

Grunnvann: Planlegging - Økonomi

GIN-VEILEDER nr.: **4**



Norges geologiske undersøkelse
Miljøverndepartementet



NGU

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Leiv Eirikssons vei 39, Trondheim.

Postadresse:
Boks 3006, Lade
N-7002 Trondheim
Telefon (07) 90 40 11

Adm.dir.: dr.philos. *Knut S. Heier*

Publikasjoner

NGU utgir publikasjonsseriene Skrifter, Bulletin og Special Publications. De to siste er i hovedsak engelskspråklige, og omfatter vitenskapelige arbeider innenfor norsk geologi. Skrifter er en norskspråklig serie, som først og fremst har tatt opp beskrivelser til berggrunnskart og kvartærgeologiske kart. Videre inneholder serien artikler om teknisk/økonomisk geologi, og generell geologi, geokjemi og geofysikk som grunnlag for arealplanlegging og -forvaltning.

Skrifter skal ha som intensjon å presentere geofaglig stoff på en slik måte at det forstås av ikke-geofaglige målgrupper.

REDAKTØR: Siv.ing. *Helge Hugdahl*, Norges geologiske undersøkelse

UTGIVER: Norges geologiske undersøkelse

MANUSKRIPTER: Retningslinjer for forberedelse av manuskripter til Skrifter fås ved henvendelse til redaktøren.

SKRIFTER 100: GIN-VEILEDER NR.4

GiN-veilederne er utarbeidet av *Norges geologiske undersøkelse* i samarbeid med *Miljøverndepartementet*.

Veileder nr. 4 tar for seg bl.a. økonomisk sammenlikning av mulige løsninger av vannforsyningen. Nåverdimetoden behandles særskilt som en viktig metode for å kunne sammenlikne investerings- og driftskostnader for ulike alternativer på en realistisk måte. Enkle hjelpemidler for analysen trekkes fram.

Veilederen henvender seg primært til teknisk etat i kommunene og fylkenes miljøavdelinger, konsulenter og vannverkseiere. Men helseetater, politikere og øvrige interesserte i vannforsyning vil kunne ha utbytte av heftet.

Veilederen er tilrettelagt av *Knut Ellingsen* (NGU).

GiN veileder nr. 4

GRUNNVANN PLANLEGGING OG ØKONOMI

utarbeidet av:

Roar Finsrud, Østlandskonsult a/s

INNHALDSFORTEGNELSE

1. Sammendrag	3
2. Planleggingsmodell	3
3. Økonomisk sammenligning	5
Nåverdimetoden	5
Eksempel på beregning av nåverdi	6
Eksempel på økonomisk sammenligning	7
4. Enkle hjelpemidler for analysen	9
Økonomisk riktig ledningsdimensjon	9
Lønnsom transportavstand til grunnvann i forhold til andre kilder	10
Kunstig infiltrasjon	12
5. Planlegging etter at grunnvannskilde er valgt	13
6. Driftskontroll	16

1 SAMMENDRAG

Ved etablering av ny vannforsyning er valg av vannkilde viktigst. Det må derfor legges ned tilstrekkelige planleggingsressurser slik at det blir mulig å finne den optimale løsning der alle forhold av betydning trekkes inn i analysene:

- *Teknikk*
- *Økonomi*
- *Hygiene*
- *Miljø*

Økonomisk sammenligning baseres på **nåverdimetoden** der beregningene utføres med **realrente**. På den måten tas det hensyn til prisstigning, forskjeller i investeringstidspunkt, levetider m.m.

Når vannkilde og hovedprinsipp for vannforsyningen er bestemt blir oppgavene å velge riktig der forskjellige alternativ løser samme problem.

Optimale løsninger sikres best gjennom en trinnvis planlegging der avgjørelser tas i riktig rekkefølge.

2 PLANLEGGINGSMODELL

I de aller fleste tilfellene vil grunnvann (eventuelt kombinert med kunstig infiltrasjon) være et alternativ til forskjellige overflatevannkilder.

Ved valg av vannkilde er det ikke bare teknikk og økonomi som er avgjørende, men hygieniske forhold og variasjon i generelle nytteverdier må også tillegges vekt. Det anbefales at planleggingsmodellen i fig.1. benyttes.

