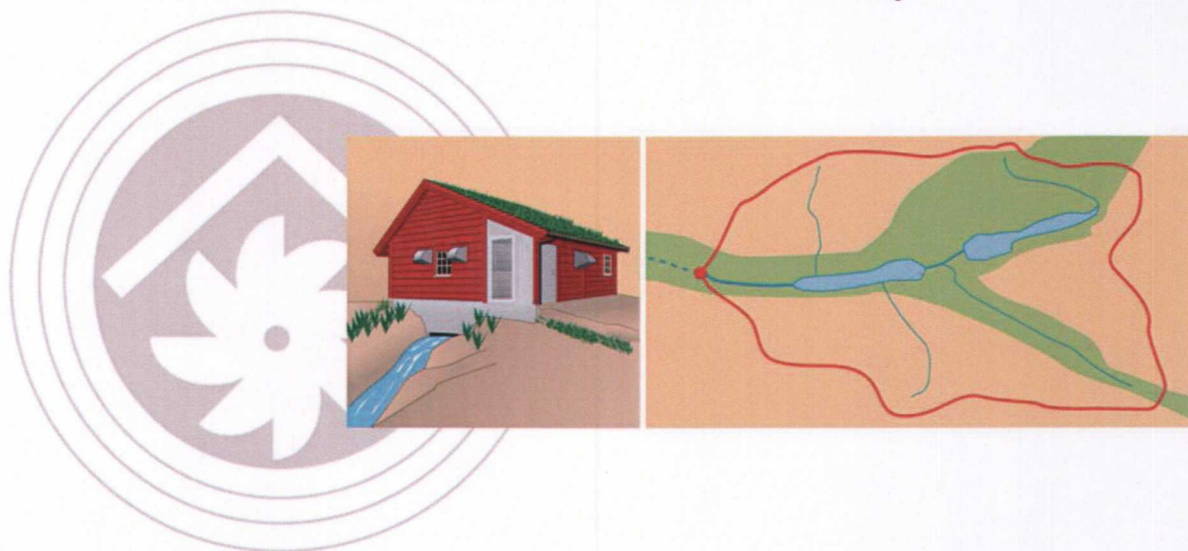


VEDLEGG 1

Hydrologisk rapport fra NVE

Hydrologiske data til bruk for planlegging av kraftverk i Vangjolo (062.E11), Voss kommune i Hordaland

Utarbeidet av Péter Borsányi



Rapport

Hydrologiske data til bruk for planlegging av kraftverk i Vangjolo (062.E11), Voss kommune i Hordaland

Oppdragsgiver: Opticonsult AS

Saksbehandler: Péter Borsányi

Ansvarlig: Sverre Husebye

Vår ref.: NVE 200701045-2

Arkiv: 333/061.E11

Emneord Små kraftverk, hydrologiske data

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Innhold

Forord	4
Beskrivelse av nedbørfeltet til planlagt inntakspunkt	5
Tilrettelegging av datagrunnlag for hydrologiske beregninger	6
Vurdering av avrenningskartet.....	7
Beskrivelse av aktuelle målestasjoner.....	7
Valg av representativ målestasjon og beregning av skaleringsfaktor.....	8
Variasjon i middelavløp fra år til år	9
Varighetskurve	11
Alminnelig lavvannføring	12
5 persentil sesongvannføring	12
Årsavrenning i forskjellige år.....	12
Aktuelt informasjonsmateriale.....	13
Vedlegg	13

Forord

På oppdrag for Opticonsult AS har NVE, Hydrologisk avdeling, framskaffet hydrologiske data til bruk for planlegging av kraftverk i Vangjolo. Rapporten gir et overslag over vannmengdene som er tilgjengelige i nedbørfeltet. Målet er å gi utbygger i samråd med konsulent nødvendige hydrologiske data som gjør det mulig å planlegge etablering av små kraftverk.

Rapporten inneholder grunnlagsdata og vannføringsstatistikk for Vangjolo basert på NVEs hydrologiske database Hydra II og kartdatabase Kartulf. Beregningene omfatter feltgrenser og feltareal ved inntaket, normalavløp, sesongvariasjoner i avløpet, variasjoner i middelavløpet fra år til år, varighetskurver, alminnelig lavvannføring og 5 persentiler.

De hydrologiske beregningene er beheftet med en viss usikkerhet, på grunn av usikkerhet i avrenningskartet, bruk av måledata for vannføring i andre vassdrag m.m., men er etter min vurdering det beste som kan fremskaffes for planlegging av kraftverket med det målegrunnlag som finnes i området i dag.

Det som her foreligger er en ren oversendelse av hydrologisk informasjon på oppdragsbasis, og er ikke en del av NVEs forvaltningsmessige behandling av saken.

Péter Borsányi har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side. Thomas Væringstad har kvalitetskontrollert rapporten.

Sverre Husebye
seksjonssjef

Péter Borsányi
forsker

Merknad fra Opticonsult AS

Etter at NVE utarbeidet rapporten, har utbygger inkludert to mindre bekker (den ene kommer fra Olsoktjørni) som nå er overført til inntaket på kote 545, se figur 1.

Arealet av nedbørfeltet til de to mindre bekkene utgjør 0,43 km² slik at samlet nedbørfelt utgjør 9,2 km².

Vi har ikke endret på noen av tallene i rapporten. Ved beregning av strømproduksjon og alternative minstevannføringer (alminnelig lavvannføring, 5 og 10 persentil sesongvannføring), er tallene i konsesjonssøknaden justert for nedbørfelt på 9,2 km².

Bergen, 1. april 2007

Magne Eide

Beskrivelse av nedbørfeltet til planlagt inntakspunkt

Vassdragsnummer (regine): 062.E11

Vernestatus: Ikke vernet i hht verneplan for vassdrag.

Feltareal ved inntak kote 545: ca. 8,8 km² (areal beregnet fra kart i målestokk 1:50 000), se figur 1.

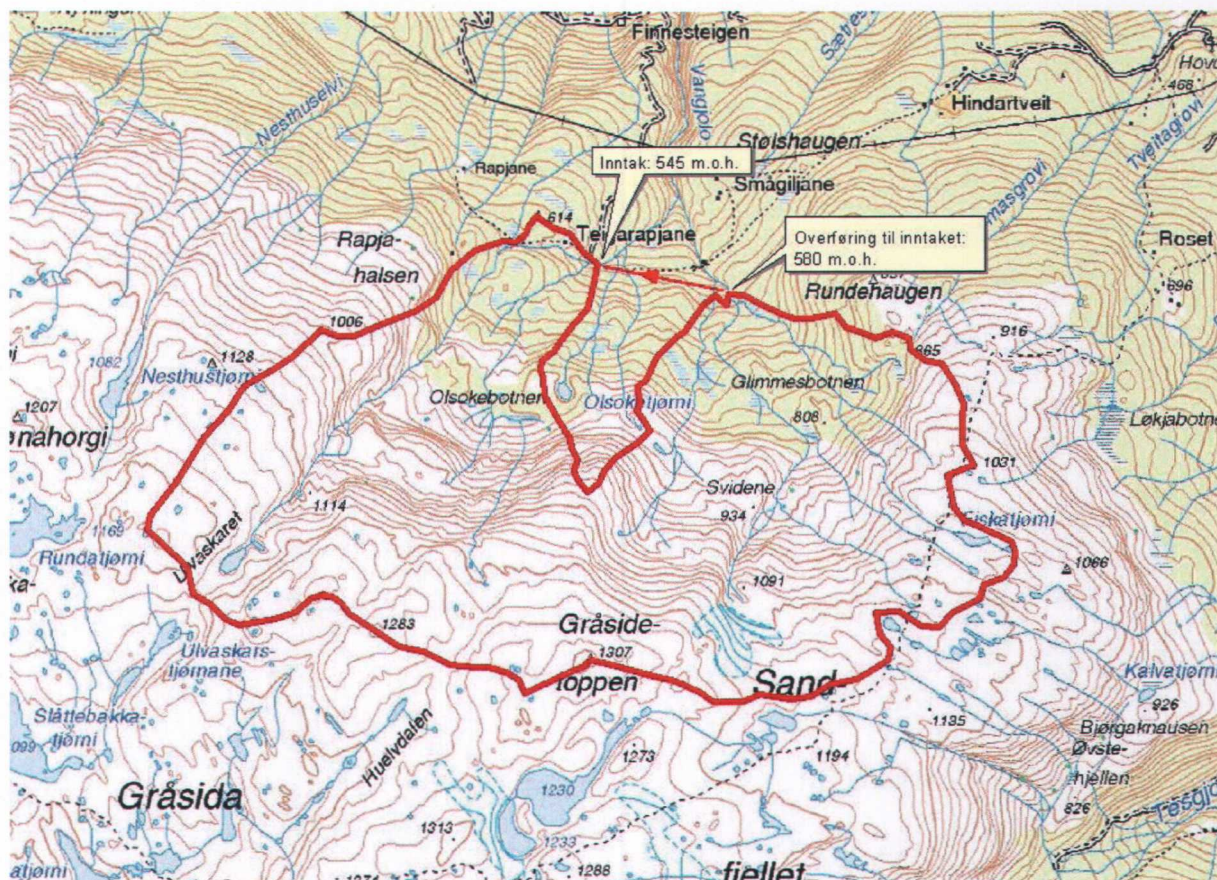
Høydeforskjell i feltet: 545 – 1 307 moh.

