

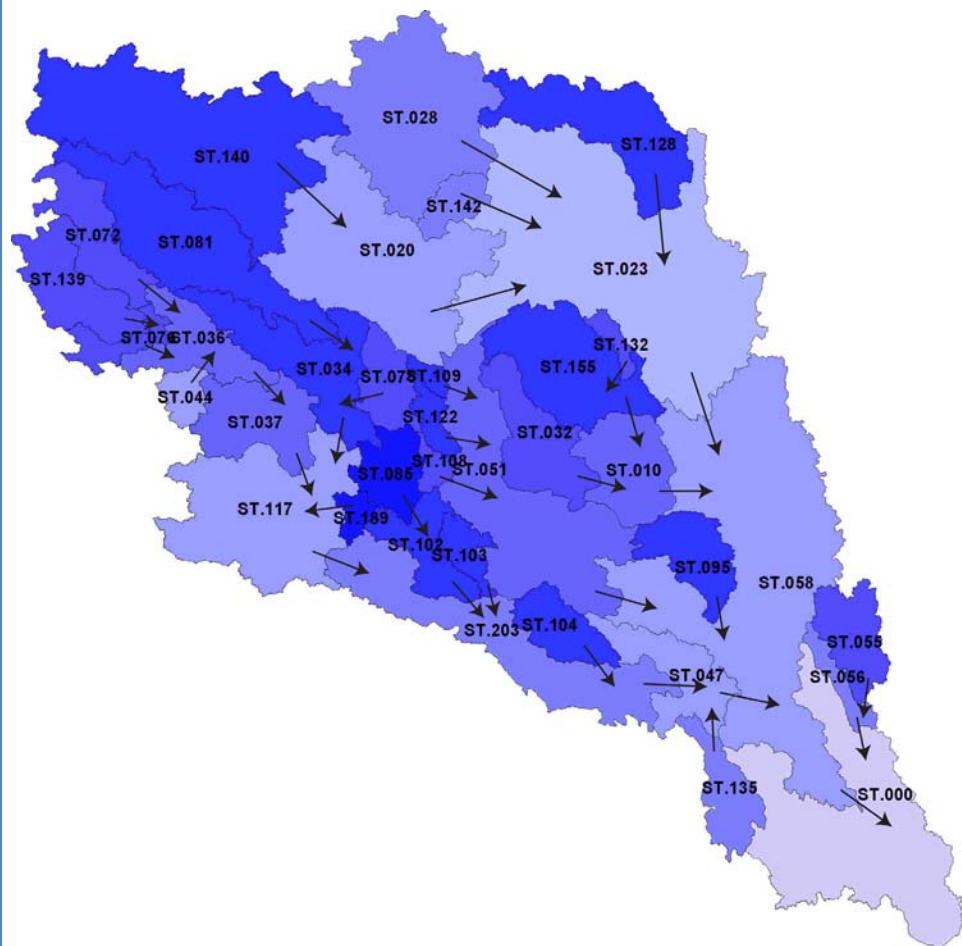


# Kartlegging av grunnvannsressurser 1

## Base Flow Index

Panagiotis Dimakis

2  
2008



R A P P O R T

# **Kartlegging av grunnvannsressurser 1**

**"Base Flow Index"**

Norges vassdrags- og energidirektorat  
2008

## Rapport nr 2

# Kartlegging av grunnvannsressurser 1

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Redaktør:**

**Forfatter:** Panagiotis Dimakis

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:**

**Forsidefoto:**

**ISSN-nummer** 1501-2832

**ISBN-nummer** 978-82-410-0658-6

**Sammendrag:** ”Base Flow Index” (BFI) er en indeks som beskriver andelen av vannføringen i et vassdrag som kommer fra grunnvannsmagasiner. Den kan beregnes ved å bruke en hydrogramsepareringsmetode på en vannføringsserie for å produsere en redusert eller minimums vannføringsserie.

Basenew er et C-program som ble utviklet for å foreta en BFI-analyse automatisk på flere vannføringsserier etter hverandre. Rapporten beskriver alle de korrektsjonene som Basenew utfører på vannføringsseriene for å klargjøre dem for en BFI-analyse. Resultatfilene og plottene som Basenew produserer for hver analysert vannføringsserie er beskrevet i detalj.

Programmets funksjonalitet er demonstrert ved å foreta en analyse av alle vannføringsstasjoner i Skienvassdraget.

**Emneord:** Base Flow Index, BFI, Grunnvann, grunnvannsmagasiner, Redusert vannføring, Basenew, Analyse av vannføringsserier, Grunnvannstilsig.

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](http://www.nve.no)

Januar 2008

# **Innhold**

<b>Innhold .....</b>	<b>ii</b>
<b>Forord.....</b>	<b>iii</b>
<b>Sammendrag.....</b>	<b>iv</b>
<b>Introduksjon.....</b>	<b>1</b>
<b>Programutvikling.....</b>	<b>1</b>
<b>Skienvassdraget.....</b>	<b>3</b>
<b>Resultater.....</b>	<b>6</b>
<b>Konklusjoner .....</b>	<b>26</b>
<b>Referanser.....</b>	<b>29</b>
<b>Vedlegg 1 .....</b>	<b>30</b>
<b>Vedlegg 2 .....</b>	<b>36</b>
<b>Vedlegg 3 .....</b>	<b>70</b>

# Forord

Kartlegging av grunnvannsressursene er en viktig komponent i implementeringen av EUs rammedirektiv for vannressurser. NVEs omfattende database med vannføringsdata kan gi oss verdifull informasjon om mengden av vann som magasineres i overflatemagasiner og grunnvannsmagasiner. Analysemetoden som benyttes for å estimere bidraget til vannføringen fra magasinert vann kalles hydrogramseparering. Resultatet er en indeks, "Base Flow Index"(BFI), som angir prosentandelen av den totale vannføringen fra magasinert vann. Dersom det er få innsjøer i nedbørfeltet antas BFI å representerere grunnvannsbidraget.

I denne rapporten presenteres et analyseverktøy som er i stand til å utføre en BFI-analyse på flere vannføringsserier etter hverandre. Programmet ble brukt til å utføre en BFI-analyse på alle vannføringsserier i Skienvassdraget. Analyseresultatene og problemstillinger knyttet til disse er presentert i rapporten.

Oslo, januar 2008



Morten Johnsrød  
avdelingsdirektør



Hege Hisdal  
seksjonssjef

# Sammendrag

”Base Flow Index” (BFI) er en indeks som beskriver andelen av vannføringen i et vassdrag som kommer fra magasiner. BFI kan beregnes ved å bruke en hydrogramsepareringsmetode på en vannføringsserie for å produsere en redusert eller minimums vannføringsserie. Den reduserte vannføringsserien representerer andelen av vannføringen som kommer fra magasinene i vassdraget.

Basenew er et C-program som ble utviklet for å foreta en BFI-analyse automatisk på flere vannføringsserier etter hverandre. Rapporten beskriver alle de korreksjonene som Basenew utfører på vannføringsseriene for å klargjøre dem for en BFI-analyse. Resultatfilene og plottene som Basenew produserer for hver analysert vannføringsserie er beskrevet i detalj.

Programmets funksjonalitet er demonstrert ved å foreta en analyse av alle vannføringsstasjoner i Skievassdraget. NVEs database har 66 vannføringsserier registrert for dette vassdraget, og Basenew fungerte etter spesifikasjonene.

Basenew ble utviklet med formål å analysere alle vannføringsserier i NVEs database og presentere resultatene på best mulig måte. Resten av rapporten diskuterer problemene knyttet til måten man kan presentere BFI resultater på. Flere alternative presentasjonsmetoder er prøvd ut, og ulempene og fordelene ved dem er diskutert.

Den enkleste måten å presentere resultatene på er å tilordne en BFI verdi for hver stasjon som ble analysert og lage en kotelinjefremstilling av resultatene. Ved siden av numeriske problemer som kan oppstå når stasjoner ligger meget nær hverandre, innfører man også en konseptuell feil i en slik fremstilling av resultatene. BFI verdiene burde relateres til sine tilsvarende nedbørfelte og ikke til vannføringsstasjonene. NVEs REGINE database inkluderer ikke digitalisert informasjon om slike nedbørfelte. For Skievassdraget ble slike digitaliserte polygoner produsert manuelt for hvert nedbørfelt. Med disse polygonene var det mulig å prøve ut presentasjonsalternativer basert på nedbørfelte.

Flere alternative nedbørfeltbaserte fremstillinger ble brukt. Bruken av polygonene gjør det mulig å tilordne BFI verdiene direkte til nedbørfeltene men det skapte også en rekke nye problemer. Flere nedbørfelt overlapper hverandre. Man kan ignorere dette problemet eller man kan prøve å foreta korreksjoner. Vi presenterer resultater uten korreksjoner først og deretter bruker vi to korreksjonsmetoder for å løse overlappingsproblemene. Resultatene er vanskelige å tolke uten tilleggsinformasjon. Man trenger minst 2 figurer og en tabell med resultatene for å kunne tolke dem riktig. Korreksjonsmetodene kan produsere en figur som i seg selv er nok til å tolke BFI resultatene. Men korreksjonene kan ikke alltid utføres. Beregningene er basert på meget enkle vannbalansebetrakninger men krever at de reduserte vannføringene som BFI produserer er nøyaktige nok. BFI algoritmen produserer dessverre kun gjennomsnittsresultater noe som ikke alltid gjør det mulig å foreta korreksjonene som ble prøvd ut.

Det konkluderes med at en kotelinjefremstilling av resultatene alltid kommer til å være noe problematisk. Man bør satse på en presentasjon av resultatene knyttet til hver stasjon med flere figurer per stasjon og detaljerte resultater angitt i tabellformat.

# Introduksjon

Magasinering av vann fra nedbør og snøsmelting i innsjøer og grunnvannsforekomster er en meget viktig prosess. En kontinuerlig vannføring i elvene er mulig kun om man har en kontinuerlig tilførsel av vann fra magasinene til elvene. Om magasinene er tomme eller for hvilken som helst annen grunn hindres i å overføre vann til vassdragene, får man tør forhold. Uten magasiner får et vassdrag kortvarige elver som forsvinner fort etter en nedbørhendelse.

De Norske vassdragene har vel etablerte elvesystemer som i seg selv er en bekrefstelse på at det finnes vel etablerte magasiner som forsyner dem med vann. I perioder uten nedbør forsynes vassdragene med vann kun fra magasinene. Dette gir oss en metode for å måle mengden av vann fra magasinene ved å måle vannføringen i vassdraget i nedbørsfattige perioder. En mer presis beregning kan oppnås ved å implementere en hydrologisk modell av vassdraget. Heldigvis finnes det enklere metoder man kan bruke for å angripe problemet. En hydrografsepareringsmetode er implementert, som bruker vannføringsmålinger for å beregne en redusert vannføring tilsvarende det som kommer kun fra magasinene i nedbørfeltet. Den reduserte vannføringen brukes deretter til å beregne ”Base Flow Index” (heretter BFI), en indeks som beskriver andelen av vannføringen i vassdraget som kommer fra magasiner. I perioder uten nedbør og snøsmelting får BFI en verdi som nærmer seg 1.0. Dvs. at nesten all vannføring i vassdrag kommer fra magasin. I perioder med mye nedbør og snøsmelting får man en lav BFI, som indikerer at vannføringen i vassdraget hovedsakelig kommer fra nedbør og snøsmelting.

BFI metoden har fått vår oppmerksomhet ikke kun fordi NVE allerede har til disposisjon store menger vannføringsdata, men også fordi BFI resultater er nært knyttet til minstevannføring i vassdragene, klimaendringsproblemer og ikke minst vannbalanseberegninger av grunnvannsmagasiner i implementering av EUs vanndirektiv. I denne rapporten er vi interessert i den sistnevnte bruken av BFI metoden, nemlig implementering av EUs vanndirektivet.

Det er viktig å understreke at BFI er en andelstilnærming av den totale mengden av magasinert vann som forsyner vassdraget. Til og med i et lite vassdrag kan BFI være summen av vannet fra flere titalls innsjøer og hundrevis av grunnvannsforekomster i løsmasser og fjell. Man har ikke mulighet til å fordele BFI estimatene til de individuelle magasinene uten flere målinger. Det er også viktig å nevne at vi kommer til å begrense oss til gjennomsnittlige BFI estimer, både månedlige og årlege. Gjennomsnittlige estimer kan være problematiske. Det er spørsmål om man kan sammenligne gjennomsnittsverdier som er beregnet av serier med forskjellige lengder. Ideelt burde man bruke data med den samme lengde og tidsperiode, men i analysene i denne rapporten kan vi dessverre ikke tilfredsstille slike ideelle forhold. Vi bruker alle tilgjengelige dataserier uansett lengde og tidsperiode og får de beste estimatene som er mulig å få.

# Programutvikling

Dataprogrammet som ble brukt til å utføre analysene ble utviklet i to faser. Først ble det utviklet et program som heter ”baseflow” av Wai Kwok Wong (2004) som implementerte

hydrogramsepareringsalgoritmen som er brukt til å estimere BFI ved bruk av programmeringsspråket C. Baseflow leser en vannføringsserie med et bestemt format og beregner en redusert vannføring som har den samme lengde som den opprinnelige dataserien. Den reduserte vannføringen viser antageligvis vannføringen i vassdraget når eleven er matet kun fra magasinene. All vannføring direkte knyttet til nedbør- og snøsmeltingshendelser er antatt fjernet. Men vannmengden som kommer fra magasinene er påvirket av nedbør- og snøsmeltingshendelser. Den reduserte dataserien brukes videre til å beregne årlege og månedlige gjennomsnitts BFI verdier. Indekset viser forholdet mellom den reduserte vannføringen og den opprinnelige vannføringen, og skal åpenbart ligge mellom 0,0 og 1,0 eller oppgis i form av et prosentestimat.

En betydelig arbeidsinnsats er påkrevd for å utføre analyse av en dataserie med baseflow. Grunnen til dette er at man må forberede alle inndata manuelt. Dataseriene i NVEs database kan ikke brukes direkte i baseflow fordi de i de fleste tilfellene er ufullstendige. Man er nødd til å foreta en manuell inspeksjon av dataserien. Hvis dataserien mangler data for en periode må man vurdere om man skal komplettere serien ved å foreta en lineær interpolasjon. Hvis dataserien er segmentert må man vurdere hvilken segmentperiode som burde analyseres. Man kan analysere hvert segment for seg, eller bruke det største segmentet, eller velge et segment basert på andre kriterier. Segmentet må i tillegg tilpasses slik at det starter i september og avsluttes i august. Man burde også unngå dataserier med kun ett års lengde. Wong et al. anbefaler en minimums lengde på 10 år for vannføringsserien. Baseflow kan ikke behandle målingsverdier som er lik 0,0 fordi BFI algoritmen inkluderer både logaritmiske og delings opperaasjoner som ikke kan utføres med 0-verdier. Disse verdiene må derfor endres til små positive verdier (vanligvis 0,0001), til tross for at dette kan innføre noen små feil i beregningene som ifølge Wong et al.(2004) som regel er neglisjerbare.