Påvirkningsgrad

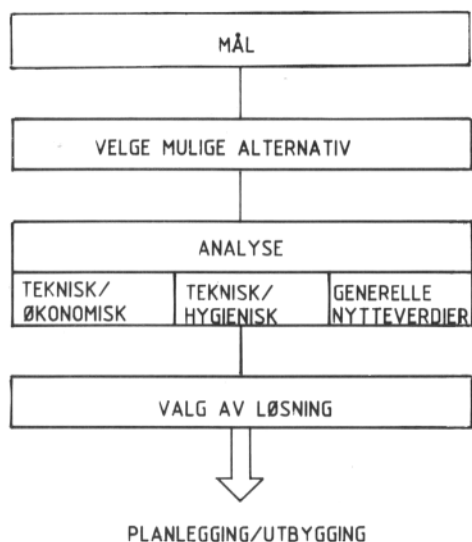
Planleggingen kan deles i to hovedfaser:

- *Fram til valg av kilde*
- *Planlegging av valgt alternativ*

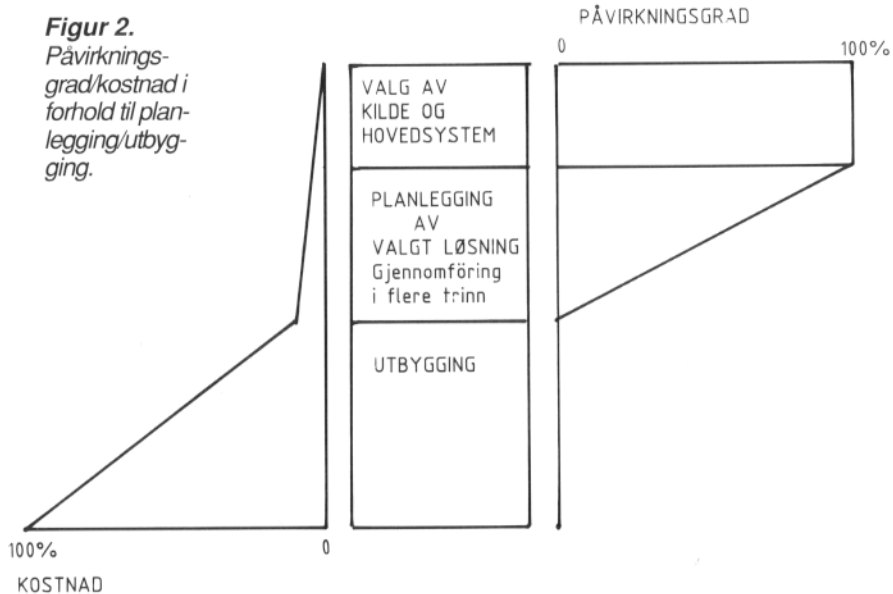
Den første fasen er viktigst, og det er her mulighetene for besparelser er størst.

Når vannkilde er valgt vil påvirkningsgraden begrenses til de tekniske løsningene som velges for prosjektet.

Påvirkningsgrad/kostnad illustreres i fig.2. Denne viser hvor viktig det er at det legges ned tilstrekkelig innsats for å finne fram til riktig vannkilde/hovedsystem.



Figur 1.
Planleggingsmodell.



3 ØKONOMISK SAMMENLIGNING

Investerings- og driftskostnader kan variere mye i forhold til den vannkilde som velges.

Eksempel på kombinasjoner som ofte forekommer illustreres i fig. 3.

ANLEGG	INVESTERINGS-		DRIFTS-	
	TUNG	LETT	TUNG	LETT
GRUNNVANN KORT OVERFØRING, MINIMAL BEHANDLING				
GRUNNVANN LANG OVERFØRING, MINIMAL BEHANDLING				
OVERFLATEVANN KORT OVERFØRING, OMFATTENDE BEHANDLING				
OVERFLATEVANN LANG OVERFØRING, MINIMAL BEHANDLING				

Figur 3.
Krav til investering og drift.

Nåverdimetoden

Ved økonomisk sammenligning av alternativ med forskjellige krav til investering og drift må det benyttes metoder som tar hensyn til:

- *Investeringstidspunkt*
- *Markedsrente*
- *Prisstigning*
- *Restverdi*

Nåverdimetoden beregnet med realrente anbefales.

Nåverdi er det beløp som må være tilgjengelig for å dekke investeringer og drift/vedlikehold i analyseperioden.

