

Prosjektering av tekniske anlegg for kvalitetsendring av vann

Noen prinsipielle betraktninger

Avdelingssjef Terje Simensen

Sivilingeniør Terje Simensen er avdelingssjef ved Norsk institutt for vannforskning, teknisk avdeling.

Teknologiske prinsipper for endring av vannkvalitet ved hjelp av rensetekniske tiltak har eksistert gjennom århundrer. Ved å observere de prosessene som finner sted i naturen, har menneskene tillempt disse praktiske formål og utformet tekniske enheter på bakgrunn av de erfaringer som etter hvert er innvunnet. Den første prosessen som er kommet til anvendelse for dette formålet, er filtrering av vann gjennom et sandsjikt. Senere har man bygd kunstige sedimenteringsenheter inntil man har forsøkt å utnytte de biologiske nedbrytningsprosesser som foregår overalt i naturen.

Alle disse prosessene er imidlertid ut fra et teknisk synspunkt meget langsomme, og ingeniørene har stadig forsøkt å finne fram til virkemidler som har kunnet forårsake en akselerasjon av reaksjonshastigheten. I denne sammenheng kan nevnes Arden og Locketts betydningsfulle oppdagelse i 1914 (1) vedrørende oppkonsentrering av den biomasse som

blir brukt for å bryte ned organisk stoff. Denne oppkonsentreringen utførte de ved å føre biologisk slam tilbake til den prosessmessige enheten, og man hadde forløperen til det moderne aktivslamanlegget.

Meget kompetente sanitæringenjører har i løpet av de siste femti årene gjort store landevinninger på det rensetekniske feltet, men helt opp til de aller siste år er dette arbeidet gjennomført med empiriske arbeidsmetoder. Årsakene til dette er flere. Først og fremst har en vitenskapelig kunnskap om de enkelte prosesser som inngår i alle de rensetekniske systemene, ikke foreligget, og man har derfor hatt begrensede muligheter for å bygge opp de tekniske enhetene ut fra en logisk vurdering. For det annet har hele feltet med behandling av vann, både å skaffe tilfredsstillende drikkevann og å fjerne og behandle avløpsvann vært behandlet av bygningsingeniører. Disse har, i hvert fall når det gjelder rensetekniske spørsmål, hatt manglende

kunnskaper innenfor feltene fysikk, kjemi og biologi til fullt ut å utnytte enhver situasjon.

Årsaken til at bygningsingeniøren har kommet sentralt inn i de rensetekniske spørsmål henger sammen med det faktum at han har stått som en naturlig planlegger av alle de tekniske enheter som et avløpssystem omfatter, og en av disse enhetene er da etter hvert blitt de rensetekniske. En rekke kjemikere og biologer har etter hvert fattet interesse for de kvalitetsmessige spørsmål i forbindelse med vann, og har til dels også kommet med i diskusjonen om en prosessmessig utforming av rensetekniske tiltak. Imidlertid er det fremdeles slik at ingeniører med en bygningsteknisk bakgrunn utgjør hovedgruppen av planleggere på dette feltet. Med de tilleggskunnskaper som disse ingeniørene etter hvert erverver seg innenfor områdene biologi og kjemi som er en del av deres ingeniørutdannelse, synes det sannsynlig at de også i fremtiden vil spille en sentral rolle i en ingeniørmessig behandling av rensetekniske spørsmål. Dette er også naturlig hvis man ser det på bakgrunn av alle de betydelig bygningstekniske problemene man støter på i forbindelse med planlegging og bygging av slike anlegg. Det vil imidlertid være rimelig å tro at kjemikere, biokjemikere og biologer i stadig sterkere grad vil bli trukket inn i planleggingsarbeidet på dette feltet.

Sett på denne bakgrunn er det lett å forstå at dette arbeidsfeltet, helt opp til de siste år og også fremdeles, har et sterkt empirisk tilsnitt. Man

har etter hvert funnet fram til et mønster som er noenlunde sterotyp for de ulike anlegg, og man har sine bestemte regler og oppfatninger av hvordan disse enhetene bør dimensjoneres og utføres. Mulighetene for å finne fram til en mer «strømlinjeformet» dimensjoneringsbakgrunn har bare i liten grad foreligget, og man har derfor vært tvunget til å benytte de erfaringstall som finnes. Resultatet er at feltet som helhet bare er blitt brakt langsomt videre.

