

# Gudenåen

# '75



Resumé af en række  
undersøgelser  
udført for Gudenåudvalget  
1973-1975

ADENAEUS  
ADSPRING

# Forord

Dette hæfte indeholder en kortfattet oversigt over resultaterne af Gudenåundersøgelsen 1973–1975.

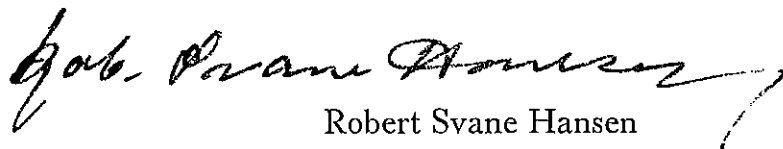
Undersøgelsen blev iværksat efter at en forundersøgelse i 1972 havde påvist et behov for en samlet undersøgelse af forureningen i Gudenåsystemet.

Amtsrådene og kommunerne i Gudenåens opland har nu fået et meget nuanceret grundlag til vurdering af vandkvaliteten, og dermed har man fået et redskab til en indsats imod forureningen og er kommet målet – en renere Gudenå – et stort skridt nærmere.

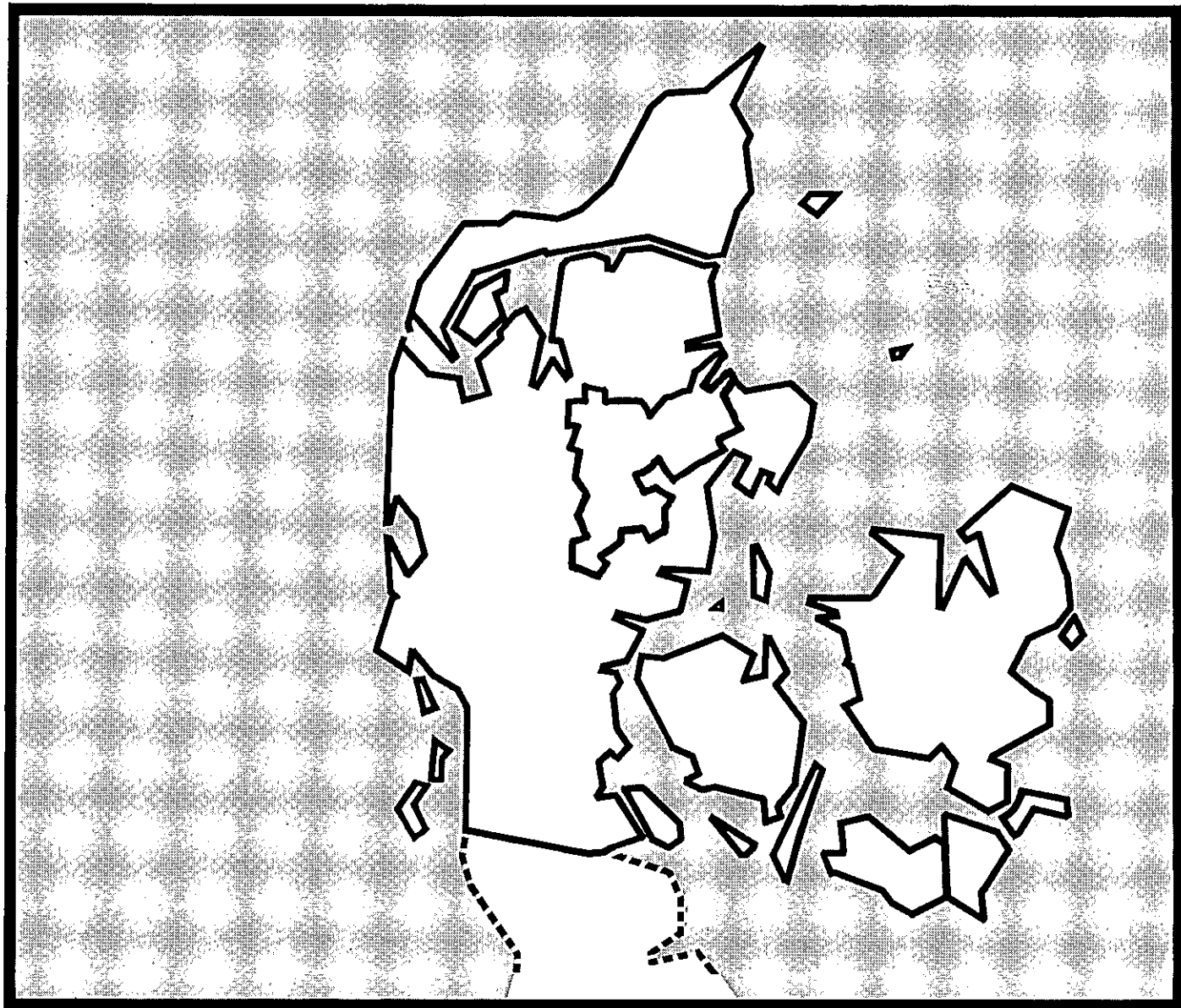
Med undersøgelsen har vi fået en række rapporter, der giver en viden, man ikke har ret mange steder, om vandkvalitet og følsomhed over for menneskeskabte påvirkninger.

Det er tusindvis af sider svært stof. Derfor har Gudenåudvalget besluttet at udsende denne oversigt. Det er kun en oversigt og skal ikke udgive sig for andet. Den travle får hastig besked. Den, der har behov for mere viden, får nogle stikord til et nøjere studium af forskernes dybtgående rapporter.

Århus, oktober 1976



Robert Svane Hansen  
Amtsborgmester,  
form. for Gudenåudvalget.



*Gudenåens afstrømningsområde  
er markeret med mørkeblåt*



# Hvorfor undersøge Gudenåen?

Gudenåen er med sin mangfoldighed af vandløb og sin udmunding i Randers Fjord et af Danmarks smukkeste naturområder. Et system af åer, søer og fjord, der er værd at værne om som rekreativt område. Men også et transportsystem for spildevand, der i mere eller mindre rensset grad føres ud i Randers Fjord.

Det har været formålet med Gudenå-undersøgelsen, der har stået på fra 1973 til 1975, at kortlægge hele vandsystemets forureningstilstand. På baggrund af denne kortlægning – og på baggrund af den forventede udvikling af forureningsbelastningen – skulle undersøgelsen

- komme med forslag til hvor og hvorledes man bør sætte ind med rensning, og hvordan man bør prioritere,

- opstille en række mål for, hvor rent vandet bør være og prioritere målene indbyrdes,
- komme med forslag til løbende kontrol med forureningskilder og med vandvejenes forureningstilstand.

Det er amtsrådene i Vejle Amtskommune, Viborg Amtskommune og Århus Amtskommune, der har bevilget hovedparten af de 8,6 mill. kr., undersøgelsen har kostet. Miljøstyrelsen har bidraget med 470.000 kr.

Til at forestå undersøgelsen nedsattes et udvalg – Gudenåudvalget – og desuden tilknyttedes en teknikergruppe. Til at udføre og koordinere de mange delundersøgelser ansatte Gudenåudvalget *Vandkvalitetsinstituttet*, Akademiet for de Tekniske Videnskaber, der fik ansvaret for undersøgelserne

inden for Gudenåens opland og *Enviroplan A/S*, der fik ansvaret for undersøgelserne inden for Randers Fjord og dens opland.

En fortegnelse over medlemmer i Gudenåudvalget og teknikergruppen samt en liste over deltagende institutter og virksomheder findes bagest i hæftet. Her findes også en fortegnelse over delundersøgelser og rapporter, der er tilgængelige ved henvendelse til de tekniske forvaltninger i de tre amtskommuner og i de 35 primærkommuner, der ligger i Gudenåsystemets opland.



# Portræt af et vandsystem

Gudenåsystemet og dets opland har i det sidste par tusinde år været et centralt bosted. Stenalderfolket slog sig ned her, og i middelalderen byggede munkene klostre – især på steder, hvor vandkraften kunne udnyttes. Ved starten af industrialiseringens tidsalder efter år 1850 blomstrede byer som Silkeborg og Randers for alvor op, og en række virksomheder udnyttede Gudenåen til vandkraft, transport og som råvare. I dag er det først og fremmest de rekreative kvaliteter ved Gudenåen, der lokker.

Gudenåen er 146 km lang målt fra udspringet ved Tinnet Krat til Randers Fjord. Undervejs sker der et samlet fald på 70 m. Med sidetilløb afvander systemet 2.600 km<sup>2</sup>. Randers Fjord er fra Randers by til udmundingen i Kattegat 27 km lang. Fjordens areal er 21 km<sup>2</sup>,

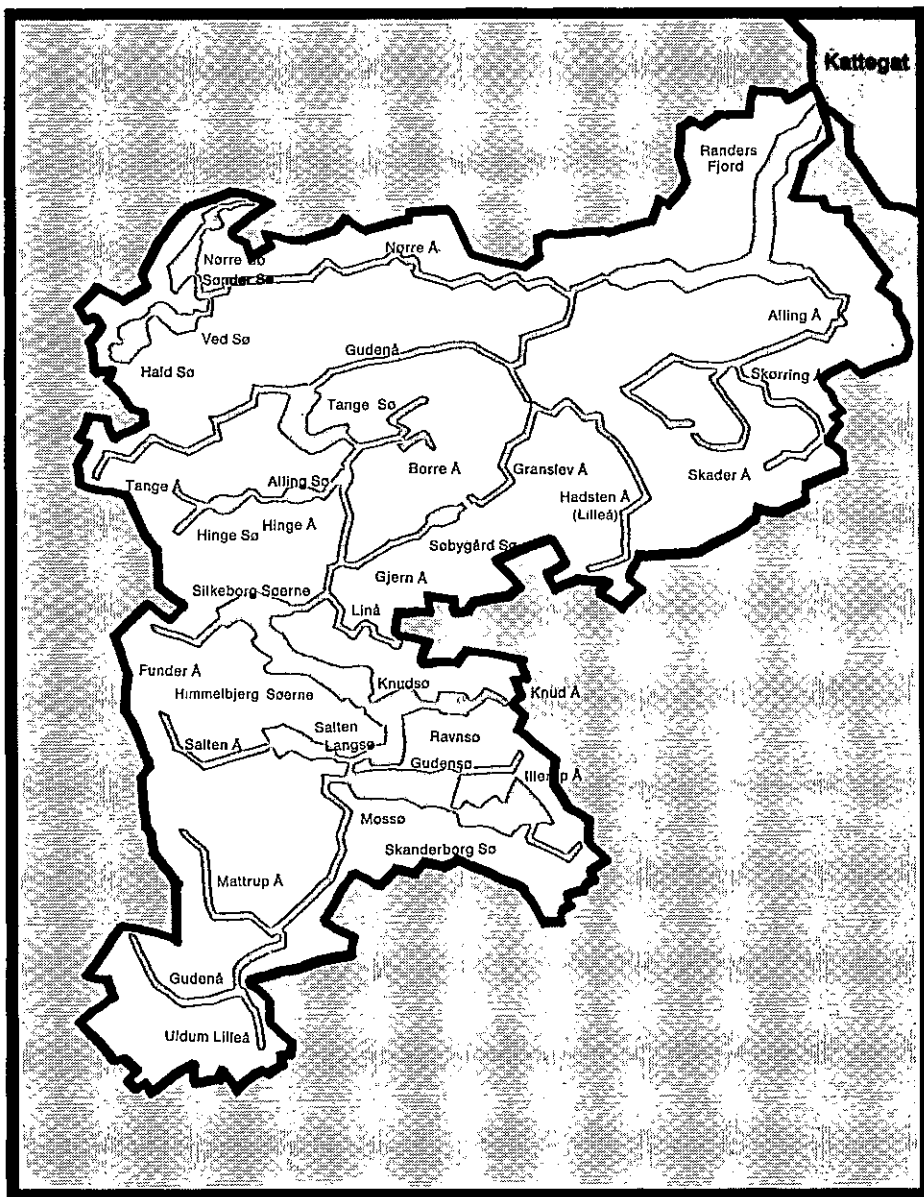
og den afvander et landområde på 625 km<sup>2</sup> inkl. Alling Å. Fjorden danner søtransportvej til Randers. Den besejles årligt af 12–1300 skibe.