Utgifter til drift, vedlikehold og framtidige investeringer øker med prisstigningen, mens beløp som ikke er benyttet forrentes med markedsrente.

Realrenten (R) beregnes etter formelen:

$$R = \frac{r - P}{1 + P}$$

der R = realrenten i %, r = nominell rente i % og P = prisstigning i %.

Eksempel

Nominell rente: 14%

Prisstigning: 7%

$$\text{Realrenten} = \frac{0,14 - 0,07}{1 + 0,07} = 0,0654 \text{ (6,54\%)}$$

Realrenten er med andre ord tilnærmet differansen mellom nominell rente og prisstigning hvis den nominelle renten er høy og prisstigningen lav.

Nåverdien (K) av en årlig driftskostnad på kr 1,00 i dagens kroneverdi beregnes etter formelen:

$$K = \frac{(1 + R)^N - 1}{R (1 + R)^N}$$

der K = SUMFAKTOREN = Nåverdien av en årlig driftskostnad på kr 1.00 i N år, R = realrenten i % (7% rente gir R = 0,07) og N = antall år.

Nåverdien av en investering (A) som foretas om N år, eller nåverdien av restverdien etter N år beregnes med formelen:

$$K = \frac{P}{(1 + R)^N}$$

der P = restverdi eller framtidig investering regnet i dagens kroneverdi.

Eksempel på beregning av nåverdi

Et grunnvannsanlegg utbygges i to trinn. Analyseperioden settes til 20 år.

Investering (mill.kr):

Første byggetrinn	12,00
Andre byggetrinn (etter 10 år)	6,00

Drift og vedlikehold (mill.kr):

Etter 1. trinn(0-10 år)	0,90
Etter 2. trinn(10-20 år)	1,30

Levetiden er 40 år og restverdi 20 år etter 1. trinn:

Av 1. trinn	50%	6,00 mill.kr
Av 2. trinn	75%	4,50 mill.kr

Beregning (7% realrente)			
GJELDER	Mill.kr		Nåverdi (mill.kr)
	Investering Restverdi	Drift og vedlike- hold	
Investering 1.trinn	12,00		12,00
Investering 2.trinn	6,00		3,05
^{*)} Drift og vedl.hold 0-10 år		0,90	6,32
^{**)} Drift og vedl.hold 10-20 år		1,30	4,64
Nåverdi eks. restverdi			26,01
Restverdi av 1.trinn	6,00		
Restverdi av 2.trinn	4,50		
^{***)} Sum restverdi	10,50		2,71
NÅVERDI			23,30

$$*) \text{ Nåverdi} = \frac{(1 + 0,07)^{10} - 1}{0,07 (1 + 0,07)^{10}} \cdot 0,9 = 6,32$$

$$**) \text{ Nåverdi} = \frac{(1 + 0,07)^{20} - 1}{0,07 (1 + 0,07)^{20}} - \frac{(1 + 0,07)^{10} - 1}{0,07 (1 + 0,07)^{10}} \cdot 1,30 = 4,64$$

$$***) \text{ Nåverdi} = \frac{10,50}{(1 + 0,07)^{20}} = 2,71$$

Eksempel på økonomisk sammenligning

For valg av vannkilde er det to alternativ:

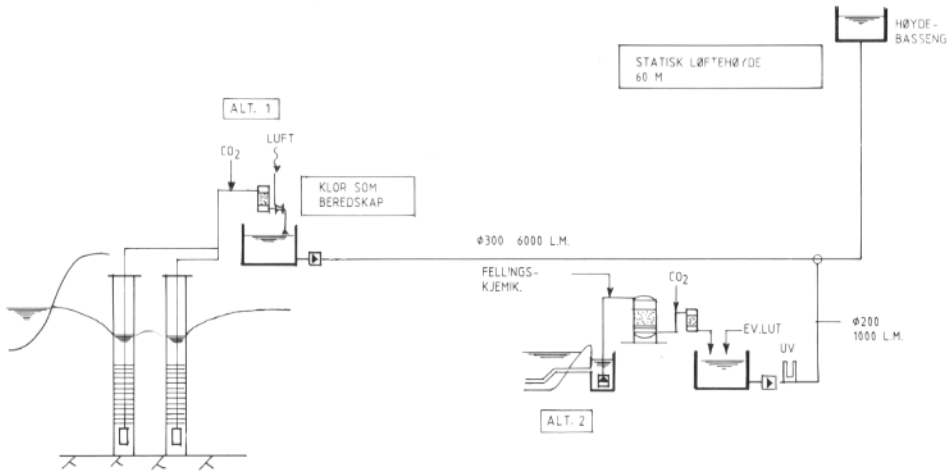
Alt. 1

- Grunnvann fra løsavsetninger 6000 lm. fra forsyningsområdet.
- To brønner Ø 400 mm
- Vannbehandling:
 - Lufting
 - Karbonatisering
 - Klor som reserve
- Klausuleringskostnad 1,0 mill.kr.

