

Driftserfaringer med marmorfilter i vannverk

Av Gunnar Skagen.

Gunnar Skagen er driftssjef ved Mandal Vannverk.

Mandal er en kystby på Sørlandet. Byens vannverk forsyner vel 4000 abonnenter. Det første vannverket ble satt i drift i 1867. Hovedledninger fra den tid er fremdeles i drift.

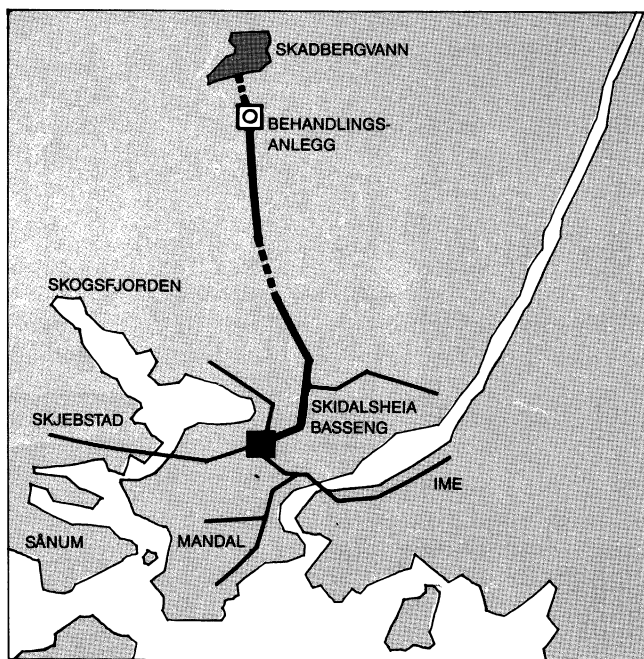
Overflatevann er ofte bløtt (lavt kalsiuminnhold) og har lav alkalitet (lavt innhold av bikarbonat).

Itillegg til at vannet ikke har evne til å nøytralisere sur nedbør, kan surt vann føre til løsning av tungmetaller fra

blandt annet sanitærutstyr og medføre korrosjonsskader i ledningsnettene.

Forbruksvann med lav alkalitet kan gi bruksulemper som brunt vann til abonnentene forårsaket av utfellinger av jern- og eller mangan hydroksyder fra vannet og derved misfarging av lyse tekstiler etter vask.

Surt og mineralfattigt vann er i en skjør balanse. Vannet vil hele tiden søke å oppnå større kjemisk balanse ved å



Hovedvannkilden til Mandal Vannverk er Skadbergvann. Det ligger omlag 5 km fra sentrum og omlag 131 meter over havet. Vannet er bløtt surt og mineralfattig.

Figur 1. I 70-årene ble nye vannkilder tatt i bruk.

«stjele» stoff hvor det kan. I rør vil vannet etter evne ta opp i seg stoff fra rørenes innvendige flater. Det tærer på rørmaterialet.

Tæringen som foregår påfører vannverkseieren store økonomiske tap i den forstand at rørenes levetid minker alt etter hvor korrosivt vannet er.

Forskningsutredninger antyder store årlige beløp som vannverkseieren taper på dette når landet sees under ett.

Vannbehandling

I 1970 årene ble det nyttet hydratkalk som alkalimiddel i Mandal. På grunn av byrdefullt vedlikehold i vannbehandlingsdelen gikk man over til soda, for så i slutten av 1970 årene å gå over til lut (NaOH) som alkalimiddel.

Alkalimiddelet ble den gang dosert direkte inn i hovedforsyningsledningen. Det tok ikke mange årene etter at «det nye vannet» (i begynnelsen av 1980 årene) var sluppet på ledningsnettet før driftsproblemer meldte seg. Abonentene klaget stadig over brunt vann. Vannverket mottok «prøver» på tøy som var blitt misfarget i vask. Spesielt ille var det når hvite broderte duker og bunadsskjorter antok brunlig kulør.