Gudenåsystemet har ca. 550 egentlige kilder og større side-tilløb. De vigtigste er: Uldum Lilleå, Mattrup Å, Tåning Å, Salten Å, Knud Å, Funder Å, Linå, Gjern Å, Hinge Å, Tange Å, Hadsten Lilleå (Lilleåen) og Nørre Å.

For Randers Fjords vedkommende kommer hertil tre større tilløb: Alling Å, Tvede Å, Ø. Tørslev Å, hvoraf Alling Å er den vandrigeste. Dens vandmængde udgør dog kun fire pct. af Gudenåens.

I Gudenåsystemet ligger en række større søer – hovedparten typiske langsøer, der ligger i tunneldale fra istiden.

De største er: Skanderborgsøerne, Mossø, Salten Langsø, Knudsø, Ravnsø, Himmelbjergsøerne, Silkeborg Langsø, Tange Sø, Hald Sø, Vedsø, og Viborg-søerne.



Gudenåoplandets  
vigtigste  
tilløb og søer.

# Vandkvaliteten i dag

Gudenåen og dens tilløb og søer består af ferskvand, der opholder sig i vekslende tid i systemet. På strækninger med vandløb er opholdstiden 1-3 døgn alt efter årstid og hvilken strækning, der er tale om. I de mellemstore søer er vandets beregningsmæssige opholdstid 3-5 måneder, og i de dybe søer, f. eks. Skanderborg Sø, Mossø, Knudsø, Ravnsø og Hald Sø 1-3 år.

Gudenåsystemet udgør over 90 pct. af den totale tilledning af vand til Randers Fjord. Vandføringen er årstidsbestemt. I undersøgelsesperioden målte man Gudenåens vandtransport til fjorden til minimum 13.000 l/sek. og maksimalt 78.000 l/sek.

Den samlede tilførsel til Randers Fjord udgør ca. 31.000 l/sek. målt som årsgennemsnit. Heraf tegner Gudenåen sig for ca. 28.000 l/sek. - eller næsten

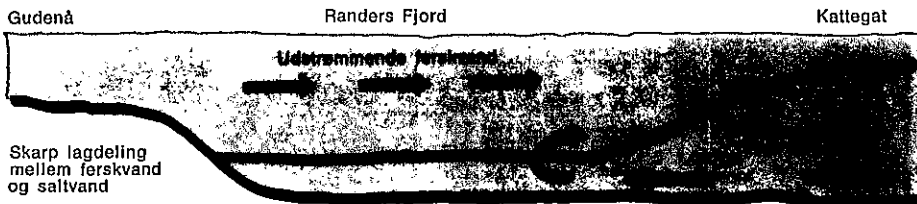
1 milliard kubikmeter årligt. Det svarer til Danmarks totale vandforbrug.

Når ferskvandet kommer ud i fjorden, blandes det med saltvand, der trænger ind fra Kattegat. Hvor det salte og det ferske vand møder hinanden, opstår der en lagdeling af vandmasserne. Øverst finder man et vandlag med ringe saltholdighed og med udadgående strøm. Nederst optræder en indadgående bundstrøm med høj saltholdighed. Det er forskellene i vægtfylde mellem det ferske og det salte vand, der bevirker lagdelingen. »Lagene« veksler bl. a. afhængig af vandmængden fra Gudenåen, vindretning-

gen og tidevandsbevægelsen. Alene sidstnævnte betyder en forskel i vandstand i fjorden på 40 cm.

Opholdstiden for vandet i fjorden er i gennemsnit 17 dage om sommeren og 6 dage om vinteren, hvor vandtilførslen er størst. Randers Fjord er et af de få fjordområder i Danmark, der får tilført så store mængder ferskvand, at den får karakter af en flodmunding.

Der er flere måder at bedømme vandkvalitet på. For Gudenåsystemets søer og vandløbsstrækninger og for Randers Fjord er det sket på grundlag af biologiske, fysiske og kemiske forhold.





# Biologiske forhold

Undersøger man vandløbenes dyreliv viser det sig, at forureningsgraden bedømt efter saprobiesystemet oftest ligger omkring grad II. Saprobiesystemet bruges til at bedømme især den organiske forurening. Sapro betyder rådden. Man skelner mellem 4 grader, hvoraf grad II svarer til »ret svagt forurenat«.

5-10 pct. af de mere betydende vandløbsstrækninger er bedømt til grad III, der svarer til betegnelsen »ret stærkt forurenat«. Kun få pct. af den samlede strækning er helt oppe på grad IV, der er betegnelsen for »overordentligt stærkt forurenat«.

Saprobiebedømmelsen kan dog kun anvendes med forbehold i Gudenåens nedre løb.

På strækningen før Mossø mellem Bresten bro og Klostermølle har man fundet ret så sjældne rentvandsorganismer,



Laksetrappen ved Tangeværket

som kan henføres til »den gamle Gudenå-fauna«.

Vandløbsvegetationen har over langt de største strækninger af Gudenå og dens tilløb en meget ensformig karakter. De to talrigeste arter er vandpest og enkelt pindsvineknop. Der har ikke kunnet konstateres direkte forbindelse mellem mængden af næringssalte i

vandet og produktionen af grøde. Man har derimod registreret, at der aldrig findes belastende eller langvarige masseforekomster af epifytiske alger og større trådformede grønalger, hvis fosforkoncentrationen er lille.

Den varierede grad af spildevandsrensning indvirker på livsbetingelserne på flere vand-

løbsstrækninger. Nørreåen har således dårlige iltforhold på grund af en høj forureningsgrad og en ringe genluftning – iltning – af vandet. Hadsten Lilleå har over en længere strækning vand uden ilt på grund af det urensede spildevand fra Hadsten by. Dette forhold er dog ændret i dag, idet Hadsten by startede rensning af spildevandet januar 1976.

De fiskeribiologiske undersøgelser viser, at ørred er den fisk, der er fundet flest steder og i størst mængde. Blandt hyppige fiskearter er også regnbueørred, ål og trepigget hundestejle. I alt er der fundet 18 arter af fisk i vandløbene.

Der findes ikke laks i Gudenåen. Bygningen af dæmning og kraftværk ved Tange i 1920 har lige siden hindret laksene på vej op i systemet i at nå gydepladserne, der alle

lå oven for kraftværket. Det har også medvirket til at reducere bestanden af havørred.

En ombygning af fisketrappen ved Tange-værket, så den bliver funktionsdygtig, kan muligvis øge bestanden af havørred, men man må indstille sig på, at det er sket med en laksebestand i Gudenåen, der er i stand til at yngle. Gydepladserne er i stor mængde blevet oversvømmet og ødelagt ved dannelsen af Tange Sø.

For Randers Fjords vedkommende er der ved bundundersøgelser af dyrelivet konstateret tydelige spor af spildevandsforurening helt ud til Kattegat.

Fra Randers til Uggelhuse er dyresamfundet stærkt påvirket af sejladserne på fjorden, af forureningen og af de vekslende saltholdigheder i vandet. Fra Uggelhuse til Mellerup er dyrelivet meget påvirket og ud-

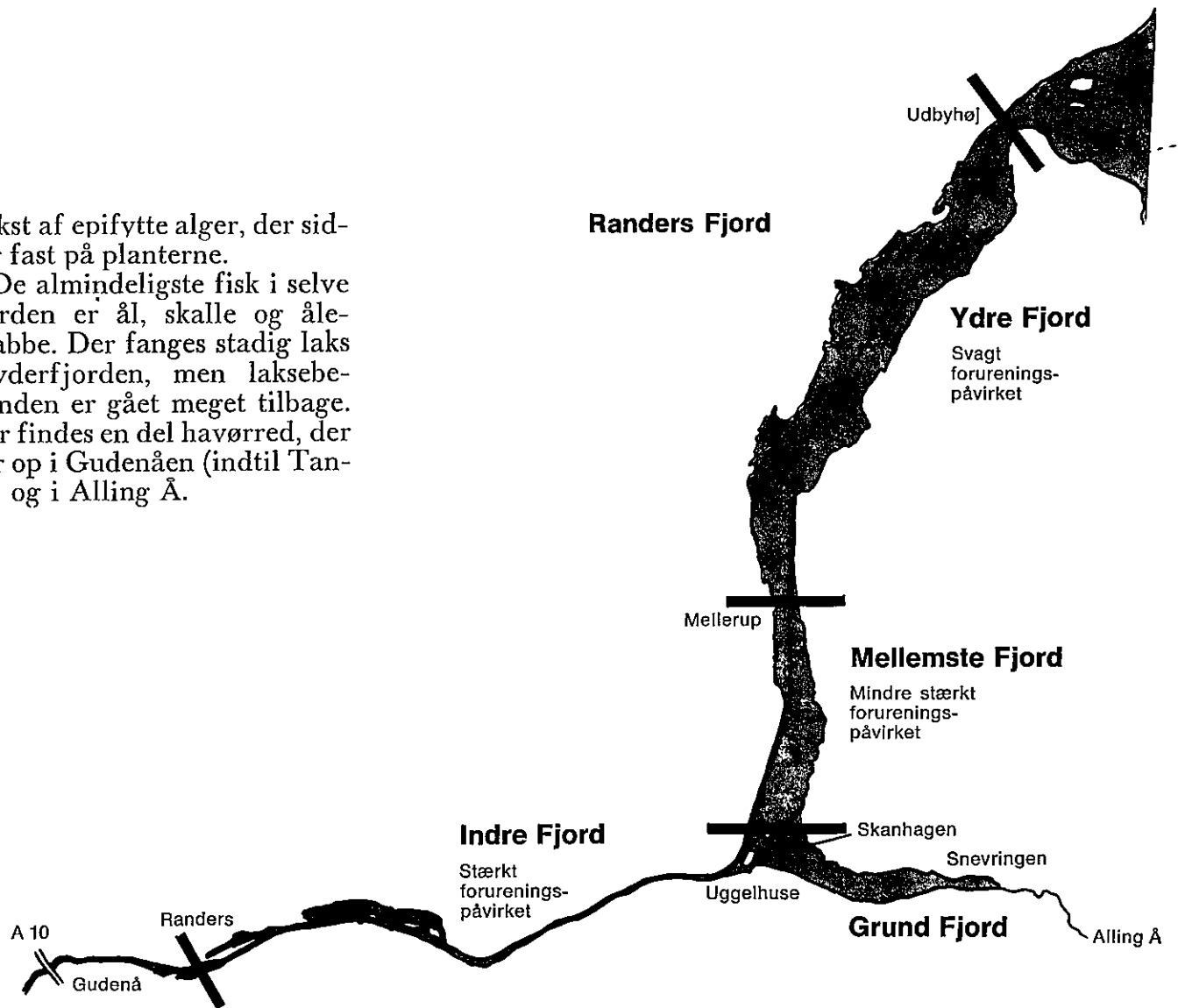
gøres af få arter, der er til stede i store mængder. På strækningen Mellerup–Udbyhøj er der kun tale om en svagt påvirket zone, og her findes et relativt varieret og særdeles talrigt dyreliv. I Grund Fjord findes udelukkende dyr, der er i stand til at overleve i forurenede vand.