Alt. 2

- Overflatevann 1000 lm. fra forsyningsområdet.
- Vannbehandling:
 - Direktefiltrering
 - Karbonatisering
 - Desinfeksjon

Begge vannkildene ligger på samme nivå.
Prinsippet vises i fig. 4.



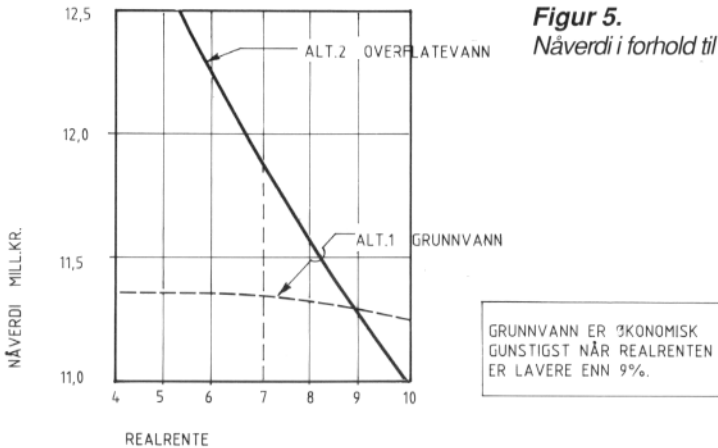
Figur 4.
Prinsippsskisse av alternativene i avsnittet ovenfor.

Beregning av nåverdi (mill.kr)

GJELDER	ALTERNATIV 1				ALTERNATIV 2			
	Investering Dr.+vedl.	Nåverdi			Investering Dr.+vedl.	Nåverdi		
		5%	7%	9%		5%	7%	9%
Klausulering	1,000	1,000	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,500
Øvrig investering	8,260	8,260	8,260	8,260	6,100	6,100	6,100	6,100
Drift og vedlikehold	0,320	3,988	3,390	2,921	0,560	6,979	5,933	5,112
Nåverdi inkl. restverdi		13,248	12,650	12,181		13,579	13,533	11,712
- Restverdi	5,000	1,884	1,292	0,892	2,500	0,942	0,646	0,446
SAMMENLIGNBAR NÅVERDI		11,364	11,358	11,289		12,637	11,887	11,266

Bruk av varierende realrente viser følsomheten i analysen (fig. 5).

Ved realrente lavere enn 9% er grunnvannsalternativet billigst. Realrenten er i dag langt lavere, og grunnvannsalternativet er økonomisk det gunstigste.



Figur 5.
Nåverdi i forhold til realrenten.

Før alternativ velges må også teknisk/hygieniske og miljømessige analyser utføres. Ofte vil grunnvannsalternativene komme gunstigst ut ved slike analyser.

4 ENKLE HJELPEMIDLER FOR ANALYSEN

Når grunnvannsalternativ skal sammenlignes med andre kilder kan den første analysen baseres på generelle hjelpemidler f.eks.:

- Økonomisk ledningsdimensjon
- Lønnsom transportavstand til grunnvann i forhold til nærliggende kilde.
- Kostnader for kunstig infiltrasjon

Hjelpemidlene kan utarbeides slik at de tilpasses stedlige forhold.

Gjennom enkle teknisk/økonomiske analyser blir det mulig å foreta en grovsiling (dårlige alternativ kan raskt sjaltes ut). I etterfølgende avsnitt skal det gis noen eksempler.