Effektiv sjøprosent (forklaring vedlegg 3): 0,0 %.

Snaufjellandel: 61 %.

Normalavløp og årsavløp: NVEs digitale avrenningskart for perioden 1961-1990 gir spesifikt normalavløp (definisjon vedlegg 3) i Vangjolo på 111 l/s·km², som tilsvarer estimert årlig middelavløp på 111 l/s·km² · 8,77 km² = 972 l/s = 0,97 m³/s. Dette tilsvarer et midlere årsavløp på 30,66 mill. m³/år. Avrenningskartet har en usikkerhet på opp mot ± 20 %, som i Vangjolo tilsvarer et intervall på ca. 778 l/s til 1166 l/s.

Hydrologisk regime: Flommer kan forekomme hele året. Lavvannføringer inntreffer som oftest om vinteren.



Figur 1. Nedbørfeltet til Vangjolo

Tilrettelegging av datagrunnlag for hydrologiske beregninger

Grunnlaget for alle hydrologiske beregninger er tidsserier av vannføring over en lang årrekke. Det eksisterer i dag ingen måling av vannføring i det aktuelle vassdraget, så videre analyser må baseres på en sammenligning og skalering med tidsserier for avløp fra målestasjoner i nedbørfelt med lignende avløpsforhold.

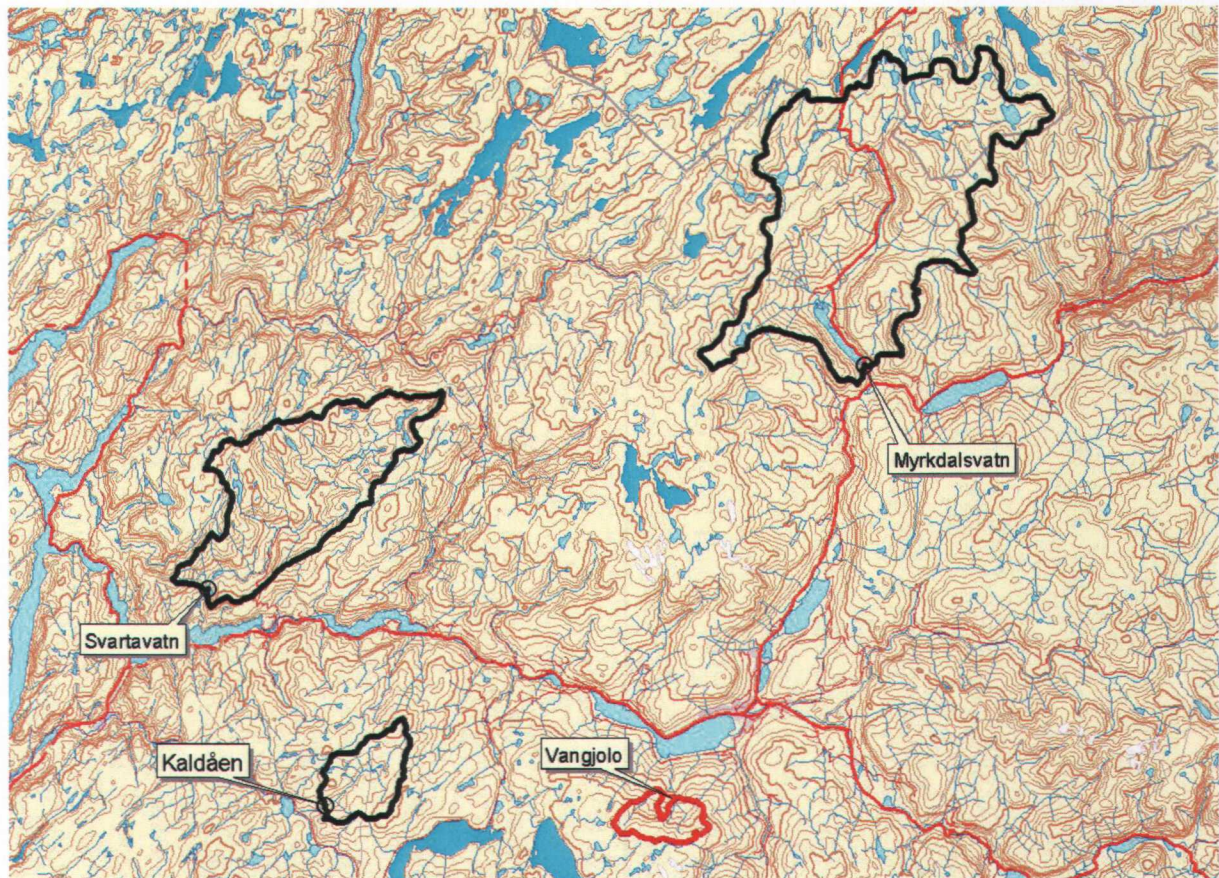
Nedbørfeltene til sammenligningsstasjonene er inntegnet på kart i figur 2 sammen med Vangjolos nedbørfelt. Feltkarakteristika er vist i tabell 1.

Tabell 1. Feltkarakteristika

Stasjon	Måle- periode	Feltareal (km ²)	Snaufj (%)	Eff. sjø (%)	Q _N (l/s·km ²)	Q _m (l/s·km ²)	Høydeint. (moh.)
61.8 Kaldåen	1985 - d.d.	16,1	73	0,0	108	98,3	579 - 1 128
62.10	1964 - d.d.	159	73	1,2	77	75,2	229 - 1 429
62.18 Svartavatn	1987 - d.d.	72,1	66	0,1	103	111,4	219 - 1 110
Vangjolo	-	8,77	61	0,0	111	-	545 - 1 283

Q_N betegner årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

Q_m betegner middelavrenningen beregnet for observasjonsperioden til målestasjonen



Figur 2. Oversikt over nedbørfeltene til sammenligningsfeltene og Vangjolo

Vurdering av avrenningskartet

Middelavløpet ved målestasjonene er beregnet fra observerte data og sammenlignet med avrenningskartet. Som følge av at middelavløpet er beregnet for en annen periode enn avrenningskartets normalperiode fra 1961-1990 er ikke estimatene direkte sammenlignbare. Observert normalavløp ved stasjonene stemmer noenlunde overens med avrenningskartet, selv om observert avrenning er noe lavere enn estimert avrenning ved 61,8 Kaldåen. Det er grunn til å anta at avrenningskartet gir et forholdsvis godt estimat for Vangjolos nedbørfelt.