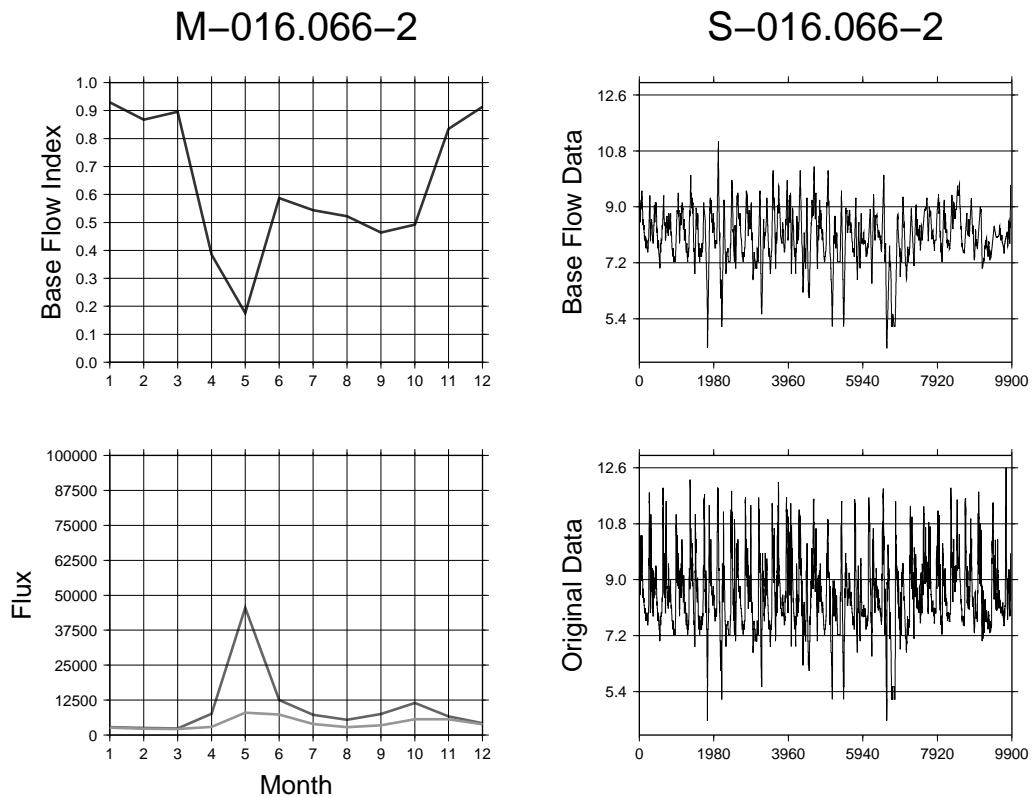
Arbeidsinnsatsen for å bruke baseflow er for stor, spesielt om man planlegger å analysere et stort antall dataserier. For eksempel Skienvassdraget med sine 66 dataserier vil kreve 132 arbeidstimer om man antar et meget moderat estimat på 2 timer per dataserie. Et mer realistisk estimat vil ligge nærmere 4 timer, spesielt om man i tillegg må lage figurer som viser resultatene.

Man kan redusere betraktelig arbeidsinnsatsen om man lager tilleggsverktøy som gjør det enklere å foreta en inspeksjon av dataserien, korrigere feil og interpolere, omformatere i riktig format og plotte ut resultatene. En liten manuell komponent vil fremdeles være tilstedet, men likevel reduseres arbeidsinnsatsen betraktelig. Man kan redusere arbeidsinnsatsen ytterligere om man utvikler et verktøy som kan automatisere hele prosessen og behandle flere dataserier i rad.

Hensikten med dette prosjektet var å utvikle et slikt automatisert verktøy. Koden som ble utviklet fikk navnet ”basenew” og kan foreta en automatisk korreksjon av dataseriene, foreta analyse av flere dataserier samtidig og dessuten lage figurer av resultatene.

Basenew er skrevet i programmeringsspråk C og benytter seg av flere hjelperutiner presentert i Press et al.(1991). Koden vises i vedlegg 1. Koden foretar en rekke korrekSJoner på inndataserien. Programmet vil først finne ut hvor mange dataserier som finnes i inndatafilen og registrere navn og stasjonsnummer for hver dataserie. Hver dataserie blir behandlet for seg. Programmet deler opp dataserien i segmenter, og kontrollerer deretter om slutten på et segment og starten på neste segment er mindre enn

15 dager. For en forskjell mindre enn 15 dager vil programmet utføre en lineær interpolasjon. Den interpolerte dataserien blir kontrollert på nytt og en ny oppdeling i segmenter utført. Deretter skal programmet klippe ut segmentene slik at de starter i september (01.09) og avlutter i august (31.08). Som regel kommer de fleste segmentene som er ca. ett år lange til å bli fjernet på dette steget. De segmentene som har overlevd alle kontrollprosessene er nå klare for å bli analysert. Basenew produserer 2 utfiler for hvert segment. Den første inneholder de opprinnelige dataene i segmentet og de BFI-reduserte dataene. Den andre filen inneholder månedlige gjennomsnittsverdier for BFI, opprinnelig månedlig vannføring og redusert vannføring. Basenew vil deretter kalle to unix shell script som bruker GMT (Geographical Mapping Tools) programmene for å plotte ut resultatene i eps-format (encapsulated postscript). To slike diagrammer vises i figur 1 (se også vedlegg 2 og 3). Filene som produseres er navngitt etter NVEs stasjonsnummerkonvensjon. For eksempel filen med navn "M-016.066-2", inneholder månedlige resultater fra vassdrag 16, stasjonsnummer 66, og segment 2. Den tilsvarende dataserien for dette segmentet ligger i filen "S-016.066-2". Filnavnene brukes også i diagrammene tittel som det vises i figur 1.



Figur 1. Basenewdiagrammer. Venstre: månedlige resultater, gjennomsnittsverdier (enheter  $m^3/dag$ ) opprinnelig og redusert(nederst) og indeks verdier (øverst). Høyre: opprinnelig (nederst) og redusert (øverst) vannføring (døgnverdier, enheter  $m^3/dag$ ).

## Skienvassdraget

Skienvassdraget ble valgt ut som øvelsesobjekt. Dette valget er ikke basert på noen spesielle egenskaper ved dette vassdraget. Forfatterens kjennskap til Skienvassdraget via feltbefaringer til Grosetfeltet ved Møsvatn og til de viktigste grunnvannsforekomstene i

vassdraget var den avgjørende faktoren. Figur 2 viser noen av de viktigste magasinene (begge typer) i Skievassdraget. Hva som menes med ”viktig” i denne sammenheng kan ha en varierende betydning. De fleste ”viktige” overflatemagasin er sterkt modifisert med demninger og brukes til å forsyne kraftstasjoner. Bidraget til vannføringen i vassdraget er dermed regulert av kraft produksjonen. Når det gjelder ”viktige” grunnvannsforekomster, referer man stor sett til forekomster som er betraktet som viktige for implementering av EUs vanndirektiv. Dvs. forekomster med ressurser av økonomisk betydning for samfunnet. Det finnes sikkert hundrevis av grunnvannsforekomster i vassdraget som er av betydning for vannføringen i vassdraget men disse er ikke kartlagt ennå, og i tillegg har vi magasinering i fjellforekomster.



Figur 2. Skievassdraget og noen viktige overflate- og grunnvannsmagasiner i vassdraget.

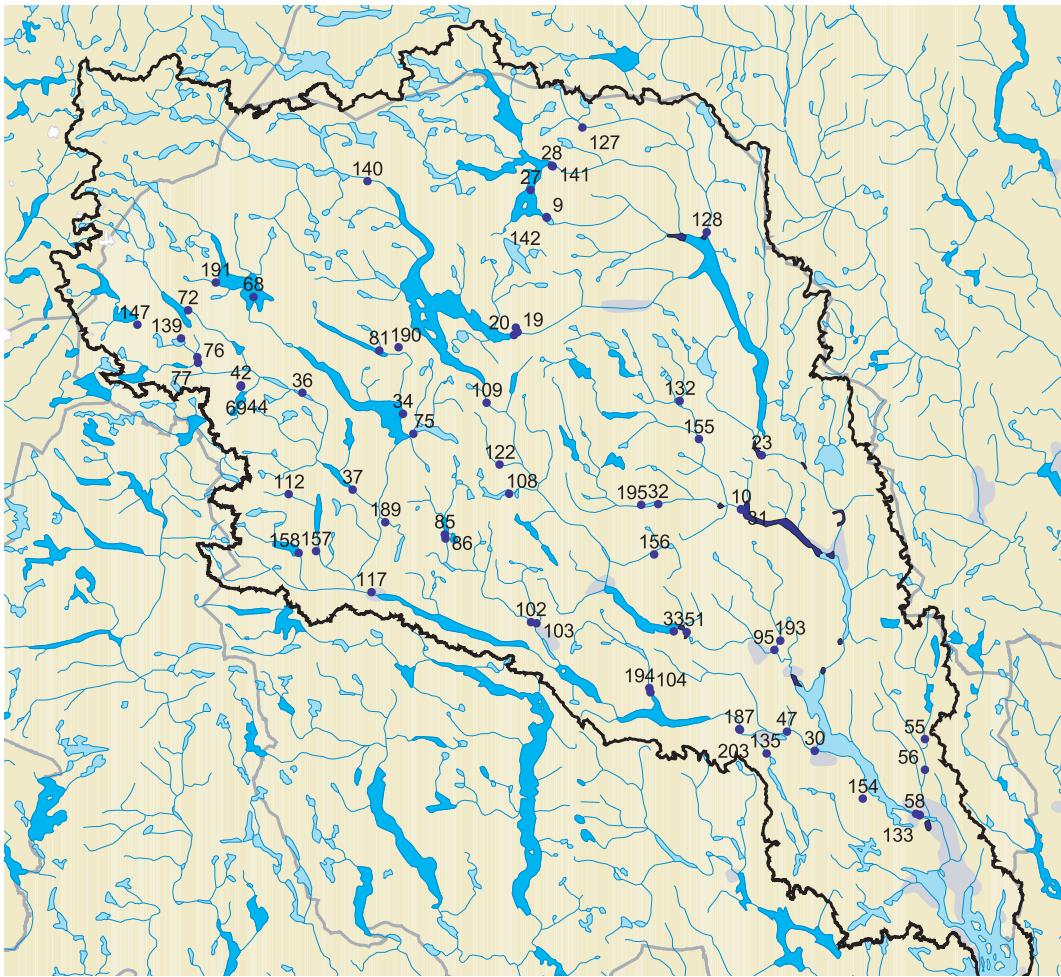
I NVEs database finner vi 66 vannføringsdатасерier i sSkievassdraget (figur 3).

Kvaliteten på disse dataseriene varierer betraktelig. Tabell 1 viser en oppsummering av vannføringsstasjoner i Skievassdraget. Kun 65 stasjoner er oppført i tabell 1, mens inndatafilen har ifølge oppteilingen fra basenew 66 dataserier. Ved å kontrollere inndatafilen finner man ut at stasjoner 16.112 og 16.140 har 2 dataserier hver og at stasjon 16.27 mangler dataserie. Det er ikke vanlig for en stasjon å ha 2 (eller flere) dataserier. Dette oppstår i stasjoner hvor nye måleinstrumenter er installert. I en overgangsperiode brukes de nye og gamle måleinstrumentene samtidig for kalibreringsformål.

VASSDRAG	STASJON	UTM ØST Z33	UTM NORD Z33	AREAL	REGULERING
16	9	130852	6669238	NULL	NULL
16	10	161341	6623504	806	NULL
16	19	126249	6651259	1510	NULL
16	20	125704	6650797	1509	NULL
16	23	164624	6631977	3844	NULL
16	27	128331	6673591	70.3	NULL
16	28	131647	6677413	NULL	NULL
16	30	172890	6585581	NULL	NULL
16	31	161343	6623505	NULL	NULL
16	32	148341	6624303	215	20.09.1958
16	33	150755	6604327	NULL	NULL
16	34	108269	6638457	855	15.12.1958
16	36	92489	6641743	680	NULL
16	37	100366	6626549	907	20.09.1956
16	42	82839	6642922	NULL	NULL
16	44	82823	6642730	55.6	NULL
16	47	168549	6588587	3603	NULL
16	51	152796	6604190	730	NULL
16	55	190228	6587410	158	NULL
16	56	190215	6582609	204	NULL
16	58	188788	6575699	10380	NULL
16	66	126012	6651976	6.48	NULL
16	68	84805	6656830	NULL	NULL
16	69	82769	6642727	NULL	NULL
16	72	74575	6654741	171	NULL
16	75	109915	6635332	117	NULL
16	76	76114	6646451	NULL	NULL
16	77	75996	6647367	NULL	NULL
16	81	104562	6648393	NULL	NULL
16	85	114821	6619547	124	NULL
16	86	114961	6618880	124	NULL
16	95	166582	6601434	158	NULL
16	102	128361	6605798	258	NULL
16	103	129250	6605617	66	NULL
16	104	147105	6594749	121	NULL
16	108	124936	6625922	33.3	NULL
16	109	121406	6640224	15.1	NULL
16	112	90342	6625841	37.3	NULL
16	117	103336	6610478	2351	NULL
16	122	123457	6630482	42.7	NULL
16	126	NULL	NULL	NULL	NULL
16	127	136418	6683415	49	NULL
16	128	155964	6666952	344	NULL
16	132	151721	6640488	33.1	NULL
16	133	189372	6575497	NULL	NULL
16	135	165361	6585155	141	NULL
16	139	73446	6650316	NULL	NULL
16	140	102695	6674949	822	NULL
16	141	131769	6677302	598	NULL
16	142	130811	6669342	73.35	NULL
16	147	66579	6652432	NULL	NULL
16	153	189368	6575447	10390	NULL
16	154	180455	6578061	4.32	NULL
16	155	154697	6634484	NULL	NULL
16	156	147727	6616414	54.1	NULL
16	157	94662	6616897	NULL	NULL
16	158	91923	6616642	79.4	NULL
16	187	161033	6588975	3278	NULL
16	189	105519	6621446	34.7	NULL
16	190	107587	6648881	8.45	NULL
16	191	78905	6659085	21.1	NULL
16	193	167515	6602858	156	NULL
16	194	146933	6595418	118	NULL
16	195	145645	6624153	NULL	NULL
16	203	161163	6588853	NULL	NULL

NULL:Ingeting registrert i databasen for dette feltet

Tabell 1. Vannføringsstasjonene i Skievassdraget.