Økonomisk riktig ledningsdimensjon

Økonomisk riktig er den ledningsdimensjon som får laveste nåverdi. I etterfølgende tabell vises eksempel på beregning av nåverdi pr. 1m (Ø 300 mm) ledning. Beregningene utføres for varierende mengde og følgende forutsetninger:

Kostnad pr. lm (kr)	1.000,00
Vedlikehold pr. lm pr. år (kr)	5,00
Energikostnad pr. kWh (kr)	0,40
Trykktap etter Colebrooks formel (k)	1,00
Maks. døgnfaktor	1,50
Analyseperiode (år)	20
Restverdi om 20 år	60%

GJELDER	INVESTERING DRIFT OG VED- LIKEHOLD (kr)	NÅVERDI (kr/lm)			
		DIM. MENGDE l/sek.			
		25	50	75	100
Investering	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Drift og vedlikehold	5	53	53	53	53
Energikostnad for å overvin- ne trykktapet					
25 l/s	0,47	5			
50 l/s	3,78		40		
75 l/s	12,84			136	
100 l/s	30,50				323
Nåverdi eks. restverdi		1.058	1.093	1.189	1.376
- Restverdi	600	155	155	155	155
NÅVERDI		903	938	1.034	1.221

Beregningene kan med fordel utføres på EDB. I fig. 6. vises eksempel på nåverdi i forhold til dimensjonerende vannmengde for flere rørdimensjoner. Slike kurver bidrar til raskere analyser.

Lønnsom transportavstand i forhold til andre kilder

Som hjelp ved den økonomiske analysen kan det være hensiktsmessig å vite den summen som kan legges i transport av grunnvannet for å få samme nåverdi som andre alternativ. I fig. 7 vises transportavstand i forhold til dimensjonerende mengde der alternativet til grunnvann er direktefiltrering. Tilsvarende kurver kan lages der andre løsninger inngår i sammenligningen.

LEDNINGSKOSTNADER	
Dim. mm	Kostnad kr/lm
100	500
200	610
300	1.000
400	1.340
500	1.750
600	2.300

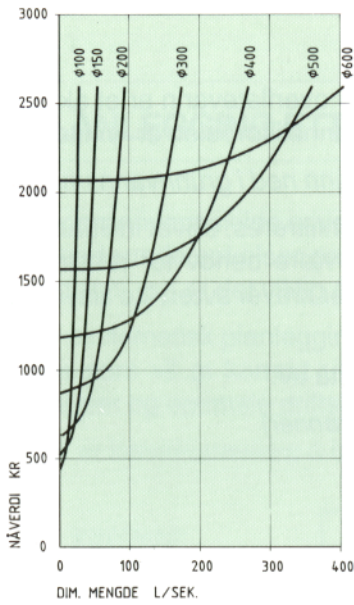
Forutsetninger:

Energipris: kr 0,40 pr. kWh

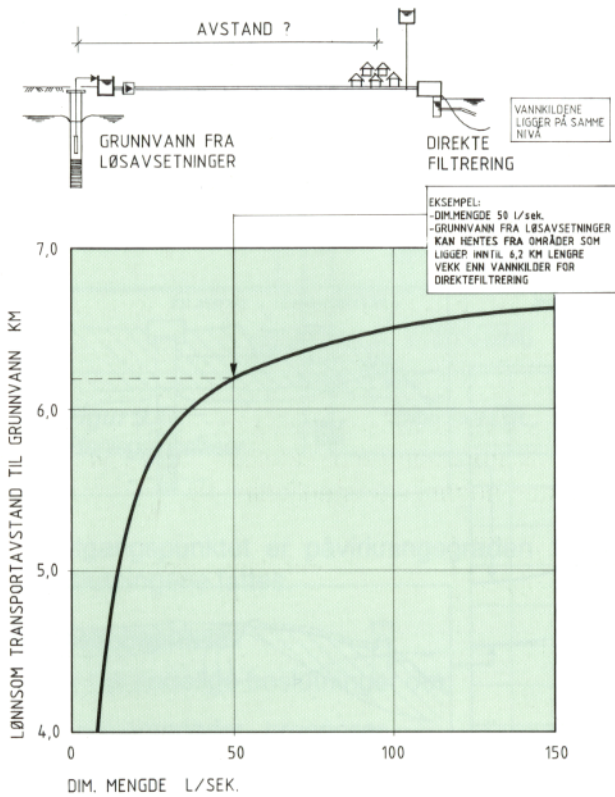
Realrente: 7%

Restverdi etter 20 år: 60%

Analyseperiode: 20 år



Figur 6.
Økonomisk ledningsdimensjon.



Figur 7.
Avstand til grunnvann for å få samme nåverdi som direktefiltrering.