Beskrivelse av aktuelle målestasjoner

Målestasjon 61.8 Kaldåen ligger vest for Vangjolo. Både feltarealet og andel snaufjell er litt større, men andre feltparametre (avrenning og høydeforhold) er relativt likt sammenlignet med Vangjolo. Målestasjonen er i bruk siden 1985, men i analysene er perioden 1988-2005 benyttet. Datakvalitet i brukt periode antas å være godt. Selvreguleringsevne er antatt å være litt større enn for Vangjolo pga. større feltareal.

Målestasjon 62.10 Myrkdalsvatn ligger nord for Vangjolo. Feltarealet er mye større, spesifikk avrenning mye mindre og andel snaufjell nær lik sammenlignet med Vangjolo. Myrkdalsvatnets høydeforhold er større enn Vangjolos. Stasjonen har god datakvalitet fra 1964, og har dermed lengst serie av de utvalgte. Selvreguleringsevnen er større enn for Vangjolo.

Målestasjon 62.18 Svartavatn ligger nordvest for Vangjolo. Svartavatn har større feltareal, mens de andre feltegenskapene, som avrenning, andel snaufjell og høydeforhold er mindre sammenlignet Vangjolo. Datakvalitet er godt, selvreguleringsevnen er antagelig større enn for Vangjolo.

Valg av representativ målestasjon og beregning av skaleringsfaktor

På bakgrunn av de ulike stasjonenes feltegenskaper og datakvalitet er det antatt at Kaldåen er mest representativ for forholdene i Vangjolo. Denne stasjonen er derfor benyttet videre i analysen.

Data som er presentert er tilpasset Vangjolo sitt nedbørfelt på 8,77 km² ved skalering med hensyn på feltareal og spesifikt normalavløp. Skaleringsfaktoren som er benyttet er:

$$(111 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 / 98,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2) \cdot (8,77 \text{ km}^2 / 16,1 \text{ km}^2) = \underline{0,614}$$

Variasjon i middelavløp fra år til år

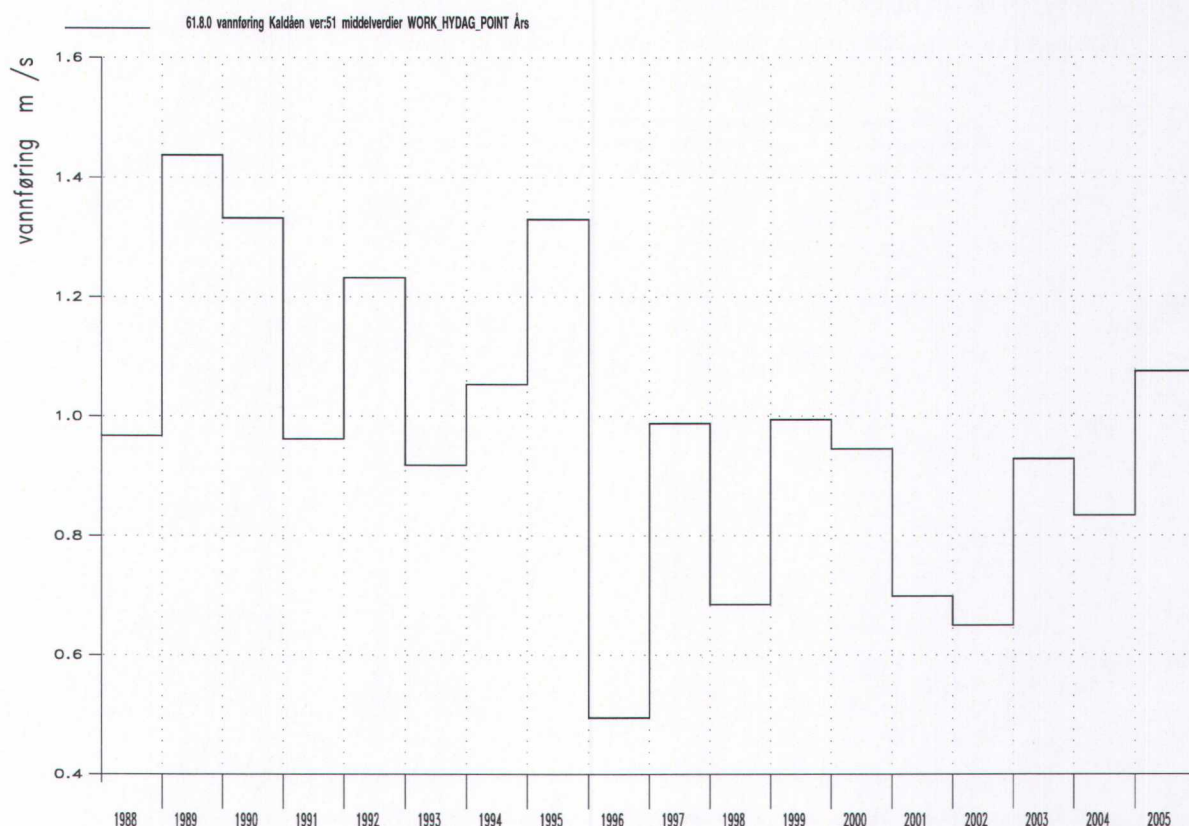
Variasjonene i middelavløpet fra år til år er relevant i forhold til årlige produksjons- og inntektsvariasjoner. Middelavløpet i enkeltår kan i stor grad avvike fra normalavløpet.

Med bakgrunn i skalert vannføringsserie for Kaldåen i perioden 1988 – 2005, er variasjonene i middelavløpet fra år til år ved Vangjolo presentert i figur 3. Dataene i figuren foreligger i tabellform i vedlegg 1.

Det må påregnes en variasjon fra år til år rundt $\pm 48 \%$ i forhold til normalavløpet.

Det er funnet at årsavløpet i Vangjolo har variert mellom omtrent 0,50 og 1,44 m³/s. I perioden er 1996 det tørreste året og 1989 det mest vannrike året basert på årsvolumet.

Det presiseres at disse dataene har utgangspunkt i et annet nedbørfelt der data er omregnet for å representere Vangjolo, og at de reelle årsvariasjonene i Vangjolo kan avvike i større eller mindre grad fra dette.