Ved undersøgelser af fjordens planteliv har man haft sammenligningsmateriale i form af tidligere undersøgelser. Det har gjort det muligt at påvise direkte ændringer, der skyldes øget forurening.

Bl. a. findes der ikke længere undervandsplanter i Randers Fjord fra Randers til Mellerup og fra Skanhagen til Snevringen. Blandt årsagerne er en øget koncentration af næringssalte i vandet og dermed aftagende klarhed, af tiltagende mudderaflejringer, af masseforekomster af drivende alger og af en næsten uafbrudt

vækst af epifytte alger, der sidder fast på planterne.

De almindeligste fisk i selve fjorden er ål, skalle og ålekvabbe. Der fanges stadig laks i yderfjorden, men laksebestanden er gået meget tilbage. Der findes en del havørred, der går op i Gudenåen (indtil Tange) og i Alling Å.



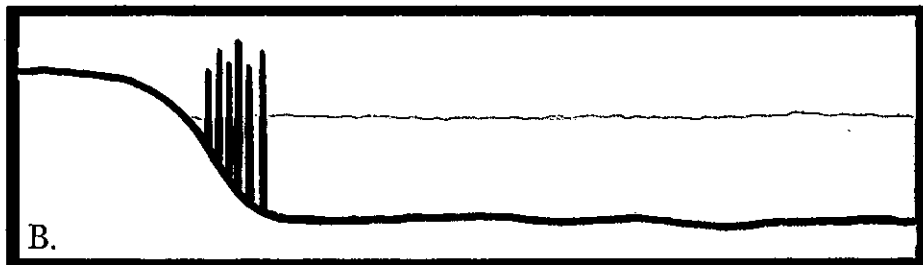
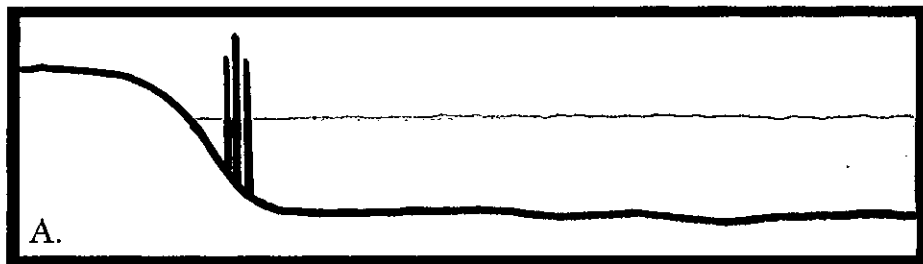
# Søerne

Et kapitel for sig udgør Gudenåsystemets mange søer. Vandhastigheden er væsentlig mindre, og vandmassens kemiske sammensætning, bundfældningen, plante- og dyrelivet er anderledes end på vandløbsstrækningerne.

67 af systemets søer er blevet vurderet og klassificeret efter deres eutrofieringsforhold, dvs. hvor stort indholdet af næringssalte er.

Man opererer med en 3-delning af forureningsgraden.

- A. betegner rene søer, hvor sigtedybden er større end 3 meter.
- B. betegner eutrofierede søer, hvor sigtedybden er større end 1 meter men mindre end 3 meter.
- C. betegner stærkt eutrofierede søer, hvor sigtedybden er mindre end 1 meter.



I søer af klasse B vil der ofte være sammenhængende, bundfast undervandsvegetation, mens der i klasse C stort set ikke findes bundfast undervandsvegetation.

Af de 67 vurderede søer var 19 af forureningsgrad A eller renere, 20 vurderedes som B-søer, mens 28 søer var i kategori C.

Hvad betyder eutrofieringen eller mængden af nærings-salte?

En sø med ingen eller ringe tilførsel af nærings-salte har i reglen en forholdsvis sparsom vegetation ved bredden og en udbredt og tæt undervandsvegetation. Mængden af planteplankton er ringe og dermed er lysforholdene (sigtedybde) så gode, at planterne på søbunden kan optage nærings-salte fra bunden under brug af lysenergi (fotosyntese) i stedet for at

*Parti fra Borre Sø*



skulle leve af det stoffattige vand omkring dem.

En sø med rigelig tilførsel af næringsstof har ofte rørskov. Til gengæld er bundvegetatio-

nen ringe, da en stor planktonmængde forringer lysets muligheder for at trænge ned (sigtedybden).

Planktonmængden er afhængig af mængden af næringsstoffer. Planktonet forringer vilkårene for den øvrige vegetation i søen, idet lysmængden nedsættes. Dermed får planterne ikke lysenergi til at optage og omdanne nærings-saltene på bunden. Samtidig generes fiskene af det uklare vand og de forringede lysforhold. En ond cirkel er startet, der kan ende med en tilgroning af lavtvandede områder. Det dannede planteplankton – der er organisk stof – vil efterhånden som det dør blive omsat af bakterier under forbrug af ilt. Er søen dækket af is i lang tid om vinteren, kan det ske, at al ilt i søvandsmassen opbruges. Dermed kan fiskene ikke længere overleve.





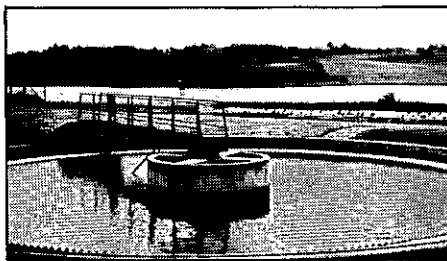
# Et belastet system

Befolkningen i Gudenåens opland er på 190.000. Industri, dambrug etc. kan gøres op på mange måder. I denne forbindelse gælder det forureningseffekten, der påføres Gudenåsystemet. Målt i spildevand svarer industriens mængde til, hvad 170.000 mennesker ville påføre vandsystemet. Den tilsvarende mængde spildevand fra dambrugene svarer til, hvad 47.000 mennesker ville påføre vandsystemet.

Lægges disse mængder sammen med den spildevandsmængde, der tilføres Randers Fjord fra de øvrige å-systemer, kan man fastslå, at fjorden får tilført mere eller mindre rensset spildevand fra, hvad der svarer til over 550.000 indbyggere – eller 1/10 af Danmarks befolknings udledning af husspildevand.

Det er især kvaliteten – eller renheden – af spildevandet, der

betinges, hvor høj grad af forurening Gudenåsystemet skal have. Og det er primært investering i spildevandsrensning, dette hæfte skal medvirke til at skabe beslutningsgrundlag for.



Situationen i dag er nogenlunde klar: En opgørelse over 95 kloakområder viser, at når spildevandet udledes i Gudenåsystemet, er

ca. 5 pct. urensset,  
ca. 38 pct. mekanisk rensset,  
ca. 57 pct. mekanisk-biologisk rensset  
under  $\frac{1}{2}$  pct. er mekanisk-biologisk-kemisk rensset.

Det betyder, at for hver 200 liter spildevand har kun 1 liter været igennem den teoretisk ønskelige rensningsproces.

Inden udgangen af 1976/77 vil dog både Silkeborg og Skanderborg byer have ændret de nuværende mekaniske rensningsanlæg til mekanisk-biologisk-kemiske rensningsanlæg. Dertil kommer, at Hadsten, Hammel og Randers byer siden undersøgelsens start har eller er ved at etablere mekanisk-biologiske rensningsanlæg.

I Randers Fjord-området er der i alt 75 kloakerede områder. Ved afledning til vandløb og fjord er:

13 pct. urensset,  
74 pct. mekanisk rensset,  
13 pct. mekanisk-biologisk rensset og  
0 pct. mekanisk-biologisk-kemisk rensset.

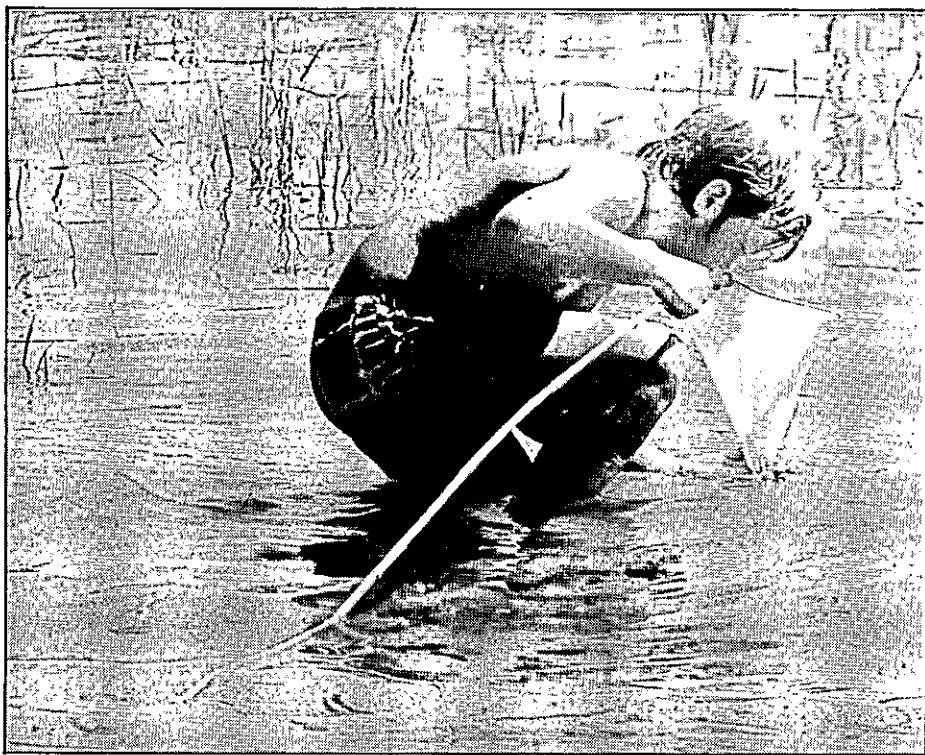
# Hygiejne

Den hygiejniske kvalitet i Gudenåsystemet og Randers Fjord er blevet undersøgt en række steder. Indholdet af colibakterier, som i sig selv ikke frembyder nogen fare, men som fortæller om spildevandsudledning, samt de sygdomsfremkaldende salmonella er blevet målt.