I løpet av de siste årene har imidlertid en rekke ingeniører med meget omfattende teoretisk bakgrunn begynt å engasjere seg i mer vitenskapelige sider av disse spørsmål og forsøkt å hente kunnskap fra andre og nærliggende ingeniørområder. Denne utviklingen har i første rekke funnet sted i de store industrialiserte landene hvor forurensningsproblemer stadig er blitt større, og hvor mer raffinerte tiltak trengs for å kontrollere forholdene.

Det kjemitekniske fagområdet har kunnet gi dette feltet mye nytt i form av prinsipielle og vitenskapelig vurderte dimensjoneringsanalyser. Hvis man ser på alle de biokjemiske prosesser som danner grunnlag for industriell produksjon i dag, vil man finne at det er gjort vesentlige fremskritt når det gjelder å finne fram til rasjonelle beregningsprinsipper for biologiske systemer. Disse prinsippene er også i høy grad forsøkt overført til vårt fagområde. Egentlig burde man ha ventet at vårt fagområde kunne ha bidratt med erfaringer og «know how» til industrien, siden de største og mest kostbare biokjemis-

ke reaktorer som finnes, er aktivslamanlegg for rensing av avløpsvann.

Antall komponenter som skal fjernes fra vannet, vil stadig tilta, og vi vil få økende krav til bedre kvalitet på det avløpsvannet som skal tilføres resipientene. Det vil derfor bli et stort behov for at prosjekterende ingeniører beveger seg ut over det prosjekteringstrinnet som stort sett omfatter bruken av Imhoffs Taschenbuch, og forsøke å tilegne seg grunnleggende kunnskaper på det prosess-tekniske fagområde. Dette er ikke sagt for å forringe Imhoffs Taschenbuch, som har gjennomlevet mer enn 60 år, og som hele tiden er forutsatt å dekke nettopp den praktiske siden av de rensetekniske spørsmålene.

Når man i dag diskuterer problemer innen vannrensningsteknikken, skjer dette ut fra den empiriske bakgrunn som foreligger, og man benevner de ulike enhetene som inngår i rensenanlegget, på en lite logisk og uvitenskapelig måte. Det vannet som passerer gjennom et avløpsrenseanlegg, gjennomgår stadig forandringer i de ulike trinn i hele prosessen. Disse trinnene virker enten som en enkeltprosess eller som sammensatte og kompliserte prosesser. Det er naturlig å forsøke å tenke på hver av de enhetene som inngår i anlegget, som en egen reaktor. Man må forsøke å finne fram til den optimale måten å bygge disse reaktorene på, slik at man både teknisk og økonomisk forsøker å optimalisere systemet. I disse reaktorene foregår det interne prosesser som enten kan være av fysikalsk, kjemisk eller biologisk art. Gjennom

reaktorens utforming kan man påvirke disse interne prosessene på en slik måte at man akselererer prosessen og av den grunn får økonomiske konstruktive enheter. Samtidig vil man også gjennom en ytre påvirkning av prosessen kunne forbedre det rensetekniske resultat i form av en bedre vannkvalitet.

Det må forutsettes at de prosjekterende ingeniører i fremtiden vil bli stilt overfor de konkrete oppgavene å bygge reaktorer som gir et produkt som skal tilfredsstillende ganske spesifiserte krav. Under en slik omstendighet vil det være umulig å angripe oppgaven bare med erfaringsmessig ervervede kunnskaper.

For sterkere å anskueliggjøre hva som hittil er sagt, kan eksemplet med den aktive slamprosess trekkes fram. På dette feltet kjenner vi i dag en rekke prosessmessige utforminger som kan ha følgende betegnelser:

- Konvensjonelle anlegg,
- langtidsluftere,
- biosorpsjonsanlegg,
- høybelastede anlegg,
- Attisholzmetode,
- trinnbeluftede anlegg,
- trinnbelastede anlegg,
- m. fl.