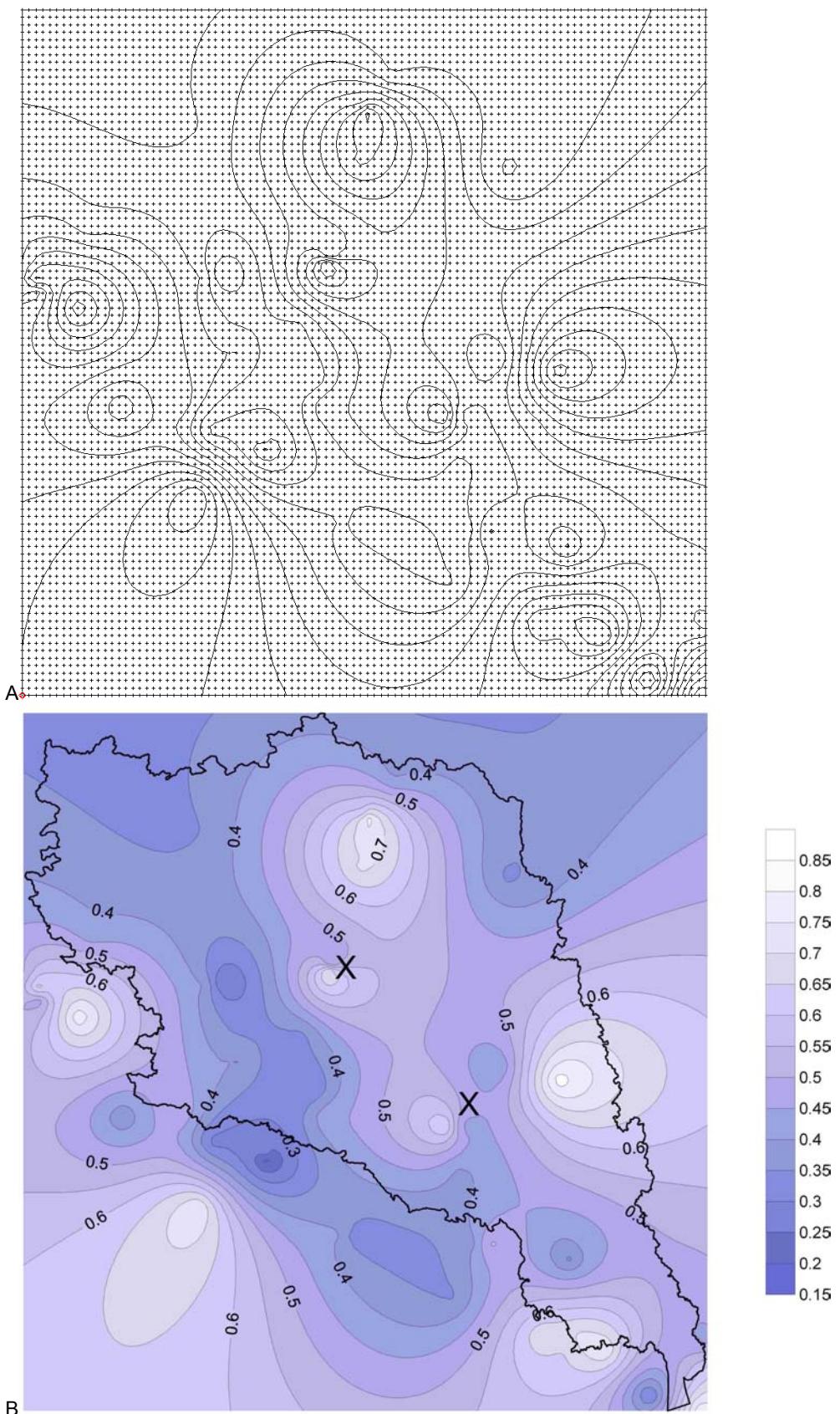


Figur 3. Vannføringsstasjoner i Skienvassdraget.

Etter hvert overtar de nye instrumentene og kalibreringsdataene brukes til å sette sammen den gamle dataserien med den nye for å få en sammenhengende dataserie. Normalt burde det ikke finnes flere enn 2 vannføringsserier og Basenew ble endret til å ta hensyn til dette. Basenew kontrollerer om resultatfiler fra en stasjon allerede er produsert. Hvis filnavnet allerede finnes, brukes betegnelsene M2 og S2 for de nye resultatfilene. Basenew antar at det ikke finnes flere enn 2 dataserier per stasjon. Ved siden av alle de utfilene som vi har beskrevet hittil, produseres det også en resultatfil. Denne filen viser resultatene for alle seriesegmentene som ble definert av Basenew. Filen inkluderer årlig BFI verdi og tilsvarende total avrenning og en månedlig BFI verdi og tilsvarende total avrenning som ble beregnet for februar. Februar er som regel måneden med den høyeste BFI verdien, noe som innebærer at den største andelen av vannføringen i vassdraget kommer fra magasinene.

## Resultater

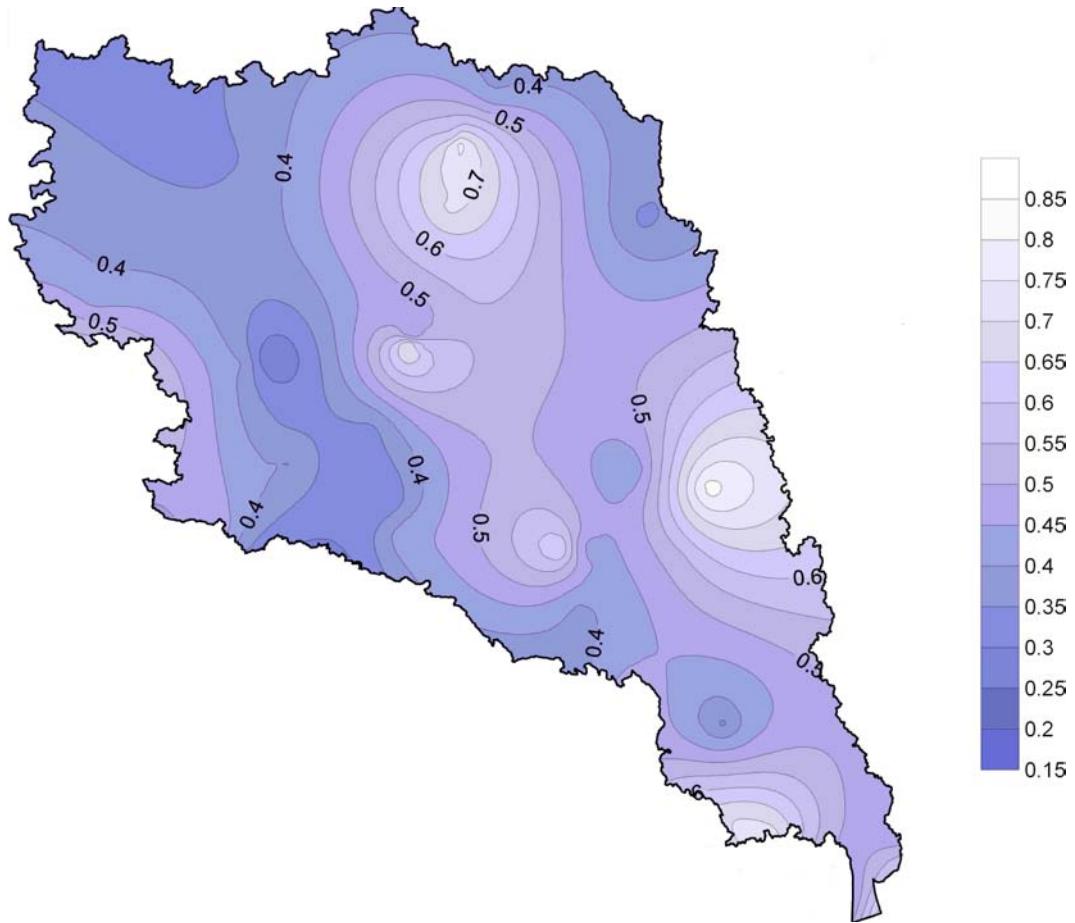
Til å begynne med, la oss først presentere resultatene på en direkte måte. For en slik presentasjon kan man bruke programmet "Surfer" fra Golden Software. Metodikken som Surfer bruker for å lage slike figurer er viktig.



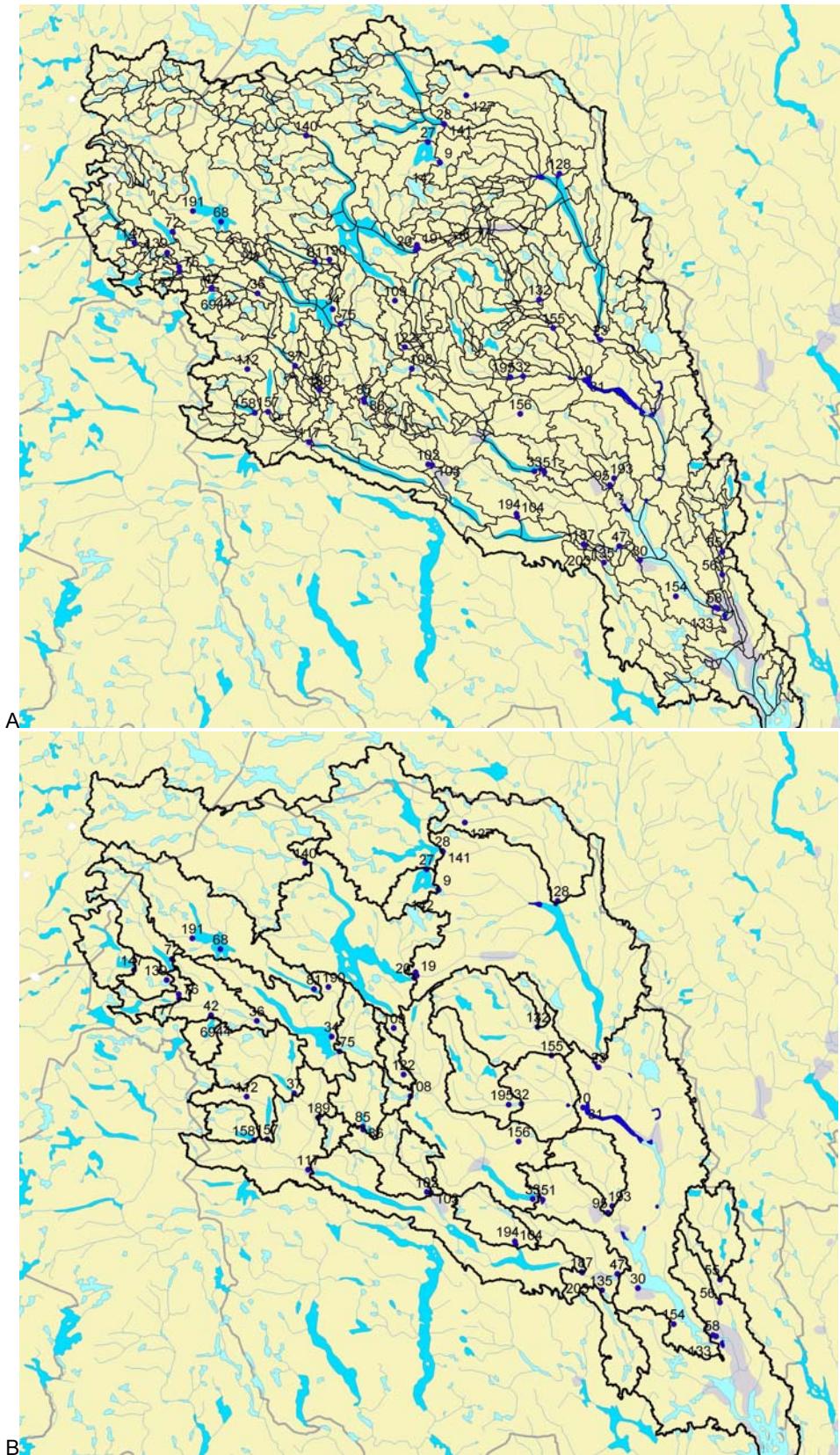
Figur 4. A. Griddet generert av Surfer og B. Sluttpunktet

Først lager den et jevnt fordelt firkantet grid av punkter som dekker interpoleringsområdet. Brukeren må deretter velge en interpoleringsmetode som skal brukes til å finne verdier for alle punktene i gridet. De nyestimerte gridpunktene brukes videre til å lage 2D og 3D figurer.

Denne prosessen vises i figur 4 hvor 4A viser gridpunktene og kotelinjene mens 4B er en variant av det ferdige produktet. Ofte finnes det et ekstra steg som kalles for ”maskering”. Maskering brukes til å gjøre de områdene i figuren som man ikke trenger, usynlige. I figur 4B vil man helst maskere alle områdene utenfor vassdraget. Figur 4B er produsert med punkter som befinner seg inne i vassdragsområdet men det er åpenbart at interpoleringsmetoden har tilordnet verdier til punkter som befinner seg utenfor vassdragsområdet. Kotelinjene utenfor vassdragsområdet har ikke noen betydning. De fleste plottingsverktøyene bruker omtrent den samme metodikken for å lage slike figurer. Det er viktig å huske at sluttproduktet kan endre seg om et tettere grid med punkter er valgt eller om en annen interpoleringsmetode er brukt. For å kunne sammenligne resultater fra forskjellige figurer er det viktig at figurene er produsert på en lik måte. Figur 5 viser BFI resultatene etter maskerings prosedyrer er implementert.



Figur 5. BFI resultater (forklaring ligger i teksten).



Figur 6. A. Minsteenhets polygoner registrert i NVEs REGINE database. B. Polygonene som definerer nedbørfelter for de viktigste vannføringsstasjonene i Skivassdraget.