De deciderede badevandsområder som f. eks. Almind Sø, Hinge Sø, Knudsø m. fl. i Gudenåsystemet byder på gode hygiejniske forhold. På en række målestationer i vandløbene findes der forhold, som ikke tilfredsstillende de hygiejniske krav til badevand. Randers Fjord er på strækningen Randers-Uggeluse stærkt forurenet med et gennemsnitligt colital på 22.000 pr. 100 ml. vand.

Strækningen fra Uggeluse til Mellerup-området er mindre forurenet med et colital på 1.500 pr. 100 ml. Først efter

Mellerup-området ud mod Kattegat har vandet bademæssig hygiejnestandart med målte colimængder på 120 pr. 100 ml.



# Hvordan virker forurening?

Det er ikke alle udledninger af organisk eller uorganisk stof, der er lige farligt for miljøet. Velkendte for deres farlighed er f. eks. giftstoffer, der ophobes i levende organismer.

Men der er mange typer »af-fald«, der nok er ufarlige i mindre mængder, men som i større koncentrationer får alvorlige konsekvenser for omgivelserne, for dyre- og planteliv. Nedenfor bringes en kort oversigt over de almindeligt forekommende forurenere og deres konsekvenser for miljøet.

## *Sygdomsfremkaldende mikroorganismer:*

Det er bakterier, virus og parasitæg, der kan give infektioner ved badning eller via fødemidler. Kolera, tyfus, paratyfus og andre salmonellainfektioner, tuberkulose, dysenteri m. m. Blandt parasitformerne er bændel- og spoleorm.

## *Nedbrydeligt organisk stof:*

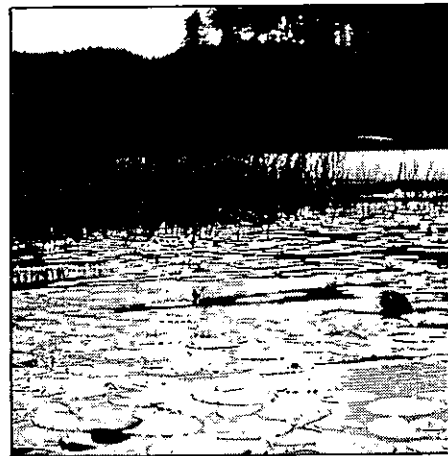
Det er hovedsageligt kulhydrater, proteiner og fedtstoffer. Stoffer, der kan iltes og nedbrydes til stadig mere simple forbindelser. Nedbrydningen foretages af bakterier i jorden og vandet, normalt under forbrug af ilt.

## *Andre organiske forbindelser:*

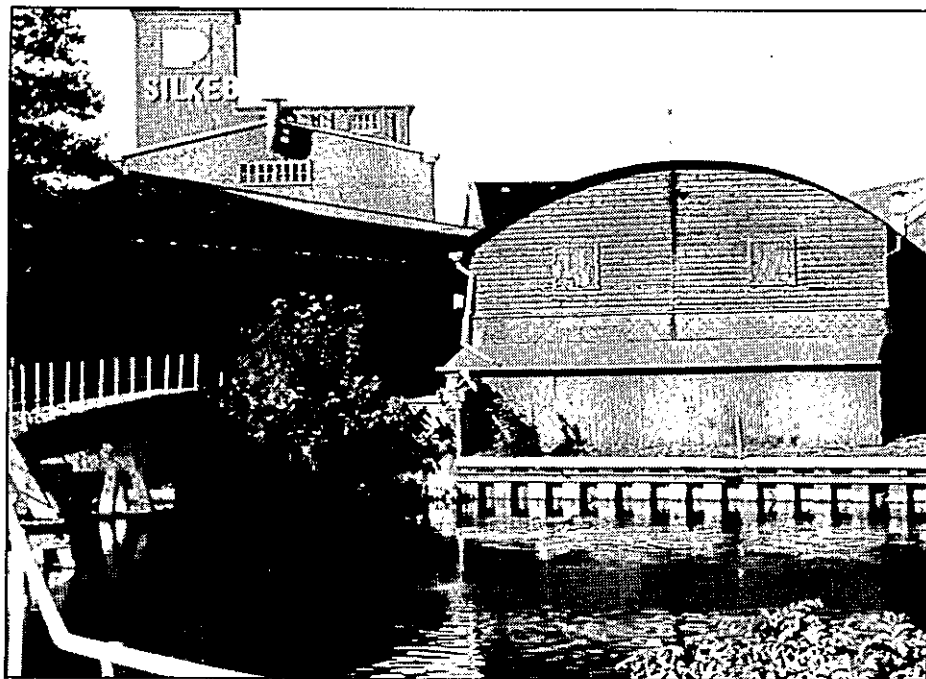
Til denne gruppe hører bl. a. sulfo, desinfektionsmidler, herunder sprøjte- og andre skadedyrsgifte (som f. eks. DDT), opløsningsmidler, mineralske olier og petro-kemiske produkter. Forbindelserne er vanskeligt eller slet ikke nedbrydelige, og der er en risiko for ophobning gennem fødekæden.

## *Vækstnæringsstoffer:*

Det er de stoffer, der er nødvendige for biologisk vækst overhovedet. De væsentlige i forureningsmæssigt henseende



er de grundstoffer, planterne behøver, og som de omdanner til organisk stof med lyset som energikilde (fotosyntese). Det er kvælstof- og fosforforbindelser og mikronæringsstoffer som jern, kobber, mangan, calcium, kalium m. m. Stofferne findes i spildevand og stammer væsentligst fra vaskemidler, køkkener og toiletter samt fra overskud af gødning fra landbruget.



### *Metalsalte:*

De mikronæringsstoffer, der er livsvigtige i små mængder, kan sammen med en række andre metaller være giftige i større kvanta. Det er især den fare for menneskers sundhed, der ligger i, at metallerne ved op-hobning i fødekæden kan komme til at optræde i en sådan mængde, at de bliver giftige. Dertil kommer, at giftigheden over for mikroorganismer får en forureningsmæssig betydning, idet de kan hæmme eller standse biologisk aktivitet f.eks. i biologiske rensningsanlæg. De vigtigste er salte af kviksølv, krom, bly, kobber, zink, cadmium m. fl. Cyanider hører også til i denne gruppe.

### *Andre uorganiske forbindelser:*

Herunder hører bl. a. kog-salt og andre klorider, gips og andre sulfater, samt borater

(optisk hvidt), der hovedsage-lig kommer fra vaskemidlerne. Disse forbindelser kan i til-strækkelige store mængder og koncentrationer ændre de bio-logiske vilkår i vandet.

### *Uæstetiske elementer:*

Til denne lidt blandede gruppe hører stoffer, der giver dårlig lugt eller smag eller mis-farvning af vandet. Til grup-pen hører også drivgods i form af flasker, plastemballage, fly-

deslam og fedt og olie, der dan-ner hinder på overfladen.

### *Surhedsgrad:*

Afviger surhedsgraden væ-sentligt fra den normale (pH=7) kan der opstå skader på plante- og dyreliv. Under visse eutrofieringstilstande kan der opstå så afvigende surheds-forhold, at disse skader opstår. Spildevand, der tilsvarende af-viger i surhedsgrad fra det nor-male, kan skade driften af de biologiske renseanlæg.

# Forureningskilder

70 pct. af den samlede spildevandsbelastning i Gudenåsystemet stammer fra 40 af de 240 bysamfund, der findes i oplandet.

33 af de 40 byers rensningsanlæg er blevet undersøgt og vurderet ud fra effektivitet, udledning af stoffer samt indhold af tungmetaller i slam.

Undersøgelserne viste, at rensningsanlæggene i Tørring, Klovborg, Silkeborg, Åle, Hammel, Ulstrup, Rødkjærsbro og to ud af fire anlæg i Randers var overbelastede, mens undersøgelsen stod på. Anlæggene udledte større mængder organisk stof, fosfor og/eller kvælstof, end man burde forvente under normale driftsforhold.

Tungmetalindholdet i slam fra 30 af anlæggene blev undersøgt og afslørede, at kromindholdet var højt i Silkeborg, Kjellerup, Bjerringbro og Randers, at kobberindholdet var

højt i Ry, at kviksølvindholdet var højt i Kjellerup og havde forhøjet niveau i Silkeborg, Skanderborg, Østbirk, Tange og Tørring, samt at nikkelindholdet var højt i slammet fra Silkeborg, Bjerringbro og Randers. Bly i meget stor koncentration blev fundet i et af Randers' anlæg, Tronholmen. Kilderne til forureningen af tungmetal kunne flere steder udpeges umiddelbart, og kommunerne har iværksat kontrol for at finde samtlige udledere af tungmetal.

