



O-92182

Ny E18 forbi  
drikkevannskilden  
**Hallevannet**  
i Søndre Vestfold

Påvirkninger - Tiltak

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-92182	Undernr.:
Løpenr.: 2820	Begr. distrib.: Fri

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 18 51 00 Telefax (47 2) 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	---	--

Rapportens tittel:  Ny E18 forbi drikkevannskilden HALLEVANNET i søndre Vestfold  Påvirkninger - Tiltak	Dato: 15/12-92	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Samferdsel	
Forfatter(e):  Dag Berge Svein Stene Johansen	Geografisk område: Vestfold	
	Antall sider: 22	Opplag: 65

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen Vestfold, Vegkontoret	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

**Ekstrakt:**

Den nye traséen for E18 forbi drikkevannskilden Hallevannet vil gå dels i fjellskjæring, dels i tunnel, dels på oppfylte masser, og dels i jordskjæringer, samt i bru over bukta innerst i Vassbotn. Ca 4.5 km motorveg vil drenere mot Hallevannet. I anleggsfasen vil sprengning, tunnelboring, knusing, graving og oppfylling kunne føre til partikkelforurensninger. Disse skadene kan unngås hvis tunnelvaskevann, samt drengsvann fra knuseverk ledes gjennom sedimenteringsbasseng før det slippes ut. I vegens driftsperiode vil det bli en svak belastning av Vassbotnfjorden og Tverrfjorden av forurensninger som PAH, bly, sink, kadmium, og kobber. Mye av dette kan holdes tilbake i vegggrøftene ved at overvannet tas ned til overvannsledning gjennom perforerte dren i permeable masser (kombinert grøft). Brua dreneres vha. langsgående kanaler til utjevningsbasseng og infiltrasjon før det slippes i Hallevannet. Dette vil også tjene som sikring ved uhell. På lang sikt vil også salting føre til økt konduktivitet i Hallevannet. Drikkevannskvaliteten i søndre del av Hallevannet (Hallefjorden), bør ved implementering av de nevnte tiltak, bli svært lite påvirket av utbyggingen.

4 emneord, norske

1. Motorvegutbygging
2. Vannforurensning
3. Tiltak
4. Vestfold

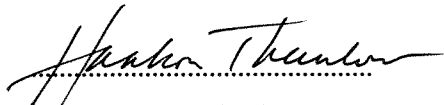
4 emneord, engelske

1. High-way construction
2. Water pollution
3. Pollution abatement measures
4. County of Vestfold

Prosjektleder

  
.....  
Dag Berge

For administrasjonen

  
.....  
Haakon Thaulow

ISBN 82-577-2225-1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
Oslo

O-92182

NY E18 FORBI DRIKKEVANNSKILDEN

# HALLEVANNET

I

SØNDRE VESTFOLD

Påvirkninger - Tiltak

Oslo 15. desember 1992

Saksbehandler:	Dag Berge
Medarbeider:	Svein Stene Johansen

## FORORD

Rapporten gir en drøfting av vannforurensninger som kan oppstå som følge av utbygging av ny E18 forbi drikkevannskilden Halle vannet i Søndre Vestfold, samt hvilke tiltak som synes aktuelle å iverksette for å gjøre forurensningsskadene så små som mulig.

Oppdragsgiver er Statens Vegvesen Vestfold, Vegkontoret ved Overing. Øyvind Firman. Hos oppdragstaker er saksbehandlere avd. sjef Dag Berge, og forskningsleder Svein Stene Johansen.

Arbeidet har bestått i møte med Vegkontoret med gjennomgang av utbyggingsplanene, en befaring til området, samt en teoretisk gjennomgang av forurensningsproblemene og skissering av mulige løsninger.

Oslo 3/12-92

Dag Berge

## INNHALDSFORTEGNELSE

INNLEDNING .....	5
KORT BESKRIVELSE AV HALLEVATN OG DETS BRUKERINTERESSER .....	5
Beliggenhet .....	5
Morfometri og innsjøhydrologi .....	5
Vannkvalitetsdata fra Hallevatn .....	8
Hallevannets brukerinteresser .....	8
KORT BESKRIVELSE AV VEGUTBYGGINGEN .....	9
VANNFORURENSNINGER FRA VEG .....	9
Påvirkninger i anleggsperioden .....	10
Partikkelforurensning .....	10
Tilførsel av næringsalter .....	12
Olje- og kjemikaliespill .....	12
Sur avrenning og utvasking av metaller .....	12
Påvirkninger som følge av vegens fysiske eksistens, trafikk og vegslitasje .....	13
Salting .....	13
Asfaltslitasje, dekkslitasje og avgasser - avrenning, direkte deponisjon .....	14
PAH .....	15
Metaller .....	16
Barriereeffekt - friluftsliv .....	17
Oppfyllinger i strandsonen .....	17
FORURENSNINGSBEGRENSENDE TILTAK I ANLEGGSPERIODEN .....	17
Partikkelforurensning .....	17
Næringssalttilførsler - sanitæravløp .....	17
Olje og kjemikalietilførsel - anleggssøppel .....	18
Sur avrenning og utvasking av metaller .....	18
FORURENSNINGSBEGRENSENDE TILTAK I VEGENS DRIFTSPERIODE .....	18
Overvannshåndtering ved veg i terreng .....	18
Overvannshåndtering ved bru over Vassbotnbukta .....	19
SPESIELLE TILTAK .....	19
KONKLUSJON .....	19
LITTERATURREFERANSER .....	21

## INNLEDNING

I forbindelse med utbygging av E18 gjennom søndre Vestfold, ønsker Statens Vegvesen Vestfold å få en utredning om i hvilken grad anleggsarbeidene og den etterfølgende bruk av motorvegen vil påvirke Hallevannet, samt hva slags avbøtende tiltak som bør iverksettes for å gjøre eventuelle forurensningspåvirkninger så små som mulig. Hallevannet er en viktig innsjø både som drikkevannskilde for Brunlanes (10-12000 mennesker) og for rekreasjonsformål. Det svært skiftende landskapet langs strendene, de mange smale sund og dype fjordarmer, gjør at innsjøen er særlig mye brukt til kanoturer.

Av lokale forurensningskilder til Hallevannet er det i tillegg til E18 et par steinbrudd for uttak av "prydstein" (larvikitt, en gråsort granitttype) til bygningsformål (fasader, trappetrinn, gulvplater, gravstøtter, mm.). Ellers ligger innsjøen i nokså uberørt natur.

De viktigste spørsmål som ble ønsket utredet var:

- Hvilke forurensninger anleggsvirkosomheten vil kunne medføre.
- Hvilke forurensninger den fremtidige trafikk vil kunne medføre.
- I hvilken grad disse forurensningene kan gi konflikter mht. dagens bruk av innsjøen, drikkevann og rekreasjon.
- Hva som er relevant å foreta for å hindre eventuell forurensning i å gjøre skade på innsjøen.

- Skissere hovedprinsipp for håndtering av overvann.
- Tiltak for å sikre innsjøen mot uhell som tankbilvelt, etc.

Vegen vil gå dels i fjellskjæringer, på oppfylte masser, i tunneler, samt i bro over Vassbotnbukta. I alt ca 4.5 km vegstrekning vil drenerer mot Hallevannet.

Arbeidet har bestått i møte med Vegkontoret med gjennomgang av utbyggingsplanene, en befaring til området, samt en teoretisk gjennomgang av forurensningsproblemene og skissering av mulige løsninger.

## KORT BESKRIVELSE AV HALLEVATN OG DETS BRUKERINTERESSER

### Beliggenhet

Hallevatn er beliggende i tidligere Brunlanes kommune, nå sammenslått med Larvik, i søndre Vestfold. Innsjøens beliggenhet er gitt i fig.1.

### Morfometri og innsjøhydrologi

Hallevannet er en relativt dyp innsjø. Maksimaldypet er 54 m og middeldypet 18m. Innsjøen har liten grad av vannutskifting i dét teoretisk vannfornyelse er beregnet til 2.3 år. Dybdekart er gitt i fig.2, og relevante morfometriske og hydrologiske data er gitt i tabell 1.

