på bare 160 kg. Årlig utslipp av totalt nitrogen beløp seg disse to årene til om lag 80 tonn, som også er innenfor renskravene. Resultatene for organisk stoff er imidlertid betydelig svakere. Faktisk økte utslippene fra 181 til 249 tonn (KOF) i 2007, og anlegget overholdt ikke kravet til organisk stoff etter de grenseverdiene som er satt av forurensningsforskriften.

De øvrige rensanleggene betjener et atskillig lavere volum, men har likevel i all hovedsak en god renseseffekt, og utslippene av fosfor holder seg innenfor renskravene. **Tyristrand RA** ble rehabilitert i 2002-2004, og har etter dette overholdt utslippskravet for fosfor. Tidligere var det periodevis problemer med akkumulering av slam i anlegget, men også dette er bedret etter at anlegget ble opprustet. Resipient er Tyrifjorden, og beregnet årlig utslipp for 2007 var om lag 10 kg fosfor. Rensanlegget på **Nakkerud** har fortsatt problemer med slam, tross en lignende rehabilitering som i Tyristrand RA. Drøye 5 kg fosfor ble sluppet ut til resipient, som er Tyrifjorden. **Sokna RA** betjener nær 700 pe, og nytter Sogna som resipient. Anlegget ble bygget om i 2002, og har etter det fungert stort sett tilfredsstillende. De to siste år (2006 og 2007) ble renskravet for fosfor (90 % renseseffekt) overholdt med god margin, og 99 % av fosforinnholdet var fjernet da vannet forlot anlegget. **Hallingby RA** bruker nedre Begna (Ådalselva) som resipient. Også dette anlegget ble bygget om i 2002. I årene etter har det vært enkelte problemer knyttet til driften, men i 2007 ble utslippstillatelsen overholdt. Beregnet årlig utslipp dette året var i henhold til overvåkingsresultatene ca 23 kg fosfor, og 1,5 tonn organisk stoff (LOC).

Tabell 8. Rensedistriktene i Ringerike kommune.

Rensedistrikt	Kapasitet pe	Totalt ant. Pe i rensedistrikt	Pe tilknyttet kommunalt nett	Pe tilknyttet rensanlegget	Pe uten tilknytning til RA
Monserud	24000	19450	19304	19474	100
Tyristrand	2000	920	752	752	0
Nakkerud	600	321	321	321	0
Sokna	1500	710	699	689	10
Hallingby	800	616	616	616	
Nes i Ådal				Ca 130	
Ringmoen	80			Ca 60	

3.3.3 Overvann fra tette flater

Overvann er betegnelsen for den delen av nedbøren som renner av på tette flater, som veier og asfalterte arealer i byer og tettsteder. Dette overvannet vasker med seg avsatte forurensninger fra eksos, atmosfærisk nedfall, partikler fra fyring og forbrenning etc., og ledes enten sammen med øvrig avløp til rensanlegg, eller kanaliseres til vassdragene via eget *overvannsledningsnett*. I denne rapporten har vi beregnet overvannmengden for Hønefoss by, og for andre tettsteder i kommunen, basert på arealtall fra kommunen. Ifølge informasjon fra kommunens tekniske tjeneste, tilflyter om lag

80 % av alt overvann i Hønefoss Monserud RA, og renses der sammen med øvrig avløpsvann. 20 % av overvannet (eller mindre) renner ut i grunnen eller til nærmeste vassdrag, i dette tilfelle Storelva. Overvann fra øvrige tettsteder i kommunen er i denne rapporten beregnet som urensset direkte til vassdragene.

Graden av forurensning i overvann viser erfaringsmessig store variasjoner. Det skyldes blant annet at tidspunktet for målingene, målemetodikk og lokale forhold gjør at resultatene vanskelig kan sammenlignes. Det er imidlertid gjort mange målinger i Sverige, i stort omfang og over lang tid. Basert på data fra nasjonale og internasjonale prosjekter har vi slik utviklet koeffisienter for å beregne konsentrasjoner av ulike stoffer (fosfor, nitrogen, organisk stoff, olje) i overvann, i henhold til ulike former for gjenbygging og typene av tette flater: sentrumsområder, blokkområder, rekkehusområder, villaområder, næringsområder, veier med mye trafikk og veier med lite trafikk. **Tabell 9** gir erfaringsbaserte tall for innholdet av ulike stoffer i overvann fra tette flater. Utregningsgrunnlaget er gitt i vedlegg 4.

Tabell 9. Forurensningskonsentrasjoner i overvann fra tette flater (mg l⁻¹).

Utslippskilde	Tot. P mg P/l	Tot. N mg N/l	BOD ₅ mg O/l	COD mg O/l	SS mg/l	Olje mg/l
Sentrumsområder	0,35	2,1	40	120	200	0,8
Bolig-villaområder	0,2	1,5	10	60	45	0,2
Bolig-rekkehusområder	0,25	1,5	12	70	50	0,25
Bolig-blokkbebyggelse	0,3	1,7	30	90	100	0,3
Næringsområder	0,4	2,0	35	120	200	1,5
Veier 5000 kjøretøy/døgn	0,15	1,6	10	40	80	0,2
Veier 30 000 kjøretøy/døgn	0,24	2,4	18	160	115	1,0
Overløp i fellesavløpssystemer	1,0					-

Våre beregninger for Hønefoss by viste at avrenningen fra tette flater i byen trolig utgjør en potensiell fosforkilde. I et år med normal nedbør vil anslagsvis 1013 kg fosfor vaskes vekk fra byarealene. Av dette ledes altså om lag 80 % til Monserud Ra og fullrenses, men resten går ut i vassdrag eller ut i grunnen. Denne andelen er anslått til 203 kg fosfor (**Tabell 10**). Vi har ikke informasjon om hvor dette ender i det foreliggende tilfellet, men topografiske forhold tilsier at en større andel tilføres Storelva. Hva gjelder overvann fra andre tette flater i kommunen vet vi ikke i hvilken grad dette tilføres lokale rensesanlegg. I våre beregninger har vi gått ut fra at dette vannet ikke renses, men tilføres vassdragene direkte (**Tabell 10**).

3.3.4 Lekkasjer fra avløpsnett

Lekkasjer fra det kommunale rørledningsnett er en siste kilde til forurensning fra avløp og kommunalteknikk. Slike lekkasjer kan skyldes både skader på spillvannsledninger og på fellesavløpsledningene. For separate spillvannsledninger kan det også bli lekkasjer inn i på overvannsnett, men i tabellene regnes dette under posten lekkasjer fra ledningsnett. I beregningene av lekkasjer i denne rapporten har vi benyttet NIVAs erfaringstall fra tilsvarende undersøkelser. For fellesavløpssystemer (rør som leder både avløpsvann og overvann) er en lekkasje på 1 % lagt til grunn, mens for separate ledningsnett som er yngre/eldre enn 1979 er henholdsvis 3 og 6 % benyttet. Beregningene tar utgangspunkt i rørlengder, alder og antall personekvivalenter knyttet til de ulike rensedistriktene og -anleggene. Enkeltheter om beregningene finnes i vedlegg 4. Dersom man har andre erfaringstall mht lekkasjen i % i Ringerike kommune er det forholdsvis enkelt å korrigere beregningen.

På grunnlag av dette har vi estimert den samlede årlige lekkasjen av fosfor fra kommunens ledningsnett til 345 kg. Den største andelen av lekkasjer er knyttet til Hønefoss og Monserud renseanlegg.

Tabell 10. Utslipp av fosfor (tot P, kg år⁻¹) fra kommunaltekniske kilder i 2007.

Rensedistrikt	Over- vann	Lekkasjer		Sum
		fra lednings- nett	Utslipp fra rense- anlegg	
Monserud		159	48	207
Nakkerud	1,4	3,3	1,5	6,2
Tyristrand	8,7	11,5	3,2	23,4
Sokna	24,1	15,1	1,4	40,6
Hallingby	5	11,3	6,9	23,2
Nes i Ådal	5,4	2,3		7,7
Ringmoen		2,3		2,3
Hønefoss by	60,9			60,9
Sum	105,5	204,8	61	371,3

3.3.5 Samlet utslipp fra kommunaltekniske anlegg og tette flater

Utslippene av fosfor fra overvann, lekkasjer fra ledningsnettet og fra selve renseanleggene er vist i **Tabell 10**. Tallene er beregnet for 2007. I sum tilføres snaut 900 kg fosfor årlig fra kommunaltekniske anlegg til vassdragene på Ringerike. Og man ser at alle kommunens renseanlegg med 204 kg fosfor ikke representerer hovedkilden til fosfor-forurensning. Tallet indikerer også at driften av kommunens anlegg mht fosfor skjer på en forskriftsmessig måte, og at renseeffekten er god. Ifølge våre beregninger stammer faktisk en større andel av forurensningen fra lekkasjer på ledningsnettet og fra overvann enn fra direkte utslipp (summen av de to kildene utgjør 693 kg fosfor).

Ikke alt fosfor er tilgjengelig for biologisk produksjon. Andelen biotilgjengelig fosfor vil variere med kilden. Vi har på grunnlag av kjente omregningsfaktorer beregnet den andelen fosfor som er biotilgjengelig (**Tabell 11**). Tallene er basert på Tabell 10, og det er antatt at utslipp fra overløp og lekkasjer har 60 % biotilgjengelig fosfor, at utslippene fra renseanleggene har 30 %. Overvann fra tette flater antas å ha 30 % biotilgjengelig fosfor.

Tabell 11. Utslipp av biotilgjengelig fosfor (kg år⁻¹) fra kommunaltekniske anlegg i 2007.

Rensedistrikt	Overvann		Utslipp fra rense- anlegg	Sum
	fra tette flater	Lekkasjer fra lednings- nett		
Monserud		265	160	425
Nakkerud	4,5	5,5	5,1	15,1
Tyristrand	28,9	19,2	10,8	58,9
Sokna	80,3	25,2	4,8	110,3
Hallingby	17	18,8	23,1	58,9
Nes i Ådal	18	3,8		21,8
Ringmoen		3,8		3,8
Hønefoss by	203			203
Sum	351,7	341,3	203,8	896,8

Tabellen viser at lekkasjer fra ledningsnettene er en vesentlig større kilde til biotilgjengelig fosfor enn det som kommer med rensede avløpsvann. De totale utslippene av fosfor knyttet til kommunalteknikk må karakteriseres som små.

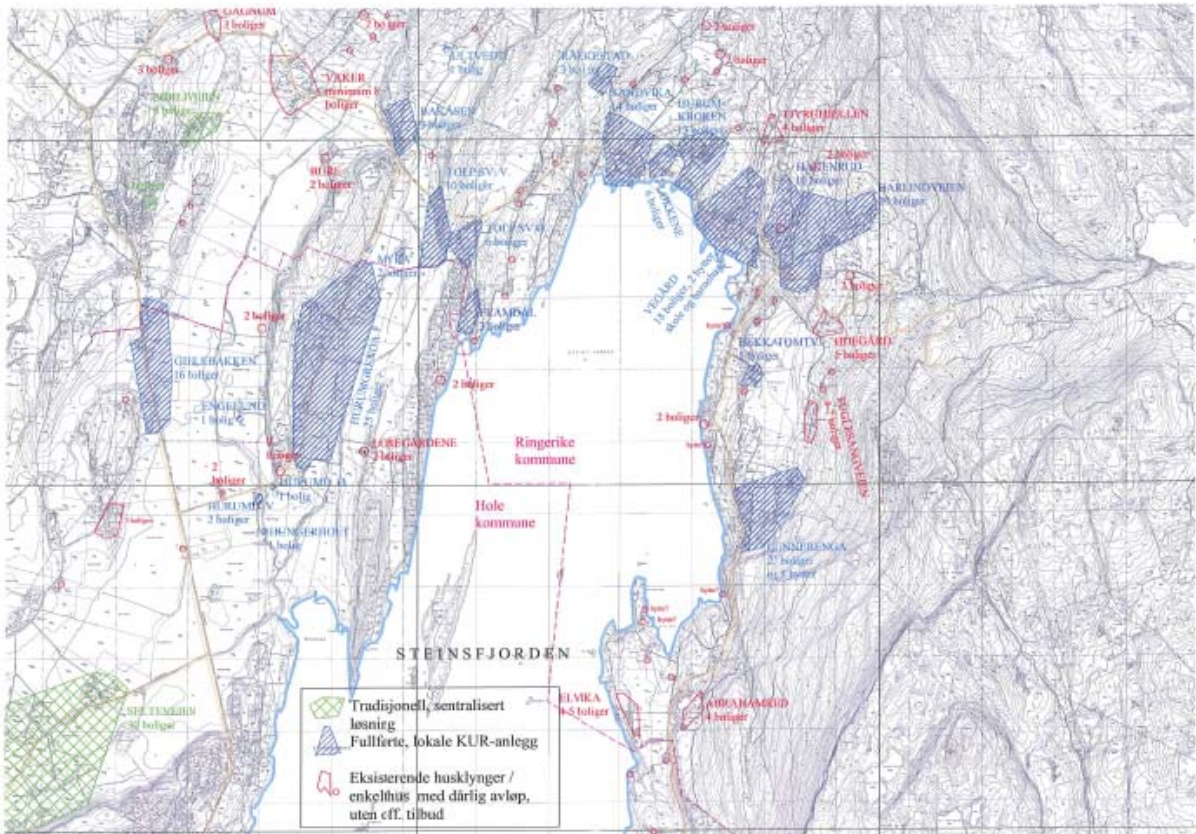
3.3.6 Kloakk uten rør (KUR)

Topografien og den spredte bosetningen i den østlige delen av Ringerike kommune har gjort området lite egnet for ordinær regulering. Resultatet har vært at relativt store mengder kloakk og avløpsvann ikke har vært behandlet på en tilfredsstillende måte. Jordforsk kartla alle separate utslipp i området rundt Steinsfjorden for ti år siden, og identifiserte 310 utslipp som ble vurdert som særlig utilfredsstillende. Av disse lå 210 i Ringerike kommune, og 100 i Hole. Man beregnet de samlede fosforutslippene fra disse husstandene til 550 kg årlig.