ID	SEGMENT	START	SLUTT	BFI	BFI-FEB
ST.009	016.009-1	01.09.1951	31.08.1956	0.72582	0.927825
ST.010	016.010-1	01.09.1922	31.08.1926	0.494392	0.831037
ST.010	016.010-2	01.09.1928	31.08.2004	0.546422	0.817176
ST.019	016.019-1	01.09.1912	31.08.1914	0.470389	0.977395
ST.019	016.019-2	01.09.1916	31.08.1918	0.659818	0.832331
ST.019	016.019-3	01.09.1919	31.08.1920	0.19444	0.860218
ST.019	016.019-4	01.09.1921	31.08.1922	0.856307	0.968404
ST.019	016.019-5	01.09.1924	31.08.1926	0.516398	0.846502
ST.019	016.019-6	01.09.1967	31.08.1975	0.333964	0.579584
ST.019	016.019-7	01.09.1981	31.08.1985	0.537527	0.759983
ST.019	016.019-8	01.09.1986	31.08.1990	0.592623	0.354773
ST.020	016.020-1	01.09.1909	31.08.1988	0.813779	0.939852
ST.020	016.020-2	01.09.1989	31.08.1991	0.846667	0.974871
ST.020	016.020-3	01.09.1992	31.08.2004	0.736159	0.924825
ST.023	016.023-1	01.09.1905	31.08.2004	0.827554	0.932051
ST.028	016.028-1	01.09.1913	31.08.1946	0.638782	0.747502
ST.030	016.030-1	01.09.1892	31.08.1908	0.725655	0.838239
ST.030	016.030-2	01.09.1909	31.08.1941	0.749986	0.914439
ST.031	016.031-1	01.09.1922	31.08.1926	0.494392	0.831037
ST.031	016.031-2	01.09.1928	31.08.2004	0.546422	0.817176
ST.032	016.032-1	01.09.1919	31.08.1958	0.442226	0.864369
ST.033	016.033-1	01.09.1912	31.08.1944	0.396343	0.848662
ST.034	016.034-1	01.09.1895	31.08.1958	0.363221	0.966498
ST.036	016.036-1	01.09.1918	31.08.1925	0.417874	0.94709
ST.036	016.036-2	01.09.1954	31.08.1963	0.565833	0.930948
ST.037	016.037-1	01.09.1919	31.08.1957	0.501612	0.814617
ST.042	016.042-1	01.09.1954	31.08.1956	0.371921	0.972463
ST.042	016.042-2	01.09.1957	31.08.1959	0.756707	0.946482
ST.042	016.042-3	01.09.1960	31.08.1961	0.893501	0.977407
ST.042	016.042-4	01.09.1962	31.08.1978	0.786343	0.941961
ST.042	016.042-5	01.09.1980	31.08.1988	0.773608	0.943642
ST.042	016.042-6	01.09.1989	31.08.1993	0.752764	0.959117
ST.044	016.044-1	01.09.1954	31.08.1956	0.371921	0.972463
ST.044	016.044-2	01.09.1957	31.08.1959	0.756707	0.946482
ST.044	016.044-3	01.09.1960	31.08.1961	0.893501	0.977407
ST.044	016.044-4	01.09.1962	31.08.1978	0.786343	0.941961
ST.044	016.044-5	01.09.1980	31.08.1988	0.773608	0.943642
ST.044	016.044-6	01.09.1989	31.08.1993	0.752764	0.959117
ST.047	016.047-1	01.09.1892	31.08.1960	0.708969	0.94662
ST.051	016.051-1	01.09.1912	31.08.2004	0.512186	0.888074
ST.055	016.055-1	01.09.1937	31.08.1956	0.434225	0.611139
ST.056	016.056-1	01.09.1937	31.08.1938	0.704371	0.910301
ST.056	016.056-2	01.09.1945	31.08.1947	0.50169	0.582431
ST.056	016.056-3	01.09.1948	31.08.1989	0.618935	0.844514
ST.058	016.058-1	01.09.1937	31.08.1950	0.723411	0.822428
ST.058	016.058-2	01.09.1952	31.08.1962	0.698816	0.676349
ST.058	016.058-3	01.09.1963	31.08.1967	0.743635	0.918976
ST.058	016.058-4	01.09.1969	31.08.1998	0.786881	0.910215
ST.066	016.066-1	01.09.1950	31.08.1975	0.426531	0.934321
ST.066	016.066-2	01.09.1977	31.08.2004	0.434684	0.867344
ST.068	016.068-1	01.09.1954	31.08.1958	0.424426	0.971157
ST.069	016.069-1	01.09.1954	31.08.1956	0.371921	0.972463
ST.069	016.069-2	01.09.1957	31.08.1959	0.756707	0.946482
ST.069	016.069-3	01.09.1960	31.08.1961	0.893501	0.977407
ST.069	016.069-4	01.09.1962	31.08.1978	0.786343	0.941961
ST.069	016.069-5	01.09.1980	31.08.1988	0.773608	0.943642
ST.069	016.069-6	01.09.1989	31.08.1993	0.752764	0.959117
ST.072	016.072-1	01.09.1955	31.08.1958	0.494909	0.934864
ST.072	016.072-2	01.09.1959	31.08.1960	0.998049	0.999968
ST.075	016.075-1	01.09.1955	31.08.2004	0.402394	0.899096
ST.076	016.076-1	01.09.1955	31.08.1961	0.455333	0.868541
ST.077	016.077-1	01.09.1976	31.08.1977	0.596419	0.990719
ST.077	016.077-2	01.09.1980	31.08.1984	0.694775	0.959487
ST.081	016.081-1	01.09.1955	31.08.1969	0.391738	0.965121
ST.085	016.085-1	01.09.1958	31.08.1969	0.265525	0.966752
ST.086	016.086-1	01.09.1962	31.08.1970	0.169126	0.956012
ST.095	016.095-1	01.09.1962	31.08.1976	0.388038	0.925727
ST.095	016.095-2	01.09.1977	31.08.1990	0.338264	0.658661
ST.095	016.095-3	01.09.1999	31.08.2001	0.435312	0.711354
ST.095	016.095-4	01.09.2002	31.08.2004	0.410559	0.452018
ST.102	016.102-1	01.09.1963	31.08.1971	0.399542	0.965826
ST.103	016.103-1	01.09.1963	31.08.1974	0.325773	0.725271
ST.104	016.104-1	01.09.1963	31.08.1991	0.347521	0.649002
ST.104	016.104-2	01.09.1992	31.08.1998	0.396668	0.442946
ST.104	016.104-3	01.09.1999	31.08.2000	0.333761	0.911669
ST.104	016.104-4	01.09.2001	31.08.2004	0.393274	0.761056
ST.108	016.108-1	01.09.1965	31.08.1975	0.438472	0.983794
ST.108	016.108-2	01.09.1977	31.08.1983	0.414836	0.897441
ST.109	016.109-1	01.09.1965	31.08.1976	0.345823	0.967747
ST.109	016.109-2	01.09.1982	31.08.1983	0.271284	0.969299
ST.112	016.112-1	01.09.1967	31.08.2000	0.359113	0.684861
ST.112	016.112-2	01.09.2001	31.08.2004	0.386787	0.381591

ST.112	016.112-1	01.09.1993	31.08.1995	0.458919	0.976064
ST.112	016.112-2	01.09.1997	31.08.1998	0.420141	0.218865
ST.117	016.117-1	01.09.1973	31.08.2000	0.755207	0.840966
ST.122	016.122-1	01.09.1973	31.08.1975	0.254572	0.984699
ST.122	016.122-2	01.09.1977	31.08.2004	0.311169	0.746682
ST.126	016.126-1	01.09.1910	31.08.1997	0.694881	0.86262
ST.127	016.127-1	01.09.1979	31.08.1992	0.404166	0.967687
ST.127	016.127-2	01.09.1994	31.08.1995	0.293915	0.916436
ST.127	016.127-3	01.09.1999	31.08.2004	0.35127	0.929257
ST.128	016.128-1	01.09.1977	31.08.1990	0.339342	0.841098
ST.128	016.128-2	01.09.1995	31.08.2003	0.357912	0.735387
ST.132	016.132-1	01.09.1981	31.08.1996	0.467161	0.745347
ST.132	016.132-2	01.09.1997	31.08.2001	0.409298	0.611893
ST.133	016.133-1	01.09.1998	31.08.2004	0.772928	0.933559
ST.135	016.135-1	01.09.1981	31.08.1990	0.642646	0.644373
ST.139	016.139-1	01.09.1983	31.08.1998	0.496161	0.547929
ST.139	016.139-2	01.09.1999	31.08.2000	0.632401	0.792833
ST.139	016.139-3	01.09.2001	31.08.2002	0.633762	0.554099
ST.140	016.140-1	01.09.2001	31.08.2002	0.344004	0.777338
ST.141	016.141-1	01.09.1938	31.08.1946	0.783005	0.867944
ST.142	016.142-1	01.09.1951	31.08.1952	0.827884	0.909246
ST.142	016.142-2	01.09.1953	31.08.1956	0.706431	0.915541
ST.142	016.142-3	01.09.1958	31.08.1961	0.574391	0.763452
ST.142	016.142-4	01.09.1964	31.08.1969	0.693281	0.951577
ST.142	016.142-5	01.09.1970	31.08.1977	0.695634	0.796443
ST.142	016.142-6	01.09.1978	31.08.1981	0.746917	0.922504
ST.142	016.142-7	01.09.1983	31.08.1985	0.703136	0.944922
ST.142	016.142-8	01.09.1986	31.08.1995	0.694945	0.907841
ST.142	016.142-9	01.09.1997	31.08.2001	0.790142	0.931788
ST.153	016.153-1	01.09.1937	31.08.1950	0.728713	0.822428
ST.153	016.153-2	01.09.1952	31.08.1962	0.698816	0.676349
ST.153	016.153-3	01.09.1963	31.08.1967	0.743635	0.918976
ST.153	016.153-4	01.09.1969	31.08.2003	0.790428	0.915698
ST.154	016.154-1	01.09.1988	31.08.1991	0.460593	0.45596
ST.154	016.154-2	01.09.1992	31.08.1993	0.384361	0.72368
ST.154	016.154-3	01.09.1997	31.08.2000	0.317072	0.681981
ST.154	016.154-4	01.09.2001	31.08.2004	0.285912	0.342702
ST.155	016.155-1	01.09.1987	31.08.1991	0.451768	0.614363
ST.155	016.155-2	01.09.1993	31.08.2000	0.398805	0.779942
ST.156	016.156-1	01.09.1987	31.08.1991	0.388922	0.422471
ST.187	016.187-1	01.09.1987	31.08.1989	0.280018	0.482903
ST.187	016.187-2	01.09.1990	31.08.1997	0.666728	0.739696
ST.189	016.189-1	01.09.1991	31.08.2003	0.283776	0.597855
ST.190	016.190-1	01.09.1996	31.08.1998	0.236798	0.762848
ST.193	016.193-1	01.09.1962	31.08.1976	0.388021	0.92573
ST.193	016.193-2	01.09.1977	31.08.1990	0.338275	0.658694
ST.193	016.193-3	01.09.1999	31.08.2001	0.43626	0.739171
ST.193	016.193-4	01.09.2002	31.08.2004	0.406047	0.452089
ST.194	016.194-1	01.09.1963	31.08.1991	0.347521	0.649002
ST.194	016.194-2	01.09.1992	31.08.1998	0.396668	0.442946
ST.194	016.194-3	01.09.1999	31.08.2000	0.333761	0.911669
ST.194	016.194-4	01.09.2001	31.08.2004	0.393274	0.761056
ST.195	016.195-1	01.09.1971	31.08.1972	0.657768	0.856966
ST.203	016.203-1	01.09.1910	31.08.1997	0.694881	0.86262

Tabell 2. Resultatene. For hver stasjon og segment som ble analysert oppgis tidslengde, årlig BFI og februar BFI (BFI-FEB).

I figur 4B har vi markert med "X" to områder hvor interpoleringsproblemer oppstår. I disse områdene har vi flere stasjoner fra forskjellige nedbørfelter som ligger nær hver andre. Ved å velge et meget tett grid (figur 4A) har vi klart å få jevne kotelinjer men det betyr ikke av figuren viser en riktig fordeling av BFI-verdier over vassdraget. Man må ikke glemme at selve BFI-verdiene representerer sine tilsvarende nedbørfelter og ikke avløpsstasjonene, og dermed er bruken av stasjonskoordinater for BFI-verdiene feilaktig. Et mer riktig resultat kan oppnås om man definerer et representativt punkt i hvert nedbørfelt og bruke koordinatene til dette punktet for å plotte ut resultatene.

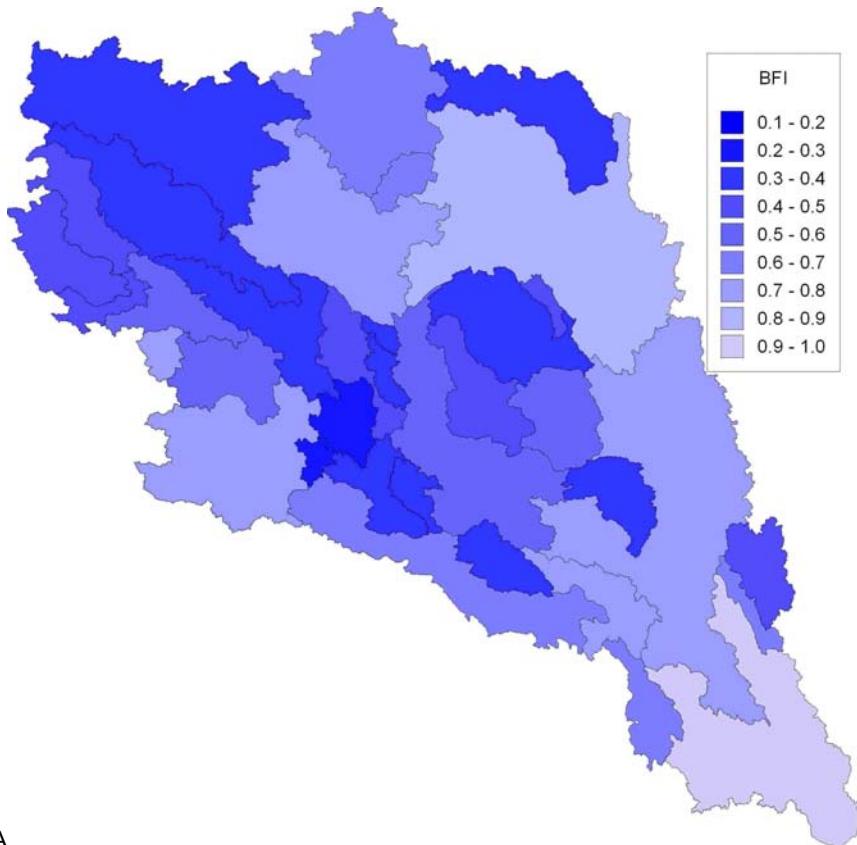
Midtpunktet i nedbørfeltet kan brukes til dette formålet men først må man definere nedbørfeltet for hver vannføringsstasjon. NVE har digitalisert alle nedbørfelt i Norge og resultatene finnes i REGINE databasen. Figur 6A viser alle minsteenheits nedbørfelt som er definert i REGINE for Skienvassdraget. Ved å sette sammen flere minsteenheits nedbørfelt produserte vi nedbørfeltene som vises i figur 6B, som tilsvarer vannføringsstasjonene i vassdraget. Denne metoden kunne ikke produsere nedbørfelt for

alle stasjonene. For eksempel i området rundt stasjon 127 (den nordligste stasjonen i vassdraget) finnes det ikke noen minsteenhets polygoner. Det er behov for en automatisk (numerisk) metode som kan definere et nedbørfelt for hvilket som helst utløpspunkt. Stasjoner som man ikke kunne definere et nedbørfelt for, ble fjernet fra analyseresultatene som vises heretter. Det er viktig å nevne at NVE har utviklet en separat database for nedbørfelter knyttet til vannføringsstasjoner.