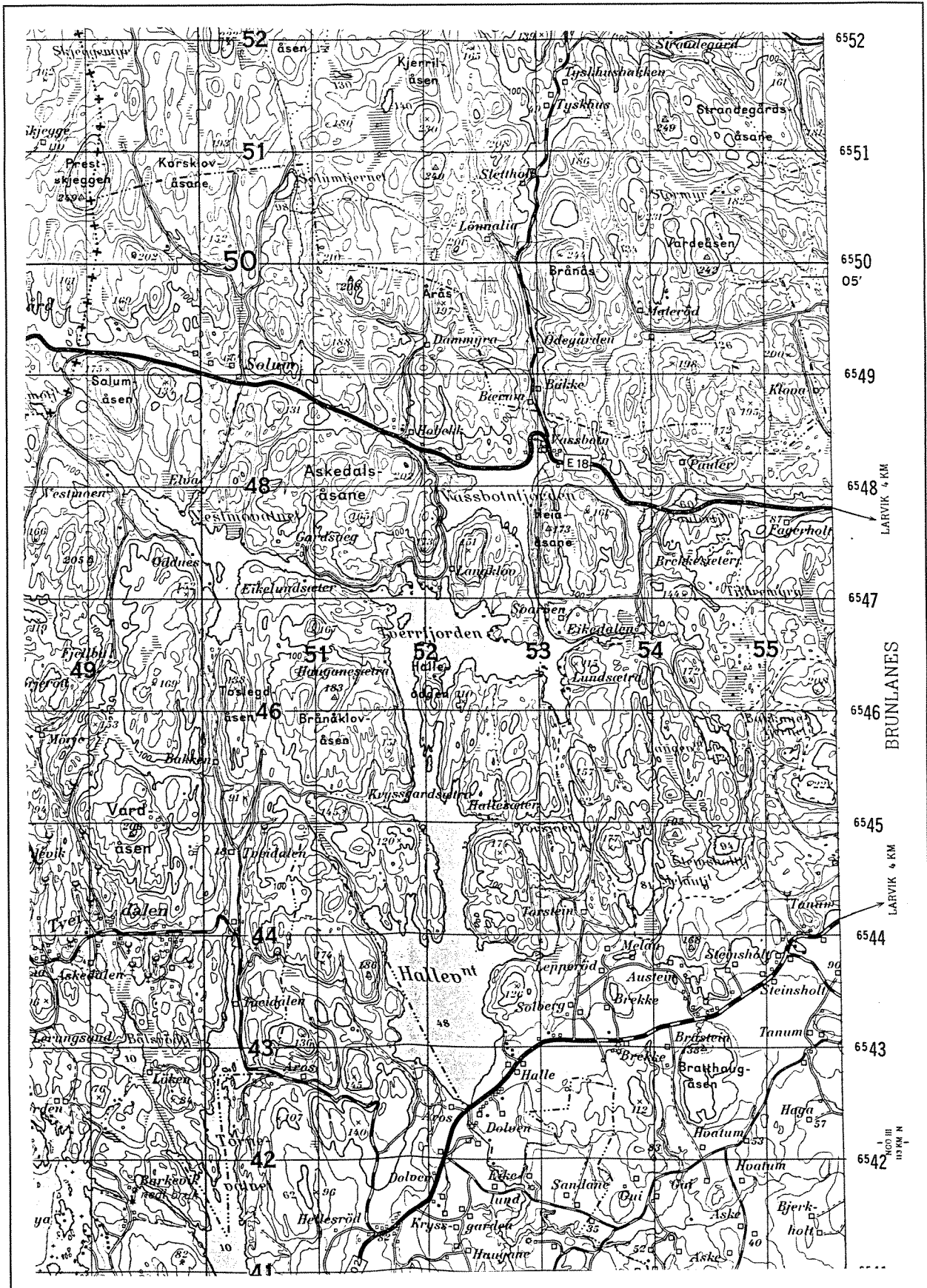


Fig.1 Hallevatns beliggenhet. NGO M711 målestokk: 1 kart rute = 1x1 km.

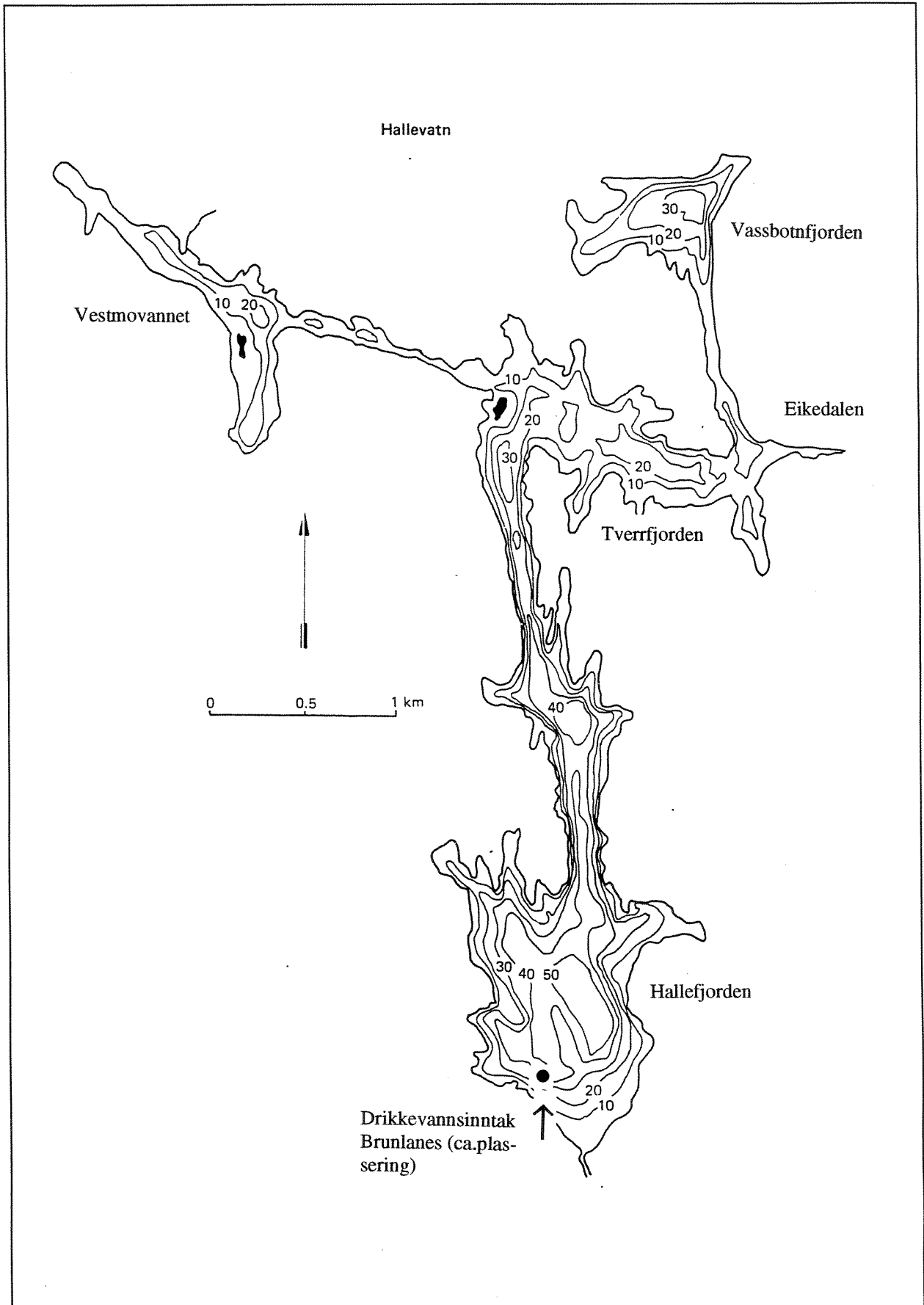


Fig.2 Dybdekart over Hallevannet. Oppmålt av H. Fevang 1953.



Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for Hallevatn.