Etter en lang plan/utredningsprosess hvor også politikere var trukket sterkt inn i utredningsarbeidet ble konklusjonen for Mandals del at det skulle satses på alkalisering av vannet. Målsettingen var å produsere «godt» vann slik at Folkehelsas kvalitetskrav til godt drikkevann kunne tilfredstilles.

I årsskiftet 90/91 startet byggingen av vannbehandlingsanlegget. Det sto ferdig til drift juni—91.

Oppbygging av alkaliseringsdelen

Som påbygg til det eksisterende silkammeret er det anlagt tre åpne filtre

bygget som betongkar. Overbygges i tre. Som filtermedium er brukt knust marmormasse. Filtrene er bygd opp med alkaliemasse som om de var konvensjonelle hurtigsandfiltre.

Det er anbragt et **støtteskikt** med marmorfraksjon 5 — 8 mm i bunnen av filteret. Over **støtteskiktet** er det plassert marmormasse med kornfraksjon 2—4 mm. Tykkelsen av filterdelen er vel 2,5 meter.

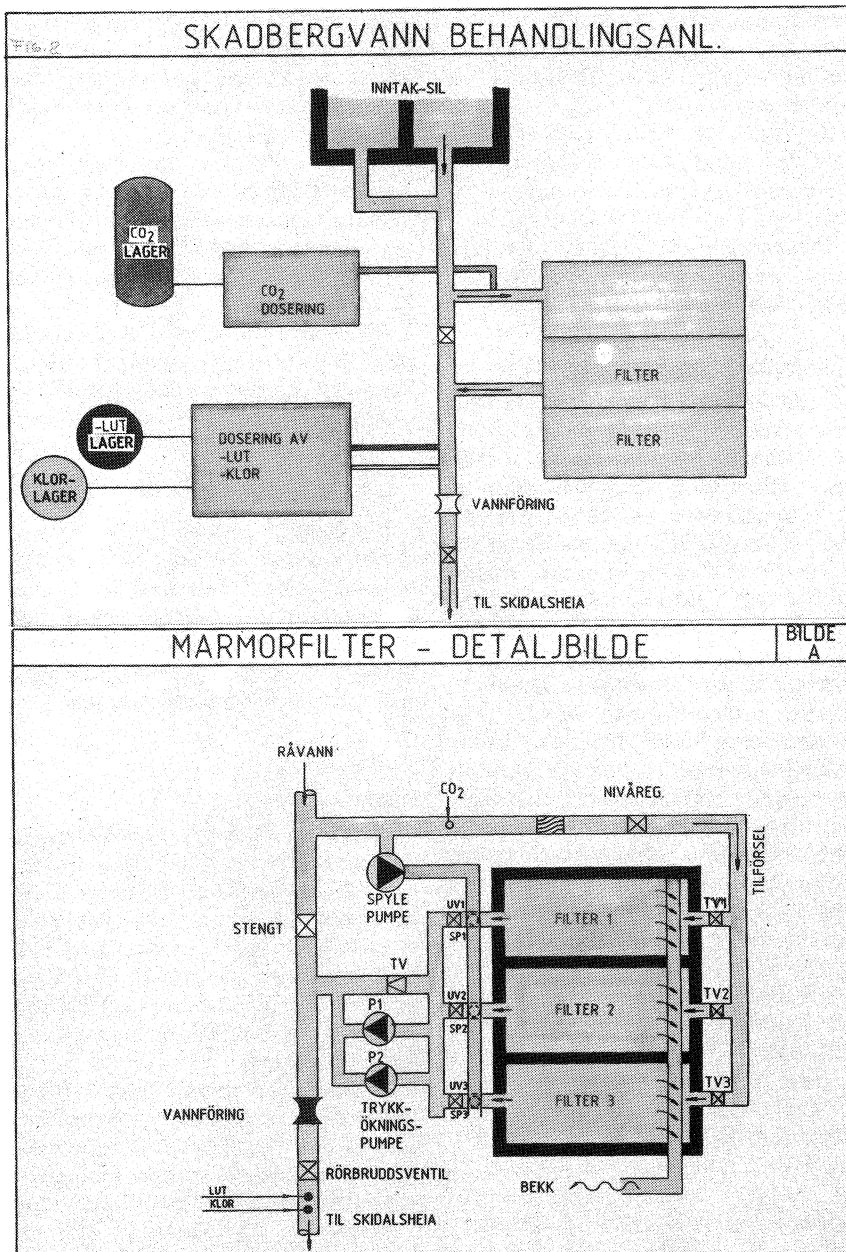
Alkaliseringsprosessen er for såvidt enkel. Råvannet er surt med pH rundt 5. Råvannet surgjøres ytterligere ved at CO₂ gass tilsettes proporsjonalt med produsert vannmengde. Doseringen styres av elektronisk vannmengdemåler.