I tråd med Jordforsk anbefalinger ble det besluttet å sanere disse utslippspunktene, hovedsakelig ved å tilby kommunale fellesanlegg for klynger av hus. De kommunale anleggene skulle være våtmarksfiltre med kalkholdig filtermateriale, som fjerner 95 % av fosforet eller mer. Disse fellesanleggene er utformet som kunstige våtmarksfiltre, der skjellsand eller leca utgjør rensemassen (KUR= kloakk uten rør). Dette skulle kunne redusere utslippene til ca 25 kg årlig.

Med byggingen av de siste filtrene har Ringerike til sammen bygget 16 KUR-anlegg, som betjener snaut 150 husstander, samt en skole, en barnehage og flere fritidseiendommer (**Figur 14**). Kostnadene har beløpt seg til 23 mill for Ringerike kommune. 7 slike anlegg er også bygget i Hole kommune. Ikke alle husstander knyttet seg til systemene, slik kommunen hadde lagt opp til, og oppnådd reduksjon er pr i dag beregnet til 350 kg fosfor årlig (Tufto, pers. medd.).

Renseresultatene indikerer at anleggene fungerer tilfredsstillende. Utløpsvannet er fritt for tarmbakterier, og fosforverdiene er også godt under kravet om maksimalt 1 mg l⁻¹. Årlig samlet utslipp av fosfor fra anleggene til Steinsfjorden er beregnet til 20,6 kg (Tufto, pers.medd.).



Figur 14. Plasseringen av KUR-anlegg i Steinsfjordens nedslagsfelt.

3.3.7 Avløp fra spredt bebyggelse

Mangelen på nyere datagrunnlag gjør at vi her kun oppsummerer de vurderinger som ble gitt av NIVA i vår rapport fra 1997.

Ifølge beregningene bodde det i 1994 om lag 9000 personer utenfor regulerte områder i Ringerike kommune. På grunnlag av tall fra kommunens tekniske tjeneste fordelte renseanleggene for disse seg som angitt i Tabell 12.

Tabell 12. Fordeling av ulike typer renseanlegg for spredt bebyggelse i Ringerike (fra NIVA-rapport 1997).

Type anlegg	renseeffekt for P (%)	antall anlegg	antall personer tilknyttet
direkte utslipp	0	50	117
slamavskiller	5	300	700
minirensanlegg uten felling	15	1	3
minirensanlegg med felling	90	20	47
infiltrasjon	75	2700	6318
sandfilter	15	17	39
separat, tett tank	95	250	575

Ved hjelp fra kommunen ble denne delen av befolkningen og deres ulike renseløsninger fordelt på de ulike vassdragsområdene. Produksjonen av fosfor fra denne kildetypen ble beregnet ut fra 1,7 gram fosfor pr person og døgn (Vråle 1987; Bratli m.fl. 1994).

På grunnlag av dette ble det foretatt en beregning av fosforutslipp fra spredte avløp til de ulike vassdragsområdene i kommunen **Tabell 13**.

Tabell 13. Fordeling av antall personer på ulike typer spredt avløpsløsning, med produksjon og utslipp av fosfor, fordelt på vassdragsområder.

	Øvre Begna	Sogna	nedre Begna	Rands-elva	Stor-elva	Steins-fjorden*	Tyri-fjorden
direkte utslipp - pe	16	28	16	2	19	19	16
slamavskiller - pe	18	168	98	70	70	91	121
sandfilteranlegg - pe	0	12	0	5	5	7	12
minirensanlegg - pe	5	16	5	13	4	1	4
infiltrasjon - pe	690	2103	664	1657	488	166	545
tett tank - pe	64	194	61	153	45	15	50
antall personer (justert)	857	2521	845	1900	631	299	749
Produksjon P, kg år ⁻¹	532	1564	524	1179	391	185	464
Utslipp P, kg år ⁻¹	167	455	173	308	133	95	174

* Data er ikke anvendt i de følgende beregningene, grunnet KUR-anleggene.

3.4 Jordbruk

3.4.1 Generelt om jordbruket i Ringerike

I følge tall fra SSB er jordbruket innen Ringerike kommune dominert av kornproduksjon, men har også innslag av melke- og kjøttproduksjon (storfe, sau, gris og fjærkre). Det er rundt 70 km² dyrka mark i Ringerike kommune. Arealer uten høstpløying utgjør 24 176 daa. Dette tilsvarer 44 % av kornarealet. De tekniske anleggene er i nedbørsfeltet er overveiende gode og avrenningen fra punktkilder er liten.

Korn er det dominerende vekstlaget med et areal på 54,9 km² (54 897 dekar). Dette utgjør 78 % av det totale landbruksarealet, det resterende arealet fordeler seg på eng, beite og annet.

3.4.2 Arealavrenning

Det diffuse partikkeltapet fra jordbruksarealer er avhengig av jordart, gjødsling, klima hellingsgrad og jordas innhold av fosfor. Metodikken for beregning av tap av næringsstoffer i denne rapporten baserer seg i stor grad på *Programmet for jord- og vannovervåking i landbruket* (JOVA), samt nyere småfelt-/ruteforsøk i Norden og er en del av den årlige TEOTIL-rapporteringen .

Beregningene av årlige tap av nitrogen fra jordbruksarealer er gjort med en empirisk modell basert på målingene i 5 JOVA-felt. Denne modellen forklarte 85 % av variasjonen i tapene i disse JOVA-feltene (Eggestad et. al 2004). Tap av fosfor kan fordeles i oppløst og partikulært bundet. Beregningene av fosfor baserer seg på en enkel statistisk analyse av årlige tap i JOVA-feltene som viser en svært god sammenheng mellom totale tap og avrenning, P-AL tall i jorda og jordtap (ibid).

Metoden vi har brukt i denne rapporten går i korte trekk ut på å beregne nivået av tapene i år 1996, og så beregne tap i de øvrige år, som effekt av de endringene som har skjedd i jordbruket i forhold til dette året. Tapene for 2007 er beregnet som et klimatisert normaltapp, dvs. middelet av årlige beregnede

tap i perioden 1996-2007 gitt jordbruksdriften i år 2007. Tabellene nedenfor viser en oppsummering av fordelingen av dyrka arealer, samt beregnet nitrogen- og fosforavrenning fra disse arealene for henholdsvis 1996 (Tabell 14) og 2007 (Tabell 15).

Tabell 14. Fordeling av dyrka arealer i dekar etter vekstslag. Etter søknad om produksjonstilskudd pr. 31.7.1996.

Område	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	SUM
Annet	472	730	429	485	268	308	277	2969
Beite	184	626	367	423	81	111	320	2112
Eng	1078	3834	923	1546	142	505	1321	9349
Høstkorn	0	914	423	237	146	331	1470	3521
Vårkorn	3679	15320	8131	8053	6099	4843	5974	52099
Sum	5413	21424	10273	10744	6736	6098	9362	70050
Upløyde arealer	2100	8000	4280	2500	1000	740	4260	22880
Arealavrenning P, kg/år	330	1307	627	655	411	372	571	4273
Arealavrenning N, kg/år	14615	57845	27737	29012	18187	16465	25277	189138

Tabell 15. Fordeling av dyrka arealer i dekar etter vekstslag. Etter søknad om produksjonstilskudd pr. 31.7.2007.

Område	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	SUM
Annet	402	377	230	401	137	229	110	1886
Beite	94	857	421	563	345	284	466	3030
Eng	840	3103	1805	1521	419	404	2147	10239
Høstkorn	26	661	712	461	381	369	869	3479
Vårkorn	4051	16426	7105	7799	5454	4813	5770	51418
Sum	5413	21424	10273	10745	6736	6099	9362	70052
Upløyde arealer	1410	8517	3791	4298	1658	741	3761	24176
Arealavrenning P, kg/år	356	1273	618	587	366	366	551	4116
Arealavrenning N, kg/år	14425	56919	26628	27416	15859	14961	24089	180297

I følge tall fra SSB (søknad om produksjonstilskudd) er det totale landbruksarealet lite forandret mellom 1996 til 2007. Arealer uten pløying har økt med 5,4 prosent. Beregningene viser at P- og N-avrenning fra diffuse kilder har gått ned med henholdsvis 3,7 prosent og 4,7 prosent.

3.4.3 Husdyr og husdyrgjødsel

Besetningene av ammeku og sau går stort sett på talle. Besetningene med verpehøner og slaktekylling går på tørt strø. Det vil dermed være liten avrenning av N og P fra disse. Antallet melkekuer har gått ned i Ringerike med 59 %, mens antallet storfe over 12 måneder har gått opp med 27 %. Det har vært en økning i antall avlsgris og en nedgang i antall slaktegris.

I **Tabell 16** er det satt opp en fordeling av husdyr, samt en beregning av total årlig gjødselproduksjon av fosfor og nitrogen.

Tabell 16. Husdyrstatistikk. Etter søknad om produksjonstilskudd pr. 31.7.2007.

Antall husdyr	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Sum
Melkeku	0	142	0	17	0	0	13	172
Andre storfe	94	629	176	109	23	9	415	1455
Ammekyr	63	228	148	73	18	6	232	768
Avlssau	29	169	284	344	0	266	450	1542
Avlsgris	15	0	12	29	313	0	25	394
Slaktegris	176	54	504	600	516	4	180	2034
Verpehøner	22600	100	7500	57	0	10	7540	37807
Slaktekylling	0	0	0	87666	0	0	0	87666
Gjødselproduksjon, kg P/år	5701	7788	4847	4055	2435	620	7254	32700
Gjødselproduksjon, kg N/år	23976	48257	25750	21346	8892	4141	40729	173091

3.4.4 Gjødsellager

Fra landbrukskontoret i Ringerike blir det oppgitt at det finnes 26 gjødsellager i kommunen, hvor 10 er av høy standard og 16 er av middels standard. Det antas at en del av ammekubesetningen går på talle og disse er ikke tatt med i beregningene. Det samme gjelder sau, hvor nesten samtlige besetninger går på talle. Besetningene med verpehøner og slaktekylling går på tørt strø. Noen få lagrer tørrstrø ut i haug over vinteren, men de aller fleste har eget gjødsellager hvor gjødsla lagres. Det er imidlertid ikke mulig å beregne hvor mye tilførsel det evt. kommer fra gjødselshaugene. Dataene er basert på vurdering/antakelse og det er ikke blitt foretatt befaring på de enkelte eiendommer.

Forurensingsproduksjonen beregnes på samme måte som NIVAs rapport fra 1997, på grunnlag av N- og P-innholdet i innelagret husdyrgjødsel pr. år for de ulike husdyrslag. Innholdet av total P og N i husdyrgjødsel er hentet fra Sundstøl og Mroz (1988). Koeffisienter for N og P-tap fra gjødsellager er hentet fra Lundekvam og Berge (1989).

Beregningen av lekkasjer fra gjødsellager viser antall kg P og N som blir tilført vassdraget hvert år. Det er antatt en P-lekkasje på 0,075 % for gjødsellager med høy standard og 0,33 % for gjødsellager med middels standard. Tilsvarende for nitrogen er det antatt en lekkasje på 0,45 % for gjødsellager med høy standard og 1,4 % for gjødsellager med middels standard. For hele kommunen er det beregnet et årlig utslipp fra gjødsellager på 17,6 kg fosfor og 439,7 kg nitrogen. **Tabell 17** inneholder oversikt over gjødsellagre og lekkasjer pr. delnedbørfelt.

Tabell 17. Antall gjødsellager (høy og middels standard) og beregnet mengde gjødselproduksjon av fosfor og nitrogen i kg/år og lekkasjer i kg/år i år 2007.

Område	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	SUM
Ant. Gjødsellager - høy	2	6	0	0	1	0	1	10
Ant. Gjødsellager - middels	1	5	1	5	0	0	4	16
Gjødselproduksjon, kg P/år	471	3528	464	4055	2134	620	1509	12781
Lekkasje, kg P/år	0,8	6	1,5	3,8	1,6	-	3,8	6
Gjødselproduksjon, kg N/år	854	22154	25750	2192	7072	4141	8711	70874
Lekkasje, kg N/år	19	178	31	86	32	-	94	326

Fra år 1996 til 2007 har P-tilførsel fra gjødsellager gått ned med 7 kg/år. N-tilførselen har gått ned med 40 kg/år. Tilførselstallene for 2007 er imidlertid noe usikre da dataene er basert på vurderinger og det ikke er blitt foretatt befarings på de enkelte eiendommer.

3.4.5 Siloanlegg og melkerom

Når det gjelder siloanlegg er det ikke kjent at det eksisterer slike i dag. Rundballene har tatt helt over. Det kan være avrenning av silosaft fra lagerplasser for rundballer, men dette er ikke vanlig. Det foreligger ingen opplysninger om slikt tap.

Det er få melkebønder igjen i Ringerike (9 stk) og de fleste av disse har tilfredsstillende oppsamling for melkeromsavløp. Det er ikke kjent at melkeromsavløp utgjør en kilde til forurensning, og det antas at denne er forsvinnende liten i forhold til andre kilder.

3.4.6 Samlet oversikt over avrenning fra jordbruket i 2007

Ut fra det ovennevnte fremgår det at fosfor og nitrogen til vassdragene stammer fra to ulike kilder i landbruket – dels fra direkte arealavrenning, og dels fra utette gjødsel-lagre. **Tabell 18** og **Tabell 19** gir en samlet fremstilling over avrenningen, fordelt på de vassdragsområdene der det finnes landbruk. Våre beregninger viser at den årlige avrenningen av fosfor til vann fra jordbrukskilder i Ringerike beløper seg til om lag 4,1 tonn. Den tilsvarende verdien for nitrogen er 180,6 tonn.

Tabell 18. Samlet oversikt over avrenning av fosfor (kg P år⁻¹) fra jordbruket til ulike deler av Ringerike kommune i 2007.

Område	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	SUM
Arealavrenning - jordbruk	356	1273	618	587	366	366	551	4116
Lekkasjer fra gjødsellager	0,8	6	1,5	3,8	1,6	-	3,8	6
Sum P fra jordbruket	356,8	1279	619,5	590,8	367,6	366	554,8	4122

Tabell 19. Samlet oversikt over avrenning av nitrogen (kg N år⁻¹) fra jordbruket til ulike deler av Ringerike kommune i 2007.