Parameter	Benevning	Verdi
Areal nedbørfelt	km <sup>2</sup>	43
Areal innsjøoverflate	km <sup>2</sup>	3.58
Innsjøens høyde over havet	m	48
Midlere dyp	m	18.1
Største dyp	m	54
Volum	x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	64
Midlere avrenning	l/km <sup>2</sup> s	21
Årlig avløp	x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	28.4
Teoretisk oppholdstid	år	2.3

### Vannkvalitetsdata fra Hallevatn

Hovedbassenget i Hallevatn, Hallefjorden, der vanninntaket til Brunlanes ligger, har svakt surt vann som er klart og fint (lav turbiditet og lavt fargetall). Vannet er bløtt. Algeinnholdet er lavt. Det samme er bakterieinnholdet. Med unntak av litt for lav pH (ideelt sett) er vannet godt egnet som råvannskilde til drikkevann. Tabell 2 gir midlere verdier for en del vannkvalitetsparametre fra det søndre bassenget, Halle-

fjorden. Det finnes lite data fra Vassbotnfjorden hvor E18 går forbi. Det er bestilt en oppgave fra Telemark distriktshøgskole som skal ha en stasjon i dette bassenget. Vannkvaliteten er her mer preget av myrvannskarakter (Hans Holtan, perss. medd) og et visst oksygenavtak i dypvannet. Således er vannet mindre egnet som drikkevann i denne enden av innsjøen. (Oppgaven fra TDH har imidlertid ikke ankommet i skrivende stund.)

Tabell 2 Vannkvalitetsbeskrivende data fra Hallevatns søndre basseng (Hallefjorden) 1990 gitt som middelverdier i sommerhalvåret (Etter Skulberg 1992).

Parameter	Benevning	Verdi
Surhetsgrad	pH	6.0
Alkalitet	mmol/l	0.05
Konduktivitet	µS/cm 20 °C	65
Farge	mg Pt/l	8
Turbiditet	FTU	0.4
Total fosfor	µg P/l	7
Total nitrogen	µg N/l	550
Nitrat	µg N/l	480
Klorofyll a	µg/l	1.7

### Hallevannets brukerinteresser

Hallevannet er drikkevannskilde til store deler av Brunlanes og forsyner anslagsvis

10-12000 personer med drikkevann. Drikkevannskvaliteten er rimelig god med lav turbiditet og farge, lavt bakterie- og algeinnhold, gode oksygenforhold. Vannet

er noe i sureste laget for å være en første-klasses vannkilde (pH ned i 5.8) og det kan være muligheter for høye aluminiumskon-sentrasjoner. Høsten 1992 var det en episode med luktskapende algeoppblom-string av blågrønnalgen *Anabaena* sp. (O. Skulberg, NIVA, perss. medd). Den tørre sommeren har trolig vært en hovedårsak til dette fenomenet (nitrogenutarming).

### KORT BESKRIVELSE AV VEGUT-BYGGINGEN

E18 gjennom Søndre Vestfold skal bygges ut til motorveg klasse B (std. kl. H1). Vegen vil passere drikkevannskilden Halle-vannet som anvist på figur 2 og 3. En vegstrekning på ca. 4.5 km vil drenere mot Halle-vannet hvorav det meste mot Vassbotnfjorden. Strekningen forbi Paulertjønna vil drenere mot Eikedalen ved utløpet av Vassbotnfjorden / innløp Tverrfjorden. Vegen vil gå i bro over bukta ved Vassbotn innerst i Vassbotnfjorden. Den vil delvis gå i fjellskjæring, jordskjæring, i tunnel samt på oppfylte masser. Med hensyn til tunneler vil det bli en av ca 200 m's lengde øst for østre Paulertjønna, og trolig en på ca 100-130 m's lengde vest for vestre Paulertjønna (se fig 3). Denne vestre tunnelen kan være blir erstattet av en dyp skjæring.

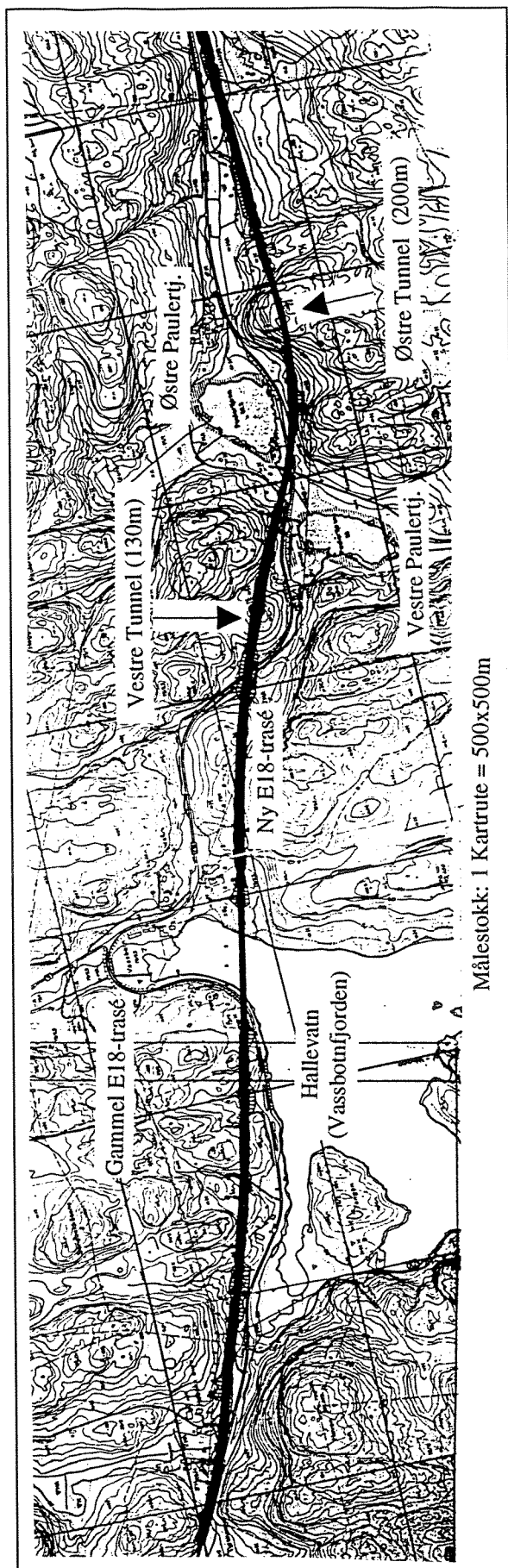


Fig.3. Den aktuelle utbyggingstrekning. Ny og gammel vegtrase er inntegnet. Målestokk: En kartrute = 500x500m.

## VANNFORURENSNINGER FRA VEG

Ved anlegging av motorveg forbi viktige vannkilder er det normalt snakk om disse typer påvirkning:

- Påvirkninger i anleggsperioden
- Påvirkning som følge av trafikk og vegslitasje
- Påvirkning som følge av endrede dreneringsforhold
- Påvirkning som følge av trafikkuhell

### Påvirkninger i anleggsperioden

De aller fleste rapporterte tilfeller av vannforurensning fra veg har kommet i, eller like etter, anleggsperioden. Det dreier seg seg vesentlig om 4 forhold:

1. Partikkelforurensning som følge av tunneldriving, kunsing, fyllinger, utgravinger, mm.
2. Tilførsel av nitrogenholdige næringsstoffforbindelser.
3. Oljespill.
4. Sur avrenning og utvasking av metaller som følge av blottlegging av sulfidholdige mineraler eller drenering av myrer. Denne påvirkningen vil være varig om ikke tiltak foretas.

### Partikkelforurensning

Partikkelforurensning skjer alltid ved bygging av veger langs vassdrag. Effektene på vassdrag og innsjøer kan variere sterkt, fra dramatiske tilslamminger med utstrakt fiskedød, til minimale effekter hvor skadeeffekter knapt kan registreres.

Den Europeiske innlandsfiske kommisjonen EIFAC (Alabaster & Lloyd 1982) angir retningsgivende verdier for hvor mye partikler som kan tåles med hensyn til fisk, hvor det heter at under 35 mg/l er det ikke rapportert noen skader. Disse verdiene

refererer til naturlige partikler som eroderes fra jordbruksarealer og elveleier, altså partikler dannet ved isbreeskuring i tidligere tider, og som senere er slepet av tidens tann. Således er slike partikler nokså avrundede. Nydannede partikler fra sprengning, tunneldriving, knusing, er derimot skarpe, flisige og nålformede, og har vist seg å kunne gi skader ved langt lavere verdier (Hessen 1992).