Det surgjorte vannet slippes over marmormassen, passerer gjennom filteret og tas ut i underkant av filteret. Vannet desinfiseres deretter og slippes på nettet. Desinfeksjonsmiddelet er klorgass. Som ledd i etterbehandlingen settes det til en liten mengde lut.

Kjemi

På sin vei gjennom filteret reagerer det sure vannet med kalsiumkarbonatet som løses opp. I den kjemiske prosessen mellom marmor og det kullsyrerike vannet blir blant annet kalsiumet tatt opp av vannet. Marmoret som benyttes inneholder over 99 % karbonater. Det blir lite restprodukter i form av «slagg».

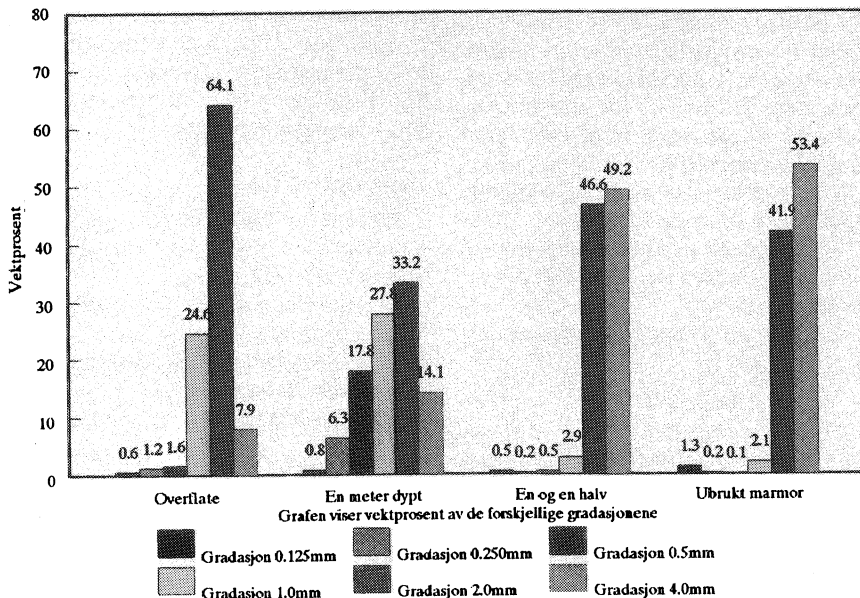
Filtrene tilbakeholder også partikulært stoff fra råvannet. Surgjøringen av råvannet før det slippes på filtrene medfører at endel av vannets biologiske «liv» destrueres. Det fører til avsetning av biomasse på toppen av filtrene. Biomassen har geleaktig konsistens. Avsetningen er ikke driftshindrende



Figur 2. Skadbergvann/behandlingsanlegg.