Område	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	SUM
Arealavrenning - jordbruk	14425	56919	26628	27416	15859	14961	24089	180297
Lekkasjer fra gjødsellager	19	178	31	86	32	-	94	326
Sum N fra jordbruket	14444	57097	26659	27502	15891	14961	24183	180623

3.5 Utslipp fra industri

Følgende industribedrifter er rapporteringspliktige til SFT i Ringerike kommune:

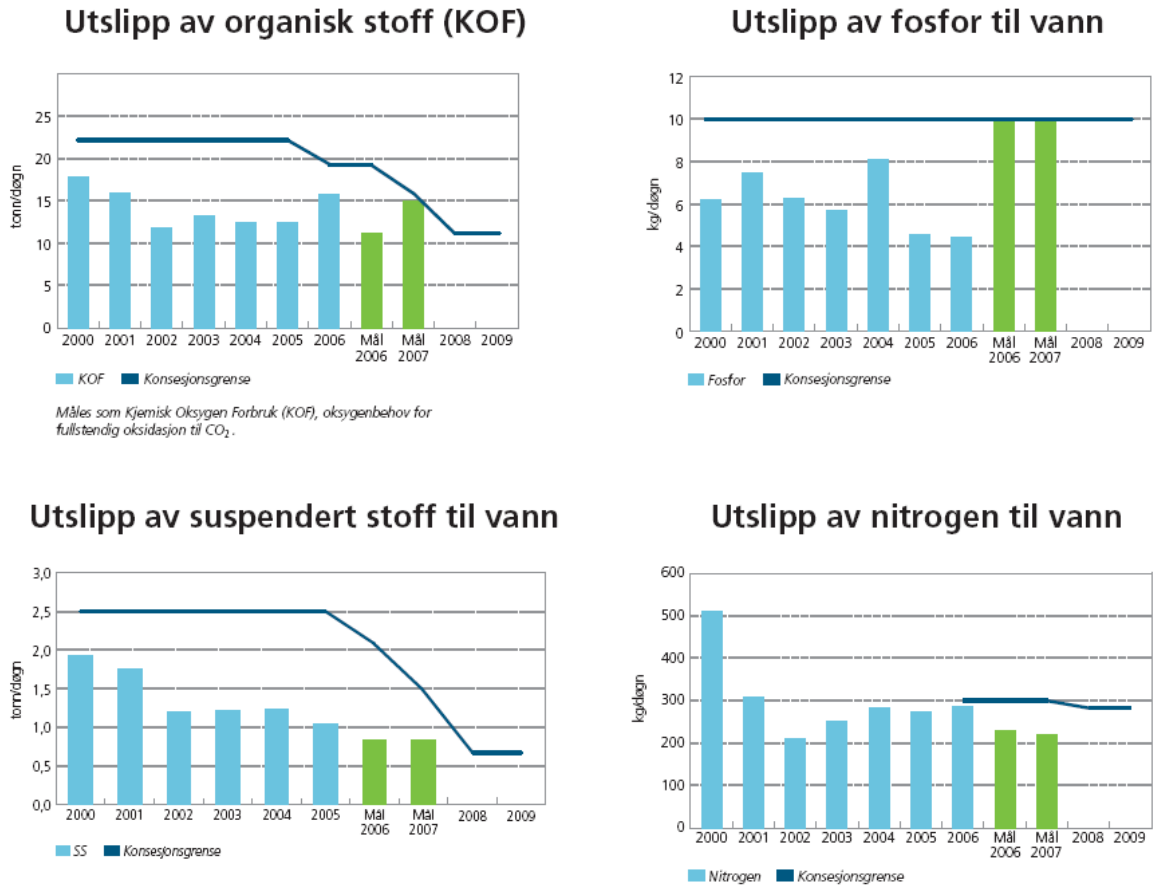
- Norske Skogindustrier ASA, Follum Fabrikker
- Huhtamaki Norway AS
- Hønefoss Krom og Nikkel AS
- Skjærdalen Brug AS
- Smurfit Norpapp AS

Av disse er Follum Fabrikker den viktigste bidragsyteren til næringssalter og organisk stoff til vann.

3.5.1 Oversikt over industrianlegg

Follum fabrikk hadde per utgangen av 2007 516 ansatte. De produserte 386961 tonn papir, med råstoff basert på tømmer, sagflis, cellulose og tremasse.

Ved oppløsningen av trefiber løses organiske stoffer ut. Organisk stoff er ofte en viktig kilde til forurensning fra treforedlingsindustri. Organisk stoff kan måles enten som Kjemisk Oksygenforbruk (KOF) eller ved at partikkelfraksjonen måles som suspendert stoff (SS). SFT har i konsesjon til Norske Skog Follum fabrikk gitt grenseverdier for utslipp til Nedre Begna av organisk stoff, nitrogen og fosfor.



Figur 15. Utslipp av organisk stoff og næringsalter fra Follum fabrikker 2006. Øvre tillatte grense for utslipp av tot P (konsesjonsgrensen, markert med linje) er 10 kg pr døgn, dvs 3600 kg P årlig. I 2006 slapp de ut 1615 kg fosfor. Dette er en betydelig reduksjon sammenlignet med 1995, da tallet var 4800 kg (fra Follum fabrikkers årsrapport for 2006).

Årsrapporten fra Follum Fabrikker for 2007 angir at nytt renseanlegg ble satt i drift høsten 2007, med ytterligere forbedret renseseffekt. SFT ga Follum fornyet utslippstillatelse 19.7.2006, der tot N ble satt til maksimalt 280 kg pr døgn, og tot P 10 kg pr døgn (**Figur 15**). Maksimale utslipp for suspendert stoff (SS) ble satt til 540 tonn årlig. I forbindelse med innfasing av nytt renseanlegg fikk bedriften i tre perioder av 2007 dispensasjon fra gjeldende utslippstillatelse, grunnet driftsproblemer med den biologiske rensestasjonen i det gamle anlegget. Dette gjorde også at utslippene av fosfor ble noe høyere enn for 2006.

Ifølge SFT slapp Follum i 2006 ut 1,615 tonn fosfor, 104,6 tonn nitrogen og 306,1 tonn suspendert stoff. Ifølge Follums årsrapport for 2007 var utslippene på 2,17 tonn P, 97 t N og 269 t organisk stoff, i form av SS dette året. Det er ventet at det nye renseanlegget vil halvere utslippene av SS, og at utslippene av N og P også vil bli redusert ytterligere.

Hva har skjedd i løpet av de siste tolv år? Follum Fabrikker produserte i 1995 om lag samme mengde papir som i 2007. I 1995 slapp de ut 4800 kg fosfor, 90 tonn nitrogen og ca 2600 tonn suspendert stoff. I 2007 var altså fosforutslippene mer enn halvert, og også utslippene av suspendert stoff var redusert. Nitrogenutslippene er imidlertid de samme som for tolv år siden.

I 2008 skal en av de tre produksjonsmaskinene legges ned. Dette vil føre til ytterligere utslippsreduksjoner fra Follum Fabrikker.

Huhtamaki Norway (tidl. Keyes Norway) leverer engangsemballasje til serveringsmarkedet og emballasje til storhusholdning og industri. I henhold til utslippstillatelse fra 1978 kan bedriften slippe ut 300 kg suspendert stoff (SS) pr døgn (til Randselva), men bedriften søker for tiden SFT om å endre denne. De nye rammene foreslås redusert til 37,5 kg SS pr døgn (som månedsmiddel), og 517 kg KOF pr døgn som månedsmiddel. I 2006 slapp bedriften ut 14,8 tonn S-TS (tilnærmet samme måleenhet som SS).

Skjærdalen Brug på Tyristrand ble slått konkurs for kort tid siden. I 1995 slapp fabrikken ut 79,9 tonn organisk stoff. I 2006 var dette tallet 24,9 t (kilde SFT).

Smurfit Norpapp og **Hønefoss Krom & Nikkel** slipper ut mindre mengder tungmetaller (Cu, Cd, Ba). Alt avløpsvann renses imidlertid ved kommunens renseanlegg på Hensmoen. Tilførsler fra sanitærtjenester etc inngår dermed i kapittelet for kommunalteknikk.

Tabell 20 gir en oversikt over utslipp til vann fra industrier i Ringerike kommune.

Tabell 20. Utslipp av fosfor, nitrogen og suspendert stoff til vann fra bedrifter i Ringerike kommune.

	tot P (kg)	tot N (tonn)	SS (tonn)	tungmetaller	resipient	ref.
Norske Skog Follum (2007)	2170	97	269		Nedre Begna	årsrapp. 2007
Huhtamaki Norway (2006)			14,81		Randselva	SFT
Hønefoss Krom & Nikkel (2006)				x	komm. RA/Storelva	SFT
Skjærdalens Brug (2006)			24,9			SFT
Smurfit Norpapp (2006)				x	komm. RA/Begna	SFT
SUM	2170	97	308,71			

3.6 Avfallsdeponi

Hadeland og Ringerike Avfallsselskap er et interkommunalt aksjeselskap eid av kommunene Gran, Lunner, Jevnaker, Hole og Ringerike, og er ansvarlige for driften av Trollmyra avfallsanlegg på Eggemoen ved Randselva. Anlegget er en modernisert miljøstasjon med avfallssortering, der mye går til gjenvinning. Restavfall tippes, komprimeres og overdekkes med sand. Deponiet er i dag bunntettet, og sigevannet samles opp og pumpes til eget biologisk renseanlegg.

Beregninger fra 2006 viste at sigevannet fra deponiet etter rensing bidro med 32 tonn organisk stoff (omregnet fra 80 tonn KOF) og 4 tonn nitrogen til resipienten (Haarstad 2007). Deponiet er slik en viktig kilde til organisk stoff i Randselva.

3.7 Samlet oversikt over tilførsler fra ulike soner, fordelt på kilder

Tabell 21 gir en samlet oversikt over årlige utslipp av fosfor til vassdrag på Ringerike, fordelt på utmark, jordbruk, industri, kommunale avløp, spredte avløp og avrenning fra tette flater, og oppsummerer de data som så langt er presentert. Av fosfortilførsler fra industri er det kun Follum Fabrikker som bidrar. For øvrig fremstår landbruk og spredte avløp som de to viktigste fosforkildene fra menneskelig aktivitet.

Til sammen forårsaker menneskelige virksomheter en årlig tilførsel på drøyt 8,8 tonn fosfor til kommunens vassdrag. Naturlige tilførsler bidrar med om lag 13 tonn fosfor.

Tabell 21. Samlet oversikt over tilførslene av totalt fosfor (kg P år⁻¹) til ulike soner, fordelt på kilder.

	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Nordmarka
Utmark	3700	3925	1595	316	60	511	1783	1309
Jordbruk	356,8	1279	619,5	590,8	367,6	366	554,8	
Industri			2170					
Kommunalt avløp – rensedistrikt	3,8	30	45,7		425	20,6*	40,6	
Spredt avløp	167	455	173	308	391		174	
Avrenning tette flater	18	80,3	17		203		33,4	
SUM	4245,6	5769,3	4620,2	1214,8	1446,6	877	2585,8	1309

* Utslipp fra KUR-anlegg.

4. Egnethetsvurderinger

Utredninger av hvilke brukerinteresser som er knyttet til de ulike vassdragsområdene baseres på et konsept utviklet av SFT (Bratli m.fl.1995), der man skiller mellom på den ene side ”Allmenne bruker – og verneinteresser”, slike som fritidsfiske, båtbruk, bading og rekreasjon, og på den annen side ”Kommersielle brukerinteresser”, som drikkevann, jordvanning eller råvann for industri. I det følgende gis en oversikt over viktige brukerinteresser. Deretter sammenstilles disse med vannkvaliteten i vassdragene i dag, slik at man kan danne seg et bilde av hvor egnet de ulike vannforekomstene er for ulike bruksinteresser.

De store vassdragene på Ringerike utgjør hjørnesteiner i kommunen, både kulturhistorisk, økonomisk, økologisk og opplevelsesmessig. Det inngår dermed et bredt sett av ulike interesser i bruken av disse.

Brukerinteressene er knyttet dels til offentlig forvaltning, som vannkilder og resipientfunksjoner, dels til verneinteresser, og dels til et stort antall lokale interesser og behov.

Tyrifjorden inntar en særstilling, både i kraft av sin størrelse, men også fordi så mange ulike brukere og interesser møtes her: som resipient og drikkevannskilde for flere av de omkringliggende

kommunene. I tillegg får 40 000 innbyggere i Bærum kommune sitt drikkevann herfra. Tyrifjordens naturlige fasiliteter gjør området til en viktig ressurs for rekreasjon og ferie, som tiltrekker seg turister fra både inn- og utland. Viktige hovedveier gjennom regionen krysser Ringerike, og de store vannene og elvene har alltid vært viktige transport- og ferdselsårer, også vinterstid.

Opperud (2008) har gitt en oversikt over brukerinteresser i nordre Tyrifjorden og tilgrensende vassdrag, og noen av momentene skal kort gjengis her. Våtmarksområdene i Nordfjorden, der Begna og Storelva munner ut, har vernestatus og er Ramsarområder, av internasjonal naturverdi. Formålet med disse reservatene er å bevare våtmarksområder med vegetasjon, fugleliv og annet dyreliv. Ikke minst i trekktiden er disse en stor betydning for fuglelivet. Fylkesmannen i Buskerud igangsatte i 2007 en utredning for vern av våtmarksområder og vannfugl i Tyrifjorden. Det er identifisert flere områder som skal vurderes for vern. Som ellers kan det registreres dels motstridende interesser i saken, der blant annet tilgjengelighet til badestrender kan bli et stridstema.

Landbruket langs Tyrifjorden og Steinsfjorden benytter i perioder vann til åkervanning, og dette er en viktig brukersfunksjon. Det ligger en rekke pumpehus i strandområdene (med inntaksledning på bunnen eller nedgravd). De fleste anleggene er fellesanlegg, og er i drift over store deler av vekstsesongen.