Man snakker om direkte og indirekte virkninger. Direkte virkninger er at de skarpe partiklene penetrerer gjelleepitel hos fisk og bunndyr. Dette forårsaker slimutsondring på gjellene og "åndenød". I enkelte tilfeller kan dette føre til massiv fiskedød. Det er da gjerne snakk om anleggsarbeider i bløte bergarter, som kleberstein/grønnstein, som avgir nålformede eller fiberformede finpartikler. I forbindelse med utsprenging av fjellhaller for lagring av NATO utstyr i Trøndelag oppstod det betydelig fiskedød såvel i resipientelva som i fiskeoppdrettsanlegg som tok vann fra elva (Jacobsen m.fl.1987). Dette til tross for at partikkelkonsentrasjonen var nokså moderat (<5 mg/l). I dette tilfellet var det nettopp avgang av nålformede, fiberliknende partikler fra bløte bergarter som var i stand til å penetrere gjellevevet.

Ved utsprenging/boring av ytterligere lagringshaller ved Skoddebergvatn har Forsvaret tatt forholdsregler ved å la tunnelvannet passere sedimenteringsdammer med tilstrekkelig oppholdstid, slik at det aller meste av partiklene sedimenterer før de kommer ut i vassdraget. Her har det ikke medført noen skader på livet i resipientvassdraget, noe det hadde vært stor sannsynlighet for at ville ha skjedd om ikke sedimenteringsbassenger var benyttet (Hessen under rapportering).

I Huddingsvassdraget i Røyrvik ble et tidligere godt ørretvatn tilnærmet livløst etter deponering av gruveslam (Grande og Iversen 1985). Effekten ble tilskrevet

partikler til tross for partikkelkonsentrasjoner på bare 1-13 mg/l. Dette var imidlertid svært skarpe partikler av finknust stein. Både bunnfauna og krepsdyrplankton ble også sterkt påvirket. Med hensyn til desimering av bunnfauna var indirekte effekter som følge av nedslamming også medvirkende årsak.

Likeledes skjer det ofte partikkelskader ved store vassdragsreguleringsarbeider. Disse omfatter nærmest alltid store tunnelkonstruksjoner (boring og sprenging/knusing) samt erosjon i oppdemte og senkede innsjøbassenger. Aass (1979, 1985) gir gjennom sine langtidsundersøkelser i Ustedalsfjorden før og etter Ustereguleringen i Hallingdal, en god dokumentasjon på hva ekstrem partikkelbelastning kan bety for fisk. Totalutbyttet av fisket i Ustedalsfjorden gikk ned i 10 % av førnivå, mens for røye gikk utbyttet ned i 1%. Bunndyrmengden gikk ned i 20% av førverdi. Selv nede i Stranda-fjorden var det klare negative effekter på bunndyr og fisk. Til tross for at slamføringen i Hallingdalselva nå 20 år etter er tilbake til normalnivå, er det fortsatt lavere fiskeutbytte i Ustedalsfjorden sammenliknet med førverdi.

I Vetlefjordelva i Sogn og Fjordane ble det registrert partikkelkonsentrasjoner på opp til 700 mg/l som følge av tipping av tunnelmasse i elveskråningen ned mot selve elva (Hessen m. fl. 1989). Selve bunnssubstratet i elva ble klart påvirket av tilslammingen, og det ble registrert en klar endring i bunnfaunaen med nedgang av grupper av viktig fiskeføde som steinfluer og døgnfluer. Det ble ikke påvist akutt dødelighet hos fisk, men det ble påvist moderat slimutsondring på gjellene, kondisjonsfaktoren gikk ned og det var en betydelig rekrutteringssvikt året etter tilslammingen.

I et vassdrag hvor fauna og flora er tilpasset klart vann vil selv små tilførsler av partikler kunne gi negative utslag, mens i leirpåvirkede vassdrag vil det akvatiske liv

være tilpasset et høyt partikkelinnhold. I elven Vosso ble det registrert økt partikkelinnhold som følge av vegfyllingsarbeid og flomsikringsarbeid i Vangsvatn (1.8-38 mg/l). Selv disse relativt beskjedne konsentrasjoner hadde allikevel en klar effekt på bunnfaunaen (Bjerknes m.fl. 1990,1991). Det ble her ikke registrert effekter på fisk, og det ble konkludert med at en så moderat tilslamming av kort varighet ikke ville føre til varige skader.

I Snillfjord i Sør-Trøndelag har NIVA nylig avsluttet en undersøkelse i forbindelse med vegutbygging langs Slørdalsvassdraget (Grande 1992), hvor deler av vegen ble lagt i tunnel. Det ble tatt prøver før, under og etter at arbeidene var ferdige. På det verste var turbiditeten i vassdraget 30 ganger større enn normal (økte fra 0.4-14 FTU). Eksponeringen varte bare ca 2 mnd. Det ble ikke funnet noen nevneverdige skader hverken på fisk eller bunndyr. Den korte eksponeringene samt bergartstypen (granitt og gneiss) ble gitt som begrunnelse for den neglisjerbare effekten. Det ble her laget et sedimenteringsbasseng for vannet fra tunneldrivingen. Dette hadde ikke lang nok oppholdstid for å sedimentere finpartiklene. For å sedimentere ut disse må man muligens inn med polymerer som fellingsmidler.

NIVA kan være behjelpelige med å designe et slikt fellingsbasseng.

Det er mye som er uklart mht. effekter av partikkelforurensning som gjør det vanskelig å si eksakt hvordan Hallevannet vil påvirkes i så måte. Hessen (1992) har gjort en sammenstilling av kunnskapen om partikkelforurensning fram til i dag. Han konkluderer med at bergartenes type er svært avgjørende. Bløte bergarter som knuses til fibrige nålformet støv, kleberstein/grønnstein, etc., synes mest skadelig. Metamorfe leirskifer kan også tenkes å gi flisige, nålformede skadelige partikler, mens vulkanske bergarter som pofyrer, granitter, syenitter, samt grunnfjell som gneiss, synes

mindre skadelig. Det er imidlertid helt klart at kunnskapsnivået er for lite i dag til å kunne gi klare entydige svar på hvordan en partikkelbelastning som følge av f.eks. et vegarbeid, vil påvirke det berørte vassdrag. Det burde vært utført systematisk forskning omkring effekter av ulike partikler, både av langtidsvirkninger og akutte virkninger på ulike grupper av akvatiske organismer.

Bergartene det er snakk om ved passeringen av Hallevatn er syenittiske, nærmere bestemt Larvikitt, og disse knuses normalt til mer kubiske former. Noen stor fare for partikkelskader som følge av anleggsvirksomhet skulle det derfor ikke bli. Hvis det imidlertid blir snakk om å lage en tunnel ved passeringen av Paulertjønna, bør det etableres et sedimenteringsbasseng med tilstrekkelig oppholdstid for å ta unna partiklene fra tunnelvaskevannet. Det samme gjelder for avrenningen fra mobil knuseverk.

### **Tilførsel av næringsalter**

Sprengstoff, både dynamitt og ammoniumnitrat, fører til betydelige tilførsler av nitrogenholdige næringsalter i anleggsperioden. Avrenningen ellers inneholder nok så mye partikulært fosfor. Imidlertid er påvirkningsperioden det er snakk om såpass kort at det neppe kan skape noen eutrofieringsproblemer i form av økt algevekst. Det anses ikke som nødvendig å foreta noen spesielle tiltak i denne anledning.

### **Olje- og kjemikaliespill**

Ved større anleggsarbeider er det store muligheter for oljespill av forskjellig karakter, f.eks. ved tanking og oljeskift på maskiner. Tønner og tanker som går i stykker ved uhell osv. Da strekningen som drenerer mot Hallevatn bare er ca 4.5 km, bør man plassere eventuelle midlertidige olje- og drivstofflagre utenfor denne sonen.