Siktekurver for marmormasse tatt ut i forskjellige sjikt

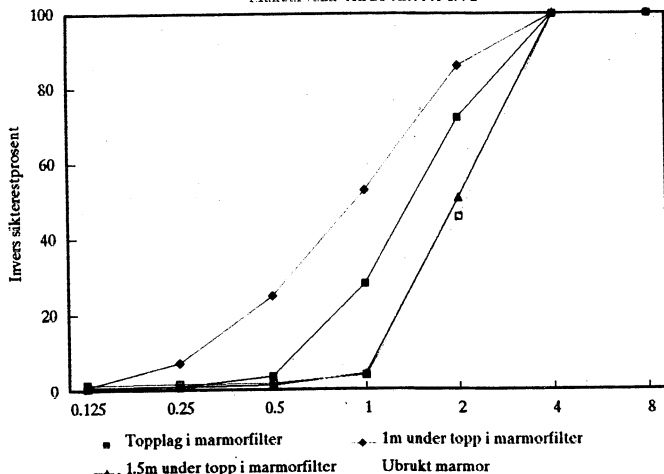
Mandal vannverk 21 oktober 1992



Utatte prøver er på mellom 5.2 og 6.9kg

Siktekurver for marmormasse tatt ut i forskjellige sjikt

Mandal vannverk 21 oktober 1992



Figur 3. Siktekurve for marmormasse.

Prosjektforutsetning

Under prosjekteringen av filtrene var det forutsatt at det kun var den øverste delen av marmormassen i filtrene som var virksom i alkaliseringsprosessen, men fordi det var fare for utløsning av kalsium fra de innvendige betongflatene de første metrene under vannoverflaten, ble karene allikevel beskyttet med epoxy fra topp til bunn.

For å undersøke om forutsetningen i prosjektet stemte, ble det tatt ut prøver av filtermassen.

Det ble tatt ut følgende prøveserie:

- fra overflaten
- fra en meters dyp
- fra 1,5 meters dyp
- en prøve som referanse fra ubrukt marmormasse.

Prøvene ble siktet gjennom standard sikt. Sikteresultatene (fig. 3) viser at marmormassen etter vel 1,5 års drift på 1,5 meters dyp har stort sett samme fraksjon som ubrukt marmormasse.

Det etterfylles ny marmormasse direkte på toppen av filtrene. Etterfylling skjer to til tre ganger i året. Det benyttes norskprodusert marmor fra brudd på Vestlandet. Marmor leveres til vannverket i storsekk a ca 600 kg.

Marmormassen fra overflaten og ned til en meters dyp i filteret har fraksjoner spredt over alle siktene. Etterfylling av marmor synes ikke å ha betydning for fraksjonsdelingen i massens øvre skikt. Sikteresultatene bekrefter forutsetningen i forprosjekteringen.

Kapasitet på filtrene

Filtrene er beregnet for maksimal kapasitet på 150 liter pr. sekund.

Ved normal drift
er vannleveransen ca. 200 m³/time
Ved rimelig hagevanning
økes leveransen til rundt 350 m³/time
Når hagevanningen er
på topp leveres vel 550 m³/time

Alkaliseringen av vannet er like virksom og analyseresultatene viser stabil drift enten filtrene overbelastes eller leverer til minimumsforbruk.

Data

Produsert vannmengde utgjør i gjennomsnitt 120.000 m³/måned

Nattforbruk 20 l/sek
Dagsforbruk 65 l/sek
Maksimalt forbruk 150 l/sek

Filterareal pr. filter: 11,25 m², totalt filterareal: 34 m².

Kapasitet	Belastning pr. filter	Filterhastighet
20 l/sek	23 m ³ /t	2 meter/time
70 l/s	83 m ³ /t	7,5 m/t
140 l/s	167 m ³ /t	15 m/t
Spylehastighet pr. filter		
140 l/s mot 7 meter vannsøyle		45 m/t
100 l/s mot 10 m.v.s		32 m/t

Spyletiden er satt til 5 minutter pr. filter. Filtrene spyles automatisk om natten mellom kl. 0200 og 0300.

Filtervolum: hvert filter = 34 m³, totalt for alle 102 m³,

Marmormengde: 160 tonn

Beregnet årsforbruk av marmor

40 gr/m³ vann = 60 tonn

Beregnet årsforbruk av kullsyregass

20 gr/m³ vann = 30 tonn

Årsforbruket er: marmor
CO₂

42 gr/m³ vann = 70 tonn

14 gr/m³ vann = 23,5 tonn

Behandlingspris: marmorkostnad:
gasskostnad:

3,2 øre pr. m³

2,6 øre pr. m³

Behandlingspris for alkalisering:

5,8 øre pr. m³

Forprosjektpris 8 — 10 øre pr. behandlet kubikkmeter vann.