I tillegg er det en rekke typer anlegg som har fått sitt markedsføringsnavn av den industribedrift som produserer anlegget. Når man nevner disse anleggene, så tenker man normalt på den konstruktive utforming av anleggene uten at man forsøker å se dem i en prosessmessig sammenheng. Prosessmessig er det prinsipielt ingen forskjell på disse

anleggene, de er alle aktivslamanlegg, men som driftsmessig og konstruktivt kan variere til dels betydelig. Det naturlige ville være å forsøke å klassifisere ulike aktivslamanlegg på bakgrunn av rasjonelle prosessmessige parametre, for på den måten å ha et langt bedre mål for hva et spesifikt anlegg representerer renseteknisk.

Et annet eksempel på misoppfatning av prinsipielle begreper, gjør seg gjeldende i forbindelse med separering av suspenderte faste stoffer fra en vannmasse. Det er en rekke ulike metoder for å foreta en slik separering, men hvis man tenker på det som vanligvis betegnes som sedimentering, flotasjon og sentrifugering, er de grunnleggende prosessmessige prinsippene de samme i alle tre tilfellene. Normalt omtales og beskrives disse tre metodene som tre helt ulike prosesser. Prinsipielt følger de alle Stokes lov, men reaktorene har forskjellig utforming. For å kunne variere enkelte av de parametre som inngår i den grunnleggende matematiske formulering, må man nødvendigvis ha et varierende sett med teknisk utstyr.

I den normale sedimenteringsprosessen virker gravitasjonskraften på partiklene slik at de sedimenteres. I en flotasjonsprosess kan man forenklet si at man forsøker å forandre på partiklenes spesifikke vekt ved at finfordelte luftbobler hefter seg ved partiklene og dermed gir dem en økt oppdrift. I sentrifugeringsprosessen derimot forsøker man å øke den kraften som virker på partiklene. Man innfører en sentrifugalkraft som kan

varieres i styrke og langt overgå den naturlige gravitasjonskraften.

Normalt så benyttes de to første prosessene for separering av faste stoffer og væske når konsentrasjonen er relativt liten, dvs. i forbindelse med forurenset avløpsvann. Den siste prosessen brukes normalt i de tilfeller hvor konsentrasjonen er høy, som ved avvanning av slam. Gjennom denne betraktningen har vi nådd fram til den konklusjon at de grunnleggende prosessmessige prinsippene gjelder både for rensing av avløpsvann og for behandling av slam. Det er ut fra et prosessmessig synspunkt galt å betrakte dette som to forskjellige prosesser, hvor den ene gjelder behandling av avløpsvann og den andre behandling av slam. Det vil være mer logisk og naturlig å omtale disse som de samme prosesser anvendt henholdsvis på fortynnede og konsentrerte suspensjoner.

Tilsvarende er det unaturlig å snakke om stabilisering av det organiske stoffet i avløpsvann og det organiske stoffet i slam. Prinsippene for den biologiske behandling av slikt organisk stoff er de samme både for avløpsvann og for slam, og det er igjen bare et spørsmål om hvor høy konsentrasjon man arbeider med i det mediet som skal behandles.

For å kunne anvende grunnleggende prinsipielle betraktninger omkring prosessene for den praktiske konstruksjon eller prosjektering av reaktorer bør man forsøke å finne fram til matematiske modeller. Disse må beskrive prosessen og innbefatte de ulike parametre som er av betyd-

ning for prosessens forløp. Slike matematiske modeller kalles hastighetslikninger og beskriver hvor hurtig den prosessmessige forandring foregår. Slike modeller eller hastighetslikninger har normalt formen $\frac{dc}{dt} = K f(c)$ hvor c representerer konsentrasjonen av det stoff man enten skal forandre, redusere eller tilføre. K er en faktor som er avhengig av en rekke forhold, som f. eks. temperatur, spesielle egenskaper ved det stoff som skal behandles samt reaktorens geometriske utforming og virkemåte. Gjennom slike modeller kan man beskrive det rent prosessmessige forløpet av den tilstandsendringen man ønsker å oppnå. Ved å undersøke hvordan K -verdien varierer avhengig av ulike påvirkninger, vil man kunne danne et rasjonelt grunnlag for selve dimensjoneringen.