Figur 3. Variasjon i avrenningen fra år til år i Vangjolo

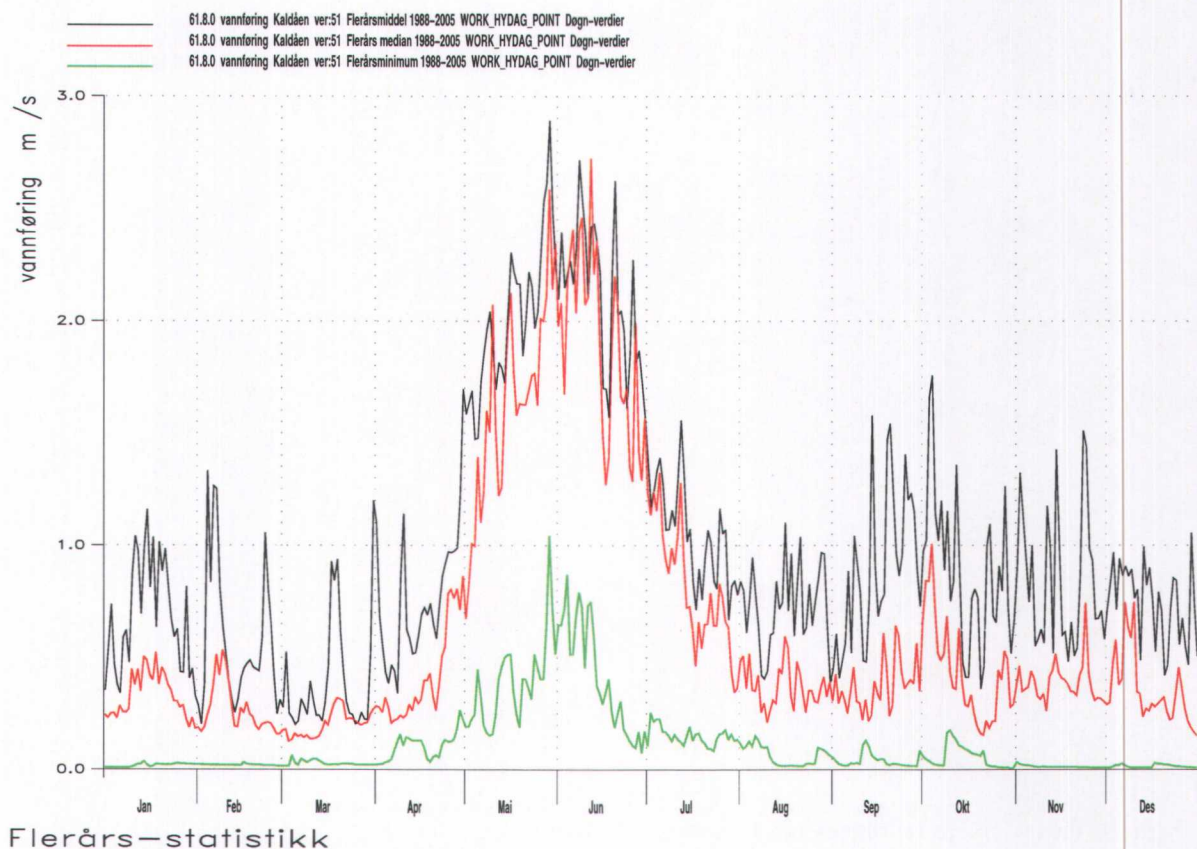
Avløpets fordeling over året

Avløpets sesongvariasjon i Vangjolo antas å stemme **noenlunde overens med** sesongvariasjonene ved Kaldåen. Figur 4 viser middelvannføringen (flerårsmiddel), medianvannføringen (flerårsmedian) og minimumsvannføringen (flerårsminimum) i Vangjolo over året utarbeidet på grunnlag av observert vannføring ved Kaldåen i perioden 1985 - dd. Se vedlegg 3 for forklaring av begrepene flerårs middel, flerårsmedian og flerårsminimum. Data fra Kaldåen er skalert som tidligere beskrevet.

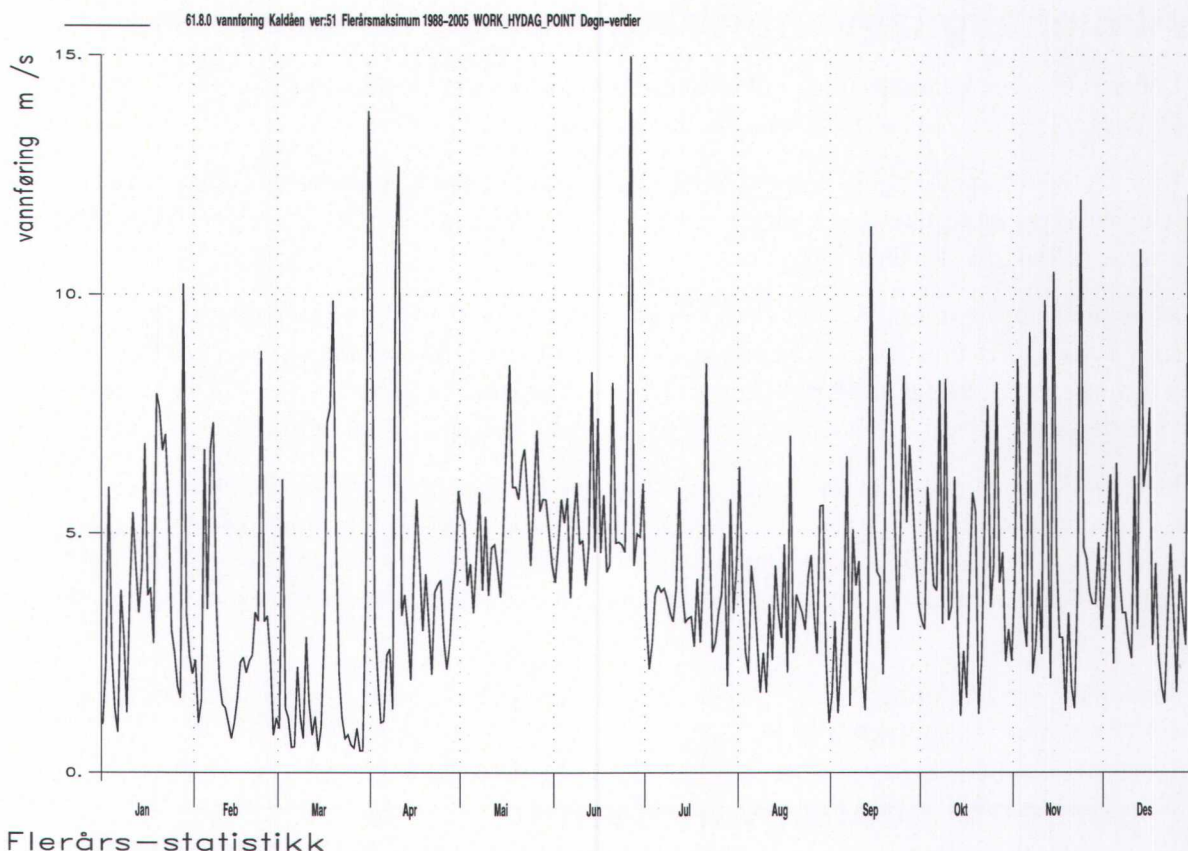
Både flerårsmiddel og flerårsmedian gir et bilde av midlere avløpsforhold. Ved bygging av små kraftverk antas det at mediankurven, som i de fleste tilfeller ligger lavere enn middelkurven, er best egnet til å gi et bilde av midlere avløpsforhold. Dette skyldes at små kraftverk ikke kan utnytte flomvannføringer. I middelkurven inngår flomvannføringene ved beregning av middelkurven, mens mediankurven ikke vektlegger flomvannføringer.

Den nederste kurven viser de laveste vannføringene som har forekommet i årrekka. Lavvannføringene inntreffer både om høsten og vinteren.

Figur 5 viser hvordan maksimale flommer er fordelt over året. Flommene kan inntreffe i hele året. Figuren viser døgnmiddelvannføringer. Kulminasjonsvannføringer er noe større.



Figur 4. Kurven viser sesongvariasjonen i vannføringen i m³/s i Vangjolo basert på flerårs døgnverdier. Flerårsmiddel, flerårsmedian og flerårsminimum er presentert. Sesongvariasjonene er antatt å samsvare noenlunde med nedbørfeltet til målestasjon Kaldåen.



Figur 5. Maksimale flommer som døgnmiddel i m^3/s i Vangjolo

Varighetskurve

Med bakgrunn i den skalerte dataserien fra Kaldåen er det for Vangjolo utarbeidet varighetskurver samt andre kurver til hjelp for å dimensjonere kraftverket. Forklaring til og eksempel på bruk av kurvene er gitt i vedlegg 3 og varighetskurver for Vangjolo er vist i vedlegg 2. Disse er beregnet på bakgrunn av observerte data for Kaldåen i perioden 1988 – 2005, og skalert som tidligere beskrevet.

Sesongkurvene viser vannføringen i % av middelavløp *for sesongen*. Ved bruk av kurvene trengs dermed sesongverdier for middelavløpet i Vangjolo. Disse er beregnet på bakgrunn av observerte data for Kaldåen i perioden 1988 – 2005 og skalert som tidligere beskrevet. Middelavløpet for året er $0,97 \text{ m}^3/\text{s}$. For sommer- og vintersesongen er middelavløpet på henholdsvis $1,36$ og $0,70 \text{ m}^3/\text{s}$.