Alkaliseringen

De krav folkehelsen har satt til alkalitet og til innhold av kalsium for godt drikkevann oppfylles med stor grad av regelmessighet når det doseres ca 13 gram CO₂ pr. m³ vann.

pH verdien er stabil innen området 7,65 pluss/minus 0,15 enheter.

Alkaliteten på behandlet vann ligger rundt 650 milliekvivalenter pr. liter. (norm : 0,6—1,0 m.mol pr.liter CO₂ total).

Kalsiuminnholdet rundt 15 mg Ca/l (norm: 0,38—0,63 m.mol Ca/l).

Drikkevannsmormens øvrige parametre for godt drikkevann oppfylles.

Likevektsberegninger av vannet

Med bakgrunnen i de kjemiske analysene av råvannet som var utført i -86 ble det beregnet de mengder gass og marmor som var nødvendig for å oppnå den alkalitet i vannet som tilfredstiller drikkevannsnormen.

De kjemiske analysene ga også grunnlaget for å vurdere vannets aggresivitet og vannet likevekt ved de forskjellige nivåer av alkalitet (bikarbonatsystemet) og innhold av kalsium. Beregningen ga grunnlag for å tegne opp

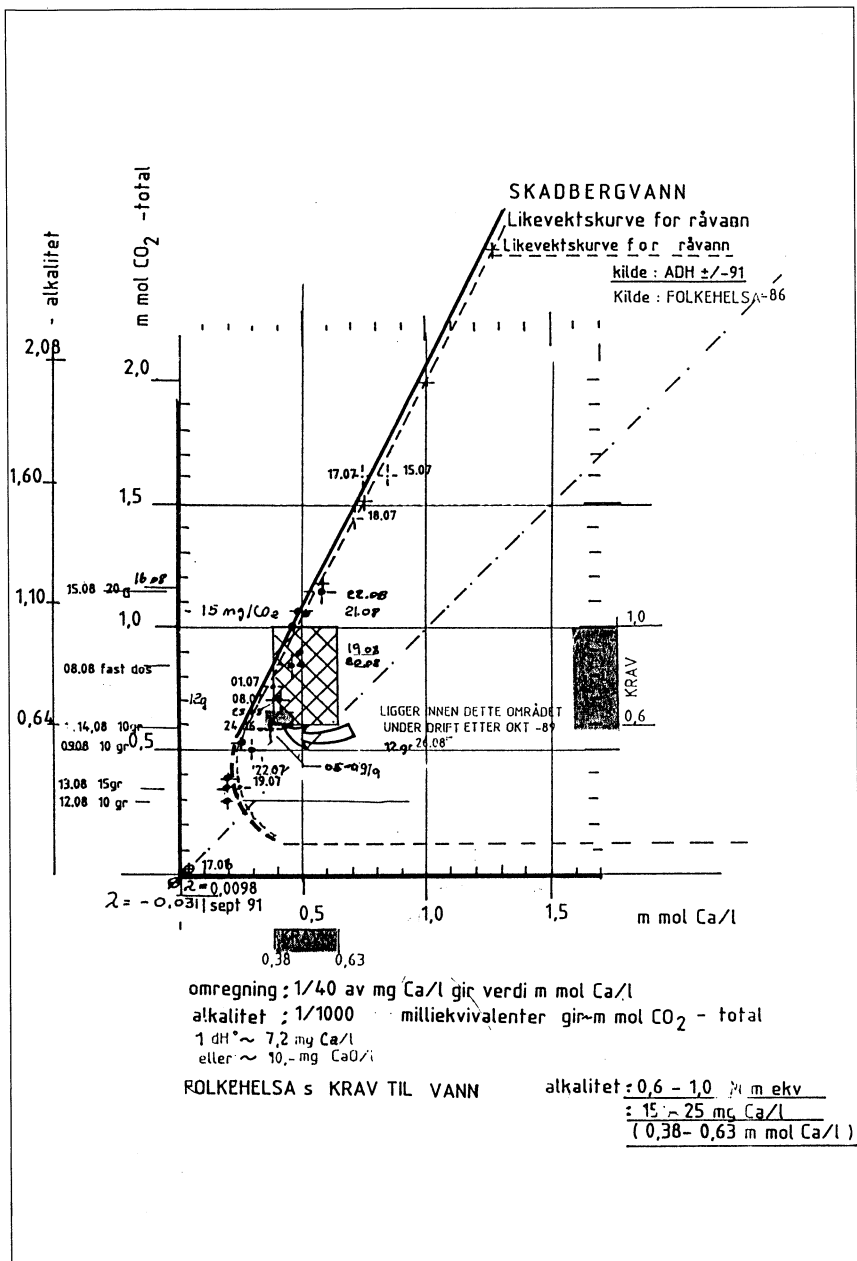
(visualisere) vannets likevektskurve. Beregningen ble gjentatt av annet laboratorium på analyser av råvannet også i -91. Resultat i -86 og i -91 er sammenfallende.