Båtlivet på Tyrifjorden og opp Storelva er mangfoldig og svært populært, og båtantalet er stadig økende. I etablerte båthavner er det idag plass til 600 båter, i tillegg kommer et stort antall båter på strendene og ved private brygger og bøyer. Stiftelsen Glatved brygge har vært et ressurscenter som har forestått oppmudring i Storelva, for å bedre mulighetene for båttrafikken mellom Tyrifjorden og Hønefoss. Restaurering av bryggeanleggene i Hønefoss vil ventelig føre til økning av båttrafikken på Storelva.

Ellers er friluftslivet på alle deler av Tyrifjorden variert. Det finnes en rekke populære badeplasser. Fra Røsholmstranda i Nordfjorden og hele veien rundt gjennom Steinsfjorden, og dessuten på mange av øyene, byr Tyrifjorden på fine bademuligheter, og tiltrekker seg tusenvis av badegjester og båtfolk. Mange av strendene er opparbeidet med passende fasiliteter, som sanitærtjenester, grillplasser, avfallshåndtering m.v.

Fritidsfisket er variert, og Tyrifjorden har 15 fiskearter. Ørreten er av god kvalitet, og den lokale stammen som gyter i Randselva er blant de mest grovvokste i landet. Regelmessig tas fisk på opptil 6-8 kg. I Steinsfjorden er det mindre ørret, men til gjengjeld svær gjedde og abbor. Her er edelkreps en viktig ressurs, som også er av økonomisk betydning. Etter intensivt krepsefiske i 1980-årene, da over 6 tonn ble tatt ut pr år, falt fisket hurtig til om lag 2 tonn, og det er pr idag ingen tegn til bedring. Overfiske, i kombinasjon med gjengroing av vasspest og økt bestand av krepsepisende fisk (abbor), er trolig hovedårsaken til forholdet.

Også til de øvrige vassdragene i kommunen er det knyttet viktige brukerinteresser, både mht offentlig vannbruk og rekreasjon. Vann fra Nedre Begna brukes flere steder til åkervanning. Fisket i elva var tidligere særlig rettet mot ørret, men idag har gjedde overtatt dominansen. De senere år har imidlertid krepsebestanden tatt seg godt opp, og krepsefisket er nå en viktig attraksjon, også økonomisk. I Sperillen drives det i mindre skala båtliv og fritidsfiske (10 fiskearter), og kommersielle interesser er knyttet til fisket etter sik, gjennom bedriften "Villfisker". Sperillen Camping utgjør den viktigste servicetjenesten for turistnæringen i området.

Randselva og Storelva er attraktive fiskeelver, og rapportene om store fangster har tiltatt de senere år. Det er også en del båttrafikk på elva, og kanopadling.

4.1 Klassifisering av brukerinteressene

Ved klassifisering av vannbruk til ulike brukerinteresser har SFT anbefalt å bruke fire klasser: ”Godt egnet” (egnethetsklasse 1), ”Egnet” (egnethetsklasse 2), ”Mindre egnet” (egnethetsklasse 3) og ”Ikke egnet” (egnethetsklasse 4, se også Andersen et al. 1997). For ulike brukerbehov må det legges vekt på de parametere som er særlig viktige for den aktuelle brukeren. Ved vurdering av *badevann og rekreasjon* er særlig innholdet av tarmbakterier viktig. I tillegg vil siktedypet ha betydning, og generelle estetiske kriterier i og rundt badeplassen. For *fritidsfiske* er pH, alkalitet og vannets oksygeninnhold viktige variabler som legges til grunn. Egnethet for *jordvanning* bestemmes fortrinnsvis ved innholdet av tarmbakterier, særlig om vannet skal nyttes til bær og grønnsaker. Men også alger som setter lukt og smak eller produserer giftstoffer kan være problematiske i en del lokaliteter.

NIVA reviderer for tiden på oppdrag fra SFT de oppsatte kriterier for egnethet. Kriteriene for badevann vil trolig få en noe økt toleranse overfor visse parametere. Som nevnt ovenfor vil også kriteriene for fritidsfiske bli noe annerledes, og differensieres også i forhold til tilgjengelighet, og i forhold til prioriterte fiskearter i det faktisk foreliggende vassdraget (og ikke kun laksefisk). Dette gjør at vi trolig bør ta noen forbehold i forhold til anvendelsen av de opprinnelige kriteriene fra SFT.

4.1.1 Bading, rekreasjon, båtliv

Det foregår ikke noen lokal overvåking av bakterietall på badestrender i Ringerike kommune idag. Men basert på dagens tilstand i de ulike vassdragsområdene gitt i kapittel 1, er det generelle bildet at alle vassdragene i kommunene er godt egnet eller egnet til bading, målt etter SFTs egnethetskriterier (**Tabell 22**).

Tabell 22. SFTs egnethetskriterier for badevann (etter Andersen et.al. 1997).

Indikativ parameter	Benevning	Egnethet som badevann			
		Grenseverdier for indikativ parameter			
		Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Uegnet
TKB	ant/100 ml	<100	<100	100-1000	>1000
Fekale streptokokker	ant/100 ml	<30	<30	30-300	>300
Fargetall	mg Pt/l	<25	>25	-	-
pH	pH verdi	5-9	<5 / >9	-	-
Turbiditet	FNU	<1	1-2	2-5	>5
Total fosfor	µ P/l	<7	7-11	11-20	>20
Klorofyll	µ/l	<2	2-4	4-8	>8
Siktedyp	m	>4	2-4	1-2	<1

Flere lokaliteter som i 1997 hadde problemer med høyt bakterieinnhold, er idag egnet til bading og rekreasjon. Det gjelder blant annet Randselva, Storelva og Nedre Begna, som alle i 2007 hadde <100 tarmbakterier pr 100 ml (om enn bakterietallet i Storelva lå på over 100 i 2006, og også de øvrige år har ligget nær hundre). Prøver fra Sognas nedre løp (Ask bru) viser imidlertid fortsatt et innhold av tarmbakterier på >100 pr 100 ml, og gjør denne delen av elva ”Mindre egnet” til bading.

Også Steinsfjorden har en vannkvalitet som tilsvarer egnethetsklasse 2. Vannet har vært overvåket med fokus på produksjon av algegift, som kan svekke badevannskvaliteten. De siste år har det imidlertid ikke blitt rapportert om skadelige konsentrasjoner. Ifølge retningslinjer gitt av WHO frarådes bading hvor man svelger badevann (opptil 200 ml pr. dag) som har høyere nivåer av algegift

(microcystin) enn $10 \mu\text{g l}^{-1}$. I 2005 og 2006 var verdiene lave ($<0,4 \mu\text{g l}^{-1}$). I 2007 var verdiene høyere, men med $4,0 \mu\text{g l}^{-1}$ fortsatt under den oppsatte grenseverdien.

I perioder har gjengroing av Steinsfjorden av vasspest vært til sjenanse for bading og rekreasjon, og til hinder for båttrafikken. Tyrifjord Båtforening har gjennom en årrekke tilrekkelagt for båtfolket på Tyrifjorden og Steinsfjorden, ved merking av grunner, oppsetting av toaletter osv.

4.1.2 Fritidsfiske

SFTs egnethetskriterier for fritidsfiske er som nevnt utviklet med særlig henblikk på laksefisk. Dette gir et visst forbehold om bruken av SFTs egnethetsklasser for fritidsfiske på Ringerike. Som vist i tabellen er kriteriet for ”godt egnet” $\text{pH} > 6$. Overflatevannet skal generelt være oksygenmettet (80-110 % metning), og dypvannet skal ha >70 % metning. En del arter som er attraktive sportsfisk på Ringerike, som gjedde og abbor, vil ha noe avvikende økologiske behov i forhold til det som her er satt opp. Erfaringer har blant annet vist at gjedde, som er en visuell predator og avhengig av å se byttet, får vanskeligheter med å opprettholde bestanden om siktedypet er under 2 m.

Egnetheten for fritidsfiske er god i alle Ringerikes vassdragsområder, sett i forhold til SFTs kriterier fra 1997. pH er over 6,0 i alle områdene, inklusive Nordmarka og Sperillen, som ligger over marin grense. Ingen vassdrag er kjennetegnet av redusert oksygeninnhold. Nedre deler av Sogna har forholdsvis høy turbiditet, dels som følge av humus fra øvre deler av nedbørsfeltet, og dels som følge av leirpartikler i de nedre ravinerte sonene. Dette kan tenkes å påvirke reproduksjon og overlevelse av yngel og bunndyrproduksjon.

Tilgjengeligheten på enkelte strekninger av vassdragene er imidlertid et rent praktisk hinder for bruken av elver til fritidsfiske. Dette gjelder blant annet deler av Nedre Begna.

4.1.3 Drikkevann

Alt kommunalt drikkevann i Ringerike kommer fra grunnvannskilder. Grunnvannsutttak fra Kilemoen forsyner Hønefoss og nærmeste omegn med vann. Andre kommunale grunnvannsanlegg finnes bl.a. på Hallingby, på Sokna og Nes i Ådal.

Tyrifjorden brukes som drikkevannskilde bl.a. for Bærum kommune, og vurderes i henhold til dette

4.2 Miljømål

4.2.1 Kommunens oppsatte miljømål

Ringerike kommune har tidligere vedtatt som hovedmål for vassdragene i kommunen at

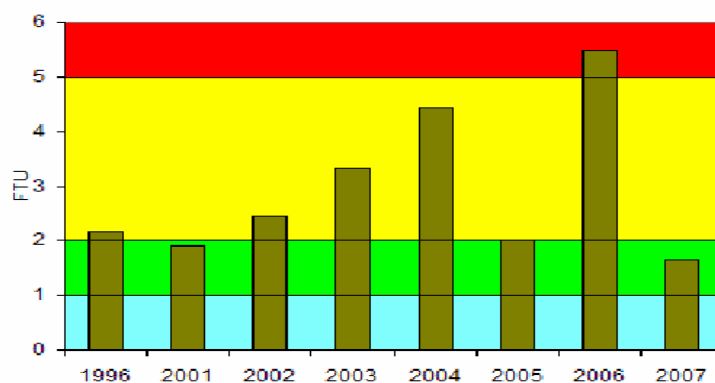
1: Vannkvaliteten i hovedvannmassene for alle vannforekomstene i kommunen skal være egnet til bading/rekreasjon og til fritidsfiske (tilsvarende klasse 2 ”egnet” i SFTs klassifiseringssystem for egnethet);

2: Vannkvaliteten i hovedvannmassene i Tyrifjorden, Sperillen og Begna til Hofsfoss skal være godt egnet til bading og til fritidsfiske (tilsvarende klasse 1 ”Godt egnet”), og egnet som råvann til drikkvannsforsyning, slik det defineres i SFTs vannkvalitetskriterier.

3: Vannkvaliteten i lokale resipienter skal opprettholdes på dagens nivå, der tilstanden i forhold til egnethet er tilfredsstillende til rekreasjonsmessig og evt. spesielle og aktuelle brukerbehov.

Det første målet kan idag sies å være nådd for alle vassdragene, med unntak av Sogna. Sogna har som vist også etter år 2000 hatt svingninger i middelverdiene for tarmbakterier. Etter noen år med høye verdier falt de til under 100 i årene 2003 til 2005, for så igjen å øke igjen i 2006 og 2007.

(Kommunens mål om egnethet til bading forutsetter bakterieinnhold < 100 TKB pr 100 ml, kfr **Tabell 22**). Turbiditeten har også vært > 2 FTU, og de nedre delene av elva når dermed heller ikke de oppsatte miljømål mht bading og rekreasjon (**Figur 16**). Denne siste parameteren er ikke tatt med i SFTs vannkvalitetskriterier for fritidsfiske, men den høye turbiditeten i elvas nedre løp er trolig til hinder for en del fiskearter, bl.a. gjedde, og for produksjonen av bunndyr. Flere målestasjoner må opprettes i Sogna for å få et mer nøyaktig bilde av vassdragets økologiske tilstand og dynamikk.



Figur 16. Turbiditet (FTU) for Sogna, med SFTs egnethetskriterier for bading og rekreasjon markert (blått = godt egnet; grønt = egnet; gult = mindre egnet og rødt = ikke egnet).

Det andre målet er todelt. Mht bading og fritidsfiske er alle de tre nevnte vannforekomstene i dag ”Godt egnet” i henhold til SFTs kvalitetskriterier for egnethet. Med hensyn til drikkevannsforsyning skal Tyrifjorden, Sperillen og Begna oppstrøms Hofsfoss (ved Follum Fabrikker) være egnet. Dette kriteriet forutsetter fravær av tarmbakterier i vannet. Det målet er nådd for de to første vassdragene, men ikke for Begna, der innholdet av tarmbakterier, målt lenger oppe ved Hensfossen, fortsatt er for høyt.

Det tredje målet er oppnådd, og flere av vassdragsområdene viser også en svak bedring i forhold til de tidligere oppsatte målene.

4.2.2 Nye miljømål

Forslag til nye, oppdaterte miljømål for vassdragene i Ringerike kommune kan forankres i de samme rammene NIVA satte opp for 11 år siden. Med utgangspunkt i Vannbruksplan for Tyrifjorden og Steinsfjorden, 1993, ble det presisert at ressursgrunnlaget i Tyrifjorden og Steinsfjorden med omland skal utnyttes slik at det bidrar til næringsmessig og trivselsmessig utvikling i området. Dagens brukerområder må kunne opprettholdes i fremtiden for:

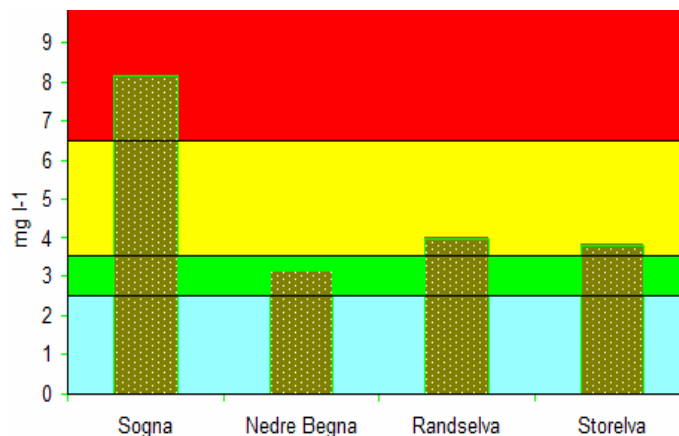
- drikkevann
- bading
- jordvanning
- båtliv og rekreasjon
- fritidsfiske og krepsefiske
- regulering til kraftproduksjon
- kontrollert bruk som resipient for industri, landbruk og boligbebyggelse

Vannkvaliteten skal være så god at den tilfredsstillende alle krav til rekreasjonsmessig bruk. Natur- og kulturlandskapet langs strandsoner skal være vakkert og preget av mangfold og variasjon. Tyrifjorden skal være i økologisk balanse, med et variert plante- og dyreliv og med en rik fiskebestand. Steinsfjorden skal gjenvinne en stabil økologisk likevekt, med god bruksmessig kvalitet.