Den benyttede målestasjonen (Kaldåen) antas å ha noenlunde lik selvreguleringsevne sammenlignet med Vangjolo. Det betyr at varighetskurven og slukeevne ved Kaldåen trolig gir et nær riktig bilde på utnyttbar vannmengde sett i forhold til Vangjolos nedbørfelt. Dette gjenspeiles også i kurvene for slukeevne og sum lavere. Men samtidig må det gjøres oppmerksom på at sammenligningsfeltet ligger i et annet vassdrag, og større eller mindre avvik må forventes.

Tallene som er brukt i forklaringene til kurvene i vedlegg 3 er eksempler, og er kun ment til å forklare bruken av kurvene. Eksempelene forutsetter at vassdraget er uregulert. Valg av gunstig maskinstørrelse bør gjøres av konsulent med erfaring på området.

Alminnelig lavvannføring

Det er etter vannressursloven krav til minstevannføring tilsvarende alminnelig lavvannføring (se definisjon i vedlegg 3) for tiltak som ikke krever konsesjon.

Alminnelig lavvannføring for Vangjolo er beregnet på objektivt grunnlag ved hjelp av regresjon mot feltegenskaper og resultatet er sammenlignet med alminnelig lavvannføring beregnet på bakgrunn av observerte data ved Kaldåen i tabell 1.

Alminnelig lavvannføring for Vangjolo, beregnet på bakgrunn av feltparametere med programmet LAVVANN, er $9,0 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. I programmet har Vangjolo tilhørighet til region 3, og har følgende feltparametere: feltareal $8,8 \text{ km}^2$, feltakse $3,1 \text{ km}$, feltbredde ($8,8 \text{ km}^2 / 3,1 \text{ km}$) $2,8 \text{ km}$, maksimal høydeforskjell 738 m , effektiv sjøprosent $0,0 \%$, andel snaufjell 76% og spesifikt avløp $111 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Estimert alminnelig lavvannføring ved målestasjonen Kaldåen er $4,0 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Alminnelig lavvannføring øker normalt med bl.a. økende feltstørrelse, innsjøprosent og økende spesifikk avrenning. Siden Lavvann programmet tidligere har vist seg å overestimere i vassdragområde 3, benyttes verdier for alminnelig lavvannføring fra sammenligningsstasjon (beregnet ved hjelp av målte data).

Alminnelig lavvannføring for Vangjolo er med bakgrunn i dette antatt å være i størrelsesorden $4,0 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som tilsvarer rundt 35 l/s .

5 persentil sesongvannføring

5 persentil for vannføring (se definisjon, vedlegg 3) i perioden 1.5 – 30.9 (sommerhalvåret) og i perioden 1.10 – 30.4 (vinterhalvåret) er for Vangjolo estimert med utgangspunkt i målestasjon Kaldåen. Beregnet 5 persentil for sommer- og vintersesong er for Kaldåen henholdsvis $10,5 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ og $2,4 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Med utgangspunkt i dette, og vurderingene gjort ved beregning av alminnelig lavvannføring, er 5 persentilen ved inntaket til kraftverket i Vangjolo anslått til å være:

- Sommersesongen (1/5 – 30/9): $10,5 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ eller ca 92 l/s
- Vintersesongen (1/10 – 30/4): $2,5 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ eller ca 22 l/s

Årsavrenning i forskjellige år

Basert på skalerte serien for Vangjolo er det estimert at årsavrenningen i et tørt år (som i 1996) er ca. $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$, i et middels år (som i 1988) er ca. $0,97 \text{ m}^3/\text{s}$, og i et vått år (som i 1989) er $1,44 \text{ m}^3/\text{s}$

Usikkerhet

Feltstørrelsen er arealberegnet fra kart i målestokk 1:50 000. Usikkerheten i målt feltareal kan utgjøre noen prosent. Det anbefales å undersøke at nedbørfeltgrensene i figur 1 er riktig digitalisert ved en befaring i feltet.

Spesifikt normalavløp er beregnet med bakgrunn i NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990. Avrenningskartet har en usikkerhet på opp mot $\pm 20\%$. Usikkerheten øker for små nedbørfelt.

Alle beregninger på basis av andre målte vassdrag vil ved skalering til det aktuelle vassdrag være beheftet med feilkilder. Feilkildene er minimalisert ved å vurdere vassdragets feltegenskaper for deretter å velge en representativ serie som ivaretar disse egenskapene. Det er bare målinger over flere år i de aktuelle vassdrag som vil kunne redusere usikkerheten i avløpstall for vassdraget.

Varighetskurvene gir trolig et nær riktig bilde av utnyttbar vannmengde.

Aktuelt informasjonsmateriale

Det finnes en rekke informasjonsmateriell samt regelverk som det er helt nødvendig å forholde seg til ved prosjektering av mikro- og minikraftverk. Alt er tilgjengelig ved NVEs bibliotek, men noe kan også skaffes andre steder fra:

- Meldingsskjema for vurdering av konsesjonsplikt etter vannressursloven for bygging av små kraftverk (vedlagt)
- Skjema for klassifisering av dammer og trykkrør (finnes tilgjengelig på www.nve.no)
- Faktabrosjyre: Bygging av små kraftverk – sakshandsaming (informasjon fra NVE nr. 7/2002)
- NVE-Veileder nr. 02/2003: ”Veileder i planlegging, bygging og drift av små kraftverk”.
- NVE-Veileder nr. 1/2002: Behandling etter vannressursloven m.v av vassdragstiltak og tiltak som kan påvirke vassdrag og grunnvann (finnes tilgjengelig på www.nve.no)
- Vannressursloven (finnes tilgjengelig på www.lovdato.no)

Vedlegg

Vedlegg 1: Årsmiddelvannføringer i Vangjolo

Vedlegg 2: Varighetskurver



VEDLEGG 1: Årsmiddelvanntføringer

(Observerte avrenning ved Kaldåen er skalert for å gi representativ avrenning i Vangjolo)

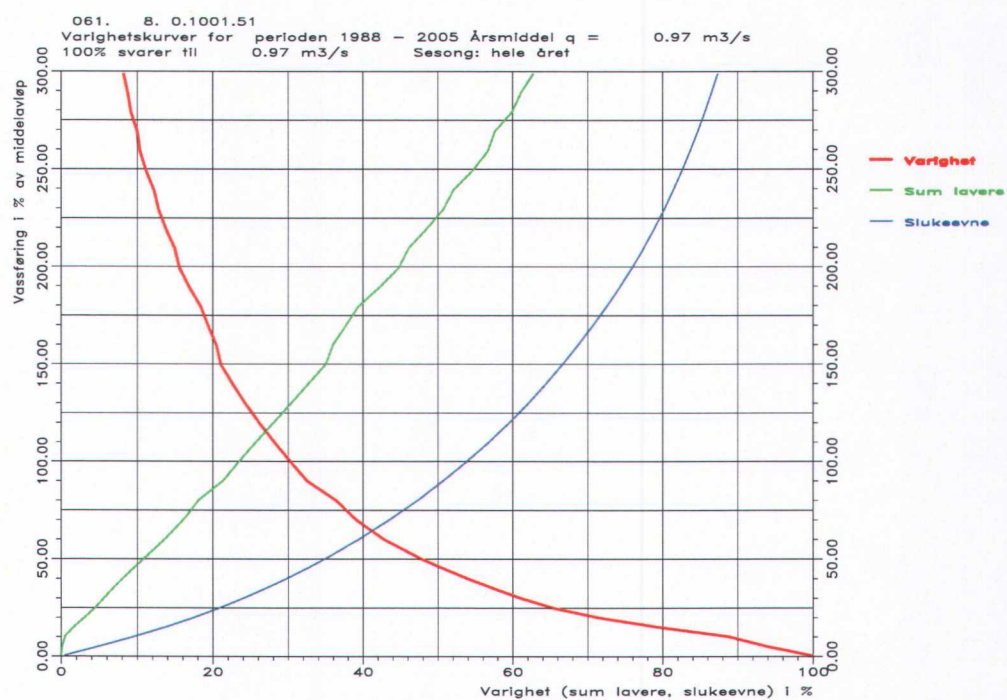
"61.8.0.1001.51 Kaldåen Fra:02/07/1988 00:00 Til:02/07/2005 12:00 WORK_HYDAG_POINT Års Enhet:m³/s"