Det samme gjelder lagring av asfalt.

### **Sur avrenning og utvasking av metaller**

Det er flere eksempler på at vegskjæringer i sulfidholdige/metallholdige bergarter har medført skader på vassdraget som mottar avrenning fra aktiviteten. Lien (1989/90) beskriver noen svært sure vassdragsavsnitt ved Heiane på Stord der forsuringen trolig skjer fra avrenning fra vegfylliger/skjæringer, samt industriområde anlagt i sulfidholdige bergarter. Den sure avrenningen utløser store mengder metaller, bl.a. aluminium som er skadelige for fisk.

Larvikittbergartene som må sprenges og knuses ved passeringene av Hallevannet inneholder normalt svært lite sulfidminerale som kan gi syredannelse. De inneholder imidlertid mye aluminium (Holtan 1992). NIVA holder på med å vurdere hva aluminiumsavrenningen fra steinindustrien lenger syd ved Hallefjorden betyr (Lydersen under utarb.).

Det vil imidlertid bli gravd en del i myrområder i forbindelse med utbyggingen. Myrer kan også inneholde mye sulfider som ved senking av vannspeilet vil kunne oksideres til svovelsyre med sur avrenning og utvasking av metaller som resultat. I Austevoll (Grande under arb.) skjedde det nylig fiskedød i et settefiskanlegg som tar vann fra en elv like nedstrøms avrenning fra en myr som er blitt betydelig drenert som følge av vegutbygging. I dette tilfellet skjer skadene som følge av utfelling av jernhydroksyd på gjellene. Tilsvarende problemer rapporteres også fra den Europeiske innlandsfiskekommisjonen EIFAC (Alabaster & Lloyd 1982). Et rimelig enkelt prøvetakingsprogram i de aktuelle myrområder burde kunne avklare om det er fare for at noe slikt vil kunne skje i Paulertjønna som følge av utbyggingen. Fiskedød vil neppe kunne oppstå i Halle-

vatn som følge av økt drenasje av myrer, men siden vannet allerede er i sureste laget for godt drikkevann, vil enhver økning i tilførsler av sure komponenter være uheldig. Kalking av myrene vil kunne dempe/oppeve denne effekten.

### Påvirkninger som følge av vegens fysiske eksistens, trafikk og vegslitasje

1. Salting
2. Asfaltslitasje, dekkslitasje og avgasser - avrenning, direkte deponisjon
3. Barriereeffekt - friluftsliv
4. Endring av strandsone

#### Salting

Alle moderne motorveger i Norge må saltes

om vinteren for å oppnå rimelig trafiksikkerhet hvis vegen skal ha samme hastighet om vinteren som om sommeren. I de fleste tilfeller brukes natriumklorid. Det er helt klart at salting er skadelig for terrestrisk vekst langs veger, bl.a. på gran. Skadene oppstår særlig i den sonen som nås av spruten fra brøytepløgen (Pedersen 1990). I vann er salt nokså lite skadelig mht. akutt giftighet. Mange års vegsalting gir imidlertid klart målbare effekter på nærliggende innsjøer med hensyn til økt saltinnhold. Padderudvannet i Asker som E18 passerer helt langsmed viser en klar økning i både konduktivitet, natrium og kloridkonsentrasjon som følge av vegsalting (Bækken 1992), se fig.4. E18 ble anlagt her i slutten av 1960-åra. Hva denne økningen i saltinnhold har av betydning for livet i innsjøen er ikke studert.

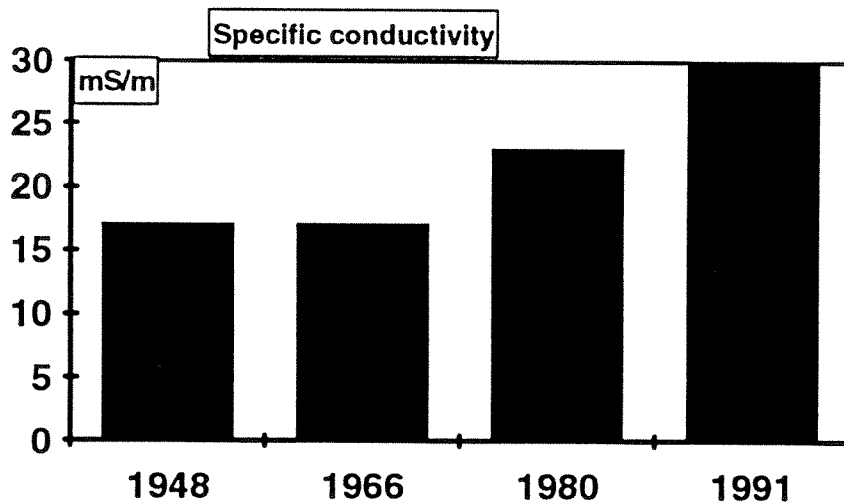


Fig. Utvikling av konduktivitet i Padderudvatn Asker før og etter anleggingen av E18 forbi innsjøen i slutten av 1960-årene (etter Bækken 1992).

I Paulertjønna vil man ganske sikkert kunne registrere en forsaltning over tid. Hvorvidt denne vil kunne bety noen økologisk belastning er uklart. Et forhold som kan tenkes er at sirkulasjonsforholdene blir dårligere ved at saltvannet har tendens til å samle seg i det bunnære sjikt, noe som vil øke vannmassenes stabilitet. Vårsirkulasjonen vil kunne bli ufullstendig, og det vil kunne oppstå oksygenproblemer i dypvannet. Padderudvannet er i dag permanent stagnert, men om det skyldes vegsaltingen er uklart. Betydningen av salting for vannforurensning burde vært viet mer forskning.

Hallevannet er en mye større innsjø enn Padderudvatn. Det er ikke grunn for å tro at saltingen vil kunne bli noe nevneverdig problem i Hallevatn, selv om man i Vassbotnfjorden vil kunne registrere en økning av saltkonsentrasjonen over tid. Det kan også tenkes at det i dette vindbeskyttede bassenget vil kunne bidra til å øke stabiliteten og dermed øke oksygenvinnet i dypvannet. I Hallefjorden syd i innsjøen der drikkevannsinntaket ligger, vil ikke denne effekten kunne merkes nevneverdig. Det synes derfor ikke aktuelt å foreta noen særlige begrensninger på saltingen på den aktuelle strekningen. Nitrogenholdige avisningsmidler, som f.eks. urea, bør ikke brukes på den aktuelle strekning.

#### **Asfaltslitasje, dekkslitasje og avgasser - avrenning, direkte deposisjon**

NIVA har drevet mangeårige undersøkelser for Statens Veglaboratorium av forurens-

ning fra motorveg ved Padderudvatn i Asker. Her ble E18 lagt forbi innsjøen i slutten av 1960-årene. E18 er her en av Norges mest trafikkerte vegstrekninger, med et gjennomsnitt på ca 30 000 bilpasseringer i døgnet (ÅDT). Ca 1.5 km motorvegstrekning drenerer her mot Padderudvannet. Vi har også studert forurensning fra E-6 ved Jessheim (Lygren og Gjessing 1984, Bækken 1992).

Trafikkforurensningenes opprinnelse er asfaltslitasje, dekkslitasje, avgasser og sot. Innsjøen påvirkes delvis via avrenning fra vegbane med vegskråninger og stikkrenner, og dels ved direkte deposisjon på innsjøflater. Det kan antas at ca halvparten av forurensningene fra veg havner innenfor det feltet som nås av spruten fra brøyteplog/freser. Dette feltet kan således sies å være overvannsledningenes forurensningsmessige nedslagsfelt. Resten av forurensningene virvles opp som støv og faller ned i større avstand fra veien.

De forurensningene man har vært mest opptatt av er metallene bly (Pb), kadmium (Cd), sink (Zn), nikkel (Ni), kobber (Cu), samt tjærestoffene "polycykliske aromatiske hydrokarboner", eller PAH - forbindelser som de kalles på forkortet form. Flere av de sistnevnte er kreftfremkallende og er derfor svært uheldige i drikkevann. Det er særlig PAH og bly som har stått sentralt i forurensningsdebatten omkring veg.