4.2.3 Problemområder for vannkvaliteten i Ringerike kommunes vassdrag

I flere tiår har fosfor utgjort det sentrale miljøproblemet for norsk vannforvaltning. Også i Ringerike har effektene av fosforutslipp vært den største utfordringen. Ser vi på vassdragene i dag, kan vi slå fast at kommunen er i ferd med å få kontroll over denne årsaken til svekket miljøkvalitet. Med unntak av Steinsfjorden holder alle vassdragsområdene i dag en meget god vannkvalitet mht fosfor (prøver fra nedre Sogna viser fortsatt høyere fosforinnhold, men dette er til dels forårsaket av naturlige forhold). Vi har ingen sikre vannkvalitetsdata for Steinsfjorden de siste år, og videre tiltak vil måtte vurderes løpende, for å redusere fosforinnholdet ytterligere.

Innholdet av tarmbakterier og av organisk stoff er imidlertid fortsatt en utfordring for flere av vassdragsområdene i kommunen. I den grad kildene er kloakk og avløp, vil ofte innholdet av tarmbakterier og organisk stoff følges ad. **Figur 17** viser innholdet av organisk stoff (som TOC) for de av vassdragene på Ringerike som fortsatt har forhøyete verdier av denne parameteren. Verdiene er middeltallet (TOC, mg l⁻¹) for perioden 2005-2007. Både Randselva og Storelva har etter denne beregningen ”Mindre god” vannkvalitet mht organisk stoff. At Sogna har ”Dårlig” vannkvalitet mht samme parameter er som tidligere forklart delvis forårsaket av humus fra skog og myr, men det er ingen tvil om at deler av innholdet stammer fra menneskelig påvirkning. Ifølge våre beregninger om Naturtilstand skulle Nedre Begna, Randselva og Storelva alle hatt TOC-verdier < 2,5 mg l⁻¹, mens Sogna skulle hatt < 3,5 mg l⁻¹.



Figur 17. Innhold av organisk stoff for fire vassdrag på Ringerike (middeltverdier for 2005-2007). SFTs fargekode for vannkvalitetsklasser angitt (blå = meget god; grønn = god; gul = mindre god og oransje = dårlig).

Vi har nedenfor beregnet prosentvis andel av organisk stoff som trolig skyldes menneskelig påvirkning i de fire aktuelle vassdragene. Beregningen er basert på differansen av hvor mye organisk stoff vassdraget ville hatt ved forventet naturtilstand og den faktisk målte verdien (som gjennomsnitt for 2005 til 2007). Differansen, som trolig skyldes menneskelig påvirkning, er satt opp i **Tabell 23** som prosent av den faktisk foreliggende konsentrasjonen. Samme tabell gir også en oversikt over

innholdet av tarmbakterier. Dette reflekterer også graden av menneskelig påvirkning, siden tarmbakterier ikke forekommer i upåvirkete vassdrag.

Tabell 23. Påvirkningsgrad av bakterier og organisk stoff i vassdragsområdene. Middelerverdier for 2005-2007.

	TKB (pr 100 ml)	organisk stoff (%)	
		naturlig	menneskelig
Sogna	105	43	57
Nedre Begna	28,6	80	20
Randselva	40,1	63	37
Storelva	100,4	65	35

6.5. Forslag til nye miljømål

På bakgrunn av det ovennevnte foreslår vi at nye miljømål for Ringerike kommune har fokus på følgende tre punkter:

- *Å stabilisere de lave utslippene av næringsstoffer, og sikre at disse holdes på dagens nivå;*
- *Å redusere innholdet av organisk stoff i vassdragene Sogna, Nedre Begna, Randselva og Storelva;*
- *Å redusere innholdet av tarmbakterier i kommunens vassdrag.*

I det følgende gis en drøftelse av de ulike tiltakene som kan iverksettes, med estimater av hvilke effekter som kan forventes.

5. Forslag til tiltak

5.1 Avløpstekniske tiltak

Våre vurderinger av mulige forbedringer av tiltak, reduksjoner og kostnader er basert på erfaringstall og studier utført andre steder, og det kan trolig påvises enkeltfaktorer vi ikke har kjent til, som gjør at de faktiske tall i Ringerikes tilfelle vil avvike noe fra våre beregninger. I det tidligere oppsatte forurensningsregnskap utført av NIVA i 1997 er det skissert en del forslag til avløpstekniske tiltak. I evalueringen som siden er gjort av hovedplanen for avløp (Ringerike kommune 2006) vises det til at de fleste av tiltakene er gjennomført i planperioden.

Vi vil her gi en kort vurdering av situasjonen når det gjelder renseanlegg, ledningsnett, overløp og overvann.

5.1.1 Utslipp fra renseanlegg

I Ringerike kommune er det i dag ett stort og fire små renseanlegg. I tillegg kommer to infiltrasjonsanlegg. Ringerike kommune er selv forurensningsmyndighet for de små anleggene. I 2007 tilfredsstilte alle anleggene utslippskravene mht fosfor. Det største anlegget (Monserud) hadde en renseeffekt på 98 % mht fosfor, men hadde problemer med å overholde rensekrevet til organisk stoff. For å greie dette er det nødvendig å oppgradere renseprosessen. Det bør gjennomføres et separat prosjekt for beregne kostnadene ved et slikt tiltak. I nedbørrike perioder kan det punktuelt forekomme store mengder fremmedvann som kan gi tilbakeslag og overløp på pumpestasjoner. Problemene er størst i Monserud rensedistrikt. I 2007 ble det imidlertid ikke rapportert om tilfeller av overløp. Forholdet bør likevel følges opp med tanke på mulige tiltak.

5.1.2 Lekkasje fra ledningsnett

Beregningene i denne rapporten viser at fosfortilførsler til vassdragene fra lekkasjer på rørnettet idag er større enn utslippene av rensed avløpsvann fra renseanleggene. Dette forholdet illustrerer på den annen side at renseeffekten på kommunens anlegg nå holder en høy standard. Det er visse usikkerheter knyttet til lekkasjeberegningene, og kommunen må i siste instans selv vurdere om de prosentall som vi har benyttet er dekkende for den lokale situasjonen. Ringerike kommune vurderer situasjonen slik at selv om deler av avløpsnettet har en relativt høy alder, holder transportsystemet en akseptabel kvalitet. Vi foreslår derfor ingen spesielle tiltak ut over det løpende vedlikeholds-/utbyggingsprogram.

5.1.3 Overløp

I 2007 ble det ikke rapportert om overløp på avløpsnettet. Slike episoder er erfaringsmessig sterkt avhengig av nedbør- og klimaforhold. Deler av overvannet i Hønefoss by går inn på fellessystemet og går følgelig inn på Monserud renseanlegg. I flomperioder kan dette føre til at kloakk går i overløp på pumpestasjonene. Vi foreslår ingen spesielle tiltak når det gjelder overløp bortsett fra oppfølging av flomsituasjonene.

5.1.4 Overvann

Avrenning fra tette flater er et komplisert felt å gjøre rede for. Dette skyldes store lokale variasjoner som avhenger av de lokale forhold. I Norge har man ennå ikke gått inn for å rense overvann i byer. Dette har sammenheng med praktiske forhold, samt at det er svært kostbart, som det fremgår av beregningene gjort nedenfor (se ellers vedlegg 4).

Ut fra litteraturdata har vi gjort et anslag for hva slike tiltak for overvann impliserer for Hønefoss. Som vist i vedlegg er potensialet for reduksjon av fosfortilførslene anslått til 385 kg år⁻¹ for Hønefoss by. Vi har ikke gjort noen tilsvarende beregninger for de mindre tettstedene.

Rensing av overvann gjøres vanligvis ved infiltrasjon eller i spesielt anlagte dammer. I vedlegget har vi foreslått noen tall for dimensjoneringen av slike dammer. I Norge har en foreløpig bare tatt i bruk slike behandlingsmetoder i forbindelse med større veianlegg. I en by som Hønefoss må en også ta i betraktning at det er usikkert hvor mye overvann det er praktisk mulig å behandle og hvor en eventuelt skulle gjøre det. Mulige arealer kan for eksempel være parker, grøntanlegg, midtrabatter etc.

I vårt regneeksempel har vi antatt en renseeffekt på 100 % mht fosfor ved infiltrasjon og 60 % ved behandling i dammer. Vi har videre antatt vi greier å få tak i 20-30 % av overvannet. Vi anslår en potensiell reduksjon for Hønefoss by på 77,1 kg fosfor år⁻¹ som realistisk.

Årskostnadene for bygging av dammer er - omregnet til årlige utgifter - anslått til kr 210.945.-;
Årskostnadene for rensing ved infiltrasjon er - omregnet til årlige utgifter - anslått til kr 144.331.-;
Samlede årskostnader blir derved kr 355.276.- år⁻¹.

Gjennomsnittlig pris pr kg fjernet fosfor blir derved kr **4.608.-**.

5.1.5 Samlet vurdering av avløpstekniske tiltak

Siden renseanleggene stort sett tilfredsstillende utslippskravene, regner vi med at ytterligere omfattende tiltak ikke er nødvendige. En bør imidlertid øke fjerningen av organisk stoff ved Monsærud RA. Når det gjelder sanering av ledningsnett, gjøres dette som en del av det løpende program i Ringerike kommunes regi.

Tilsynelatende gjenstår tilførsler via overvannet som den største kilden i dag mht til fosfor. I tillegg til fosfor inneholder overvannet også tungmetaller, oljer og PAH. For å redusere forurensningstilførslene fra kommunale kilder i Ringerike kommune har vi derfor betraktet følgende tiltak:

- Infiltrasjon av noe overvann (har antatt 20 % av overvannet i separate avløpsnett)
- Rensing av overvann i dammer (har antatt 30 % av overvannet i separate avløpsnett)

Kostnadene ved slike tiltak er store slik at må vurdere forholdene i resipienten (dvs Storelva) og behovet før en eventuelt går videre. I denne sammenheng må en også ta i betraktning at en regner at bare 30 % av fosforet i overvannet er biotilgjengelig. I første omgang mener vi det derfor vil være fornuftig med bedre kartlegging omkring overvanns-/lekkasjeproblematikken. En vil derved få et bedre beslutningsgrunnlag før videre tiltak vurderes.

6. 2. Landbrukstiltak

I det følgende gir vi en gjennomgang av aktuelle tiltak for landbruket, med beregninger av hvor stor nedgang i næringsstoff-avrenning de ulike utbedringene vil kunne bidra med.

6.1.1 Arealtiltak i jordbruket

En rekke ulike tiltak vil være aktuelle for å oppnå ønsket reduksjon i partikkel- og næringsstoffavrenning fra arealer med korndyrking. I de aller fleste tilfeller vil det være nødvendig med en kombinasjon av flere tiltak for å oppnå tilstrekkelig reduksjon.

I første rekke anbefales erosjonshindrende tiltak, dvs. tiltak som reduserer løsrivelse og transport av partikler fra jordbruksarealer til overflatevann. Slike tiltak inkluderer redusert jordarbeiding og grasdekte vannveier. Redusert jordarbeiding innebærer at pløying utelates og at det utføres lettere eller minimal jordarbeiding før såing slik som harving eller direktesåing. Grasdekte vannveier er forsenkninger på jorden hvor vannet naturlig samler seg og som er permanent tilsådd med gras.

Andre aktuelle tiltak vil være tiltak som filtrerer avrenningsvannet og samler opp eller binder partikler og næringsstoffer når dette først er transportert fra jordbruksarealene. Slike tiltak inkluderer vegetasjonssoner og fangdammer. Disse anbefales i de fleste tilfeller som et tillegg til erosjonshindrende tiltak.

I tillegg til de nevnte tiltak vil det i mange tilfeller være nødvendig med kontroll og utbedring av hydrotekniske installasjoner (kummer og drengrofter) for å redusere direkte transport av partikler og næringsstoffer gjennom disse systemene og ut i vassdrag. Gjødslingsplanlegging er et annet aktuelt tiltak. Ved å tilpasse gjødslingsmengder til den enkelte veksts behov og unngå overskuddsgjødsling, vil man på sikt redusere jordas innhold av næringsstoffer og følgelig risiko for tap av næringsstoffer til vassdrag.

Prioriteringer av tiltak ved tiltaksplanlegging vil avhenge av ulike forhold i nedbørfeltet. Flere faktorer har betydning for avrenning og dominerende transportprosesser i et nedbørfelt. Særskilte forhold som må vurderes i hvert enkelt tilfelle inkluderer:

- Topografi
- Jordtype
- Driftspraksis og -intensitet
- Nærhet til vassdrag
- Fosfornivå i jord

Siden forrige utredning er flere tiltak igangsatt i landbruksarealene i Ringerike kommune. Disse består blant annet av redusert jordarbeiding om høsten, grasdekte vannveier og etablering av tre fangdammer i Steinsfjordens nedbørsfelt. I vedlegg 3 og 4 er det oppsummert hvilke tiltak som har blitt gjort i nedbørsfeltet siden 1996. **Tabell 24** og **Tabell 25** oppsummerer prosentvis effekt på fosfor- og nitrogenavrenning til vassdrag som en funksjon av tiltakene.