Hospitalet i Brædstrup, Silkeborg og Kjellerup blev undersøgt, men hospitalsspildevandet afveg ikke kemisk fra almindeligt husholdningsspildevand, bortset fra udledningen af kviksølv og sølv. Alle hospitaler udledte betragtelige mængder af kviksølv (præparater, termometre m. m.) og havde forhøjede koncentrationer

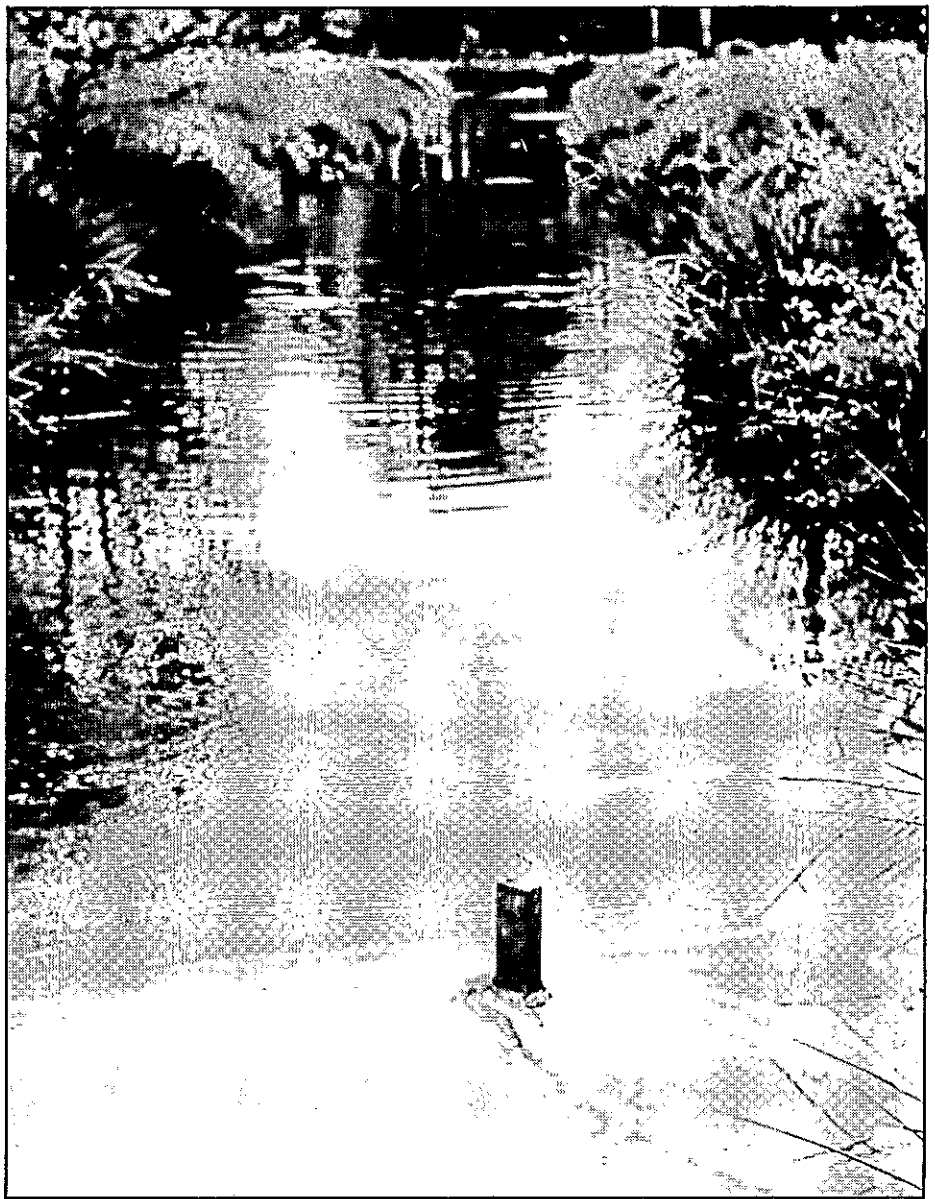
af sølv (skvilevand fra røntgenafdelinger). Dertil kom, at vandforbruget pr. seng pr. år var 177-275 m<sup>3</sup>. Det gennemsnitlige forbrug pr. person er



normalt 70 m<sup>3</sup>. Alle hospitalerne søger nu at dæmpe vandforbrug og skære ned på udledning af tungmetaller.

Gudenåoplandets tre pap- og papirfabrikker, der alle har selvstændig spildevandsudledning, har fået afløbsvandet undersøgt. Samtidig er slammet fra virksomhederne blevet undersøgt for indhold af tungmetaller. Konklusionen af undersøgelsen er, at mængden af næringsstof er relativ lille, og nedbrydningen af organisk stof skønnes ikke at have væsentlig indflydelse på iltforholdene. Undtaget er dog Nørre Å, hvortil en af virksomhederne udleder. Nørre Å bør ikke belastes yderligere med organisk stof.

Slammet fra Silkeborg papirfabrik har et forhøjet kobber- og kromindhold. Derimod er der ikke konstateret kviksølv i slammet.





Mejerier udleder kun beskedne mængder af næringsstof. Til gengæld viser en opgørelse fra 10 mejerier med egen spildevandsudledning, at mængden af udledt organisk stof lokalt er stor, og at den forringer vandkvaliteten i mindre vandløb.

En væsentlig forureningskilde er dambrug. Der findes i Gudenåoplandet 71 dambrug, hvoraf 63 var i brug mens undersøgelsen stod på. De tilfører vandløbene i alt 1.035 tons organisk stof, 28 tons fosfor og 207 tons kvælstof pr. år.

Skov- og landbrugsområder tilfører vandsystemet betragtelige mængder næringsstoffer via overfladestrømmene, drænsystemerne og grundvandet. Udledning af kvælstof og fosfor er målt i fem områder og viser følgende resultater i kg pr. hektar pr. år:

	Kvælstof	Fosfor
Granslev Å (skov- og landbrug)	7,0	0,15
Voel Bæk (landbrug, sandjord)	14,0	0,17
Gjølby Bæk (landbrug, lerjord)	25,0	0,43
Albæk pumpelag, Randers Fjord (100 pct. landbrug uden dyrehold, klæg, dyndjord, hævet havbund)	30,0	0,37
Tjærby-Vestrup pumpelag (100 pct. landbrug uden dyrehold, klæg, dyndjord, hævet havbund)	63,0	0,15

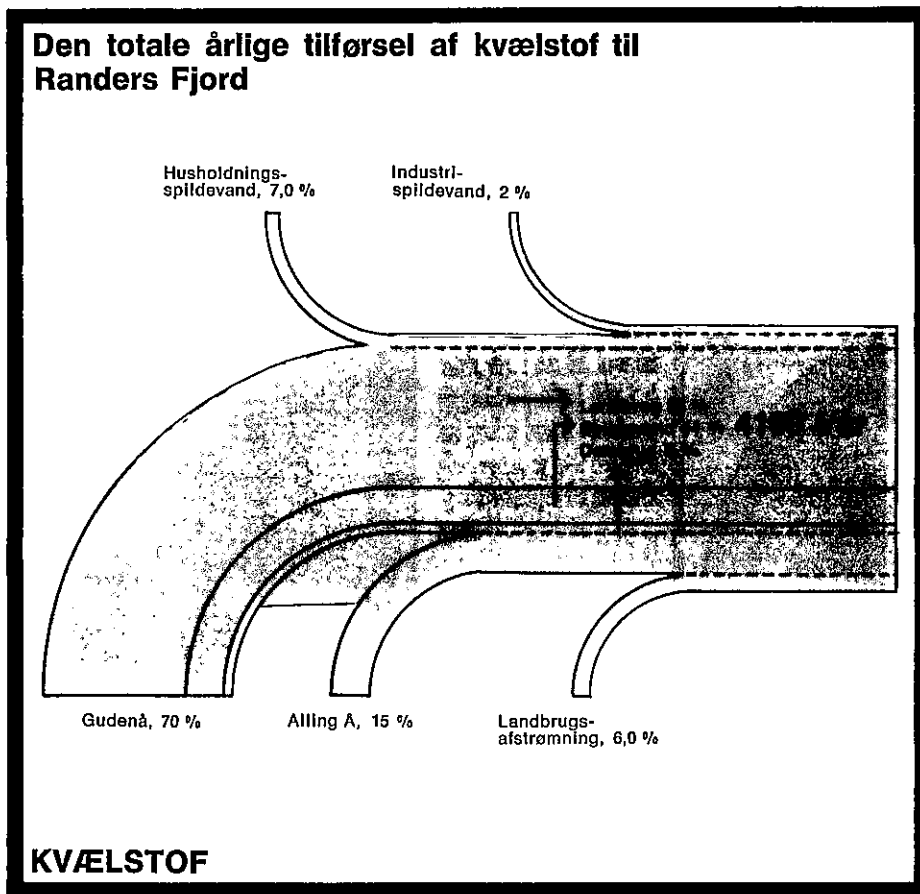
Til Randers Fjord afledes områder. Forureningsbelastningen via vandløb eller direkte ningen på fjorden er i tons spildevand fra 75 kloakerede pr. år:

	Organisk materiale	Fosfor	Kvælstof
Husholdnings- spildevand	1250 ( 29%)	87 ( 23%)	285 ( 7%)
Industrispildevand	670 ( 16%)	49 ( 13%)	75 ( 2%)
Landbrugs- afstrømning	—	13 ( 4%)	245 ( 6%)
Alling Å	295 ( 6%)	22 ( 6%)	630 ( 15%)
Gudenå	2140 ( 49%)	200 ( 54%)	2900 ( 70%)
I alt	4360 (100%)	371 (100%)	4135 (100%)

# Gudenåen som stoftransportør

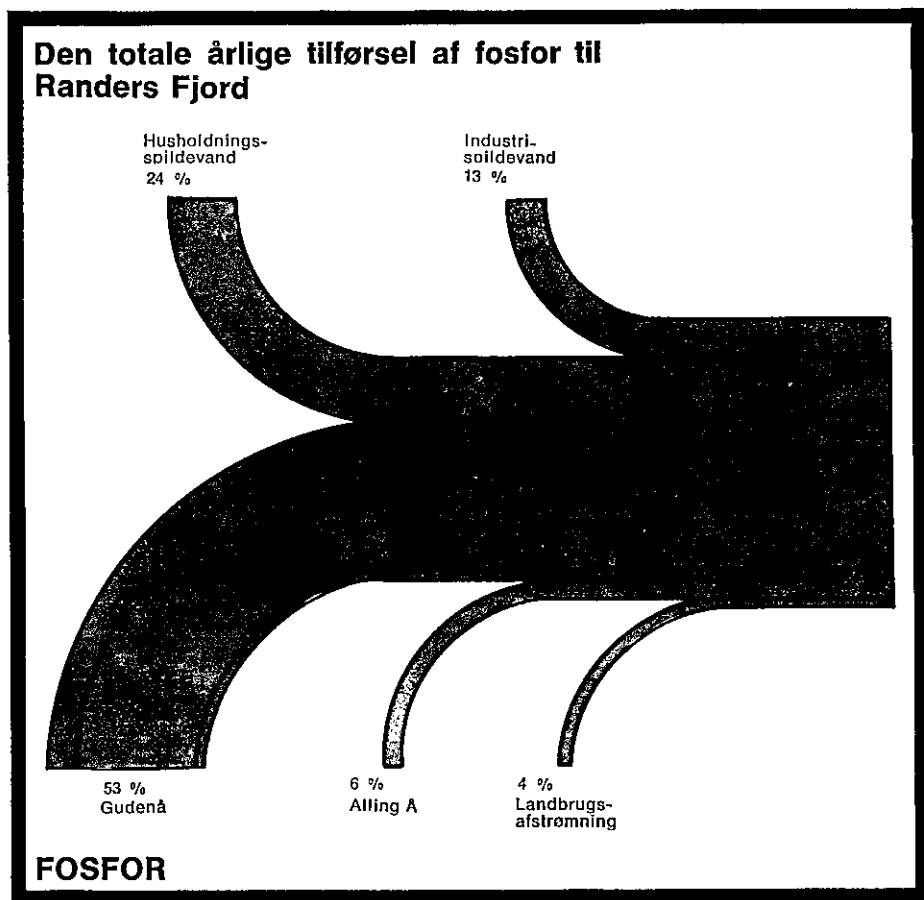
Gudenåen transporterer store mængder stof ud i Randers Fjord. Undervejs ophobes imidlertid en del af stofferne. Det er især transport af kvælstof, fosfor og organisk stof, der udgør de store mængder.