Som tidligere nevnt, er slike rasjonelle betraktningmåter benyttet innenfor faget kjemiteknikk i mange år uten at dette har hatt noen særlig innflytelse på fagfeltet kvalitetsforandring av vann. Tilsvarende er det i løpet av de siste 10—20 år gjort store fremskritt innenfor biokjemisk industri på dette området. Det finnes i dag en ganske omfattende litteratur som angir hvordan biologiske prosesser kan beskrives med relativt god nøyaktighet i matematiske modeller.

Det er en rekke faktorer som innvirker på de biologiske prosessenes forløp, men man har likevel greid å finne god overensstemmelse mellom forenklete matematiske modeller og de observasjonene som innhentes

gjennom prosessmessige forsøk. Innenfor biokjemisk industri er det normalt rene kulturer man benytter for å produsere et eller annet stoff, mens vi i avløpsteknikken arbeider med meget sammensatte og kompliserte organismekulturer. Det viser seg imidlertid at det også her kan benyttes matematiske modeller med relativt godt hell.

Det er nevnt tidligere at rensing av vann innebærer at man foretar en forandring i konsentrasjon av en spesifikk substans. Dette gjøres ved å føre substansen fra én fase over i en annen. Dette kalles faseoverføring, og som eksempler kan nevnes tilførsel av oksygen til vann, altså en overføring fra gass- til væskefase, eller en fjerning av hydrogensulfid, altså en overføring fra væske- til gassfase.

Innen vannrensningsteknikken kan vi snakke om tre prinsipielle faser, nemlig gass, væske og faste stoffer. Det er imidlertid også mulig å snakke om andre faser som f. eks. dampfase, eller at en substans foreligger i en oppløst eller kolloidal form. Selve det prosessmessige forløpet i forbindelse med en slik faseoverføring beskrives gjennom de grunnleggende støkiometriske eller fysikalske forhold. De hastighetslikningene som settes opp for den praktiske bruk i forbindelse med prosjektering av en reaktor, er basert på disse grunnleggende prosessmessige forhold.

Ved å vurdere de ulike reaktorens utforming på bakgrunn av hendelsesforløpet rent prosessmessig kan man innføre betegnelsen enhetsoperasjoner (unit operations). Begrepet en-

hetsoperasjoner er inngått som en helt entydig betegnelse innen kjemiteknikken og bør også benyttes på vårt felt for å bidra til å binde disse fagfeltene sammen på en hensiktsmessig måte.

Det er i tiden fremover behov for at prosjekterende ingeniører oppfatter nødvendigheten av å forstå de grunnleggende prinsippene, og hvordan disse bør anvendes i praksis, for å komme fram til mer rasjonelle prosjekteringsmetoder. Mange vil sikkert innvende at en slik vurdering skyter langt over mål og at disse betraktningssmåtene i første rekke må være relevante for den forskningsmessige aktiviteten på dette feltet. Til dette er å bemerke at for de praktiserende ingeniører, de som skal prosjektere, bygge og også drive anleggene, er det av største betydning at de kan følge opp de nye idéene og synspunktene som stadig vil komme. Dessuten vil slik kunnskap være nødvendig for å ha kompetanse i spørsmål om å velge prosesser og reaktortyper som tilfredsstiller de kravene som blir stilt. For en rekke ingeniører som sitter i mer administrative stillinger og bare mer indirekte omsetter slike idéer i praksis, vil selvsagt ikke den grunnleggende kunnskap om disse spørsmålene være så aktuell. På den annen side er det viktig at disse personene forstår at rensing av vann ikke er noen oppgave for hvem som helst, men krever en meget omfattende og solid fagkunnskap på en rekke fagfelter for å kunne ta riktige avgjørelser.