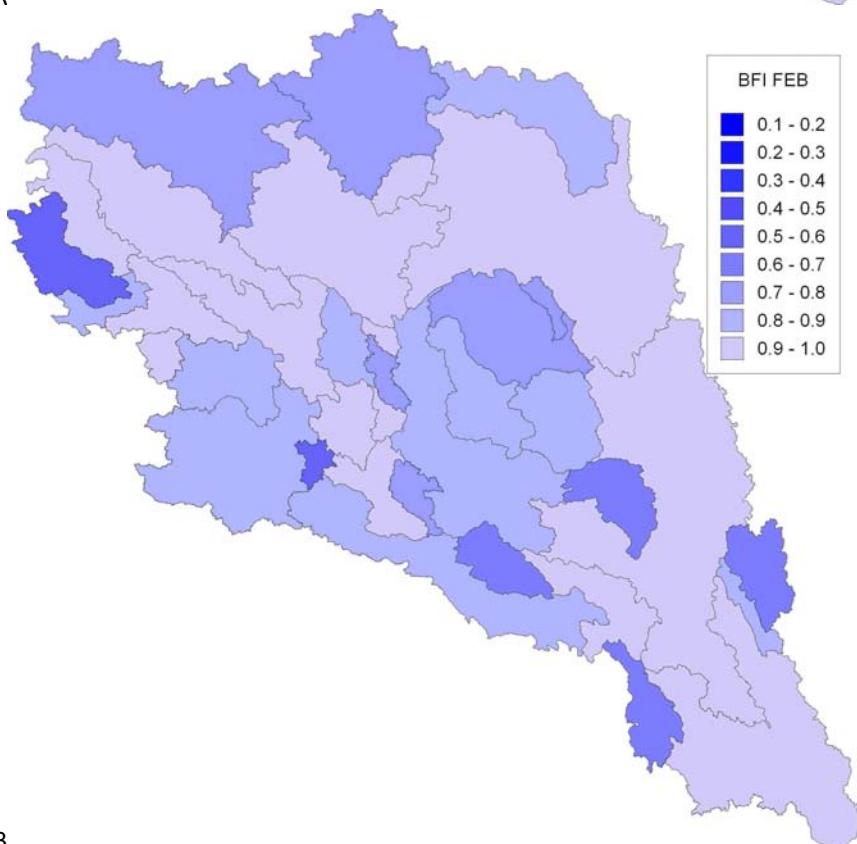
Tabell 2 viser alle resultatene som ble produsert av Basenew. For hvert segment får vi seriens tidslengde (start og slutt dato), årlig BFI verdi og BFI verdien estimert for februar. ID betegnelsen i første kolonne er brukt for å definere polygonene som tilsvarer avløpsstasjonene (se også figur 8A). Totalt sett har vi fått 136 segmenter. Vi måtte foreta en vurdering av de segmentene som tilhører samme stasjon og velge ut en av dem for å representere stasjonen. Kriteriene som ble brukt for denne vurderingen består av segmentets lengde og alder. Lengden av seriene er viktig fordi vi får bedre gjennomsnittsverdier med lengre serier mens nyere serier er antatt mer pålitelige enn gamle serier. I noen tilfeller, hvor disse kriteriene ikke kunne bestemme hvilket segment som burde brukes, fikk vi bruke segmentets BFI verdi. Segmentet med den rimeligste BFI verdien ble valgt ut for å representere nedbørfeltet. En slik skjønnsmessig vurdering vil ikke nødvendigvis være riktig. I noen tilfeller er det etablert flere stasjoner i samme nedbørfelt. Det var også nødvendig å foreta en vurdering av stasjonene for å velge ut stasjonen som skulle brukes for å representere nedbørfeltet.

Forholdet mellom polygonene og nedbørfeltene er ikke enkelt. I noen tilfeller er nedbørfeltet definert av kun et polygon, mens i andre tilfeller må man sette sammen flere polygoner for å definere nedbørfeltet. Vi kommer tilbake til dette på et seinere punkt. Foreløpig kommer vi til å definere for hver polygon i figur 6B sin tilsvarende BFI verdi og vi kan presentere resultatene i et av de to formatene som er vist i figur 7. Figur 7A og 7C presenterer de årlige BFI verdiene (som ble brukt for å lage figur 4 og 5) i "hatch" format og kotelinjeformat tilsvarende. I hatch format får hvert polygon en farge avhengig av BFI verdien. Kotelinjeformat er ikke det samme som ble presentert i figur 4 og 5. I dette tilfellet er BFI verdiene tildelt et polygon og "block"-interpolering finner sted som tar hensyn til polygonens areal. Ellers er interpoleringsmetodikken lik den som ble brukt for figur 4 og 5 og dermed gjelder de same begrensninger som ble diskutert for figur 4 og 5 også for resultatene i figur 7. I tillegg til årlige BFI verdier presenter vi BFI resultater for februar. Nedbør i form av snø og liten snøsmelting i februar innebærer at den største andelen av vannføringen kommer fra magasinene og dermed forventer man høye BFI verdier for denne måneden. Man kan observere dette i resultatene, siden figurer 7B og 7D bruker lysere farger (høyere BFI verdier) i forhold til de årlige BFI verdiene i figurer 7A og 7C tilsvarende.

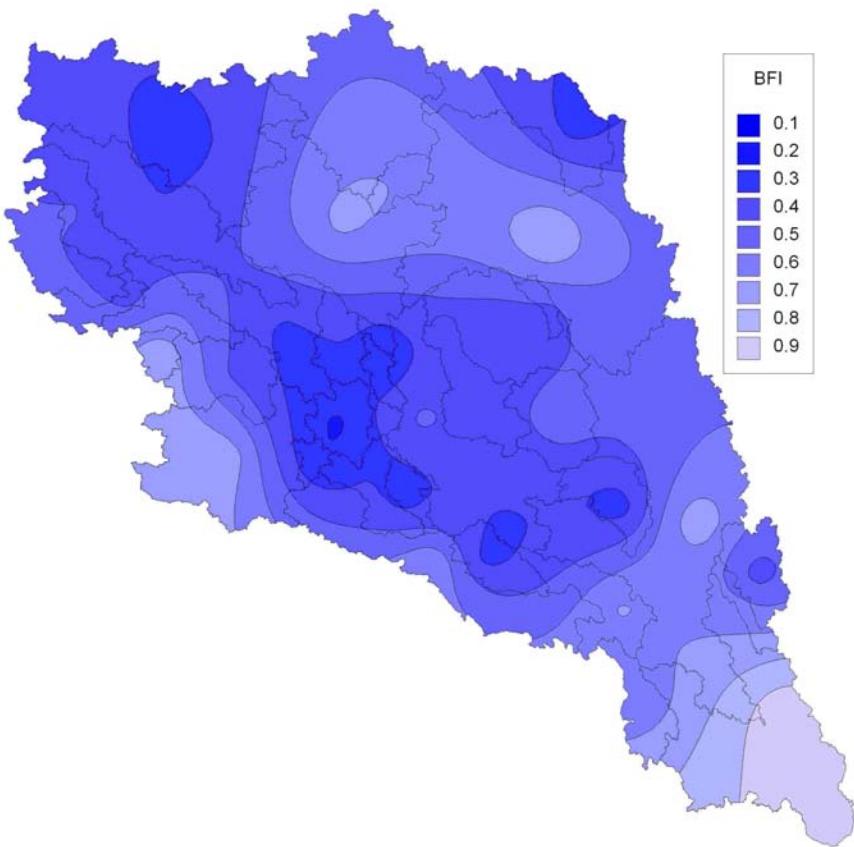
Det er vanskelig å tolke disse figurene. Man kan selvfølgelig trekke generelle konklusjoner om resultatene. For eksempel de årlige BFI verdiene er lavere enn februar verdiene. Man kan også peke ut polygoner som har store innsjøer som forklarer hvorfor disse polygonene har høye BFI verdier men det finnes polygoner som til tross for store innsjøer har lav BFI verdi. Figurene viser fordelingen av BFI verdiene i vassdraget men hjelper oss ikke i å finne en forklaring på hvorfor har vi fått disse verdiene.



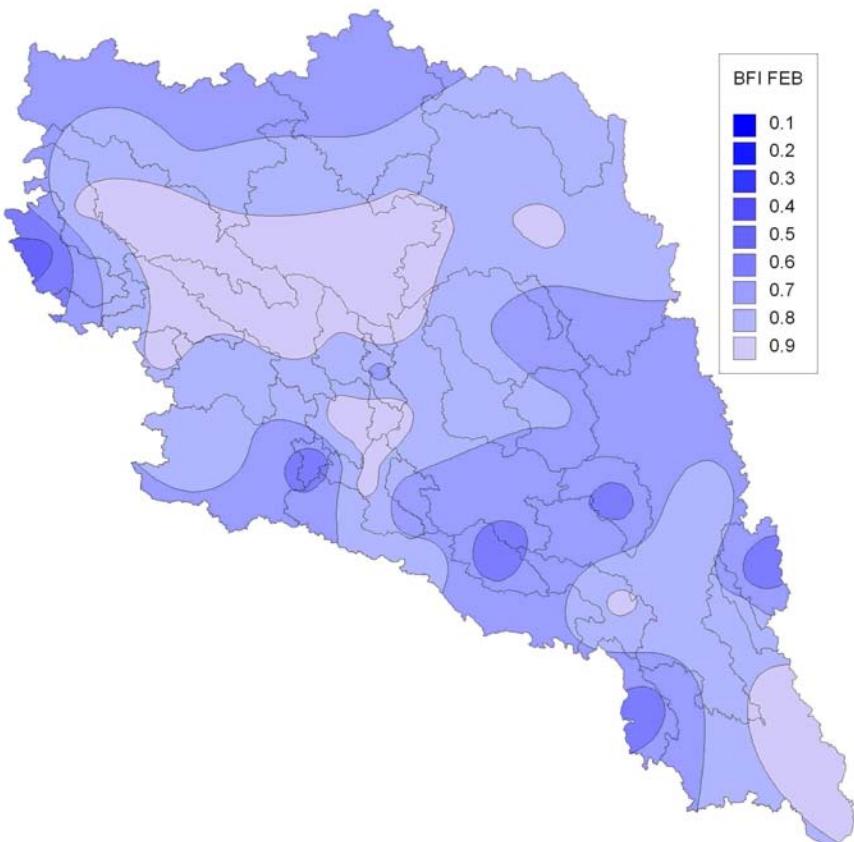
A



B



C



D

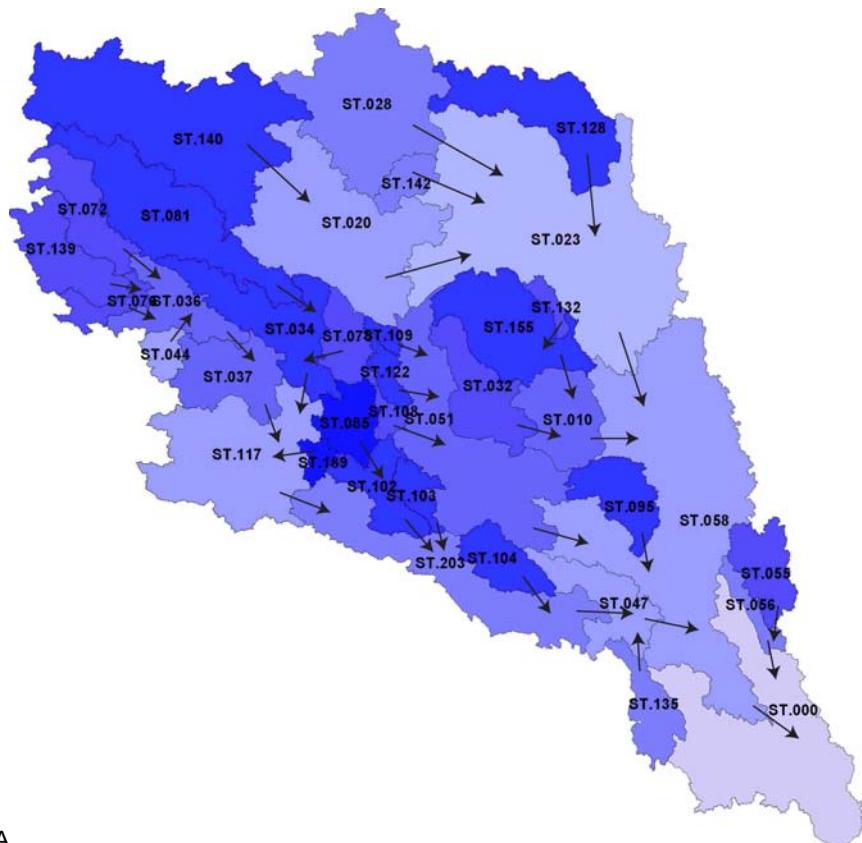
Figur 7. A. BFI resultater for hvert nedbørfejpolygon. B. BFI polygonresultater for februar måned. C og D tilsvarende kotelinjeresultater.

Siden BFI verdiene viser andel av vannføringen som kommer fra magasinene i nedbørfeltet, må man konkludere med at polygoner med stor BFI verdi må ha flere og/eller større magasiner enn de polygonene med lav verdi. Det BFI verdien ikke kan fortelle oss er hvilken type magasin - innsjø eller grunnvannsforekomst – som har den største påvirkningen. Man kan foreta en visuell inspeksjon av tilgjengelige kart for å vurdere antall og størrelse av overflate magasiner i et nedbørfelt men likevel kan man ikke med sikkerhet si at en høy BFI verdi er hovedsakelig knyttet et stort antall overflate magasiner eller ikke. Først må man svare på spørsmål som: Hvor mange overflate magasiner må befinner seg i et nedbørfelt for at de skal dominere BFI estimatet? Slike spørsmål har en generell karakter og i løpet av kort tid begynner man å omdefinere spørsmålene til å inkludere kun de største innsjøene eller de med langtids magasineringsevne. Etter hvert innser man at det må foretas en analyse av problemet for å kunne svare på spørsmålene.