Kunstig infiltrasjon

Praksis har vist at kunstig infiltrasjon av overflatevann er et aktuelt kapasitet-søkende tiltak der den naturlige grunnvannstilførselen er for liten.

Ved kunstig infiltrasjon føres overflatevann ned i grunnvannsmagasinet.

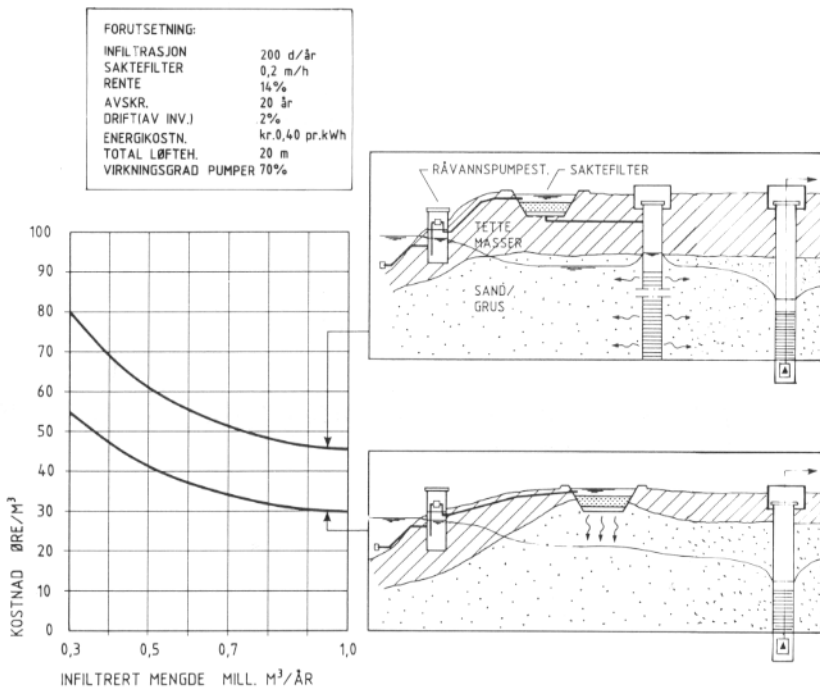
Det settes store krav til det vannet som infiltreres, slik at infiltrasjonsflaten ikke "tettes". Før infiltrering kan det derfor være behov for rensing der spesielt saktefilter er en aktuell løsning. Saktefilter krever svært lite tilsyn, og driftskostnadene er små.

Et anlegg for kunstig infiltrasjon kan bestå av:

- Råvannspumpestasjon (evt. råvannsbrønner)
- Vannbehandling
- Infiltrasjonssystem:
 - Basseng
 - Brønner

Infiltrasjonsbasseng benyttes der permeable masser når fra overflaten ned til grunnvannspeilet. Der det er et tett overflatelag benyttes infiltrasjonsbrønner.

I fig. 8 vises eksempler på kostnader i forhold til infiltrert mengde.



Figur 8.

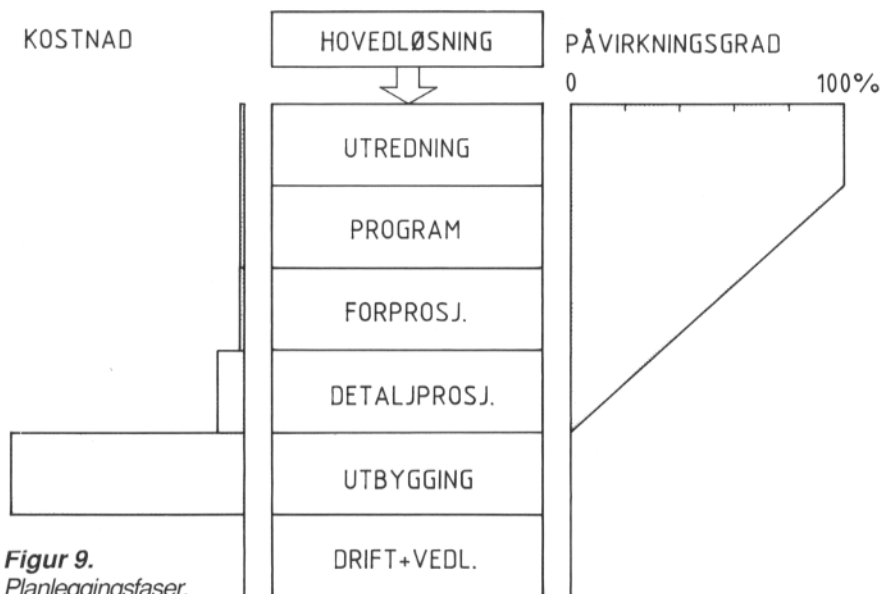
Eksempel på kostnad for kunstig infiltrasjon (ekskl. uttaksbrønner).