Tabell 3 viser konsentrasjon av utvalgte forurensninger i snøen ved Padderudvatn med økende avstand fra E18.

Tabell 3. Forurensninger i snø ved forskjellige avstander fra E18 ved Padderudvatn mars 1981 og 1982 (fra Lygren og Gjessing 1984).

Year	pH	Conductivity	CO <sub>3</sub> , mg O/l	TOC, mg C/l	Total dried residue	Total fixed residue	Total suspended matter	Total suspended residue	SO <sub>4</sub> , mg SO <sub>4</sub> /l	Cl, mg Cl/l *	Distance, m	Distance, m	Pb, µg Pb/l **	Zn, µg Zn/l **	Cd, µg Cd/l **	Fe, mg Fe/l **	Ca, mg Ca/l **	Mn, µg Mn/l **	Cr, µg Cr/l **	Cu, µg Cu/l **	Hg, µg Hg/l	PAH, µg/l	Snow-depth, cm
82				33.0					166	5		5	500	338	2.4	41.8	58.5	49		117			450
82				6.0					6.9	13		13	109	63	0.7	3.3	2.8	14		37			45
82				17.6					3.4	19		19	53	75	0.5	1.66	2.0	19		43			70
81	7.2	28	38	4.8	304	246	142	127	1.5	2.8	50	50	154	90	0.7	2.1	6.8	14	24	0.1	5.0	12.8	
82				5.3					14.2	53		53	44	50	0.7	0.5	1.6	19		20			70
81	6.6	17	17	4.1	253	190	57	47	1.4	1.9	150	150	80	50	0.3	0.9	2.6	13	19	0.1	0.05	1.25	
81	6.1	28	11	3.2	182	124	13	9	3.9	3.6	300	300	19	50	0.3	0.3	1.5	64	11	0.1	1.1	0.74	
81	7.1	30	18	2.6	214	161	40	35	1.7	2.3			31	30	0.3	1.2	5.8	148	14	0.0	0.6	-	
81	5.3	10	25	3.4	178	141	13	6	1.1	0.9			22	30	0.2	0.1	0.1	11	17	0.1	0.0	1.19	

\* Filtered, \*\* Digested.

## PAH

PAH-forbindelser (polycykliske aromatiske hydrokarboner) fra vegtrafikk har 2 kilder. Det ene er fra bindemiddelet bitumen (asfalttjære), og det andre er fra forbrenningsgasser/sotpartikler fra bilene. Hvor mye som kommer fra de to kildene er vanskelig å si eksakt. Dels vil det variere med innholdet i bitumen (avhenger hvor råoljen kommer fra), dels vil det avhenge av fordelingen lastebiler/personbiler. Tunge kjøretøyer med dieselmotorer gir langt mer PAH enn lette besindrevne biler. Asfaltslitasje skjer stort sett bare i perioden hvor det brukes piggdekk (15.okt-15.apr.). Forsøk som NIVA har gjort på E6 ved Jessheim tyder på at det er omtrent halvparten fra hver kilde i vinterhalvåret når man bruker piggdekk, mens i sommerhalvåret kommer nærmest alt fra avgasser (Lygren og Gjessing 1984). Dette ble gjort ved at man målte totalavsetningene i snø på begge sider av 3.5 km lang betongstrekning og sammenliknet med avsetningene fra de 3.5 tilstøtende km asfaltstrekning. PAH deponeringen rundt betongvegen var litt under halvparten av deposisjonen fra asfaltstrekningen. Selv om det var kaldt i denne perioden, må man allikevel regne med at man tapte noe mer av vegslitasjen til

dreneringen enn andelen avgasser som fant vegen til drenering. De fleste litteraturreferanser går ut på at andelen fra avgasser er viktigere enn vegslitasje (Steinar Larsen, NILU, pers. medd.). Disse undersøkelser er imidlertid utført i strøk med mindre bruk av piggdekk enn i Norge. Vi finner det derfor rimelig å anta at fordelingen i Norge er ca 50:50.

Hvor mye PAH vil således produseres fra den angjeldende vegstrekning og hvor mye av dette vil finne vegen ut i Hallevatn er 2 sentrale spørsmål i denne utredningen. Følgende betraktning vil gi et retningsgivende anslag:

Bindemiddelet bitumen utgjør ca 5% innhold i asfalt. PAH innholdet i bitumen varierer sterkt, men ble funnet å være ca 130 µg/g (middel av 6 leveranser) ved en nylig undersøkelse foretatt av Veglaboratoriet (Dahl og Jørgensen 1992). Det vil si at 1 kg asfalt inneholder ca 6.5 mg PAH.

Det er beregnet at en personbil i Norge sliter i gjennomsnitt 25 g asfalt pr. kjørt km med normal varighet av piggdekkperiode, altså 25 g/pbkm. Regner man antall bilpasseringer til 8000 i døgnet og den



aktuelle strekning til 4.5 km, kan det beregnes at asfaltslitasjen tilsvarer en PAH produksjon på 2.2 kg PAH pr. år.

Hvis vi som antydnet over antar at det produseres omtrent det samme fra avgasser, blir den totale PAH-produksjon på den angjeldende strekning ca 4.5 kg PAH pr. år.

Vi antar videre at halvparten av dette havner innen vegen og spruten fra brøytepløgen, og at resten deponeres i større avstander fra vegen. Den første halvdel kan her i prinsippet fanges opp av overvannsledningene og tilføres vassdrag. Og har forurensningene først kommet inn i et rør, så kommer de som regel frem til vassdrag i omtrent samme mengde. PAH bindes godt til jord, og det nedbrytes der også både biologisk og fotokjemisk. Ved å ta overvannet ned til overvannsledningen via perforerte drenerør i permeable masser, i stedet for å ta det ned via kummer, vil man kunne hindre mye av PAH forurensningene i å komme ut i vassdrag. Dette er hva man i jordbruket kaller "kombinert grøft". Skissen på fig.5 gir hovedprinsippet. for å ta ned overvannet.

Til sammenlikning kan det nevnes at silicomanganproduksjonen på Tinfos i Notodden (nå nedlagt) tilførte Heddalsvannet 60-70 kg PAH årlig (Knutzen 1984). Heddalsvatn har kort oppholdstid (1 mnd.) og dypvannet (150m) i den nedenforliggende Norsjø hadde tidvis høye PAH-konsentrasjoner (Berge 1983). I vanninntaket til Skien (30m) helt syd i Norsjø, ble det imidlertid bare konstatert PAH sporadisk, og da under det nivå anbefalt av WHO. Imidlertid lå konsentrasjonene i dypvannet (>100m's dyp) under drikkevannsinntaket over WHO's normer. Det er således klart at PAH-utslipp kan skape problemer for drikkevannskilder. Mengder, transportavstander og transporttider vil være avgjørende. I søndre del av Farris finnes også overkonsentrasjoner av PAH i sedimentet som tyder på at det er

lokale kilder, dvs. konsentrasjonen er større enn forventet bakgrunnskonsentrasjon (Holtan og medarb. 1984). E18 er blant de antatte kilder.

Ved å håndtere overvannet som anbefalt i denne rapport er det ikke sannsynlig at mer enn 1 kg PAH (av produksjonen på ca 4.5 kg) havner i Hallevannet. Det vil da havne i Vassbotnfjorden, samt noe innerst i Tverrfjorden, som er nokså avstengt fra Hallefjorden som utnyttes til drikkevannsførmål. Her vil det meste sedimentere. Det er derfor etter vårt skjønn ikke fare for at E18's normale drift skal skape PAH-problemer for vannforsyningsinteressene i søndre del av innsjøen.

For å redusere PAH-tilførselen ytterligere kan man legge betongdekke som slitedekke på den aktuelle strekning i stedet for asfalt. Dette vil redusere PAH-produksjonen til det halve, og da selvsagt også den delen som kommer fram til Hallevannet.

### Metaller

De forurensningene man har vært mest opptatt av er metallene bly (Pb), kadmium (Cd), sink (Zn), nikkel (Ni), og kobber (Cu).