Tabell 24. Prosentvise effekter av tiltak i nedbørsfeltene på fosforavrenning. Positive tall indikerer en nedgang i P-avrenning mens negative tall indikerer en økning i P-avrenning.

		Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Sum
		1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	2007
Delt gjødsling	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Dyrka mark til eng	%	-4.3	-0.8	4.2	-0.1	2.9	-1.3	4.8	0.8
Redusert/utsatt jordarbeiding	%	-3.4	3.4	-2.8	10.5	8.1	3	-2.9	2.6
Grasdekt vannvei	%	0	0	0	0	0	0	0.1	0
Sum	%	-7.8	2.6	1.4	10.4	11	1.7	2	3.67

Tabell 25. Prosentvise effekter av tiltak i nedbørsfeltene på nitrogenavrenning. Positive tall indikerer en nedgang i N-avrenning mens negative tall indikerer en økning i N-avrenning.

		Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Sum
		1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	2007
Delt gjødsling	%	0.9	1.2	3	2.4	4.8	5.3	3.4	2.6
Dyrka mark til eng	%	-1.6	-0.3	1.6	0	1.2	-0.5	1.8	0.3
Redusert/utsatt jordarbeiding	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Grasdekt vannvei	%	2	0.7	-0.6	3.1	6.8	4	-0.4	1.7
Sum	%	1.3	1.6	4	5.5	12.8	8.8	4.9	4.7

6.1.2 Fangdammer

Av 9 fangdammer som er bygget i Steinsfjordens nedbørsfelt, ligger 3 i Ringerike, de resterende i Hole kommune. Det er ikke anlagt fangdammer i noen av de andre vassdragsområdene. Retensjonen i fangdammer kan regnes ut med likningen:

$$(46,4 * ((100 * \text{Fangdamareal}) / \text{Dyrketmarkareal}) + 56,6) / 100 * 0,7).$$

I beregningen er det tatt utgangspunkt i at SS-retensjonen er større enn P-retensjonen, da det er mindre retensjon av små fosforrike partikler. For fangdammer er P-retensjonen beregnet til å utgjøre 70 % av SS-retensjonen.

Resultatene for beregningene er satt opp i **Tabell 26**. De viser at fangdammene i Steinsfjordens nedbørfelt holder tilbake ca. 55 kg P/år.

Tabell 26. Fangdamretensjon i kg P/år beregnet for tre fangdammer i Ringerike.

	Vannspeil (daa)	Nedbørfeltareal (daa)	Dyrkamarkareal (daa)	P-retensjon kg/år
	1,3	1500	650	18.4
	1,1	2200	450	18.5
	1,7	1900	550	18.5
Sum	4,1	5600	1650	55,4

6.1.3 Fosfor i jord

Jordas innhold av lett tilgjengelig fosfor (P-AL¹) har betydning for risikoen for fosfortap til vassdrag. Både vannløselig P og algetilgjengelig P har en positiv sammenheng med jordas P-AL tall. Det betyr at risikoen for tap av algetilgjengelig fosfor ved overflateavrenning og erosjon øker med økende P-AL tall i jorda. P-AL nivået ble innhentet fra jorddatabanken (Bioforsk) og beregnet som gjennomsnitt for hver driftsenhet det finnes tall for, og gjennomsnitt for delnedbørfeltet for de resterende arealer. En regner at P-AL i området 5-7 er tilstrekkelig for å oppnå optimale avlinger av f.eks. korn. For potet, grønnsaker og eng er kravene noe høyere ($\approx 7-10$) (noen vekster, f.eks. purre kan gi økt kvalitet med enda høyere P-AL tall). Den mest kontrollerbare situasjonen forurensningmessig har vi når P-AL tallene er lavest mulig ned mot det nivået som er tilstrekkelig for å gi gode avlinger. Gjennomsnittlig P-AL i nedbørfeltet er 8,8, noe som er litt i overkant av anbefalte verdier. I **Tabell 27** er P-AL tallene for vassdragsområdene oppsummert for perioden 2000-2007 og 1997-1999. P-AL tall fra perioden 1997-1999 var høyere enn for perioden 2000-2007, noe som kan tyde på at P-AL tallene er på vei ned. Kolonnen for maks P-AL verdier viser enkeltmålinger fra skifter der P-AL verdiene er ekstremt høye (P-AL opp til 74). Hvis disse skiftene ligger i nærheten av resipienten vil de kunne fungere som "hot spots" for fosforavrenning. P-AL følger en eksponentiell kurve, dvs. at P-avrenningen øker eksponentielt med P-AL verdiene.

Tabell 27. P-AL verdier for Ringerike kommune. P-AL i området 5-7 er tilstrekkelig for å oppnå optimale avlinger av korn.

Perioden 2000-2007				
Nedbørfelt	Gj.sn.-P-AL	St.av. P-AL	Max P-AL	Antall prøver
Hele kommunen	8.8	6.1	74	1610
Drenerer inn i Nordmarka	6.7	3.1	18	84
Øvre Begna	9.1	5.1	31	109
Nakkerud/Tyristrand	8.4	5.3	61	244
Nedre Begna	8.1	4.5	29	182
Randselva	11.4	10.0	74	225
Sogna	8.4	4.9	43	489
Steinsfjorden	8.6	5.7	49	204
Storelva	8.6	4.5	20	73
Perioden 1997-1999 (tall for hele kommunen):	9.0	7.5	128	3203

¹ P-AL er en analysemetode for fosfor som brukes som måleenhet på jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor.

6.1.4 Oppsummering av gjennomførte tiltak i landbruket 1996 - 2007

Arealer med redusert/utsatt jordarbeiding om høsten har gått opp med ca 6699 daa, eller 9,6 % totalt i Ringerike kommune siden 1996. Arealer med redusert utsatt jordarbeiding har imidlertid gått ned i vassdragsområdene Nakkerud/Tyristrand/Ask og Nedre Begna med henholdsvis 1,7 og 3,4 %. En del kornarealer har også blitt omlagt til eng samt at det har blitt etablert grasdekte vannveier i forsøkninger på jorder i to vassdragsområder. Det blir utført delt gjødsling på større arealer i dag enn i 1996. Det har blitt etablert tre fangdammer i Steinsfjordens nedbørsfelt. **Tabell 28** oppsummerer effekten av tiltakene i Ringerike.

Tabell 28. Nedgang i fosfor- og nitrogenavrenning fra 1996-2007 i Ringerike kommune som følge av tiltak i landbruket.

Tiltak 1996-2007	Redusert P-avrenning (kg)	Redusert N-avrenning (kg)
Redusert/utsatt høstpløying	113.8	3249
Grasdekt vannveg	0.6	1.4
Delt gjødsling	0	4949
Dyrka mark til eng	35.6	606
Gjødsellager	7	40
Fangdammer	55.4	-
SUM	207.8	8771.7

Tabell 28 viser at nedgangen i fosfor- og nitrogenavrenning er på henholdsvis 209 og 8772 kg fra 1996 til 2007 totalt i Ringerike. Beregningene er basert på tall gitt i vedlegg 1 og 2, samt ligningen for P-retensjon i fangdammer og avrenningskoeffisienter for gjødsellagere. I **Tabell 29** er tallene for modellert utslipp i 2007 presentert.

Tabell 29. Samlet oversikt over modellert P-avrenning fra jordbruket i 2007 til de ulike delnedbørsfelt. Den grå linjen viser tallene for 1997.

	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Sum
<i>Arealavrenning jordbruk 1997</i>	330	1307	627	655	411	372	571	4273
Arealavrenning jordbruk 2007	356	1273	618	587	366	366	560	4125
Lekkasje gjødsellager 2007, kg P/år	0,8	6	1,5	3,8	1,6		3,8	17,5
Lekkasje melkerom og silo	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0
Fangdam retensjon (kg P/år)								-55
Sum	357	1279	620	591	367	366	563	4087

6.1.5 Effekter av nye tiltak – å vårpløye alt vårkorn

Ut i fra tilgjengelig kartinformasjon har vi prøvd å differensiere effekten av å la alt vårkornet overvintre i stubb (målt i tap pr. daa). Beregningene er oppsummert i **Tabell 30** og **Tabell 31**. Beregninger av effekten av å la ytterligere 27.243 dekar ligge i stubb over vinteren vil gi en P-reduksjon innen hele kommunen på 471 kg, og en nitrogenreduksjon på 1177 kg.

Tabell 30. Effekter av å vårpløye resten av vårkornarealene på P-tilførselen.

Alt vårkorn til stubb	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steins-fjorden	Tyrifjorden	Sum
(daa)	2641	7909	3314	3501	3796	4072	2010	27243
(kg)	55	155	59	57	48	55	41	471
(%)	16	12	10	10	13	15	7	11

Tabell 31. Effekter av å vårpløye resten av vårkornarealene på N-tilførselen.

Alt vårkorn i stubb	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steins-fjorden	Tyrifjorden	Sum
(daa)	2641	7909	3314	3501	3796	4072	2010	27243
(kg)	138	388	149	143	120	137	102	1177
(%)	1	1	1	1	1	1	0	1

6.1.6 Effekter av nye tiltak – å vårpløye alt høstkorn

Når en dyrker høstkorn bearbeider en tradisjonelt jorda mer enn ved å høstpløye vårkorn, slik at jorda er svært finmuldret i overflata. Dette kan føre til at jorda i enda større grad er utsatt for erosjon enn ved høstpløyd areal, spesielt hvis ikke høstkornet har fått etablert seg tilstrekkelig før vinteren. Ut i fra tilgjengelig kartinformasjon har vi prøvd å differensiere effekten av å legge alt høstkornet om til vårkorn. Beregningene er oppsummert i **Tabell 32** og **Tabell 33**.

Tabell 32. Effekter av å vårpløye resten av høstkornarealene på P-tilførselen.

Alt høstkorn til stubb	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steins-fjorden	Tyrifjorden	Sum
(daa)	26	661	712	461	381	369	869	3477
(kg)	1	18	18	10	7	7	25	85
(%)	0	1	3	2	2	2	4	2

Tabell 33. Effekter av å vårpløye resten av høstkornarealene på N-tilførselen.

Alt høstkorn i stubb	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steins-fjorden	Tyrifjorden	Sum
(daa)	26	661	712	461	381	369	869	3477
(kg)	-6	-153	-169	-112	-98	-94	-199	-830
(%)	0	0	-1	0	-1	-1	-1	0

Det er ikke nok forskningsresultater til å estimere noen entydig effekt av å legge om høstkorn til vårkorn. Vi har likevel beregnet at effekten av å legge om driften fra høsthvete til vårhvete vil ha en positiv effekt på P-tilførslene (85 kg tilbakeholdelse for hele nedbørsfeltet), men en negativ effekt på nitrogentilførslene (en ytterligere tilførsel på 830 kg for hele nedbørsfeltet). Overgang fra høstkorn til vårkorn vil ha en negativ effekt på nitrogentilførselen da en del nitrogen gjerne blir tatt opp i høstkornet. Når en legger om driften til vårkorn vil en del av dette nitrogenet ha et potensial for å renne ut i vann og vassdrag da det ikke blir tatt opp av planten, men forblir i jordsmonnet. Resultatene bør imidlertid tolkes med varsomhet da det finnes få vitenskapelige resultater som underbygger beregningene (Eggestad, *pers. meddelelse*, 2008).

6.1.7 Effekter av nye tiltak – punktutslipp innen jordbruket

Oppgradering av 16 gjødsellager med middels standard er beregnet til 11 kg fosfor og 220 kg nitrogen for hele kommunen. Dette er oppsummert i **Tabell 34**.

Tabell 34. Effekt av oppgradering av siloanlegg og gjødsellagere pr. vassdragsområde.

	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Sum
Kg/årP-Effekt gjødsel	0,4	3,4	1,2	3,4	0	0	2,6	11
Kg/årN-Effekt gjødsel	8,1	78,3	20,8	58,4	0	0	54,7	220,4

6.1.8 Oppsummering av nye tiltak i landbruket

Under er det gitt en samletabell over fosfor og nitrogenreduksjon pr vassdragsområde (**Tabell 35**).

Tabell 35. Samletabell for landbrukstiltak pr. vassdragsområde.

Øvre Begna	Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Tyrifjorden	Sum
Vårpløye, kg P	55	155	59	57	48	55	41	471
Vårpløye, kg N	138	388	149	143	120	137	102	1177
Ikke høstkorn kg P	1	18	18	10	7	7	25	85
Ikke høstkorn, kg N	-6	-153	-169	-112	-98	-94	-199	-830
Gjødselkjeller, kg P	0,4	3,4	1,2	3,4	0	0	2,6	11
Gjødselkjeller, kg N	8,1	78,3	20,8	58,4	0	0	54,7	220
SUM P	56	176	78	70,4	55	62	69	567
SUM N	140	313	1	89,4	22	43	-42	566

Beregningene viser at ytterligere tiltak vil kunne gi en reduksjon på henholdsvis 567 kg fosfor og 566 kg nitrogen i hele nedbørsfeltet.

6.2 Kostnadseffektivitet

Det foreligger ikke datagrunnlag for å beregne kostnadseffektivitet for tiltak innen gjødsellagre eller endring fra høstkorn til vårkorn. Generelt kan det imidlertid påpekes at tiltak innen landbruket erfaringsmessig er meget kostnadseffektive, og sjeldent over 3-5000 kr pr kg fjernet fosfor. Landbrukstiltak bør derfor søkes gjennomført i stor utstrekning. I **Tabell 36** er det gitt et overslag over kostnadseffektiviteten i å vårpløye resten av vårkornet.

Tabell 36. Kostnadseffektivitet for reduksjon av fosfor ved tiltaket endret jordarbeiding.