Kvælstoffet transporteres hovedsagelig i opløst, uorganisk form i perioden november-marts, dvs. i den tid, hvor det uorganiske kvælstof ikke i så høj grad er bundet i jorden af plantevækst, og hvor nedbøren og afstrømningen fra jorden er størst.

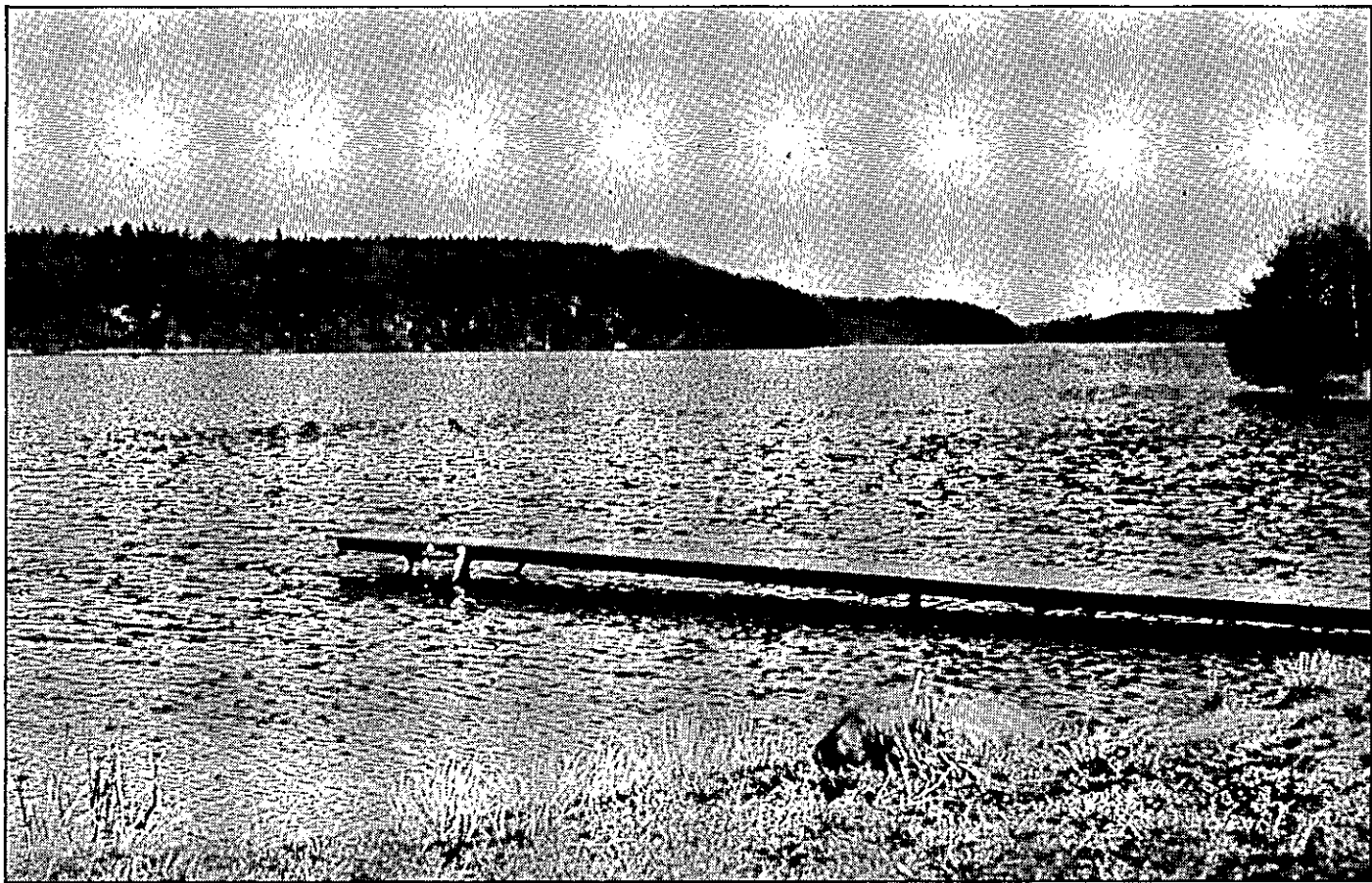


Transporten af fosfor sker mere ligeligt over året som uorganisk, opløst fosfor og partikulært bundet fosfor. Fosfor kommer navnlig fra spildevandsudledninger.

Ved passage af søer tilbageholdes en del af stofferne ved bundfældning. Alt i alt ophobes der ca. 1.200 tons kvælstof og 106 tons fosfor i systemet om året. Resten føres videre ud i Randers Fjord. I 1974 modtog Randers Fjord 2.900 tons kvælstof og 200 tons fosfor fra Gudenåsystemet. I alt får fjorden tilført i gennemsnit 4.100 tons kvælstof, 370 tons fosfor og 4.400 tons organisk stof pr. år. En væsentlig del af disse mængder vidertransporteres til Kattegat, efter at de har deltaget i de biologiske processer i fjorden.



*Parti fra Hald So*



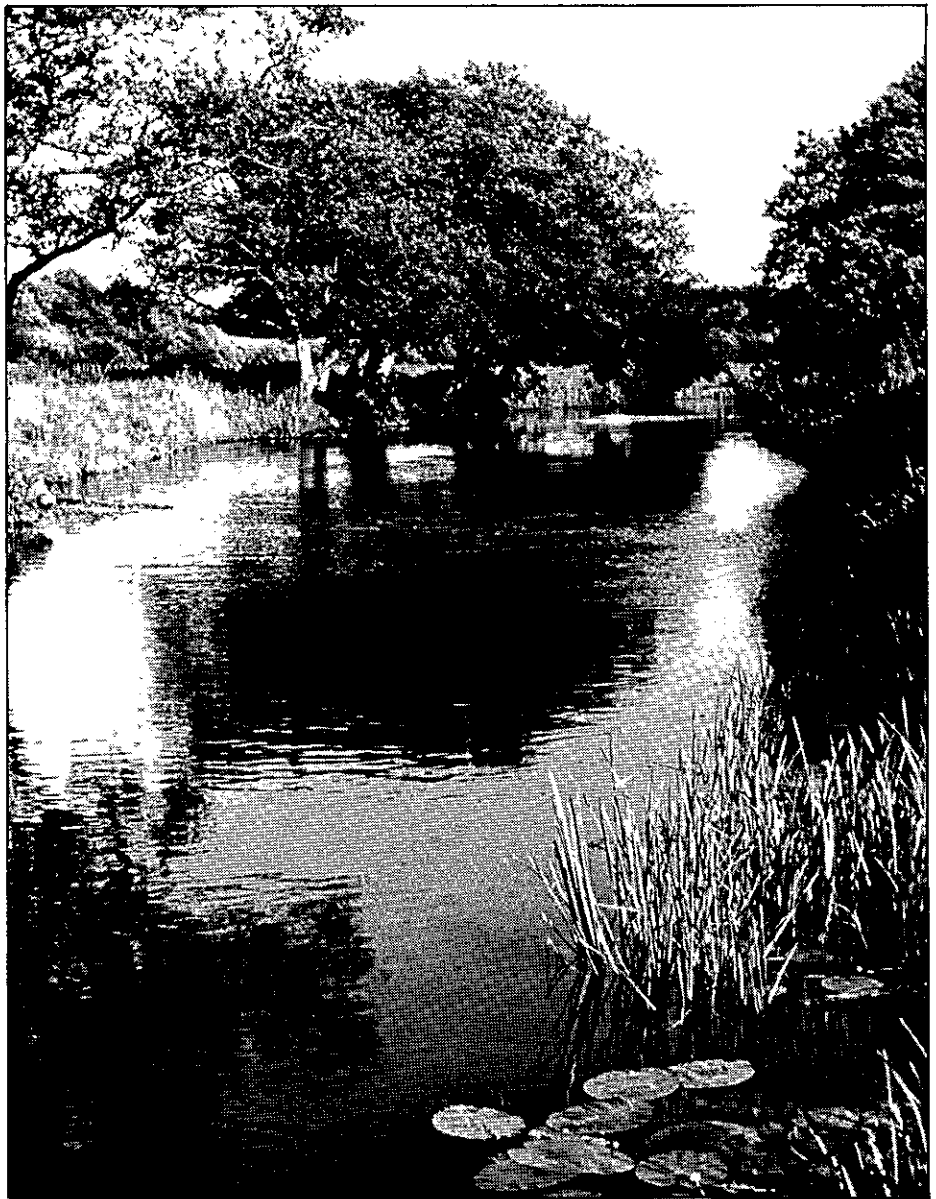
# Status i dag

Gudenåsystemet har for en del kilders, vandløbs og søers vedkommende en meget fin vandkvalitet. Som helhed er systemet imidlertid hårdt belastet med fosfor og kvælstof, og lokalt kan belastningen være stor med organisk stof.

Blandt disse stoffer må fosfor anses for det næringssalt, der først og fremmest bør søges begrænset. Det er fosfor, der i Gudenåsystemet stimulerer væksten af alger og dermed øger graden af eutrofiering.

For Randers Fjords vedkommende har beregninger vist, at det især er kvælstof, som stimulerer algevæksten og dermed nedsætter sigtedybden. I Grund Fjord nødvendiggør forholdene en nedsættelse af både fosfor- og kvælstoftilførslerne.

*Gudenåen ved Haubæk*



# Status år 2000

Der er udarbejdet en række modeller, der gør det muligt at danne sig et skøn over forureningsgraden i år 2000. Vandsystemets belastning er fremskrevet ud fra prognoser over befolkningsudvikling og øget tilførsel af forurenende stoffer pr. person. Der er taget hensyn til udbygningen af rensningsanlæg ved Silkeborg, Skanderborg og Hadsten.

Landbrugs- og dambrugsbelastningen er beregnet som nu.