Bly var tidligere et stort problem i nærheten av store trafikkåre. Bruk av blyfri bensin har i stor grad redusert dette problemet. I Oslo er blyinnholdet i lufta gått ned til ca 1/6 av hva det var for 10 år siden. Det meste av dette skyldes redusert bruk av blybensin. Fortsatt kan man finne høye konsentrasjoner av bly i avrenning fra motorveger og gater, særlig i snøsmeltingen på ettervinteren.

Det kommer også en god del sink og kadmium i vegavrenning. Man er her ikke helt klar over hvor kildene er. Dekkslitasje er trolig en vesentlig bidragsyter, da det brukes opp til 2% sink i dekkene som stabilisator. Sink og kadmium forefinnes

nærmest alltid sammen i naturen, og det er mistanke om at kadmiumet kommer fra at man bruker "forurenset sink" i dekkproduksjonen. Asfaltsteinen kan også være betydelig forurenset med metaller, særlig der man benytter metamorf leirskifer (hornfels) som kan ha svært variable sulfid og metallhalter.

De andre metallene forekommer neppe i slike konsentrasjoner at de kan ha noen særlig negativ innflytelse på økologiske forhold i vannforekomster (større enn bekker) som mottar avrenningen.

Metallene bindes også til partikulært materiale, både organisk og finpartikulært uorganisk, noe som gjør at en ved den ovenfor skisserte infiltrasjonsnedtakingen av overvann til hovedledning vil resultere i tilbakeholdelse. På samme måte som PAH vil det meste av de metaller som kommer ut i Vassbotnfjorden sedimentere her og ikke påvirke vannkvaliteten i søndre del av innsjøen, Hallefjorden, som utnyttes til drikkevannsformål.

### **Barriereeffekt - friluftsliv**

Veganlegg i strandsonen inkludert bruer virker nokså monumentalt når man ser det fra sjøsiden. Ofte vil slike innstallasjoner kunne virke negativt inn på bruksverdien av et område i friluftssammenheng, som f.eks. kanobasert friluftsliv som er utbredt i Halle vannet. Disse forhold vurderes ikke i NIVA's utredning, men det bør tas hensyn til i den landskapsarkitektmessige utformingen av veganlegget.

### **Oppfyllinger i strandsonen**

Strandsonen ned til ca 5-6 m's dyp er den mest produktive sonen i innsjøene mht. fiskematproduksjon. En viktig årsak til

dette er at her er det den rotfaste vannvegetasjonen holder til. En langsgående vegfylling i denne sonen kan ødelegge denne produksjonen nærmest fullstendig. Med den skisserte løsning med bro vil det ikke bli nevneverdig steinfyllinger i strandsoner. At man legger traseen vest for brua lenger fra vannet enn dagens trase er i så måte en forbedring i forhold til dagens løsning.

## **FORURENSNINGSBEGRENSENDE TILTAK I ANLEGGSPERIODEN**

### **Partikkelforurensning**

Der vann vil dreneres tunneldrift, sprenging, og knusing, må det anlegges sedimenteringsdammer med tilstrekkelig oppholdstid til at det meste av materialet sedimenteres ut. Om nødvendig oppholdstid er vanskelig å oppnå, må det vurderes å bruke koagulanter for å effektivisere sedimenteringen. NIVA kan være behjelpelig med design av basseng/dam, samt utprøve eventuelle hjelpekoagulanter. Myrer vil også kunne infiltrere slik kortvarig partikkeltransport.

### **Næringssalttilførsler - sanitæravløp**

Tilførslene av partikulært fosfor vil for en stor del fanges opp i sedimenteringsdammene konstruert for å ta partikler, se over. Nitrogenbelastningen fra sprengningskjemikaliene, dynamitt og ammoniumnitrat, vil være såpass kortvarig at det ikke anses som nødvendig å gjøre noen spesielle tiltak mot denne tilførslen. Nitrogenet vil for en stor del foreligge løst og vil ikke fanges opp av sedimenteringsdammene.

Anleggsbrakker må ha toaletter med lukkede vannsystemer som ikke tilføres vannkildene, men kjøres bort i tankbil.

## Olje og kjemikalietilførsel - anleggs-søppel

Da strekningen som drenerer mot Hallevatn bare er ca 4.5 km, bør man plassere eventuelle midlertidige olje- og drivstoff lagre utenfor denne sonen. Det samme gjelder lagring av asfalt. Anleggsmaskiner bør få den nødvendige service på egnede steder hvor oljeforurensning av grunnen kan unngås.

Ellers skjer det alltid en del forsøpling i en anleggsperiode, plast, olje, kanner, sekker, bygningsmaterialer, etc. Særlig når man arbeider med brua vil slikt kunne havne uti selve Hallevannet og drive rundt. Det er nokså uheldig i en drikkevannskilde å ha slikt rask flytende rundt, både rent estetisk og som reel forurensning. Man bør vurdere å legge en lense utenfor brua tvers over Vassbotnbukta for å hindre at søppel, og eventuelt oljesøl, driver lenger ut i innsjøen.

## Sur avrenning og utvasking av metaller

Man bør ta en del prøver av dages avrenning fra myrområdene for å se om de er sure og jernholdige. Man bør også vurdere å ta noen myrkjerneboringer for å se om det er jernsulfider tilstede i

betydelige mengder. På denne måten kan en få vurdert om det er noen fare for sur jernholdig avrenning fra drenering av myrer. Problemer med sur jernholdig avrenning fra drenert myr bør uansett kunne løses i ettertid ved kalking og eventuelt fordrøyningsbasseng.

Man bør få vurdert av geolog om det er fare for å sprengte, fullprofil tunnelbore, knuse i sulfid- og metallholdige bergarter. Hvis så er tilfelle, noe vi ikke tror, bør de mest sulfidholdige massene ikke nyttes i vegfyllingene innenfor den strekningen som drenerer til Hallevannet, hverken som bærelagsdekke eller ellers.

## FORURENSNINGSBEGRENSENDE TILTAK I VEGENS DRIFTSPERIODE

### Overvannshåndtering ved veg i terreng

Overvannet tas ned til hovedledning via perforerte drenerør lagt i permeable masser, f.eks. sand, fin morene, glaci-fluviale masser etc. Kummer innstalleres for å kunne ta ned skybrudd, for staking, samt at de også kan fungere som sandfang. Man oppnår således infiltrasjon av de fleste trafikkproduserte forurensninger, partikler, sot, metaller, PAH, mm. PAH vil også delvis kunne nedbrytes biologisk i grøftemassene.

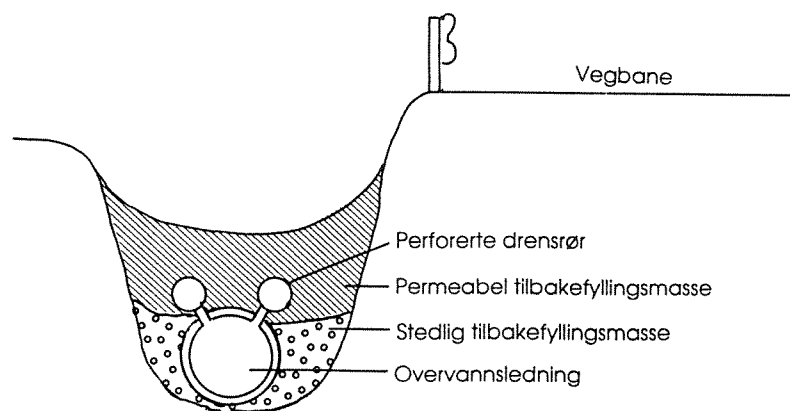


Fig.5. Hovedprinsipp for å ta ned overvannet til hovedledning via perforert dren i permeable masser. Metaller og PAH vil da i stor grad kunne holdes tilbake. PAH vil dessuten delvis nedbrytes biologisk.