Etter de erfaringer som er vunnet ved vannverkets drift er likevektskurven et nyttig redskap for å styre driften med hensyn på overvåkning av vannets alkalitet. Endringer av alkaliteten på behandlet vann kan verifiseres i likevektskurven med en gang analyseresultatene foreligger.

pH som parameter for å styre alkaliseringsprosessen er usikker. I prøveperioden 91/92 leverte vannverket vann med stabil alkalitet og stabilt innhold av kalsium, men likevel fant en store utsving i pH verdiene. En mulig årsak kan være innhold av ikke forbrukt kullsyre i vannet.

Vannets hardhet

Vannets hardhet skyldes i hovedsak innholdet av kalsium og magnesium. Aluminium, strontium og sink bidrar til å øke vannets hardhet, men vanligvis i mindre grad. Følgende klassifisering av vannets hardhet blir ofte benyttet:



Figur 4. Likevektskurve.

Meget bløtt vann
Bløtt vann
Moderat hardt
Meget hardt

0—14 mg Ca/l	0— 2 °d H
14—36 mg Ca/l	2— 5 °d H
36—72 mg Ca/l	5—10 °d H
< 72 mg Ca/l	< 10 °d H

Mandals vann inneholdt:
før alkalisering
etter alkalisering

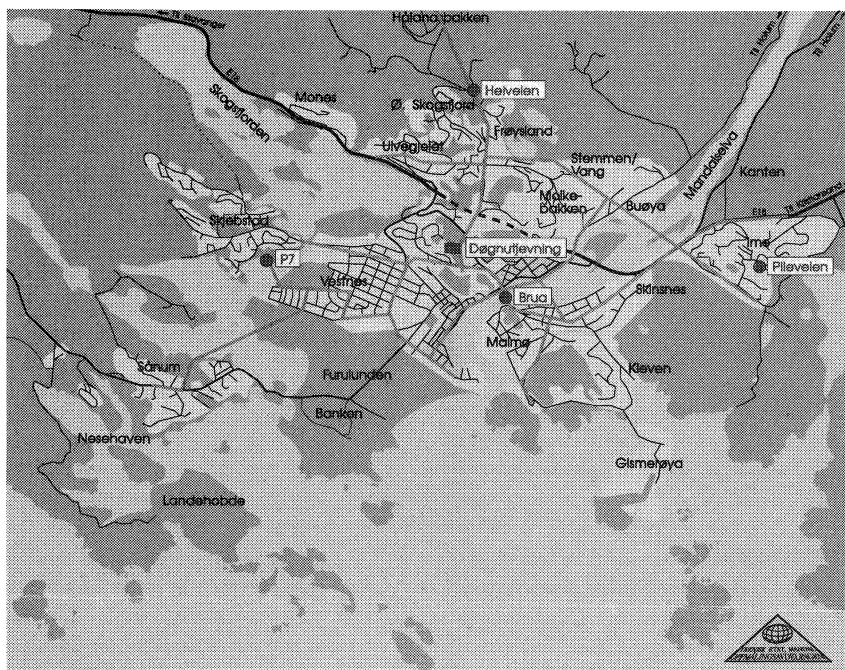
1,5 mg Ca/l	0,2 °d H
15 mg Ca/l	2,1 °d H

Driftsoppfølging

For å følge opp driften og for å få viten om alkaliseringsprosessens virkninger i nettet ble det laget program for driftsoppfølging over ett år på kjemiske parametre. Det ble tatt ut prøver i distribusjonsnettets ytterkanter, i nettets tyngdepunkt på nettets forsyningsledning og av råvannet.