5 PLANLEGGING ETTER AT GRUNNVANNSKILDE ER VALGT

Når grunnvannskilde er valgt og alle usikkerheter er ryddet av vegen (kompleterende undersøkelser, prøvepumping, kvalitetsvurderinger, klausuleringskostnader m.m.) er det viktig å fortsette med en systematisk planlegging.

En systematisk planlegging vil sørge for at beslutninger tas i riktig rekkefølge, noe som vil gi korrekt utgangspunkt, riktige delløsninger, hensiktsmessige etapper og optimale driftsforhold.

Det er hensiktsmessig å benytte de fasene som vises i fig. 9.



Figur 9.
Planleggingsfaser.

I utgangspunktet er påvirkningsgraden 100%, men avtar etter hvert som beslutningene fattes.

Utredningsfase

Her tas endelige beslutninger om:

- *Vannmengder - prognoser*
- *Plassering*
- *Adkomst*
- *Strømforsyning (evt. nødstrøm)*

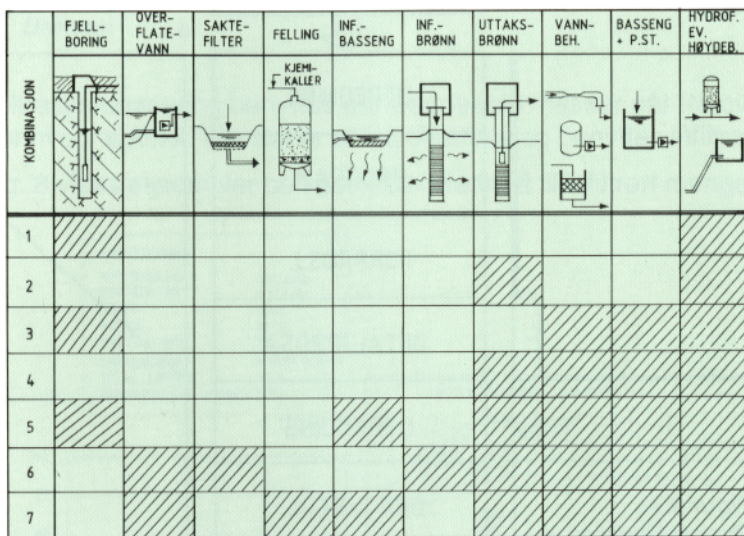
Hvis det fortsatt er usikkerhet knyttet til den valgte hovedløsning, må det foretas tilleggsundersøkelser/vurderinger slik at videre planlegging baseres på et sikkert grunnlag.

Program

Det er mange forhold som vil påvirke oppbyggingen av grunnvannsanlegg, f.eks.:

- *Naturlig kapasitet*
- *Mulighet for kunstig infiltrasjon*
- *Vannkvalitet*

I fig. 10 illustreres kombinasjoner fra helt enkle løsninger (1), til anlegg der infiltrasjonsvann og uttaksvann krever omfattende behandling (7).



Figur 10.
Eksempel på enheter i et grunnvannsanlegg.

Hovedhensikten med programfasen er å finne fram til riktige delløsninger der mange alternativ gir ønsket resultat.

Eksempel på delløsninger:

- *Behandling av vann som skal infiltreres*
- *Infiltrasjonsløsning*
- *Transportopplegg*
- *Delprosesser for behandling av uttaksvannet*

Det er hensiktsmessig å benytte samme planleggingsmodell som i fig. 1.