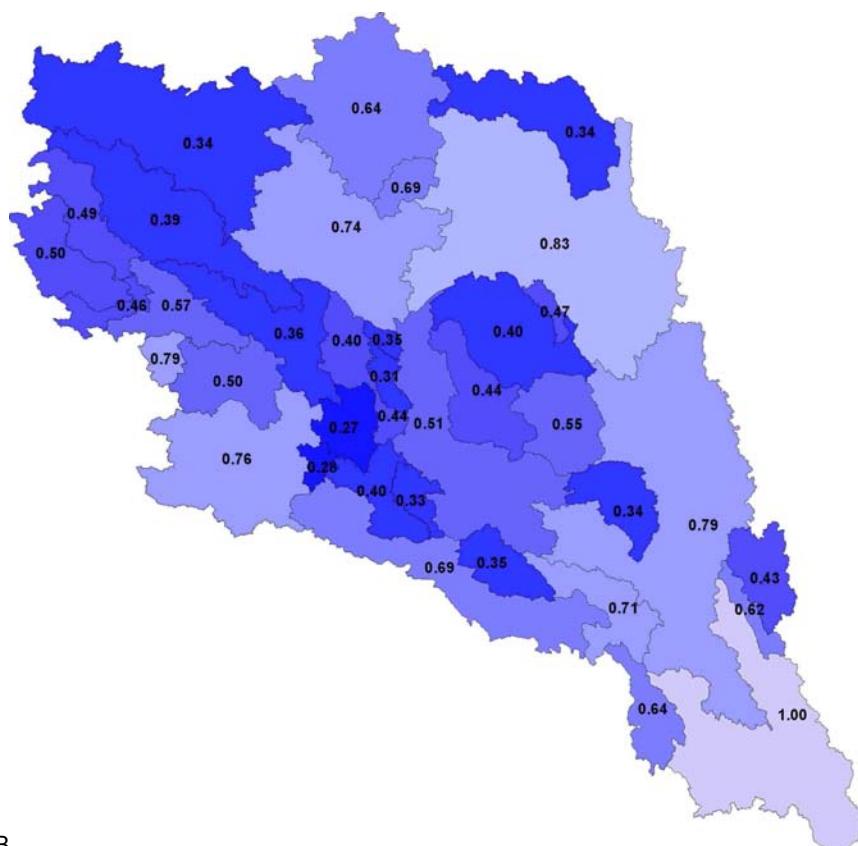
Analyse av overflatemagasinene kan gi oss svar på kun 50% av problemet. Man må utføre den samme analysen for grunnvannsforekomstene i nedbørfeltet for å svare på den andre halvdelen av problemet. Siden de fleste grunnvannsforekomstene ikke er kartlagt ennå kan vi ikke utføre en slik analyse. Å trekke konklusjoner om resultatene er dermed meget vanskelig. Ved siden av tolkningsproblemene burde vi også diskutere noen problemer knyttet til resultatene og måten de er presentert på i figurene. Vi skal referer til figur 8A og 8B for å diskutere disse problemene. Figur 8A viser de samme polygonene som er brukt i figur 7A og 7B for å vise BFI resultatene. Samme fargeskala er brukt men i tillegg har vi gitt en ID betegnelse for hvert polygon i figur 8A, mens figur 8B viser polygonets BFI-verdi. Mens noen polygoner representerer et nedbørfelt andre gjør ikke det. For eksempel representerer polygon ST.128 nedbørfeltet til vannføringsstasjonen 016.128. Andre polygoner representerer kun en del av nedbørfeltet til sin tilsvarende vannføringsstasjon. Et eksempel på det er polygon ST.023. Pilene i figuren viser at dette polygonet også får vann fra ST.128, ST.028, ST.142, og ST.020, mens ST.020 i sin tur får vann fra ST.140. Dermed består nedbørfeltet til vannføringsstasjon 016.023 av polygonene ST.023, ST.128, ST.028, ST.142, ST.020 og ST.140. BFI verdien for polygon ST.023 er 0,83 (fra figur 8B) og den representerer en gjennomsnittsverdi for hele nedbørfeltet til stasjonen 016.023, dvs. alle de øvrige polygonene - sett som en enhet - som danner nedbørfeltet til vannføringsstasjonen.

Et annet eksempel er polygon ST.058 som har en BFI verdi på 0,79. Nedbørfeltet til stasjon 016.058 omfatter nesten hele vassdraget (unntatt polygonene ST.000, ST.056 og ST.055) og dermed er den gjennomsnittlige BFI verdien for hele vassdraget lik 0,79. Polygon ST.000 har ikke egen vannføringsstasjon og ble tatt med for at Skienvassdrag skal være fullstendig i figurene. Den ble også tilordnet en fiktiv BFI verdi lik 1,0 for å unngå at polygonet ble fargeløst.

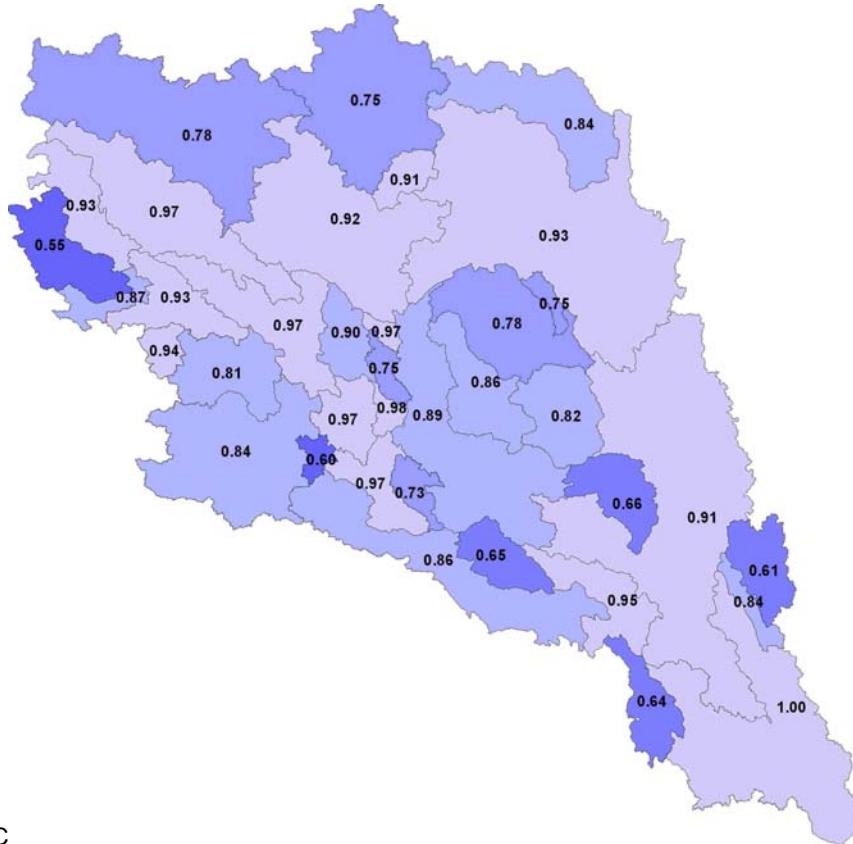
For hver vannføringsstasjon kan vi få det tilsvarende nedbørfeltet ved å bruke figur 8A. Tabell 3 oppsummerer nedbørfeltareal for hver stasjon og tilsvarende gjennomsnittlig årlig vannføring. Arealene i tabell 1 passer for det meste bra med estimatene i tabell 3. Avvikende skyldes muligens omfatende demnings prosjekter i noen nedbørfelt i vassdraget.



A



B



C

Figur 8. A. Polygoner med ID-betegnelse og piler som viser vannstrømning fra polygon til polygon.  
B. Hver polygon er merket med sin BFI verdi. C. Hver polygon merket med sin februar BFI verdi.

STASJON	AREAL Km <sup>2</sup>	ÅRLIG VANNFØRING m <sup>3</sup>
016.010	801.93	724510382.0
016.020	1509.77	1629096415.2
016.023	3821.42	3248958096.0
016.028	587.79	462677993.0
016.032	214.50	180728026.3
016.034	878.65	976186325.5
016.036	684.72	900640300.8
016.037	907.52	1276495977.6
016.044	55.47	53903799.0
016.047	3603.46	8638709412.7
016.051	691.70	652612229.2
016.055	150.62	130812455.7
016.056	203.67	182347597.2
016.058	10377.62	7586437399.0
016.072	176.65	436212792.0
016.075	117.58	81765029.7
016.076	70.15	408700771.2
016.081	459.47	86612439.1
016.085	123.64	118241486.8
016.095	160.48	154114856.9
016.102	263.83	192565080.0
016.103	66.15	36239922.3
016.104	127.73	66146044.1
016.108	33.25	27430548.5
016.109	24.08	8727860.9
016.117	2362.29	2871611728.0
016.122	50.39	36965164.8
016.128	345.16	246236185.1
016.132	33.19	33925633.9
016.135	135.56	116346921.6
016.139	207.15	134989073.3
016.140	828.22	1005804864.0
016.142	73.24	500966400.0
016.155	374.20	122354662.6
016.189	35.05	24906952.8
016.203	3277.65	3190974520.7

Tabell 3. Areal av nedbørfelt og gjennomsnittlig årlig vannføring for de analyserte stasjonene.

I lyset av diskusjonen hittil er det åpenbart at man må være forsiktig når man tolker BFI kartene i figur 7 og 8. Det er nødvendig å bruke tilleggsinformasjonen vist i figur 8A og tabell 3. Vi kan prøve å beregne om BFI verdiene for å få kart som er lettere å tolke. Her diskuterer vi noen alternativer. La oss sammenligne BFI verdiene i polygoner ST.020 og ST.140. I ST.140 kommer 34 % av den årlige vannføringen fra magasiner mens i ST.020 har vi en BFI verdi på 74 %. Pilen som knytter de to polygonene i figur 8A viser at BFI verdien for ST.020 gjelder for nedbørfeltet som er dannet av de to polygonene satt sammen. Fra tabell 3 finner vi ut at ST.140 har en årlig vannføring lik  $1005804864 \text{ m}^3$  mens ST.020 tilsvarende lik  $1629096415.2 \text{ m}^3$ . Fra BFI verdiene kan vi estimere at  $341973654 \text{ m}^3$  kommer fra magasiner i ST.140 og  $1199273987.9 \text{ m}^3$  tilsvarende for hele nedbørfeltet (ST.140+ST.020). Fra disse tallene kan vi estimere videre at  $853273091.5 \text{ m}^3$  kommer fra magasiner som befinner seg kun i polygonen ST.020, noe som tilsvarer en BFI verdi på 0,52. Et annet alternativ er å beregne i tillegg den årlig vannføring som kommer kun fra polygon ST.020 og estimere BFI verdi i forhold til denne vannføringen. Hvis man prøver å utføre en slik regnestykke får man noen merkelige resultater.

Man estimerer at den årlige vannføringen er lik  $623291551.2 \text{ m}^3$  som er  $229981540.3 \text{ m}^3$  mindre enn det vi estimerte som årlig vannføring fra magasinene for samme polygon. Problemets ligger i de vannføringsestimatene vi bruker i våre beregninger. Vi kommer tilbake til dette problemet, men la oss først presentere BFI resultatene ved å bruke de alternative metodene som ble diskutert. Figur 9 viser resultatene når det første alternativet er brukt, og figur 10 for det andre alternativet. Ingen av de to alternativet klarte å gi korrekte BFI verdier for alle polygonene i vassdraget. Flere polygoner fikk et negativt BFI estimat mens andre fikk en BFI verdi større enn 1.0. Egentlig burde begge metodene fungere bra, noe som viser at feilen ligger i vannføringsdataene vi brukte.

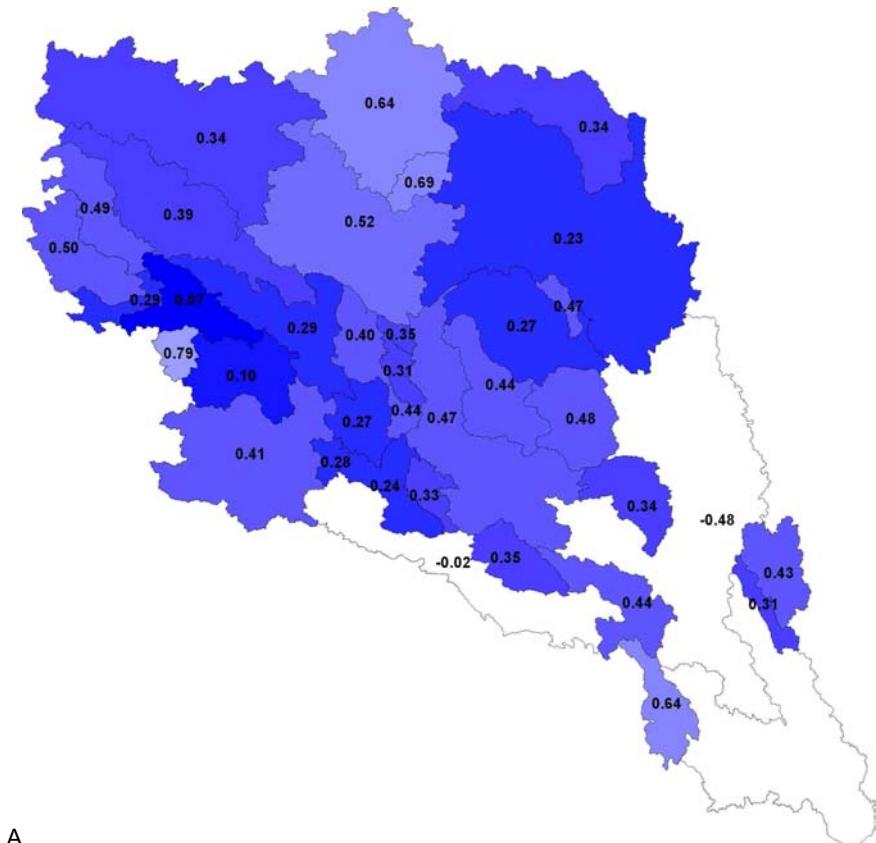
Vannføringsdataene i tabell 3 er årlige gjennomsnittsverdier beregnet fra datasegmentene vist i tabell 2. Segmentene varierer i både lengde og tidsrom. Som en konsekvens av dette får vi gjennomsnittsverdier som mangler konsistens. Man burde helst bruke dataserier som har den samme lengde og tidsperiode. Konsistensproblemer med vannføringene i tabell 3 kan sikkert påvirke våre beregninger og produsere de feilene vi observerer i figurene 9 og 10. For å unngå slike problemer kan vi prøve å bruke vannføringer beregnet over den samme tidsperioden. Til dette formålet kan vi bruke dataseriene fra stasjonen 016.140 og 016.020. Vi skal bruke kun dataene fra 01.09.2001 til og med 31.08.2002. Resultatene vises i tabell 4.

BFI	VANNFØRING	REDUSERT VANNFØRING	TYPE
0.73876	1 879 338 240.0	1 388 389 018.5	Serie 016.020-3
0.34400	1 005 804 864.0	346 000 896.4	Serie 016.140-1
1.19330	873 533 376.0	1 042 388 122.0	Alternativ 2
0.55466	1 879 338 240.0	1 042 388 122.0	Alternativ 1

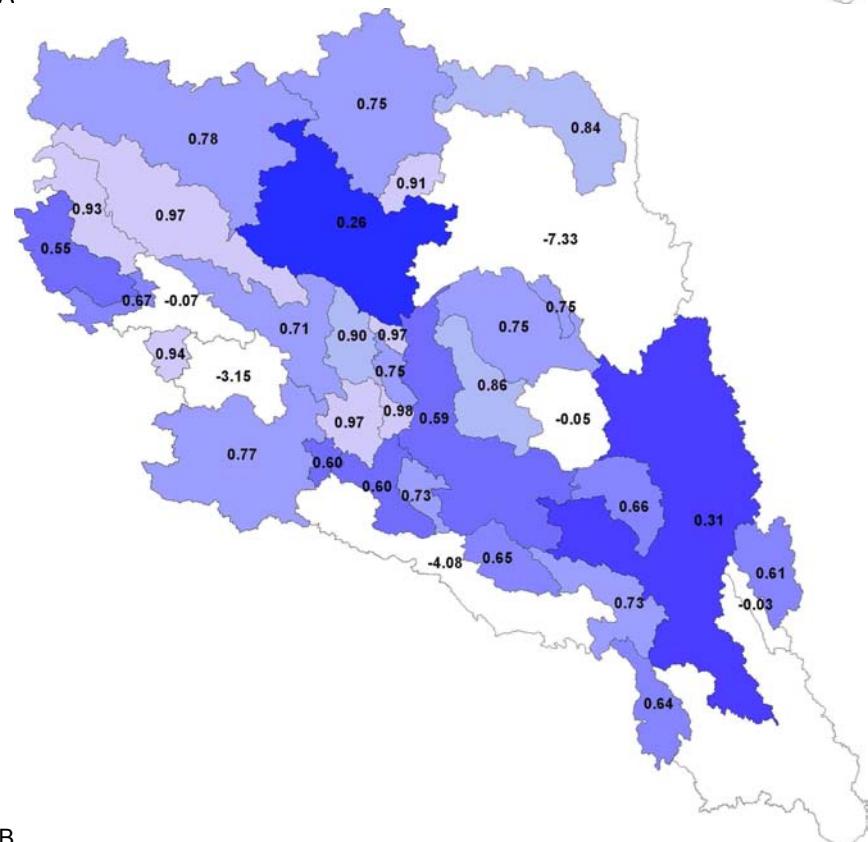
Tabell 4. Implementering av alternativ 1 og 2 på seriene 016.140 og 016.020.