Tiltak	Effekt kg tot-P reduksjon	Kostnad pr. år (mill)	Kost.eff tot-P kr/kg og år	Biotilgj. faktor	Effekt (kg bio-P reduksjon)	Kostnad pr. år (mill)	Kost.eff Bio-P (kr/kg og år)
Vårpløye resten av vårkornarealet	471	0,12	250	23 %	108	0,12	1087

7. Konklusjoner og anbefalinger

7.1.1 Overvåking og datagrunnlag

Datagrunnlaget som denne rapporten bygger på er av ujevn kvalitet, da overvåkingen som har vært utført i de ulike vassdragsområdene gjennomgående har hatt en for lav prøvetakingsfrekvens. I Steinsfjorden, som utgjør et ”hot spot” for fosfordynamikken i kommunens vassdrag, har overvåkingen vært så lav i de senere år at vi faktisk ikke kan si noe sikkert om dagens økologiske status og miljøtilstand. Nyere overvåkingsveiledere utviklet på basis av EUs Vanndirektiv setter 6 målinger som et absolutt minstekrav, med 8 målinger som anbefalt frekvens. Av kommunens vassdrag er både Nedre Begna, Storelva og Randselva på Vann-Nett plassert i risikogruppen for ikke å nå EUs minstekrav om ”God vannkvalitet” i 2015. Sogna og Steinsfjorden står oppført i gruppen ”mulig risiko” for ikke å nå minstekravet i 2015.

I tråd med dette anbefaler NIVA at kommunen igangsetter en mer systematisk overvåking av relevante parameter i Steinsfjorden, Nedre Begna, Storelva og Sogna, etter Vanndirektivets anbefalinger og Vannforvaltningsforskriftens retningslinjer.

7.1.2 Avløp og kommunaltekniske tiltak

De kommunaltekniske tiltakene som har blitt innført de senere år har hatt en positiv effekt på vannkvaliteten. Fosforinnholdet er redusert, og også innholdet av tarmbakterier er på vei ned. Dette gjelder også Storelva, som utgjør den sentrale vannveien i kommunen. Innfasingen av oppgraderte rensemetoder er imidlertid fortsatt ikke avsluttet, bl.a. ved Follum Fabrikkers interne anlegg, Sokna RA og til en viss grad Monserud. Den kommunaltekniske situasjonen er bedret, men hvor stabile forholdene er vil vi først vite etter noen års drift.

I flere av kommunens vassdrag svekkes vannkvaliteten av forhøyete verdier for organisk stoff. Deler av dette skyldes utslipp fra Follum Fabrikker (til Nedre Begna). Fra Monserud og Sokna RA har utslippene av organisk stoff vært høyere enn det de oppsatte forslag til miljømål tillater. Det finnes ingen tall som viser utslippene av organisk stoff fra Moelven Soknabruket, men anlegget er en sannsynlig kilde til TOC i Sogna. Utslipet av organisk stoff fra Trollmyra avfallsdeponi er også stort nok til at effekter bør kunne forventes i resipienten.

NIVA anbefaler at utslipp av organisk stoff gis økt prioritet.

En svakhet ved tallmaterialet i rapporten er mangel på oppdaterte data for utslipp fra spredte avløp. I 1997 var om lag 9000 pe i kommunen uten tilknytning til kommunale renselanlegg, og de utgjorde en betydelig kilde til næringssalter, og trolig også tarmbakterier. En utredning av dagens situasjon med hensyn til omfanget av spredte avløp og hvilke typer minirenselanlegg som fortsatt er i bruk vil gi viktig kunnskap og et mer presist bilde av fosforkildene.

Ifølge rapporten er lekkasjer fra ledningsnettet en større fosforkilde til vannforurensing enn ordinære utslipp fra kommunens renselanlegg. Fortsatt oppgradering av kommunens ledningsnett vil trolig være et viktig tiltak for å begrense utslippene. Også overvann er en sannsynlig kilde til fosforutslipp til Storelva.

Landbruk

Tiltakene for redusert utslipp fra jordbruk bør fokusere på forebygging av erosjon og bedret gjødselplanlegging. Erosjonsforebyggende tiltak er særlig knyttet til å la vårkorn overvintre i stubb, for å unngå unødig eksponering av jordsmonnet. Dette vil kunne redusere fosforutslippene med 471 kg

og 1177 kg nitrogen årlig. Om man også vårpløyer resten av høstkornarealene er retensjonen av fosfor estimert til 85 kg, og retensjonen av nitrogen estimert til 830 kg.

P-AL-verdiene for Ringerike ligger generelt noe over det som anbefales, og tilsier at bedret gjødselplanlegging kan være en måte å redusere utslippene fra jordbruk på. Punktvis ble det målt ekstremt høye P-AL-tall (opp til 74). Om slike punkter ligger nær resipient representerer de viktige punktutslipp av næringsstoffer til vann, så meget mer som at fosforavrenningen øker eksponentielt med P-AL-verdiene.

NIVA anbefaler at slike punktkilder identifiseres og vurderes separat, med tanke på å oppfølging og tiltak.

8. Litteratur

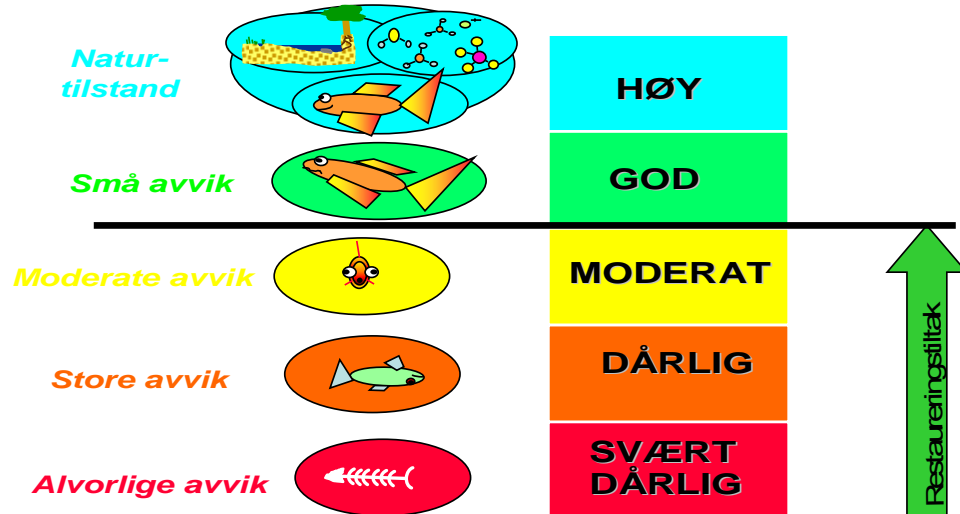
- Andersen, J.R., J. L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krogh, V. Lund, D. Rosland, B.O. Rosseland og K.J. Aanes. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT veiledning 97:04.
- Berge, D. 1983. Tyrifjorden. Sammenfattende rapport fra Tyrifjordsundersøkelsen 1978-1981. Tyrifjordutvalget 1983. 156 s.
- Borgvang, S.A., J.L.Bratli og A. Skiple. 1997. Hovedplan avløp for Ringerike kommune. Vannkvalitet i vassdragene. NIVA-rapport 3603-97.
- Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. 1994. Miljøsmål for vannforekomstene – Tilførselsberegninger. SFT-veileder.
- Bratli, J.L. 1995. Miljøsmål for vannforekomstene. Forventet naturtilstand. SFT-veileder.
- Brombach, H. 2002. Urban storm water practice in Germany. UFT Umwelt und fluid technik. Germany.
- Eggestad, H.S., Vagstad, N. og Bechmann, M. 2004. Tap av nitrogen og fosfor fra jordbruksarealer i Norge. Metodikk brukt for rapportering inn til TEOTIL-systemet fom år 2000. Jordforsk rapport 04/01.
- Fjeld, E. 1999. Miljøgifter i fisk fra Randsfjorden 1998. NIVA-rapport nr 4073-99.
- Halstvedt, C.B. 2007. Enkel rapport for overvåkning av Steinsfjorden 2006. NIVA-rapport.
- Holtan, H. og S.O. Åstebøl. 1991. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til fjorder og vassdrag. SFT-rapport nr 91:10. 53 s.
- Haarstad, K. 2007. Overvåking av sigevann fra Hadeland og Ringerike avfallsdeponi (HRA). Årsrapport 2006. Bioforsk rapport Vol 2 Nr 30.
- Ibrekk, A. S., Barton, D.N., Lindholm, O., Vagstad, N. H., Iversen, E. og Berge, D.. 2004. Systematisk gjennomgang av ulike miljøforbedrende tiltak og forslag til forbedring av metodikken ved tiltaksanalyser i lys av Rammedirektivet for vann. NIVA-rapport 4777 – 2004. Oslo.
- Karlsen, L.I. og A.B. Holte. 2007. Årsrapport renseanlegg 2007, Ringerike kommune. Eurofins, Drammen.
- Larm, T. 1994. Dagvattenets sammensättning, recipientpåverkan och behandling. VAV-rapport nr. 1994-06. Stockholm.
- Larm, T. 2000. Utforming och dimensjonering av dagvattenanläggningar. VA-forsk. 2000-10. Stockholm.
- Larm, T. et al. 2002. Kartlegging av föroreningsutsläpp med dagvatten til recipienter i Lidingö Stad. SWECO VBB VIAK Stockholm.
- Larm, T. 2004. Schablonhalter- StormTac. Version 2004-02. SWECO
- Lindholm, O. 1983. Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett. O-82124 NIVA.
- Lindholm, O. 1987a. Overløpsberegninger. Teoretiske beregninger. NIVA-rapport VA-1/87. Oslo.
- Lindholm, O. 1987b. Vurdering av usikkerhetene i beregning av kost-effekt for noen kommunaltekniske miljøverntiltak. NIVA-notat 4. februar 1987.
- Lindholm, O. 2004. Næringsstoffer og organisk stoff i overvann fra tette flater og overløpsvann.- Forslag til sjablongverdier og beregning av årlige utslipp. IMT-rapport 1/2004. Ås.
- Lundekvam, H. og Berge, E., 1989. Lekkasjar frå surforsiloar og gjødsellager. Notat 25.8.89. Inst. For bygningsteknikk og Inst. For jordfag. NLH.
- Lygren, E. og Wedum, K. 1982. Hvirvelkammer og hvirveloverløp. Regulering av vannføring og rensing av overvann. NIVA-rapport VA- 3/82.
- Lyche Solheim, A., N. Vagstad, et al. 2001. Tiltaksanalyse for Morsa. Vannsjø-Hobøl Vassdraget. Sluttrapport, NIVA, Jordforsk, Limnoconsult.
- Malmqvist, P-A. 1983. Urban Stormwater Pollutant Sources. ISBN 91-7032-106-X. CTH Göteborg.
- Opperud, O.H. 2008. brukerinteresser i Nordre Tyrifjorden, Væleren og deler av Ådalselva. Oppdragsrapport for Fylkesmannen i Buskerud.

- Selvik, J.R.; T. Tjomsland og H.O. Eggestad. 2007. Teoretiske tilførselsberegninger av nitrogen og fosfor til norske kystområder 2006. NIVA-rapport 5512.
- SFT 1995. Miljømål for vannforekomstene- Hovedveiledning. Veiledning 95:05. Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- SFT 1994. "Kostnadskurver for avløpsanlegg". TA-1135. Oslo
- Skiple, A. og A. Lükewille 1999. Deposisjon av fosfor i Norge. NIVA-rapport 4078-99.
- Stalleland, T. og Nicholls, M. 1993. Kostnadseffektivitetsanalyse for Romerike. NILF-rapport C-025-93.
- Staten vegvesen. 1998. "Rensing av overvann fra veg". MISA 98/07. Oslo
- Statistisk sentralbyrå. 2006. Byggekostnadsindeksene. www.ssb.no
- Sundstøl, R. og Mroz, Z. 1988. Utskillelsen av nitrogen og fosfor i gjødsel og urin fra husdyr i Norge. SEFO-rapport nr. 4.
- Tjomsland, T. og J.L.Bratli 1996. Brukerveiledning for TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. NIVA-rapport nr 3426.
- Vråle, L. 1986. Bestemmelse av tilføringsgrad VA-13/86. NIVA-rapport 0-86194.
- Aas, W., S. Solberg, S. Manø og K. E. Yttri. 2007. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2006. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning, OR 22/2007 (SFT rapport nr 985/2007)
- Åstebøl, S. O. 2004. Overvåking av rensebasseng for overvann fra E6 Skullerudkrysset I Oslo, 2003 – 2004. Interconsult. Oslo.

9. Vedlegg

Vedlegg 1

Økologisk status klassifisering og miljømål



EUs vanndirektiv baseres på fem ulike økologiske tilstandsklasser, definert i henhold til biologiske variabler. Grensen mellom "God" og "Moderat" er av særlig forvaltningsmessig relevans, da den danner grensen for når tiltak må settes inn.

Vedlegg 2.

Tabellen viser endringer i driften til jordbruksarealer fra 1996 til 2007 i daa og prosent, samt effekten disse endringene har på fosfortilførsler til vassdrag som kg/daa. Negative tall indikerer en nedgang i arealer eller prosentvis nedgang med tilsvarende nedgang i effekten på tilbakeholdelse av P.

P-effekt daa		Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Nakkerud/Tyristrand/Ask
		A	B	C	D	E	F	G
		1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007
Totalt areal	daa	5413	21424	10273	10745	6736	6098	9362
Dyrka mark til eng	areal (daa)	-476	-1462	1763	-50	554	-202	1652
Dyrka mark til eng	areal (%)	-8.8	-6.8	17.2	-0.5	8.2	-3.3	17.6
Dyrka mark til eng	effekt (kg/daa)	0.03	0.007	0.015	0.015	0.022	0.025	0.017
Redusert/utsatt jordarbeiding	areal (daa)	428	1737	-346	2001	2042	992	-155
Redusert/utsatt jordarbeiding	areal (%)	7.9	8.1	-3.4	18.6	30.3	16.3	-1.7
Redusert/utsatt jordarbeiding	effekt (kg/daa)	0.027	0.026	0.051	0.035	0.016	0.011	0.107
Grasdekt vannveg	areal (daa)	0	0	0	0	0	0	2
Grasdekt vannveg	areal (%)	0	0	0	0	0	0	0
Grasdekt vannveg	effekt (kg/daa)	0	0	0.167	0	0	0	0.188

Vedlegg 3.