Prognoserne viser følgende belastning af Gudenåen ved udløbet i Randers Fjord (hovedvej A 10):

Transport målt i tons pr. år

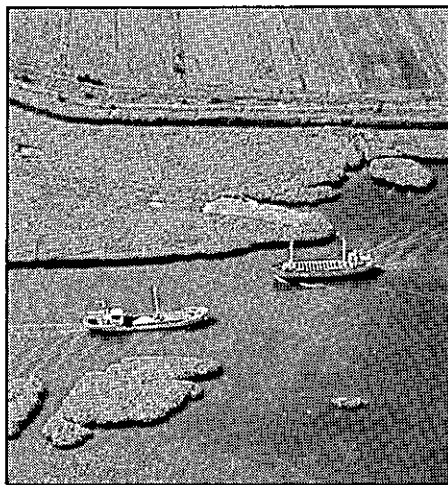
Total-fosfor Total-kvælstof

1974	200	2.900
1985	250	3.200
2000	350	3.500

Mens den totale stoftransport er steget 20 pct. for kvælstof

stofs vedkommende, er øgningen for fosfor 75 pct.

Den modelmæssige vurdering af vandløbskvaliteten er udregnet for Hadsten Lilleå, Tange Å og Nørre Å – tre af de mest forurenede vandstrækninger. Kvaliteten er målt som en kombination af et iltkrav og et krav om et vist antal timer i døgnnet med et iltindhold over et vist minimum.



Skibstrafik i Randers Fjord

Iltforholdene i Hadsten Lilleå skulle bedres ved etableringen af et biologisk rensningsanlæg i Hadsten. Rensningsanlægget er dimensioneret til at sikre, at iltindholdet i åen neden for anlægget generelt ikke er under 2 mg/l i mere end højst 4 timer i døgnnet og ikke er under 4 mg/l i mere end højst 10 timer i døgnnet.

Ved Tange Å er målt virkninger af en eventuel nedsat vandføring (på grund af markvanding). Selv ved en nedsættelse af vandføringen på 50 pct. der sænker iltindholdet i åen med 2 mg/l, vil der med den nuværende belastning af åen ikke være under 5 mg ilt pr. l i den nedre del af Tange Å.

Nørre Å kan opnå en væsentlig bedring af iltforholdene – enten ved at begrænse iltforbruget i og ved Rindsholm dambrug eller ved kunstigt at blæse luft ind i vandet. En vis



effekt kan opnås ved at begrænse udledningen af organisk stof i åen.

Ønskes en begrænsning af den kraftige vækst af trådalger, kan man overveje, om man ved fosforfjernelse ved rensningsanlæggene kan opnå en tilstrækkelig lav koncentration (0,05 mg/l) af fosfor i vand-systemet.

For søernes vedkommende er kvælstof og især fosfor begrænsende for algevæksten i hovedparten af de undersøgte søer.

Da fosfortilførslerne er lettere at regulere end tilførslen af kvælstof, anbefales at sætte ind med fosforfjernelse.

For Randers Fjord har man fundet det mest hensigtsmæssigt at reducere tilledningen af kvælstof fra husholdning og industri for at opnå en bedring af sigtedybden i sommerperioden.



I Grund Fjord bør også fosfortilførslen begrænses.

De hygiejniske forhold inden for området mellem Randers og Møllerup kan forbedres ved at indrette centralrenseanlægget i Randers og det kommende anlæg i Assentoft som kalkfældningsanlæg. Ønskes der både øget sigtedybde og forbedret hygiejnisk kvalitet, bør de to anlæg udbygges med vidtgåen-

de biologisk rensning efterfulgt af klorbehandling.

Af de fem centrale rensningsanlæg i fjordområdet skal Råbykær-anlægget ikke udbygges til kvælstoffjernelse eller klorering. I Alling Å-området er det formentlig unødvendigt at fjerne fosfor og kvælstof ved rensningsanlæggene, der ligger oven for Allingåbro.

# Hvad vil vi?

Hvor rent Gudenåsystemet og Randers Fjord skal være, afhænger af de mål, samfundet vil stille, afvejet med de økonomiske konsekvenser.

Målene er igen bestemt af vandområdets eksisterende kvalitet og egenskaber. Det kan være vandområder, der:

Har høj videnskabelig værdi.

Er egnet til naturvidenskabelige studier, undervisningsformål og/eller rekreative formål.

Skal være egnet til drikkevand.

Skal kunne anvendes til kreatur- og markvanding.

Skal være egnet som badevand.

Skal være velegnet til gyde-, opvækst- og opholdsvand for laksefisk.

Skal være velegnet til gyde-, opvækst- og opholdsvand for andre fisk.

Skal være æstetisk tilfredsstillende.

Skal kunne bruges til formål, der ikke stiller særlige krav.

Ud fra ovenstående liste kan man stille ideelle og/eller realistiske målsætninger op med krav til vandkvalitet.

Amtsrådenes målsætning for den øverste strækning af Gudenåens hovedløb er en anvendelse som referenceområde med høj naturvidenskabelig værdi og som gyde- og opvækststed for laksefisk.

For den resterende strækning indtil Mossø er målsætningen, at den skal kunne anvendes som fiskevand, herunder som opholdsvand for laksefisk, samt at den er af naturvidenskabelig

og rekreativ værdi. Vandstrækningen skal endvidere kunne anvendes til kreatur- og markvanding.

Strækningen indtil Mossø opfylder stort set målsætningskravene, som forholdene er i dag.

Gudenåsystemet fra Mossø til Tange Sø skal ifølge målsætningen kunne anvendes som almindeligt fiskevand – herunder som opholds- og evt. gydevand for laksefisk. Strækningen skal endvidere have videnskabelig og rekreativ værdi.

Fra Mossø til Gudensø er målsætningen opfyldt. Mellem Silkeborgsøerne og Tange Sø er målet ikke opfyldt, idet forureningsgraden målt efter saprobiesystemet efter Silkeborgsøerne ligger mellem II og III, og hvor målsætningen er mindst II.

De større tilløb til Gudenåen skal ifølge målsætningen kun-



ne anvendes som gyde-, opvækst- og opholdsvand for laksefisk, samtidig med at de skal have naturvidenskabelig og rekreativ værdi.

En del af tilløbene opfylder denne målsætning, men større dele af især Funder Å har forureningsgrader mellem II og III. Også i Salten Å skal forureningstilstanden forbedres for at opfylde kravene.

Fra Tange Sø til Randers er målsætningen, at strækningen kan anvendes som almindeligt fiskevand og opholdsvand for laksefisk, dvs. en forureningsgrad omkring II. Det vil kræve en forbedring af den nuværende forureningstilstand at opfyl-

de disse mål. Det gælder både selve Gudenå-strækningen og tilløb som Tange Å, Hadsten Lilleå og Nørre Å.

For søernes vedkommende er målsætningen, at ingen sø skal være af »eutrofieringsgrad C«, og at væsentligt flere af de nuværende B-søer skal kunne klassificeres som A-søer. Det vil kræve vandkvalitetsforbedring af godt 40 af de 67 vurderede søer.

For Randers Fjord er opstillet følgende målsætninger:

Fjordafsnittet Randers-Uggelhuse skal være egnet som gyde-, opvækst- og opholdsvand for andre fisk end laksefisk.

Det samme skal strækningen

Uggelhuse-Udbyhøj, men samtidig skal der her være egnet badevand.

Endelig skal Grund Fjord også være egnet som gyde-, opvækst- og opholdsvand for andre fisketyper end laksefisk.

Målsætningen for Randers-Uggelhuse kan ikke opfyldes på grund af uklart vand, uegnede bundforhold og risiko for iltmangel i bundlagene.

De to andre fjordafsnit kan heller ikke i dag opfylde målsætningen i tilfredsstillende grad. Kun strækningen Mellerup-Udbyhøj lever op til kravene om fiskevand, og kravene til badevand opfyldes først uden for Mellerup.

Målsætningen for strækningen Randers-Uggelhuse er næppe mulig at opfylde, hvad angår gydemuligheder, hvorimod muligheder for forbedrede opvækst- og opholdsbetingelser absolut er til stede.

# Hvad koster det?

Konsekvenserne af de opstillede målsætninger afspejler sig i udgifterne til rensningen af spildevandet. For Gudenåsystemet er der opstillet en række tekniske alternativer, og der er samtidig foretaget økonomiske konsekvensberegninger.

Som eksempler på konsekvenser af forskellige rensningstekniske indgreb er her angivet tre eksempler:

## Gudenåen

### *Alternativ 1:*

For alle bysamfund, der udleder mere, end hvad der svarer til 200 personers spildevand, etableres mekanisk-biologisk rensning af afløbsvandet inden der sker udledning til overfladevand. Denne målsætning søges opfyldt inden 1980.

### *Alternativ 2:*

Er en udbygning af alternativ 1, idet de mekanisk-biologiske rensningsanlæg, hvorfra udledes mere, end hvad der svarer til 500 personers spildevand, udbygges med kemisk fældning i perioden 1980-1990. Kvalitetsforbedringerne regnes for virksomme fra 1985.

### *Alternativ 3:*

(svarer til alternativ 5 i samlerapport)

En udbygning af alternativ 1, men mindre omfattende end alternativ 2, idet kun anlæg, hvorfra der udledes, hvad der svarer til mere end 15.000 personers spildevand, forsynes med kemisk fældning inden 1980.

### *Økonomi:*

For de tre alternativer er der foretaget omkostningsvurderinger ud fra en række forenklede forudsætninger. Der er

samtidig taget hensyn til allerede investeret kapital, som derfor ikke er inkluderet i anlægsbeløbene.

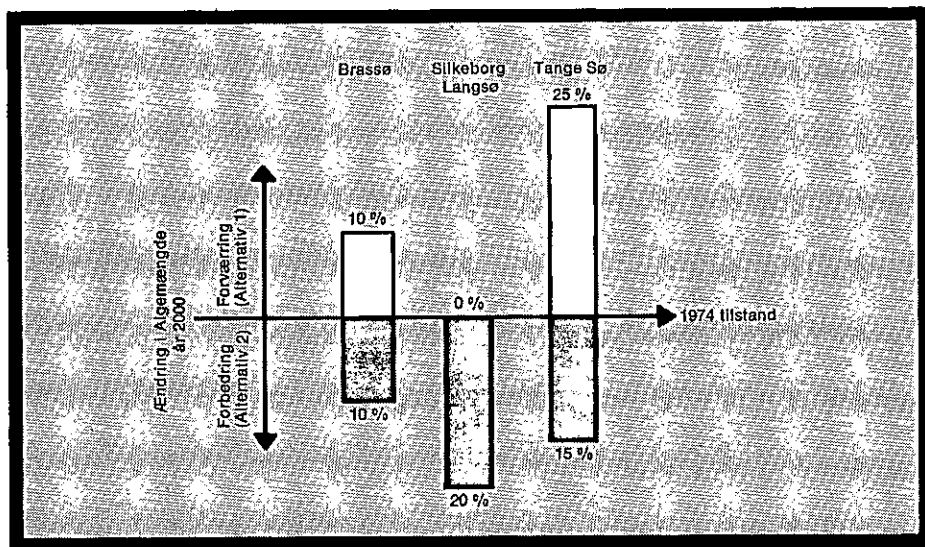
Der er benyttet den såkaldte nutidsværdimetode. Nutidsværdien er et sammenfattende udtryk for, hvor stor en kapital man skal have til rådighed i dag for at kapitalen og dens forrentning skal kunne betale anlægs- og driftsomkostninger i planlægningsperioden. Ved nutidsværdi-metoden tages der hensyn til prisstigninger og rente, så man til alle tider kan sammenlægge investerings- og driftsomkostninger til et enkelt tal: nutidsværdien. Den løsning, der har den mindste nutidsværdi, er da den økonomisk mest fordelagtige.