1988	0.9670
1989	1.4373
1990	1.3321
1991	0.9616
1992	1.2316
1993	0.9181
1994	1.0535
1995	1.3300
1996	0.4946
1997	0.9877
1998	0.6844
1999	0.9942
2000	0.9451
2001	0.6985
2002	0.6496
2003	0.9286
2004	0.8338
2005	1.0753



VEDLEGG 2: Varighetskurver

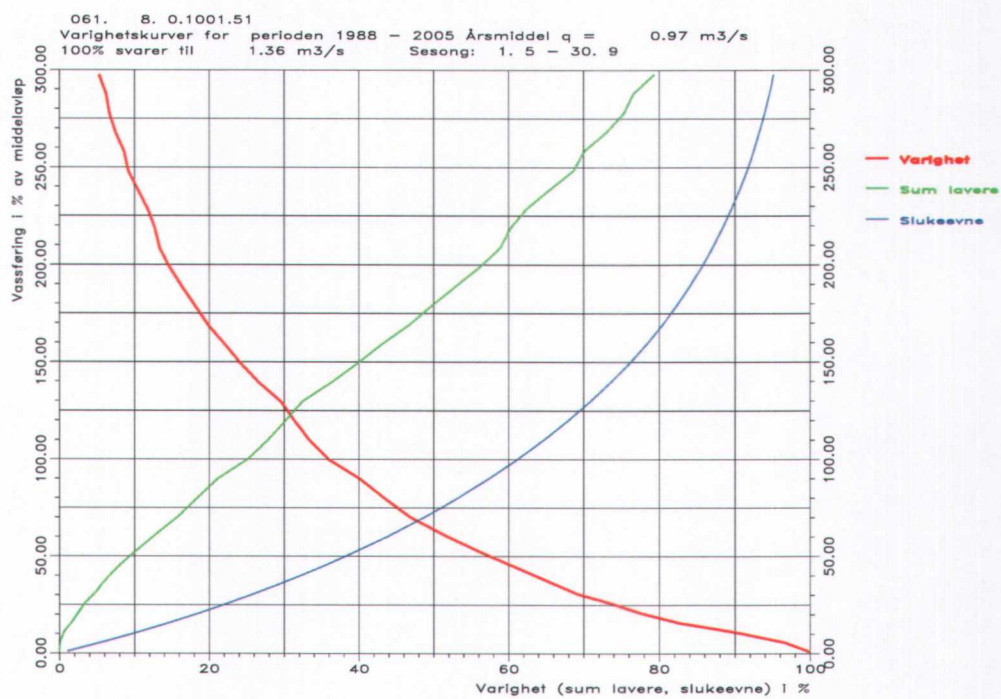
Varighetskurve for hele året. Kurven er basert på skalerte data fra målestasjonen Kaldåen.





Varighetskurve for sommersesongen (1/5 - 30/9)

Kurven er basert på skalerte data fra målestasjonen Kaldåen. Ved bruk av kurven må middelveirdien for sesongen benyttes.



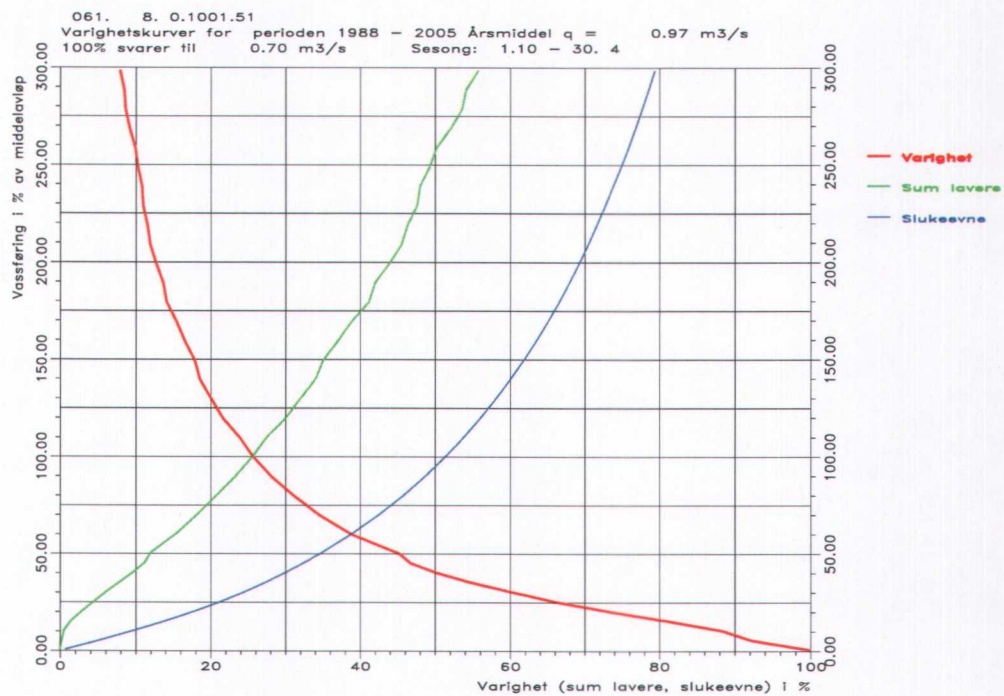


Side 17



Varighetskurve for vintersesongen (1/10 - 30/4)

Kurven er basert på skalerte data fra målestasjonen Kaldåen. Ved bruk av kurven må middelverdien for sesongen benyttes.



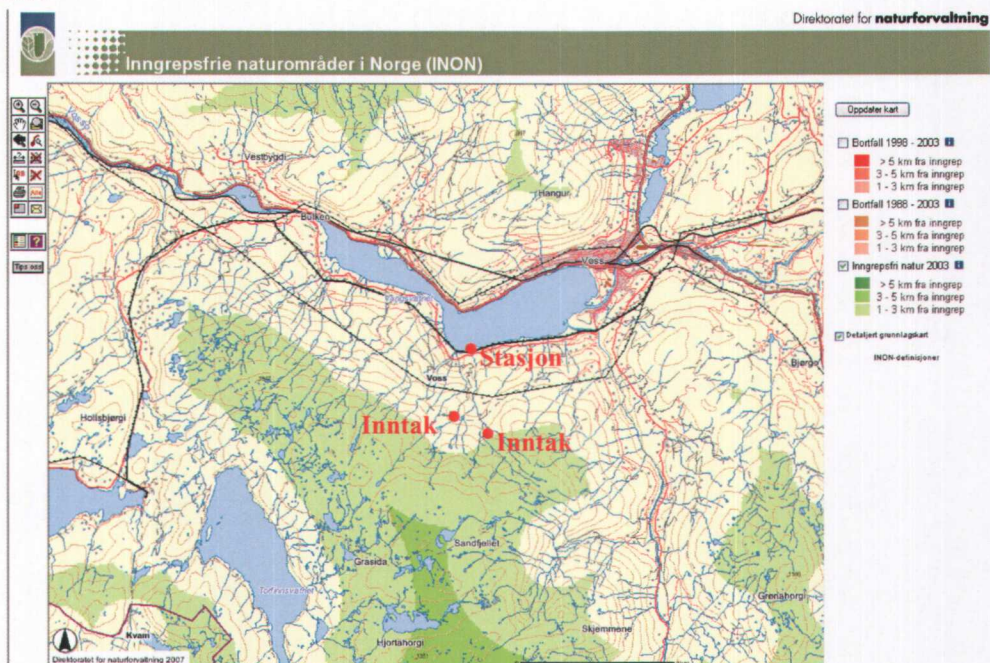
VEDLEGG 2

Utgår

VEDLEGG 3

Berørte INON-områder

VEDLEGG 3



Kartet viser INON-områder fra 2003 som ligger inne i databasen.