Resultatene i tabell 4 viser at alternativ 2 fungerer ikke i dette tilefelle heller.

Vannføringsverdiene i tabellen er basert på direkte målinger og siden disse målinger er kvalitetssikret må vi anta at det ligger ikke noe feil ved dem. Dermed må feilen ligge i de reduserte vannføringene vi får fra BFI algoritmen. Det er ikke overraskende at BFI algoritmen kan innføre feil. Den er tross alt en semi-empirisk algoritme som gir oss kun et grovt estimat på den reduserte vannføringen. Wong et al.(2004) advarer mot å bruke algoritmen på vannføringsserier fra regulerte nedbørfelt, som serie 016.020 er et eksempel av.



A



B

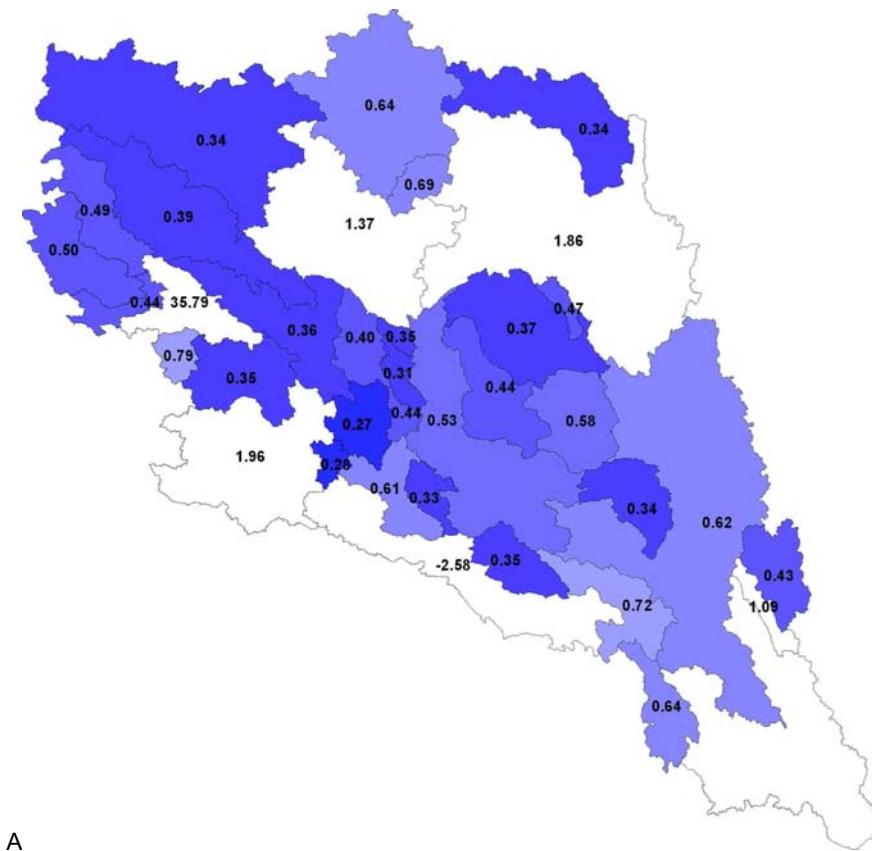
Figur 9. BFI resultater korrigert etter alternativ 1. A. Årlig BFI verdier. B. Februar BFI verdier.

ID	BFI	VANNFØRING	RED. VANNFØRING	BFI-FEB	FEB VANNFØRING	RED. VANNFØRING
ST.010	0.479	724 510 382.0	347 092 760.7	-0.048	425 092.9	-20 500.8
ST.020	0.524	1 629 096 415.2	853 273 091.5	0.262	13 275 233.9	3 476 896.6
ST.023	0.235	3 248 958 096.0	762 161 532.1	-7.330	2 274 024.4	-16 669 092.9
ST.028	0.639	462 677 993.0	295 550 373.7	0.748	1 513 788.9	1 131 560.2
ST.032	0.442	180 728 026.3	79 922 632.2	0.864	72 645.9	62 792.9
ST.034	0.295	976 186 325.5	287 740 232.3	0.711	213 314.4	151 740.2
ST.036	0.072	900 640 300.8	65 244 543.4	-0.068	2 088 402.4	-141 383.5
ST.037	0.102	1 276 495 977.6	130 693 697.0	-3.150	490 348.5	-1 544 747.9
ST.042	0.786	53 903 799.0	42 386 875.0	0.942	266 941.9	251 448.9
ST.044	0.786	53 903 799.0	42 386 875.0	0.942	266 941.9	251 448.9
ST.047	0.444	8 638 709 412.7	3 832 459 723.9	0.735	9 469 526.3	6 956 178.7
ST.051	0.472	652 612 229.2	307 710 611.4	0.592	258 529.7	153 061.6
ST.055	0.434	130 812 455.7	56 802 038.6	0.611	331 739.8	202 739.1
ST.056	0.307	182 347 597.2	56 059 271.5	-0.026	232 836.8	-6 105.2
ST.058	-0.478	7 586 437 399.0	-3 625 920 762.0	0.306	19 529 610.2	5 977 065.5
ST.072	0.495	436 212 792.0	215 885 636.7	0.935	1 274 709.7	1 191 680.2
ST.075	0.402	81 765 029.7	32 901 757.4	0.899	32 245.2	28 991.5
ST.076	0.291	408 700 771.2	119 118 634.7	0.669	739 687.0	494 516.3
ST.081	0.392	86 612 439.1	33 929 383.7	0.965	26 355.5	25 436.2
ST.085	0.266	118 241 486.8	31 396 070.8	0.967	96 282.9	93 081.7
ST.095	0.338	154 114 856.9	52 131 507.9	0.659	210 365.9	138 559.8
ST.102	0.237	192 565 080.0	45 541 766.4	0.598	253 119.5	151 387.7
ST.103	0.326	36 239 922.3	11 805 988.2	0.725	34 721.6	25 182.6
ST.104	0.348	66 146 044.1	22 987 139.4	0.649	50 928.0	33 052.4
ST.108	0.438	27 430 548.5	12 027 527.5	0.984	54 508.4	53 625.0
ST.109	0.346	8 727 860.9	3 018 295.1	0.968	8 862.9	8 577.0
ST.117	0.406	2 871 611 728.0	1 166 716 209.2	0.773	9 320 505.4	7 200 874.9
ST.122	0.311	36 965 164.8	11 502 413.4	0.747	19 191.4	14 329.9
ST.128	0.339	246 236 185.1	83 558 279.5	0.841	141 773.9	119 245.8
ST.132	0.467	33 925 633.9	15 848 733.1	0.745	21 628.3	16 120.6
ST.135	0.643	116 346 921.6	74 769 883.8	0.644	908 907.0	585 675.1
ST.139	0.496	134 989 073.3	66 976 313.6	0.548	269 984.2	147 932.2
ST.140	0.344	1 005 804 864.0	346 000 896.4	0.777	11 321 164.8	8 800 371.6
ST.142	0.695	500 966 400.0	348 144 094.8	0.908	5 794 544.9	5 260 525.4
ST.155	0.269	122 354 662.6	32 946 918.2	0.746	471 671.6	351 755.9
ST.189	0.284	24 906 952.8	7 067 995.4	0.598	53 088.3	31 739.1
ST.203	-0.020	3 190 974 520.7	-63 044 677.1	-4.075	1 648 685.5	-6 718 743.4

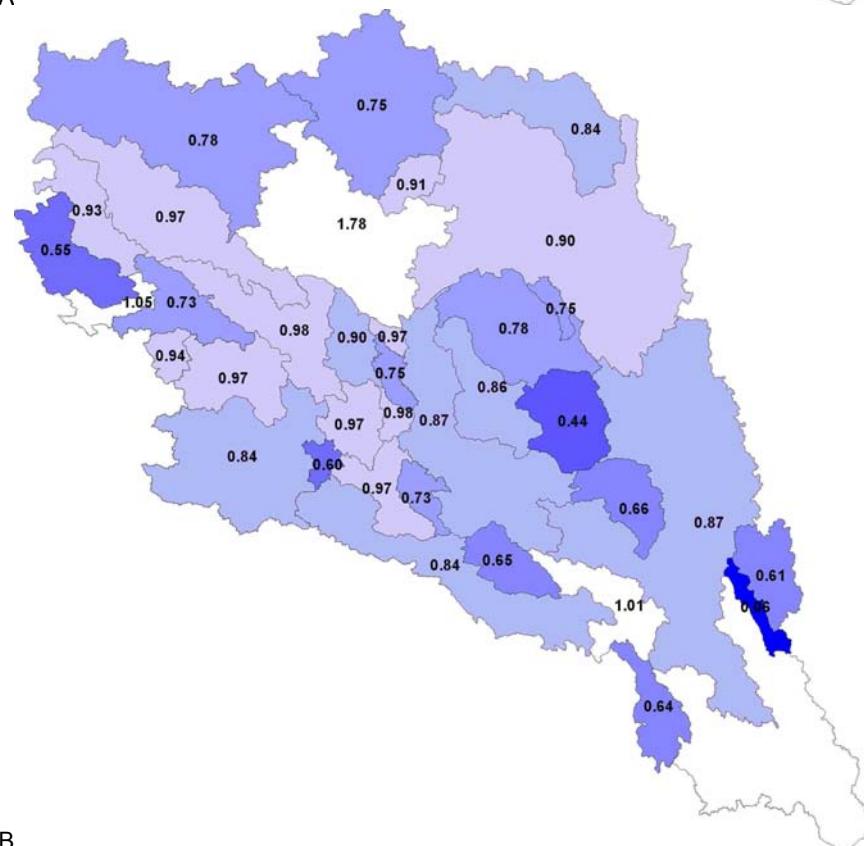
Tabell 5. Korrekjoner etter alternativ 1.

ID	BFI	VANNFØRING	RED. VANNFØRING	BFI-FEB	FEB VANNFØRING	RED. VANNFØRING
ST.010	0.576	602 155 719.4	347 092 760.7	0.440	-46 578.7	-20 500.8
ST.020	1.369	623 291 551.2	853 273 091.5	1.779	1 954 069.1	3 476 896.6
ST.023	1.859	409 981 102.7	762 161 532.1	0.903	-18 451 317.3	-16 669 092.9
ST.028	0.639	462 677 993.0	295 550 373.7	0.748	1 513 788.9	1 131 560.2
ST.032	0.442	180 728 026.3	79 922 632.2	0.864	72 645.9	62 792.9
ST.034	0.356	807 808 856.7	287 740 232.3	0.981	154 713.8	151 740.2
ST.036	35.791	1 822 938.6	65 244 543.4	0.733	-192 936.2	-141 383.5
ST.037	0.348	375 855 676.8	130 693 697.0	0.967	-1 598 054.0	-1 544 747.9
ST.044	0.786	53 903 799.0	42 386 875.0	0.942	266 941.9	251 448.9
ST.047	0.719	5 331 387 970.4	3 832 459 723.9	1.006	6 911 933.7	6 956 178.7
ST.051	0.531	579 488 655.0	307 710 611.4	0.870	175 967.0	153 061.6
ST.055	0.434	130 812 455.7	56 802 038.6	0.611	331 739.8	202 739.1
ST.056	1.088	51 535 141.5	56 059 271.5	0.062	-98 903.0	-6 105.2
ST.058	0.622	-5 832 467 577.9	-3 625 920 762.0	0.867	6 892 071.1	5 977 065.5
ST.072	0.495	436 212 792.0	215 885 636.7	0.935	1 274 709.7	1 191 680.2
ST.075	0.402	81 765 029.7	32 901 757.4	0.899	32 245.2	28 991.5
ST.076	0.435	273 711 697.9	119 118 634.7	1.053	469 702.8	494 516.3
ST.081	0.392	86 612 439.1	33 929 383.7	0.965	26 355.5	25 436.2
ST.085	0.266	118 241 486.8	31 396 070.8	0.967	96 282.9	93 081.7
ST.095	0.338	154 114 856.9	52 131 507.9	0.659	210 365.9	138 559.8
ST.102	0.613	74 323 593.2	45 541 766.4	0.965	156 836.6	151 387.7
ST.103	0.326	36 239 922.3	11 805 988.2	0.725	34 721.6	25 182.6
ST.104	0.348	66 146 044.1	22 987 139.4	0.649	50 928.0	33 052.4
ST.108	0.438	27 430 548.5	12 027 527.5	0.984	54 508.4	53 625.0
ST.109	0.346	8 727 860.9	3 018 295.1	0.968	8 862.9	8 577.0
ST.117	1.964	594 022 472.1	1 166 716 209.2	0.841	8 563 754.2	7 200 874.9
ST.122	0.311	36 965 164.8	11 502 413.4	0.747	19 191.4	14 329.9
ST.128	0.339	246 236 185.1	83 558 279.5	0.841	141 773.9	119 245.8
ST.132	0.467	33 925 633.9	15 848 733.1	0.745	21 628.3	16 120.6
ST.135	0.643	116 346 921.6	74 769 883.8	0.644	908 907.0	585 675.1
ST.139	0.496	134 989 073.3	66 976 313.6	0.548	269 984.2	147 932.2
ST.140	0.344	1 005 804 864.0	346 000 896.4	0.777	11 321 164.8	8 800 371.6
ST.142	0.695	500 966 400.0	348 144 094.8	0.908	5 794 544.9	5 260 525.4
ST.155	0.373	88 429 028.7	32 946 918.2	0.782	450 043.3	351 755.9
ST.189	0.284	24 906 952.8	7 067 995.4	0.598	53 088.3	31 739.1
ST.203	-2.583	24 411 746.3	-63 044 677.1	0.839	-8 010 589.1	-6 718 743.4

Tabell 6. Korrekjoner etter alternativ 2.



A



B

Figur 10. BFI resultater korrigert etter alternativ 2. A. Årlig BFI verdier. B. Februar BFI verdier.