6 DRIFTSKONTROLL

Grunnvannsanlegg vil som regel bestå av driftssikre enheter som er enkle å kontrollere, f.eks.:

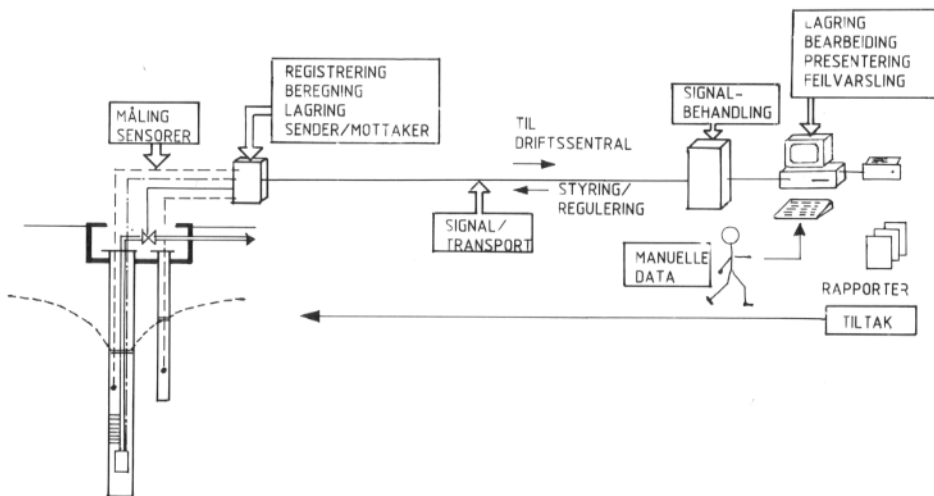
- *Nivå i brønner*
- *Nivå i peilerør (silmotstand)*
- *Pumpedrift*
- *Trykkforhold*
- *Mengdemåling*

Grunnvannsanlegg egner seg derfor godt for fjernkontroll i og med at parametrene kan bestemmes med driftssikre sensorer.

Prinsippet for EDB-basert fjernkontroll illustreres i fig.12.

Registreringer fra sensorer (som knyttes til PC med stor lagerkapasitet) sammen med manuelle observasjoner gir blant annet:

- *Rask feilvarsling*
- *Oversiktlig presentering av registrerte verdier (f.eks. trendkurver)*
- *Grunnlag for forebyggende vedlikehold*
- *Hensiktsmessig rapportering m.m.*



Figur 12.
Prinsippet for EDB-basert fjernkontroll.

GRUNNVANN I NORGE (GiN)

Programmet Grunnvann i Norge (GiN) ble initiert av Miljøverndepartementet (MD) i 1989. Det er i dag et samarbeidsprosjekt mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og MD for å fremme økt bruk og bedre vern av grunnvann. Det finansieres av Næringsdepartementet v/NGU, Miljøverndepartementet og Kommunaldepartementet. I tillegg bidrar Universitetet i Bergen, Sogn og Fjordane Distriktshøgskule, Telemark Distriktshøgskule m.fl.

GiN omfatter metodeutvikling, oversiktskartlegging, registrering og vurdering av grunnvannsforekomster og forurensningstrusler, i tillegg til informasjonstiltak overfor kommuner og fylkeskommuner. Kontaktpersoner for programmet finnes i fylkeskommunene og de fleste av landets kommuner.

Programmet har en sentral programgruppe med representanter fra MD (sjefingeniør *Oddvar Lindholm*), Vassdragsvesenet (sjefingeniør *Øystein Aars*), Statens Institutt For Folkehelse (overingeniør *Truls Krogh*), Sør-Trøndelag fylkeskommune (fylkesingeniør *Per M. Røsæg*), Kommunenes Sentralforbund (teknisk sjef *Hans Erik Stads-haug*), Statens Forurensningstilsyn (overingeniørene *Tor Johannessen* og *Bernt Malmø*) og Jordforsk (avdelingsingeniør *Svein Ole Åstebøl*). NGU har ansvar for koordinering og praktisk gjennomføring av programmet.

GiN ledes av sjefingeniør *Knut Ellingsen* (NGU). En referansegruppe er opprettet med representanter fra 12 andre institusjoner som har tilknytning til grunnvann. Program- og referansegruppe i tillegg til fylkesansvarlige geologer i GiN og noen enkeltpersoner fungerer som fast høringsinstans for veilederne.

Følgende veiledere blir foreløpig utgitt:

- 1. Grunnvann fra hovedplan til prøvepumping**
- 2. Grunnvann i arealplanleggingen**
- 3. Grunnvannsundersøkelser i løsmasser**
- 4. Grunnvann - Planlegging /økonomi**
- 5. Grunnvannsanlegg - Eksempler**
- 6. Grunnvann i fjell til spredt bebyggelse**