De tre alternativets økonomiske beregninger vises nedenfor, målt i mio. kr. Alternativ 3-beregningerne beror i nogen grad på et skøn.

	Alt. 1 Mio. kr.	Alt. 2 Mio. kr.	Alt. 3 Mio. kr.
Anlægsudgifter	62	73	67
Driftsudgifter	129	153	143
Totaludgifter	191	226	210

Den effekt på søerne, der opnås ved de forskellige alternativer, kan angives således:

Alternativerne skal betragtes som eksempler.



## Randers Fjord

For Randers Fjord er der tilsvarende udregnet økonomiske konsekvenser af tre forskellige målsætninger. Målsætningerne går henholdsvis på forbedring af klarheden, forbedring af den hygiejniske kvalitet og forbedring af begge dele.

### Målsætning 1: Forbedring af klarheden

Forbedring af klarheden med op til 40 % ved at mindske algeproduktionen for dermed at skabe gunstigere betingelser for planter, fisk og det øvrige dyreliv. Den mest økonomiske løsning vil være reduktion af kvælstof ved Randers centralrenseanlæg, Assentoft, Vestrup og Allingåbro. For Grund Fjord gælder, at den meget høje algeproduktion lokalt reduceres bedst, hvis

der også foretages fosforreduktion ved rensaanlægget i Allingåbro.

#### *Målsætning 2:*

#### *Forbedring af den hygiejniske kvalitet*

Forbedring af den hygiejniske kvalitet helt ind til Randers kan mest økonomisk opnås ved at indrette Randers centralrenseanlæg og Assentoft som kalkfældningsanlæg. Ved brug af kalkfældning opnås samtidig en kraftig reduktion af fosfor (90 %) og nogen reduktion af organisk stof (60 %). Endelig opnås en forbedring af klarheden til et niveau, der ligger mellem målsætning 1 og hvad der kan opnås med mekanisk-biologisk rensning.

#### *Målsætning 3:*

#### *Forbedring af både klarhed og hygiejniske kvalitet*

Opfyldelse af begge disse målsætninger kan ske ved udbygning af Randers-anlæggene og Assentoft-anlægget med kvælstoffjernelse og klorering, Vestrup-anlægget med kvælstoffjernelse og Allingåbro-anlægget med kvælstof- og fosforfjernelse.

#### *Økonomi:*

De økonomiske konsekvenser af de tre målsætninger er beregnet ved nutidsværdimetoden (se ovenfor). Der er samtidig taget hensyn til allerede investeret kapital (17 mio. kr., som derfor ikke er inkluderet i anlægsbeløbene.

	Målsætning 1: Mio. kr.	Målsætning 2: Mio. kr.	Målsætning 3: Mio. kr.
Anlægsudgifter	37,1	31,8	38,4
Driftsudgifter	29,9	38,2	35,2
Totaludgifter	67,0	70,0	73,6

# Økonomisk sammenfatning

Set under et vil de økonomiske konsekvenser for Gudenåsystemet og Randers Fjordområdet ved udbygning af renselanlæg blive:

	Anlægs- omkostn. Mio. kr.	Drifts- omkostn. Mio. kr.	Total- omkostn. Mio. kr.
<i>Gudenåsystemet</i>			
Væsentlig reduktion af plante- vækst (Alle bysamfund større end 200 PE mekanisk-biologisk rensning inden 1980. Alle by- samfund over 500 PE mekanisk- biologisk samt fosforfjernelse i perioden 1980-1990	73	153	226
<i>Randers Fjord-området</i>			
Forbedring af klarheden (sigte- dybden) og den hygiejniske kvalitet. (Differentieret kvælstof- og fosforfjernelse samt klorering)	39	35	74
I alt	112	188	300

# Udvalg og medvirkende

Gudenåudvalget består pr. 1. juni 1976 af følgende:

Amtsborgmester  
Robert Svane Hansen  
formand  
Århus amtsråd

Amtsrådsmedlem  
K. E. Særkjær  
Århus amtsråd

Amtsrådsmedlem  
Ib Stæhr  
Århus amtsråd

Amtsrådsmedlem  
Per Amtoft  
Århus amtsråd

Borgmester  
Jørgen Nielsen  
Kommuneforeningen  
i Århus amt

Amtsrådsmedlem  
Søren Østergård  
Vejle amtsråd

Byrådsmedlem  
Carl Bundgård  
Kommuneforeningen  
i Vejle amt

Amtsrådsmedlem  
Ingemann Wittrup  
Viborg amtsråd

Byrådsmedlem  
A. Tang Sørensen  
Kommuneforeningen  
i Viborg amt

Ingeniør  
Bent Jørgensen  
Miljøstyrelsen

*Sekretærer:*  
Teknisk direktør  
J. Stenbæk

Fuldmægtig  
B. Stougaard Nielsen

Til at bistå udvalget og forestå den praktiske ledelse af undersøgelsesarbejdet har der til Gudenåudvalget været tilknyttet en teknikergruppe, der pr. 1. juni 1976 har følgende sammensætning:

Teknisk direktør  
J. Stenbæk  
Århus amtskommune

Amtsvandinspektør  
Sv. Faurby  
Århus amtskommune

Amtsvandinspektør  
Åge Eltons  
Viborg amtskommune  
Amtsvandinspektør  
H. Blichfeldt  
Vejle amtskommune

Amtslæge  
Otto Christiansen  
Risskov

Teknisk direktør  
H. Thomsen  
Randers kommune



Stadsingeniør  
H. Bering Petersen  
Skanderborg kommune

Afdelingsingeniør  
A. C. Larsen  
Silkeborg kommune

Cand. scient.  
Mogens Bahn  
Miljøstyrelsen

*Sekretærer:*  
Afdelingsingeniør  
H. Bak  
Århus amtskommune

Fuldmægtig  
B. Stougaard Nielsen  
Århus amtskommune

*Undersøgelsesleder:*  
Afdelingsingeniør  
H. Bak  
Århus amtskommune

*Deltagere i undersøgelsen:*

Undersøgelsesarbejdet er foregået i perioden 1973-75. Arbejdet er udført under medvirken af:

Biokon A/S, København.  
Botanisk Institut, Århus Universitet.

Cowiconsult, København.  
Dansk Hydraulisk Institut.  
Det danske Hedeselskab.  
Enviroplan A/S, Lyngby.  
Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet.

Fiskerikontrollen, Randers.  
Hygiejnisk Institut, Århus Universitet.

Instituttet for Teknisk Geologi, Danmarks Tekniske Højskole.

Isotopcentralen, København.  
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, afdeling for farmakologi og toksikologi.

Laboratoriet for fysisk Geografi, Århus Universitet.  
Laboratoriet for teknisk Hygiene, Danmarks tekniske Højskole.

Landinspektørernes Luftopmåling A/S.

Vandkvalitetsinstituttet, ATV, Hørsholm.

Zoologisk Institut, lab. B, Århus Universitet.

Levnedsmiddellaboratorierne i Horsens, Randers og Silkeborg samt tekniske forvaltninger i områdets kommuner og amtskommuner.

# Fortegnelse over delrapporter



Amtsvandvæsenernes un-  
dersøgelser (nr. 1)  
Forundersøgelsen 1972  
(nr. 2)  
Referat fra konferencen i  
Silkeborg 24. maj 1973  
(nr. 3)

## *Gudenåsystemet:*

Hospitalsspildevand (nr. 4)  
Papir- og papirfabrikker (nr. 5)  
Fjerkræslagteriundersøgelse  
(nr. 6)  
Spildevand (nr. 7)  
Dambrugsbelastning (nr. 8)  
Salten Å-undersøgelse (nr. 9)  
Nørreå-undersøgelse (nr. 10)  
Intensive vandløbsundersøgel-  
ser (nr. 11)  
Stoftransport (nr. 12)  
Vandløbsbiologi (nr. 13)  
Sørapport (nr. 14)  
Algevækst (nr. 15)  
Sømodeller (nr. 16)  
Regnvandsundersøgelser  
(nr. 17)

Fiskeundersøgelser I (nr. 18)  
Fiskeundersøgelser II (nr. 19)  
Fordampningsundersøgelser  
(nr. 20)  
Mossø (nr. 21)  
Sedimentskarakteristik (nr. 22)  
Botanik – vandløb (nr. 23)  
Kilder – flora (nr. 24)  
Søkarakteristik (nr. 25)  
Kartering – søer (nr. 26)  
Vandføringsmålinger (nr. 27)  
Næringsstofbalancer – land-  
brug (nr. 28)  
Hygiejniske undersøgelser  
(nr. 29)  
Mossø – opblanding (nr. 30)  
Kviksølv (nr. 31)  
Materialtransport (nr. 32)  
Kilder – fauna (nr. 33)  
Dambrugsundersøgelsen  
(nr. 34)  
Gudenå (samlerapport)

## *Randers Fjord:*

Randers Fjord. Geografi (nr. 1)  
Randers Fjord. Forurenings-  
belastning (nr. 2)

Randers Fjord. Hydrografi og  
vandskifte (nr. 3)  
Randers Fjord. Vandkvalitet  
I + II (nr. 4)  
Randers Fjord. Biologi (nr. 5)  
Randers Fjord. Recipientkvali-  
tet og tekniske løsninger  
(nr. 6)  
Randers Fjord. Alling Å (nr. 7)  
Randers Fjord/Alling Å. Data  
(nr. 8) (begrænset oplag)  
Randers Fjord (Samlerapport)

Denne pjece er redigeret af:

Afd.ing. H. Bak  
Århus amtskommune  
Civ.ing. P. B. Heise  
Vandkvalitetsinstituttet  
Civ.ing. J. Douglas Petersen  
Enviroplan A/S  
Rådg. journalist  
Jean Grandjean  
Konsulentkontoret  
Tilrettelægn.  
Grafiker Mogens Nielsen