Overvannsslippene bør ligge så tett som mulig. Dette for å hindre for store flom- og erosjonsproblemer i småvassdrag. Et utgangspunkt kan være å forsøke å ikke øke nedslagsfeltene til bekkene hvor overvannet slippes. Å trekke overvannet med seg i lange hellinger vil dessuten redusere infiltrasjonskapasiteten i de kombinerte vegggrøftene. Å utnytte sedimenteringskapasiteten til Paulertjønna vil være en fordel for Hallevannet. Slipping av overvannet via Paulertjønna vil ikke ødelegge for dagens bruk av disse med mindre det er drikkevannsinteresser der. Vi er ikke kjent med at det finnes i dag.

### **Overvannshåndtering ved bru over Vassbotnbukta**

Brubanen må dreneres til langsgående kanaler som er tilstrekkelig dimensjonert for å kunne samle opp overvann samt spill i forbindelse med tankbiluhell. Det er viktig at kanalene lages slik at de ikke blokkeres av isdannelse.

Overvann fra kanalene føres videre i rør til et oppsamlingsbasseng hvor partikulært materiale kan sedimenteres og pumpes over i tankbil for transport til egnet deponi/behandlingsanlegg. Et slikt basseng vil også tjene som fordrøyningsbasseng ved uhell.

Fra sedimenteringsbassenget renner vannet videre gjennom infiltrasjonsanlegg ut i Hallevatn. Dersom jordsmonnet på stedet ikke er egnet, må infiltrasjonsanlegget anlegges med tilkjørte masser.

### **SPESIELLE TILTAK**

Ved passering av en drikkevannskilde bør en del spesielle tiltak vurderes, både mht. langsiktig forurensning og kanskje spesielt i tilfelle ulykker. Følgende forslag bør vurderes:

- Skilting som viser at vegen går gjennom nedslagsfeltet til en drikkevannskilde. Skiltet bør bl.a. inneholde telefonnummer man ringer ved uhell.
- Alarmtelefon settes opp på begge sider av brua.
- Lenser legges klare til å avgrense overflateforurensning i å spre seg til Hallefjorden. Det trange sundet mellom Vassbotnfjorden og Hallefjorden vil kunne være et egnet sted.
- Avisningsmidler som inneholder store mengder næringssalter som f.eks. urea, forbys. Det samme gjelder kjemikalier for sprøyting av vegetasjonen.
- Snøtipping forbys i området.

### **KONKLUSJON**

Den nye traséen for E18 forbi drikkevannskilden Hallevannet vil gå dels i fjellskjæring, dels i tunnel, dels på oppfylte masser, og dels i jordskjæringer, samt i bru over bukta innerst i Vassbotn. Ca 4.5 km motorveg vil drenere mot Hallevannet.

I anleggsfasen vil sprengning, tunnelboring, knusing, graving og oppfylling kunne føre til partikkelforurensninger. Disse skadene kan unngås hvis tunnelvaskevann, samt dreinsvann fra knuseverk ledes gjennom sedimenteringsbasseng før det slippes ut.

I vegens driftsperiode vil det bli en svak belastning av Vassbotnfjorden og Tverrfjorden av forurensninger som PAH, bly, sink, kadmium, og kobber. Mye av dette kan holdes tilbake i vegggrøftene ved at overvannet tas ned til overvannsledning gjennom perforerte dren i permeable

masser (kombinert grøft). Svært lite av dette vil komme frem til det søndre bassenget i Hallevannet, hvor drikkevannsinteressene ligger. I vannmassene i Hallefjorden vil konsentrasjonsøkningen av disse forurensningene neppe være registrerbare. På lang sikt kan det bli en viss anrikning i sedimentet, men neppe slik at det truer innsjøens økosystem eller bruksinteresser. PAH-forurensning fra asfaltslitasje kan reduseres ytterligere ved at det legges slitedekke av betong i stedet for asfalt på den strekningen som drenerer til Hallevannet.

Brua bør dreneres vha. langsgående kanaler til utjevningsbasseng og infiltrasjon før det slippes i Hallevannet. Dette vil også tjene som sikring ved uhell. Det bør settes opp skilt som sier at man passerer en drikkevannskilde, og som inneholder nødvendige påbud og henstillinger. På lang sikt vil salting føre til økt konduktivitet i Hallevannet.

Drikkevannsinteressene i søndre del av Hallevannet (Hallefjorden), bør ved implementering av foreslåtte tiltak, bli svært lite påvirket av utbyggingen.

## LITTERATURREFERANSER

- Alabaster, J.S. & Lloyd, R. 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, London.
- Berge, D. 1983. Rutineovervåking i Telemarksvassdraget 1982. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT Overvåkingsrapport 74/83). NIVA-rapport O-8000207/Lnr-1479. 42 sider.
- Bjerknes, V. og Aanes, K.J. 1990. Anleggsarbeid på RV 13 ved Bulken i Voss kommune. Effekter på vannkvalitet og bunndyr. NIVA-rapport Lnr.2428.
- Bjerknes, V., Aanes, K.J., og Bækken, T. 1991. Flomsikring av Vangsvatn. Miljøvirkninger av anleggsarbeid. NIVA - rapport Lnr.2676.
- Bækken, T. 1992. Effekter of highway pollutants on a small Norwegian Lake. Proc. The fourth international symposium on Highway Pollution, Madrid....., 1992.
- Fevang, H. 1953. Hallevatn ved Larvik - En limnologisk oppgave. Hovedfagsoppgave i fysisk geografi ved Universitetet i Oslo, 1953.
- Grande, M. og Iversen, E.R. 1985. Grong Gruber A/S. Kontrollundersøkelser i vassdrag 1984. NIVA-rapport O-69120.
- Grande, M. 1992. Vassdragsforurensning fra vegtunnelbygging. Storvasshameren, Snillfjord 1991. NIVA-rapport O-91105/Lnr-2802. 16 sider.
- Hessen, D.O., Bjerknes, V., Bækken, T. og Aanes, K.J. 1989. Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA-rapport 2226.
- Hessen, D.O., 1992. Uorganiske partikler i vann - effekter på fisk og dyreplankton. NIVA-rapport O-89179/Lnr. 2787. 42 sider.
- Holtan, G., L.Berglind., A.H. Erlandsen, J. Knutzen, E-A. Lindstrøm og Marit Mjelde, 1984. Rutineovervåking i Farris-Siljanvassdraget 1983. Fagrapport om sedimenter, høyere vegetasjon og begroing. Stalig program for forurensningsovervåking (SFT - Overvåkingsrapport 125/84). NIVA-rapport O-8000227/Lnr1595.
- Holtan, H. 1992. Vurdering av eventuelle vannforurensninger fra steinbruddsvirksomhet i Larviksområdet. NIVA-rapport O-91119/Lnr-2677. 18 sider.
- Jacobsen, P., Grande, M., Aanes, K.J., Kristiansen, H. og S. Andersen. 1987. Vurdering av årsaker til fiske-død hos G.P. Jægtvik A/S, Langstein. NIVA-rapport O-87114.
- Knutzen, J. 1984. Undersøkelse av forurensning med PAH og metaller i Heddalsvannet 1982-83. NIVA-Rapport O-82063/Lnr-1660. 39 sider.
- Lien, L. 1989/1990. Lokalisering av forurensninger fra Heiane Industriområde på Stord. NIVA-notat, O-89045/Jnr-1853/89.
- Lygren, E. og E. Gjessing 1984. Highway pollution in a Nordic Climate. VA-3/84. NIVA-rapport O-79024/Lnr-1603. 83 sider.
- Pedersen, P.A. 1990. Trafikkforurensning og vegetasjon. Dr. Scient. oppgave ved Institutt for hagebruk, Norges Landbrukshøgskole. 106 sider.

Skulberg, O.M. 1992. Hallevannet og Ulfsbaktjernet. En hydrobiologisk undersøkelse i 1990. NIVA-rapport O-90087/L.nr. 2689.46 sider.

Aass, P. 1979. Tilslamming i Hallingdalselva 1966-67. Fisket i Ustedalsfjord og Strandafjord. Side 93-115 i Gunnerød, T. og Melquist, P. 1979:

Vassdragsregulerings biologiske virkninger i magasiner og lakselver. Symp. 1978. DVE-DVF. 294 sider.

Aass, P. 1985. Langvarige fiskeribiologiske forskningsprogrammer i Ferskvann. Fauna 39: 10-17.

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2225-1