Det er å håpe at slike betraktningssmåter vil bidra til at vurderinger og

diskusjoner omkring spørsmålet om rensing av avløpsvann kommer opp på et høyere faglig nivå, spesielt fordi det er store pengesummer som skal investeres på dette feltet i årene som kommer.

La meg til slutt forsøke å sette disse synsmåtene i perspektiv ved å gjøre det helt klart at sammensetningen av det avløpsvann som prosjekterende ingeniører skal behandle i årene fremover, vil kunne endre seg radikalt ikke minst innenfor den industrielle sektor. Utviklingen innenfor kjemisk industri skjer i dag meget hurtig, og vi har ingen oversikt over hvilke nye kjemiske komponenter som vil tilføres avløpsvannet. Vi kan bare forutse at dette vil kunne spenne over et meget stort spektrum og sette de aller største krav til faglig innsikt hos de ingeniører som skal stå for bygging av nye rensianlegg for slikt avløpsvann. Samtidig er det kjent at det stadig bringes fram nye synsmåter vedrørende hvilke metoder eller enhetsoperasjoner som kan være aktuelle å benytte på dette feltet. Det vil derfor være farlig å låse seg fast i den oppfatning at de prinsipielle typer av rensemetoder som foreligger i dag, også vil være de grunnleggende i fremtiden. Etter all sannsynlighet vil utviklingen kunne gå i ganske andre retninger. Det er viktig å kunne følge med i denne utviklingen og forstå hvordan de nye metodene kan anvendes for hvert enkelt tilfelle eller forhold.

For ytterligere å presisere at disse synspunktene bør være like aktuelle for praktiserende ingeniører i dette feltet som for forskere, vil jeg gjerne

sitere en uttalelse av en av USA's mest kompetente og kjente rådgivende ingeniører, nemlig T. R. Camp: «It is the duty of engineers to place the analysis and design on as rational basis as can be obtained. If sanitary engineers do not follow this philosophy generally in due time, the business of designing plants will be taken over by more competent experts.» (2)

- (1) Arden, E. og Lockett, W. T., Experiments on the Oxidation of Sewage without the Aid of Filters, J. Soc. Chem. Ind., 33, 523, 1/22 (1914).
- (2) Camp, T. R. Sedimentation and the Design of Settling Tanks, Transactions ASCE, 111 (1946), 956.

Tidsskriftet VANN

ORGAN FOR

Norsk Forening for
Vassdragspleie og Vannhygiene.

LESEKRETS

Foreningens ca. 850 medlemmer.
Landets ordførere, kommunale tekniske etater og helse råd.
Medlemmer av Norges Industriforbund.
Medlemmer av Entreprenørens Landssammenslutning.
Landets høyere skoler.

OPPLAG 3500.

UTGIVER OG REDAKSJON

Utgiver: Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene.

Redaktør: Cand. real. Jan Aug. Myhrstad.

Redaksjon og Annonser:

Fru Agot Tangerud. Tlf. 24 27 23.

TIDSSKRIFTETS ADRESSER M. M.

Tidsskriftet Vann, Bjerkelundsveien 9,
1342 Jar.

Postgiro: 30 71 87.

TEKNISKE DATA

Format: A-5, 2 spaltet.

Satsflate: 112 × 160 mm.

Papir: 100 gram satinert trefritt.

Trykk: Boktrykk.

Trykkeri:

Johansen & Nielsen, Pilestredet 45 B, Oslo 3.

ANNONSEPRISER

1/1 side kr. 500,— + moms

1/2 side kr. 300,— + moms

1/4 side kr. 175,— + moms

2. og 3. omslagsside og side mot tekst:

1/1 side kr. 600,— + moms

1/2 side kr. 350,— + moms

4. omslagsside:

1/1 side kr. 750,— + moms

UTGIVELSE OG FRISTER

4 nummer pr. år.

Utgivelse: medio mars, juni, september og desember.

Materialfrist: 5 uker før utgivelse.

ABONNEMENTSPRIS

kr. 10,— pr. år.