Første halvår analyserte ADH's vannlab. ca 500 enkeltprøver, andre halvår noe mindre antall. Totalt er det analysert 800 enkeltprøver i driftskontrollen.

Mandal Kommune har inngått samarbeid med «Driftsassistansen på vannforsyningen for Møre og Romsdal». Kommunens driftserfaringer blir



Figur 5. Mandal Vannverk. Hovedvannledninger. Driftsoppfølging prøvesteder.

koblet sammen med 6 kommuner i Møre og Romsdal som planlegger/bygger i prosjektet «**Fellesprosjekt Karbonatisering på alkaliske filtre**». Asplan/Viak Sør står for gjennomføringen av dette prosjektet som ventelig vil bli rapportert i løpet av våren -93.

Vest-Agder Fylkeskommune ydet tilskudd til oppfølging av Mandal's prøveprogram. Tilskuddet var bidrag til utarbeiding av sluttrapport med oppsummering av driftsresultatene etter ett års prøvedrift ved vannverket. Rapporten er distribuert til kommunene i Vest-Agder.

Anleggskostnader

Tilbygget til det eksisterende silhuset ved vannverket kostet totalt 3 mill kr. Av beløpet medgikk 1/2 mill kroner til overvåkningsutstyr. 1 mill kostet prosessutstyret. 1/2 mill kroner gikk med til forberedelser/konsulentarbeid, mens 1 mill var prisen for bygningsmessige arbeider.

Behandlingsdelen ønsket man full-automatisert, PLS-styrt (programmerbar logisk enhet) slik at overvåkingen av behandlingsanlegget som ligger omlag 5 km fra sentrum foretas fra teknisk etats kontorer. Alle driftsdata bearbeides elektronisk. Spyling av filtrene er programmert (automatisert). All styring av ventiler skjer ved hjelp av trykkluft. Påslipp av vann over filtrene skjer ved nivåføling/pneumatikk.

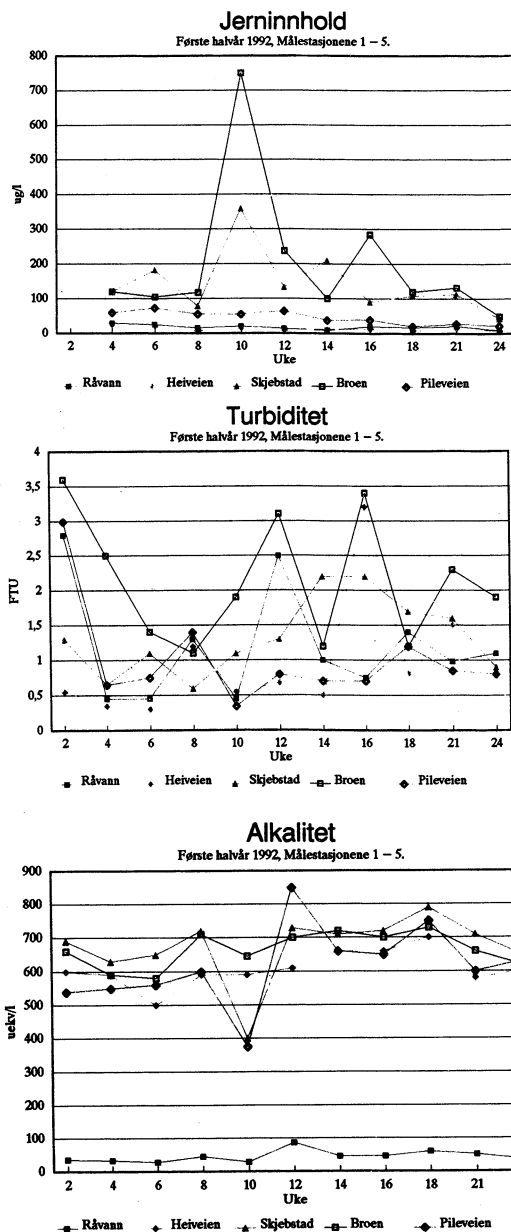
Driftsresultater

Vannverket har sommeren -92 overbelastet filtrene med hensyn på kapasitet. Overbelastningen har ikke ført til endret forhold angående innholdet av kalsium eller på alkaliteten i vannet.