Tiltaket ligger i berørt område, men det østlige inntaket vil komme om lag 200 meter fra dagens 1-3 km grense, arealet av inngrepsfritt område 1-3 km vil bli noe redusert. Inngrepsområde 3-5 km vil ikke bli påvirket.

VEDLEGG 4

Kart over kulturminner

Voss - Vangjolo - Kraftverk

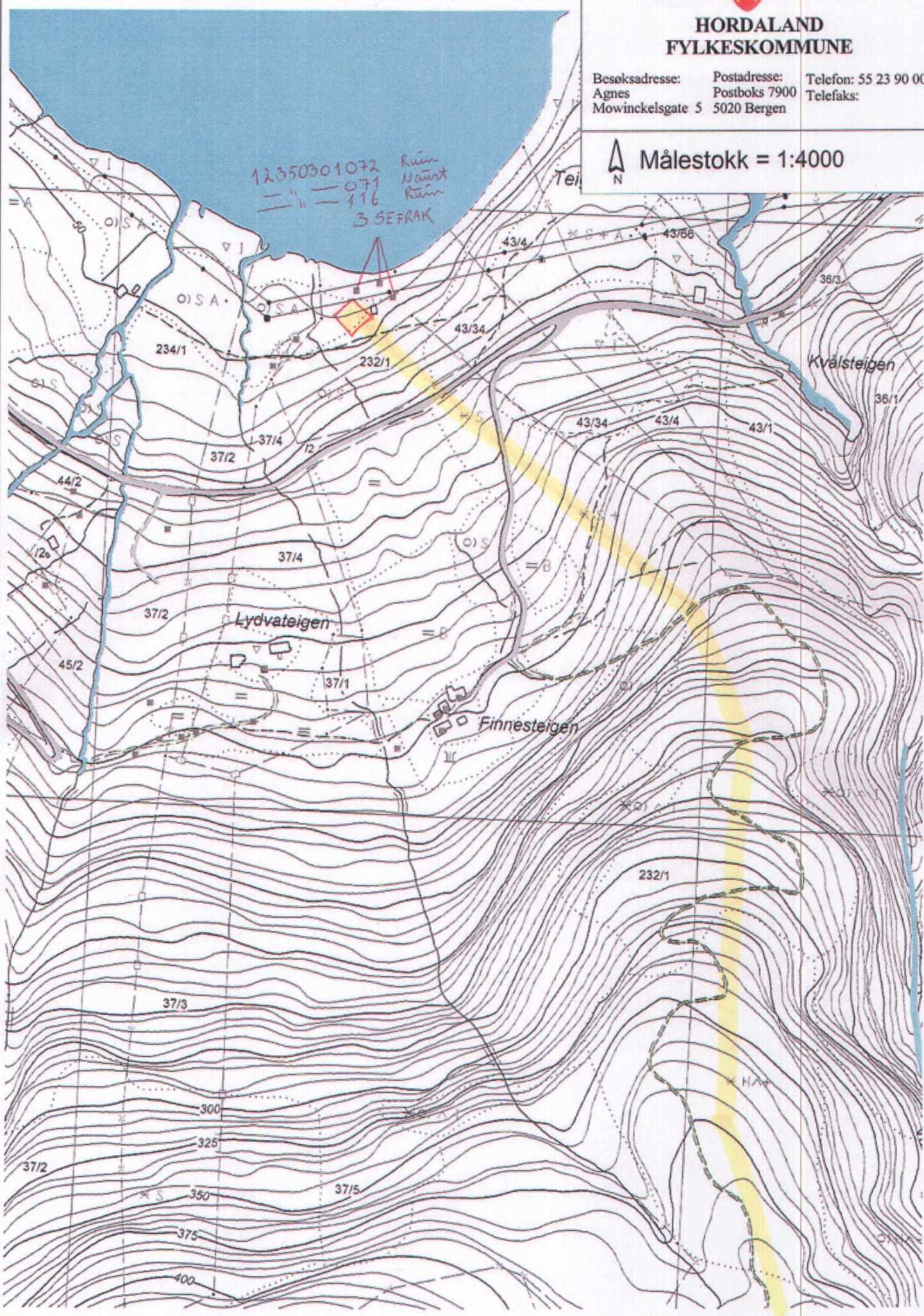


**HORDALAND
FYLKESKOMMUNE**

Besøksadresse: Agnes Mowinckelsgate 5
Postadresse: Postboks 7900 Bergen
Telefon: 55 23 90 00
Telefaks:

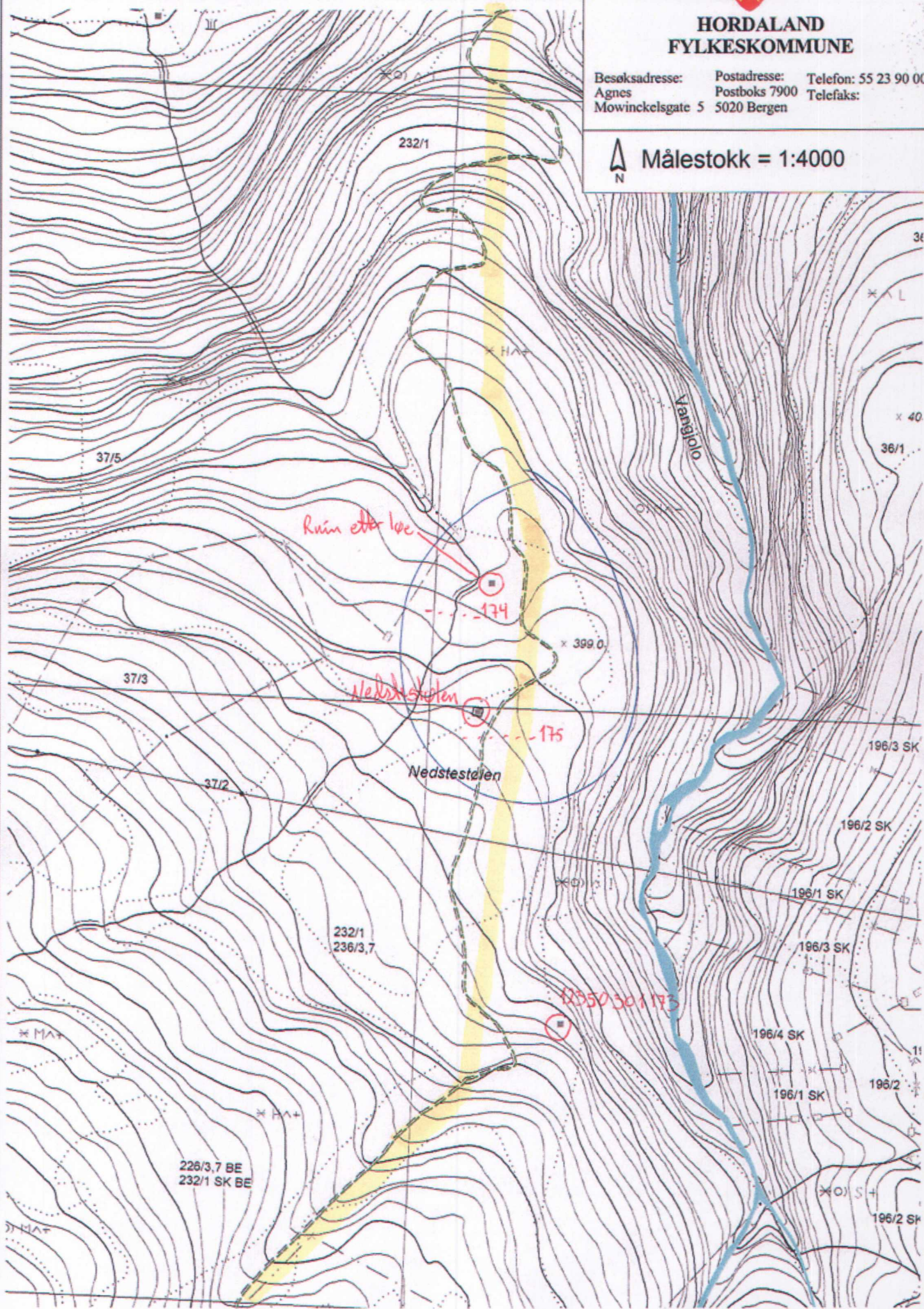


Målestokk = 1:4000



Besøksadresse: Postadresse: Telefon: 55 23 90 00
Agnes Postboks 7900 Telefaks:
Mowinckelsgate 5 5020 Bergen

▲ Målestokk = 1:4000



Voss - Vangjolo - Kraftverk



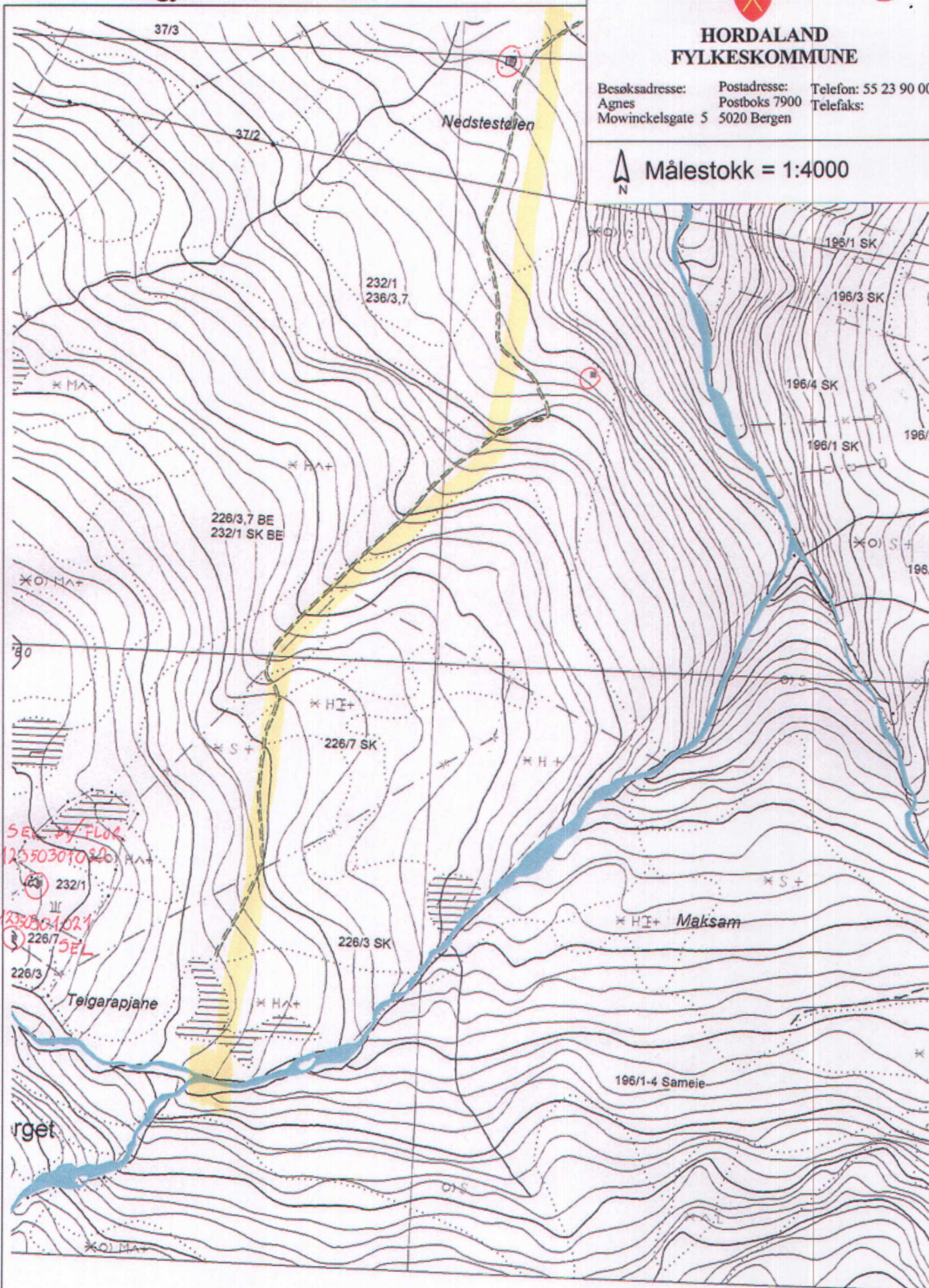
3

HORDALAND FYLKESKOMMUNE

Besøksadresse: Agnes Mowinckelsgate 5
Postadresse: Postboks 7900 5020 Bergen
Telefon: 55 23 90 00
Telefaks:



Målestokk = 1:4000



VEDLEGG 5

Brev fra Voss Energi

SWECO Norge AS
17 NOV 2008



SWECO Norge AS
Fornebuveien 11
Postboks 400
1327 Lysaker

Voss Energi AS
Pb 205, 5702 Voss
T 56 52 83 00
F 56 52 83 20
firmapost@vossenergi.no
kundemottak@vossenergi.no
www.vossenergi.no
NO 984 665 776
B.giro 3480.11.27128

DYKKAR REF.
Tor M.Fossen

VÅR REF.
560/SÅØ

DATO
11.11.2008

NETTILKNYTING VANNJOLO KRAFTVERK.

Vi syner til e-post vedrørende nettilknytning av Vannjolo kraftverk.

Voss Energi har fått kartlagt behovet for nødvendige nettforsterkninger av distribusjonsnettet på strekninga Evanger – Bolstad – Voss basert på NVE's kartleggingar for småkraftutbygging i dette området.

Med grunnlag i lastflytanalysar utført i vårt nett, vil den rimeligaste løysninga for nettilknytning av Vannjolo Kraftverk være å legge ny 22kV-jordkabel som eigen kurs frå Vannjolo og til Voss Trafostasjon, lengde ca.5,5km. På del av denne strekninga vil Voss Energi vurdere å kunne vera med i felles grøft. I tillegg til kostnaden med ny høgspenkabel, vil kraftverket også bli belasta med ein kostnad i nytt brytarfelt i Voss Trafostasjon.

Eksisterande 50kV-linje som går på sørsida av Vangsvatnet har i dag ikkje kapasitet til å ta imot og overføre ein produksjon i Vannjolo på 8,2MW. Når denne linja ein gong skal rehabiliterast/fornyast, vil oppgradering til 132kV bli vurdert som eit alternativ.

Produksjon i Vannjolo vil gå gjennom T1 i Voss Trafostasjon som har omsetting frå 132kV/22kV. BKK er i gang med planar for oppgradering av del av sitt overliggande nett, samt trafoar på Høgaberg. Før ein er klar til å ta imot produksjon frå Vannjolo Kraftverk, må BKK fyrst vera klar med sine trafoar på Høgaberg.

Dersom det er spørsmål, ta kontakt med Stein-Åge Øren på tlf. 56 52 83 42 direkte.

Med helsing
VOSS ENERGI AS

Stein-Åge Øren
avd.ingeniør