Tabellen viser endringer i driften til jordbruksarealer fra 1996 til 2007 i daa og prosent, samt effekten endringene har på nitrogentilførsler til vassdrag som kg/daa. Negative tall indikerer en nedgang i arealer eller prosentvis nedgang med tilsvarende nedgang i effekten på tilbakeholdelse av N.

N-effekt daa		Øvre Begna	Sogna	Nedre Begna	Randselva	Storelva	Steinsfjorden	Nakkerud/Tyristrand/Ask
		A	B	C	D	E	F	G
		1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007	1996-2007
Tot areal	daa	5413	1343	10273	10745	6736	6098	9362
Delt gjødsling	areal (daa)	269	6.3	1667	1395	1752	1736	1737
Delt gjødsling	areal (%)	5	0.5	16.2	13	26	28.5	18.6
Delt gjødsling	effekt (kg/daa)	0.5	-1462	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vekstfordeling	areal (daa)	-476	-6.8	1763	-50	554	-202	1652
Vekstfordeling	areal (%)	-8.8	0.124	17.2	-0.5	8.2	-3.3	17.6
Vekstfordeling	effekt (kg/daa)	0.492	1737	0.253	0.245	0.378	0.424	0.281
Redusert/utsatt jordarbeiding	areal (daa)	428	8.1	-346	2001	2042	992	-155
Redusert/utsatt jordarbeiding	areal (%)	7.9	0.249	-3.4	18.6	30.3	16.3	-1.7
Redusert/utsatt jordarbeiding	effekt (kg/daa)	0.671	0	0.506	0.454	0.608	0.664	0.689
Grasdekt vannveg	areal (daa)	0	0	0	0	0	0	2
Grasdekt vannveg	areal (%)	0	0	0	0	0	0	0
Grasdekt vannveg	effekt (kg/daa)	0	0	0.418	0	0	0	0.47

Vedlegg 4. Beregninger for kommunaltekniske anlegg

Den avstrømmede overvannsmengden pr. år beregnes etter følgende formel:

$Q_{\text{år}} = a \times A \times (P-b) \times 10^{-3}$, hvor

$Q_{\text{år}} =$ Avrent volum over et middelår i m^3

$a =$ andelen tette flater som dreneres til overvannssystemet. (En del tette flater drenerer direkte ut på permeable felter, f.eks. avløp fra hustak som går direkte ut i egen have.)

$A =$ Totalareal tette flater i avrenningsområdet i m^2 .

$P =$ Total nedbør over et middelår. (mm)

$b =$ Totalt tap av vann p.g.a. fordampning. (mm). For områder med stor helning ($> 1,5\%$) kan man bruke $b =$ ca. 50 mm, og for flatere områder $b =$ ca. 100 mm

Dersom man ikke kjenner arealet av de tette flatene, kan man benytte arealet for hele avrenningsområdet og data fra tabellen nedenfor, som gir tallverdier for andel tette flater og andel

deltagende flater i ulike typeområder. Denne beregningsmetoden gir imidlertid stor unøyaktighet i resultatet.

Tabell. Tette flater i ulike typer områder og andel deltagende tette flater

Type område	Tette flater i % av totalt areal	Andel deltagende tette flater (a)
Villa/eneboliger	10-20	0,55
Rekkehus	20-40	0,6
Blokk	40-50	0,65
Sentrumsområder	80-90	0,9
Veger	100	Vurderes lokalt

For å finne stoffavstrømningen multipliserer man konsentrasjonen med avrenningsvolumet. Resultatene av disse beregningene av de totale utslippene av fosfor (P), nitrogen (N), og organisk stoff er vist for kommunene i Glommas nedslagsfelt i vedlegg 2. Fosfor, nitrogen og organisk stoff er generelt bundet til partikler, og fosfor i noe høyere grad enn nitrogen. Larm et al, 2002, angir 33 % som løst fosfor og 34 % som løst nitrogen. I overvann er det store mengder partikler, noe som gjør at nitrogen og fosfor hovedsakelig foreligger partikulært.

Beregninger av reduksjoner av utslipp av tot-P i overvann og tilhørende kostnader.

Overvann renses og forurensningstilførselen reduseres ved frakobling fra ledningsnettet og ved rensing i åpne dammer. Ved frakobling og infiltrasjon får man en renseeffekt på 100 % og ved rensing i dammer regnes det med en renseeffekt for fosfor på 60 %. Det er antatt frakobling av 20 % av overvannet og rensing av 30 % av overvannet i åpne dammer.

Overvann:

Antar 60 % renseeffekt i dammer og 100 % renseeffekt ved infiltrasjon.

Reduksjon for Hønefoss by : $203 \times 0,3 \times 0,6 + 203 \times 0,2 = 77,1 \text{ kg/år}$

Kostnader for dammer blir 5700 kr/kg og år $\times 77,1 \times 0,48 = \text{kr } 210.945.-$ i årskostnader
 Kostnader for infiltrasjon blir 3600 kr/kg og år $\times 77,1 \times 0,52 = \text{kr } 144.331.-$ i årskostnader
 Totalt for overvannstiltak = $\text{kr } 355.276.-$ i årskostnader (drift og vedlikehold er ikke medregnet)

Gjennomsnittlig kost-nytte $\text{kr } 355.276.- / 77,1 \text{ kg} = 4.608 \text{ kr/kg tot-P pr. år.}$

Generelt om rensing og kostnader vedr. overvann i åpne dammer.

Åstebøl (2004) angir en renseeffekt for tot.fosfor på 61 % og for biotilgjengelig fosfor på 62 %. Internasjonale erfaringer oppgis å ligge på 55 – 65 % fjerning av total fosfor. Dette gjelder overvann fra veier. Det antas i denne utredningen en fjerning av tot P på 60 %. Gjennomsnittlig innløpskonsentrasjon av tot P var $0,67 \text{ mg/l}$ og for biotilgjengelig fosfor $0,39 \text{ mg/l}$. Overvannsdammen var mottager av overvann fra E6 på Skullerud. Konsentrasjonen av overvann i Glommas nedslagsfelt som er aktuelt for en overvannsdam, antas til å ligge på $0,3 \text{ mg/l}$.

Staten vegvesen (1998) angir at ca. 200 m^3 pr. redusert ha vil gi ca. 60 % fjerning av total fosfor. Videre antok amerikanske myndigheter følgende kostnader i 1985-dollar

$$C = 6,1 (V/0,02832)^{0,75}$$

Der $V = \text{totalvolum i m}^3$.

Vegvesenet refererer også danske utredninger som sier at kostnadene pr. m³ varierer mellom 30 – 300 DKK (1988), med et gjennomsnitt på 75 DKK/m³.

Jørn Arntzen i Vegdirektoratet mener at deres dammer koster mellom 300 000 og 700 000 kr. Åstebøl i COWI har angitt at middelkostnaden på disse dammene var ca. 650 000 kr. Disse dammene har volumer i området 300 til 700 m³, med et midlere volum på ca. 500 m³. Med tetting i bunnen, innløps- og utløpsarrangementer antas det at m³-kostnaden ligger på ca. 1000 kr/m³ effektivt volum.

Dersom man som eksempel velger et felt på 40 ha med 30 % tette flater, vil volumbehovet bli 200 m³ x 40 x 0,3 = 2400 m³.

Bruker vi Larm (2000) og antar at samme felt har en avrenningskoeffisient på 0,25 blir anbefalt damareal = 0,25 x 40 x 250 = 2500 m². Ved en midlere dybde på 1,2 m blir volumet 3000 m³. Vi velger å bruke 2400 m³ i beregningene.

Avrent overvannsmengde kan anslås til 400 000 m² x 0,25 x 0,7 m/år = 70 000 m³ pr. år.

Regner vi 0,3 mg tot P/liter i overvannet blir årlig fjernet stoff 21 kg.

Den amerikanske formelen gir 30300 dollar i 1985 verdi. Bruken man SSBs kostnadsindeks får man i 2006 ca 500 000 kr. Hvis man bruker de danske tallene med 200 DKK/m³ får man i 2006 ca. 900 000 NOK. Alt dette høres for lite ut, og vi velger å bruke 1000 kr/m³. Da blir kostnaden 2,4 mill. kr.

Bruker man 2,4 mill. kr får man et nytte/årskostnad på ca. 5700 kr/kg. Drift og vedlikehold er ikke regnet med.

Generelt om frakobling og infiltrasjon av overvann fra separatsystemnett og kostnader

Overvann infiltreres til grunnen via permeable flater, infiltrasjonsgrøfter eller pukkmagasiner. Tiltaket har betydelig virkning for fjerning av tungmetaller og mikroorganiske miljøgifter som PAH. Erfaringer fra Fredrikstad og Oslo tilsier at man kan regne meget varierende kostnader pr m² for frakobling av tette flater avhengig av grad av urbanisering og lokale forhold. Det antas at verdien kan settes til 10 til 50 kr/m². Fredrikstad ligger nærmere 10 kr/m².

Hvis man antar at 1 m² tett flate genererer 0,7 m³ avrenning/år og man antar 0,2 mg tot. P/l i overvann (antar litt renere overvann enn det som renses i dammer) fjerner man 0,14 gram P pr. år dersom alt infiltreres i grunnen.

Ved en kostnad på 10 kr/m² blir kostnytte-faktoren, som nåverdi ca. 71 600 kr/kg tot P/år.

Regnet med en annuitetsfaktor på 19,8 blir årskostnadsfaktoren ca. 3600 kr/år pr. kg P/år.

Drift og vedlikehold er da ikke medregnet.

Vedlegg 5.**Ringerike - Alle tall for utslipp er Tot - P**

	Ask	Hallingby	Monserud	Nakkerud	Nes i Adal	Ringmoen	Sokna*	Tyrstrand	Kommunen
Overvann,tette flater									
Boligområde, eneboliger antall da									
Næringsområder, antall da									
Utslipp fra fellesavløpssystemer	1 %	1 %							
Utslipp fra sp.v. ledn eldre enn 1970	6 %	6 %	6 %	6 %					
Utslipp fra sp.v. ledn nyere enn 1970	3 %	3 %	3 %	3 %					
Utslipp kommunalt renseanlegg									
Antall personer tilknyttet 2007		704	19715	292	118	90	573	762	22254
Utslipp 2007 - kg/år									
Tot-P 2007		23,1	160	5,1			4,8	10,8	204
Tot-P 2006		50,1	209	34,3			5,8	19	318
Tot-P 2005		15,4	194	11,3			6,3	7,3	234
Utslipp pumpestasjoner									
Lekkasjer fra komm. avløpsanlegg									
Antall meter fellesledninger		100	57231				1135	1558	60024
Antall meter spillvannledn. eldre enn 1970	655	2818	34573	117	759	100	2291	2628	43941
Antall meter spillvannsledn. 1970-	610	4430	54238	2705	522	1819	8559	4520	77403
SUM	1265	7348	146042	2822	1281	1919	11985	8706	181368
PE fellessystem	0	11	6088	0	0	0	121	166	6386
PE sp.v. ledn eldre enn 1970	70	300	3678	12	81	11	244	280	4675
PE sp.v. ledn nyere enn 1970	65	471	5770	288	56	194	911	481	8234
SUM PE	135	782	15536	300	136	204	1275	926	19294
Lekkasje fellesledninger kg/år	0,0000	0,0621	35,5563	0,0000	0,0000	0,0000	0,7051	0,9679	37,2915
Lekkasje sp.v. ledn eldre enn 1970 kg/år	2,4416	10,5045	128,8764	0,4361	2,8293	0,3728	8,5401	9,7963	163,7971
Lekkasje sp.v. ledn nyere enn 1970 kg/år	1,1369	8,2568	101,0904	5,0417	0,9729	3,3903	15,9525	8,4245	144,2660
SUM lekkasjer kg/år	3,5786	18,8234	265,5231	5,4778	3,8022	3,7631	25,1977	19,1887	345,3546

Kommentarer:

Ask rensedistrikt er overført til Monserud RA
 * Sokna sentrum + Pukerudhagen
 Meter ledning pr innbygger= 181368/19231= 9,4 m

Overvann PO					Ringerike					Hønefoss				
Data om tette flater					Sjabloneverdier for P og O									
Type areal	Areal i km ²	% tette flater	andel koblet til nett	Nedbør mm /år	Tap i mm/år	TOT P mg/l	Bio-P mg/l	BOF ₅ mg/l	KOF mg/l		Mengde avrent overvann m ³ /år			
Veger 30000 ÅDT	0	100	1	670	100	0,24	0,072	18	160		0			
Veger 5000	0	100	1	670	100	0,15	0,045	10	40		0			
Sentrum og næring	6,2	70	0,9	670	100	0,35	0,105	40	120		2226420			
Blokkbebygg	0	45	0,65	670	100	0,3	0,09	30	90		0			
Rekkehus	7,8	35	0,6	670	100	0,25	0,075	12	70		933660			
Eneboliger	0	18	0,55	670	100	0,2	0,06	10	60		0			
Produsert i tonn pr år fra tette flater										Sum	3160080			
	TOT P	Bio-P	BOF ₅	COD	overløp/lekkasjer 60 % bio-P, kjem-bio renseanl 90 %, kjem renseanl 30 %, Overvann 30 % bio-P									
	tonn/år	tonn/år	tonn/år	tonn/år										
Veger A	0,000	0,000	0	0										
Veger B	0,000	0,000	0	0										
Sentrum og næring	0,779	0,234	89,057	267,17	Nedbør Hønefoss = 670									
Blokkbebygg	0,000	0,000	0	0										
Rekkehus	0,233	0,070	11,204	65,356										
Eneboliger	0,000	0,000	0	0										
SUM	1,013	0,304	100,3	332,53										
Andelen som renner av lokalt (i separatsystemet)														
Veger A	1													
Veger B	1													
Sentrum og næring	1													
Blokkbebygg	1													
Rekkehus	1													
Eneboliger	1													
Utslipp overvann														
	TOT P	Bio P	BOF ₅	KOF										
	tonn/år	tonn/år	tonn/år	tonn/år										
Utslipp	1,013	0,304	100,26	332,53										
Overløp:					Det er ikke oppgitt noe overløpsutslipp									

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no