De alkaliske filtrene har svart til forventningene en satte i forprosjektet. Folkehelsas krav til alkalitet og til kalsiuminnhold i vannet tilfredstilles i den forstand at det behandlede vannet ligger innenfor de normene som er fastsatt av folkehelsa.

Etter ett års drift kan en sammenfatte resultatene slik:

- Alkaliseringsanlegget har svart fullt ut til de forventningene en hadde fra prosjekteringen.
- pH alene er ikke nok som måleparameter til styring i alkaliseringsprosessen.
- I innkjøringsfasen og ved den senere driften av de alkaliske filtrene er vannets likevektskurve et godt redskap for styring av CO₂ tilsettingen og alkaliseringsprosessen.
- Både alkaliteten og kalsiuminnholdet holder seg stabilt uansett om der er minimums eller maksimums vannforbruk.
- Etter at vannet er behandlet i alkaliefiltrene er det lite aggressivt. Umiddelbart etter at det behandlede vannet var sluppet på vannledningsnettet fikk man endring i kvaliteten på det leverte vannet. Vann som leveres er klart og med frisk smak. Klager fra abonnentene på brunt vann gikk dramatisk ned.
- I prøveperioden er det foretatt kontrollspylinger for å se om det er behov for spyling av ledningsnettet, men etter at filtrene ble satt i drift har det ikke vært nødvendig med spyling av vannledningsnettet.
- Aluminiumsinnholdet i vann som har passert de alkaliske filtrene er redusert betraktelig. (fra 0,2 mg Al/l til 0,05 mg Al/l). Kobber og mangan er redusert, men i mindre grad enn Al ved passering av marmorfiltrene.



Figur 6. Jern, turbiditet og alkalitet i behandlet vann.

- Overvåkningsanlegget har «spart» vannverket for 1/2 driftsoperatør.
- Driften av alkaliseringsanlegget er blitt rimeligere enn antatt i forprosjektet.
- Det er «spart inn» på de årlige driftsutgiftene ved at det ikke lenger foretas regelmessige spylinger av ledningsnett og døgnutjevningssmagasin.

Resultater av driften som ønskes forbedret

Det er registrert enkelte høye verdier på fargetallet og på innhold av jern i nettvannet. Turbiditeten er for endel prøver noe for høy i forhold til drikkevannsnormen.

Turbiditeten som måles kan antagelig tilbakeføres både til alkaliseringsprosessen og til forhold med fortsatte felling i rørnett av støpejernsledninger.

Råvannets fargetall og innhold av jern er lavt, men i nettes støpejernsledninger «skjer» det fremdeles noe.

Innhold av jern i enkeltprøver ligger likevel noe høyere enn drikkevannsnormens krav. Vannverket arbeider med å finne løsninger på problemet.

Felling av jern er pH avhengig. Vannverket ønsker ikke å øke doseringen av CO₂ nevneverdig. Økes nemlig alkaliteten i vannet til rundt 1,0 m.mol CO₂ totalt, vil det under våre forhold føre til at glass som vaskes i f.eks. oppvaskmaskiner blir blakket.

Med alkalitet omkring 0,65 — 0,7 m.mol CO₂ totalt får man begynnende ulemper hos abonnentene ved at toaletsåpe ikke lenger skummer slik en har vært fortrolig med.

I 1993 er lutanlegget ved vannbehandlingsanlegget satt i drift. Det tilsettes en liten mengde lut for å øke det behandlede vanns pH til rundt 8 — 8,3 uten å øke vannets alkalitet. På denne måten håper en å redusere fellingene av jern på nettet.