Korreksjonene vi innførte ved å bruke alternativ 1 og 2 for å få resultater som er polygonbasert i stedet for nedbørfeltbasert er til tross for problemene, bedre enn de opprinnelige resultatene i figur 7 og 8. Man må ikke glemme at problemene med vannføringsdataene også ligger i figur 7 og 8, selv om de ikke er synlige.

I figur 9A finnes 2 polygoner som ikke har fått normal BFI verdi, dvs. mellom 0 og 1. For polygon ST.058 skyldes dette, vannføring av stasjon 016.047. Stasjonen er plassert nedenfor et lukesystem som åpnes når vannstanden overskridet et bestemt nivå.

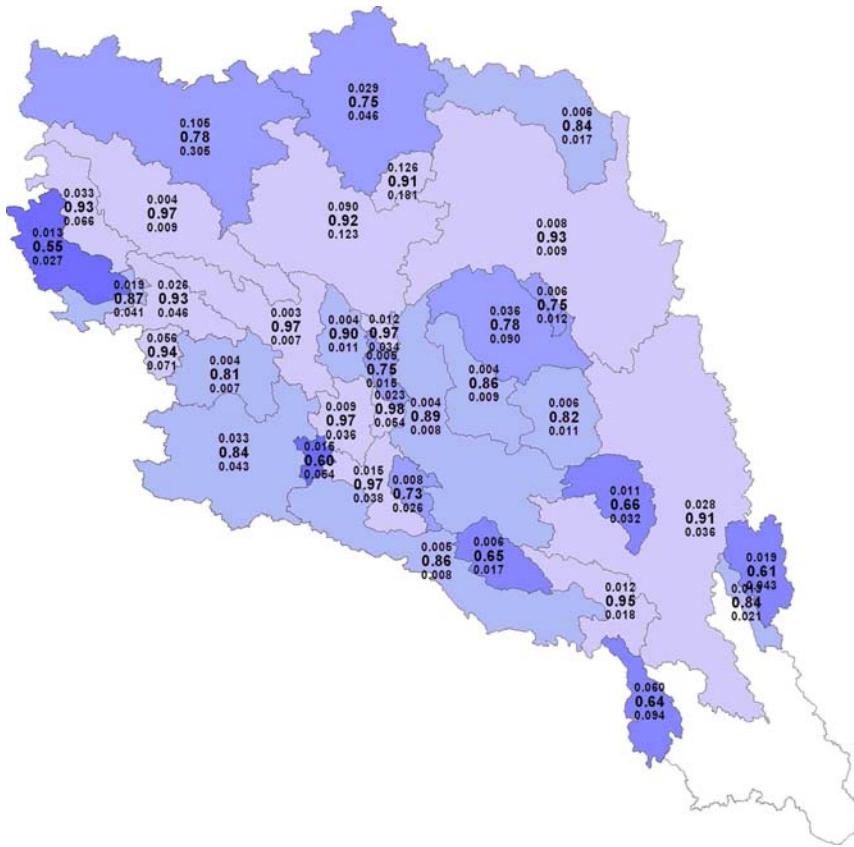
Målingene representerer de ekstreme vannføringene som finner sted når lukene er åpne. Lukene er for det meste stengt og de ekstreme vannføringene som måles er kortvarige. Når Basenew foretar en interpolasjon av denne serien produserer den en ekstrem vannføring som har ikke noe å gjøre med virkeligheten. I tabell 3 ser vi at den årlige vannføringen fra denne stasjonen er større enn det vi får i stasjon 016.058 som representerer vannføringen fra hele vassdraget. Vannføringen i stasjon 016.047 er åpenbart feilaktig. Vannføringsserier fra regulerte nedbørfelt burde ikke brukes i en BFI analyse. Man burde fjerne stasjonen og tilvarende polygon fra analysen. Når det gjelder polygon ST.203 må problemet ligge i de reduserte vannføringene den får fra nabopolygone.

Summen av de reduserte vannføringene fra polygonene ST.117, ST.102, ST.103, og ST.104 er større enn den reduserte vannføringen i stasjon 016.203. Feilene i de estimerte reduserte vannføringene er også årsaken til de feilene som oppstår i figur 9B, 10A, og 10B. For alternativ 2 korrekjoner, ble feilene i mange tilfeller ”usynlige”. Det er nødvendig å vise resultatene i tabellformat for å vise problemene som oppstod. Tabell 5 og 6 viser resultatene for de polygonene som vises i figurene. Som et eksempel av de usynlige feilene som oppstår kan vi nevne februar BFI for ST.203 som har fått en verdi på 0,84. I tabell 6 ser vi at både februar vannføringen og den reduserte vannføringen har negative verdier og at det bare er tilfeldig at polygonen har fått en tilsvarende normal BFI verdi. Korrigeringsalternativene – om ikke noe annet – har avslørt problemene knyttet til estimatene av de reduserte vannføringene. De estimatene er for grove til å brukes i vannbalanseberegninger.

Wong et al. (2005) brukte BFI resultatene til å studere rollen grunnvannsmagasiner spiller i nedbørfelt. De måtte anta at den reduserte vannføringen som BFI metoden estimerer hovedsakelig kommer fra grunnvannsmagasiner i de studerte nedbørfeltene. For å sikre at antagelsen de gjorde var riktig måtte de velge nedbørfelt som hadde ingen eller noen få små overflatemagasiner.

I Skienvassdraget finnes det ikke noen nedbørfelt som kan anses å ha så få overflatemagasiner at man med trygghet kan si at den reduserte vannføringen domineres av grunnvannsmagasiner. Tvert i mot har flere nedbørfelt store overflatemagasiner. Til tross for dette kommer vi til å anta at alle overflatemagasiner fryser ned om vinteren og dermed at grunnvannsmagasiner dominerer vannføringen i vinterperioden. I så fall kan vi betrakte den reduserte februarvannføringen som en vannføring som kommer kun fra grunnvannsmagasinene. Vi ganger denne vannføringen med 12 for å få en minimum årlig tilførsel av vann fra grunnvannsmagasinene til vannføringen (ser bort fra problemet med antall februar dager). Den estimerte årlige vannføringen er riktignok en minimumsvannføring fra grunnvannsmagasinene men gir oss anledning til å sette noen grenser på vannføringen. Figur 11 viser forholdet mellom denne vannføringen og den årlige totale vannføringen (overliggende tall) og forholdet med den årlige reduserte

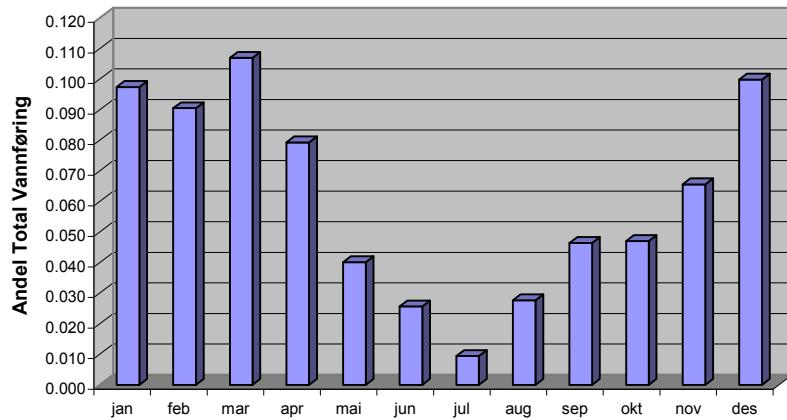
vannføringen (underliggende tall). Ellers er figuren lik figur 8C som viser de ukorrigerte februar BFI verdiene. De fleste polygoner har høye BFI verdier som er typisk for februarestimater, men tilleggstallene som er inkludert i figuren viser at den estimerte årlige vannføringen fra grunnvannsmagasinene er liten. Denne vannføringen er så liten at effekten den har på den totale vannføringen kan neglisjeres i noen nedbørfelt, men fra et biologisk synspunkt er den meget viktig for å opprettholde livet i vassdraget.



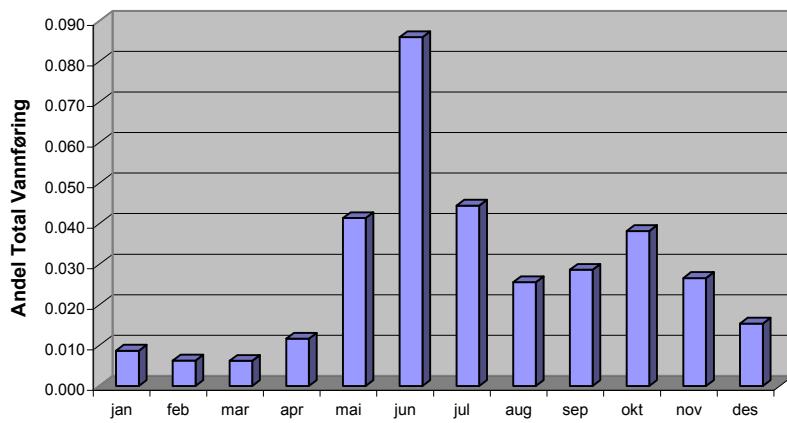
Figur 11. Fordeling av februar ukorrigerte BFI verdier. De tallene med mindre skrift over og under BFI verdiene representerer redusert februar vannføring. Total februarvannføring er ganget med 12 for å få en slags årlig redusert vannføring og deretter delt med den årlige vannføringen for å få det overliggende tallet og delt med den årlige redusert vannføringen for å få det underliggende tallet.

BFI verdiene i figur 11 kan lede oss til feil konklusjoner. Et nedbørfelt med en februar BFI verdi på 0,9 foreteller oss per definisjon at 90% av februar vannføringen kommer fra grunnvannsforekomster. Det er først når man tar hensyn til tilleggstallene i figuren at man innser at dette 90% er kanskje kun 5% av den årlige vannføringen og faktisk er ikke så betydningsfull. Man trenger en annen måte å presentere vannføringsresultatene på, som gjør det enklere å forstå sammenhengen mellom de forskjellige vannføringene. For eksempel man kan bruke metoden vist i figur 12. I figur 12 vises vannføringene fra 6 stasjoner i Skienvassdraget. Den reduserte vannføringen per måned er vist som andel av den totale årlige vannføringen.

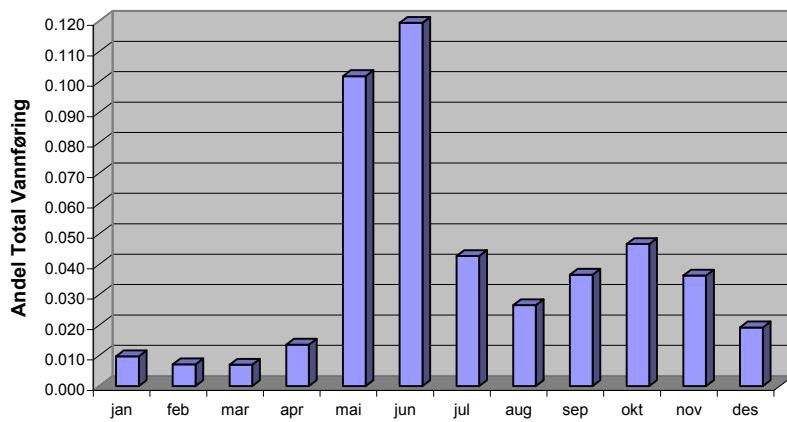
**Stasjon 016.020-3**



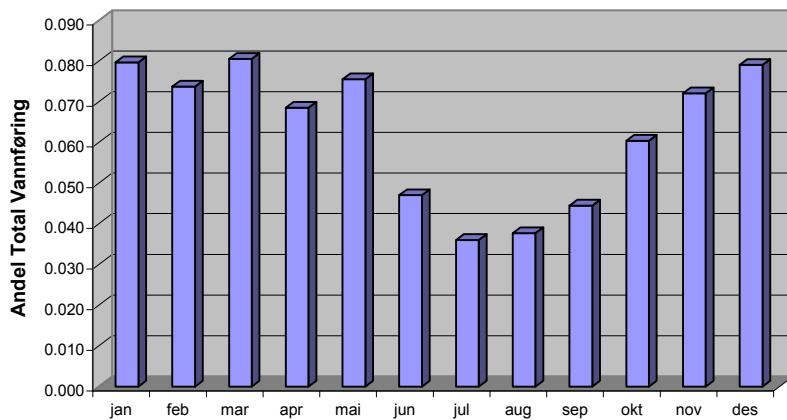
**Stasjon 016.128-1**



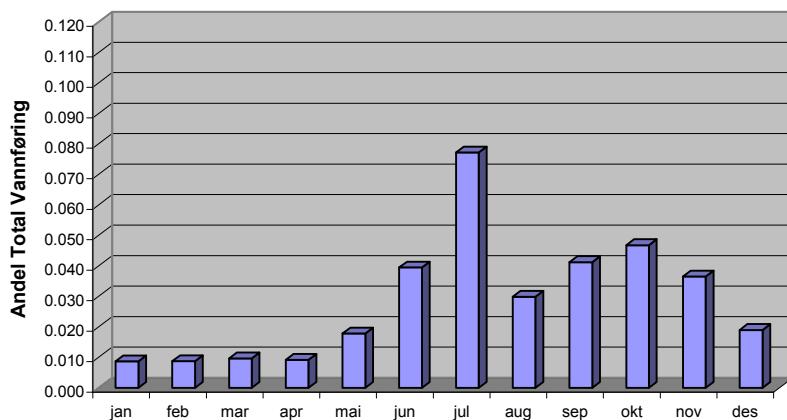
**Stasjon 016.132-1**



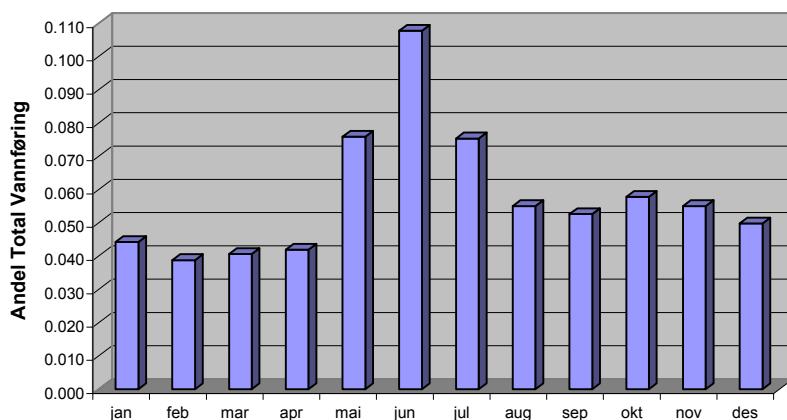
**Stasjon 016.117**



**Stasjon 016.140-1**



**Stasjon 016.203-1**



Figur 12. Månedlig redusert vannføring angitt som andel av den årlige vannføringen.

Plottene i figur 12 kan deles i 3 grupper. Plottene for stasjoner 016.128, 016.132, og 016.140 viser den samme fordelingen av redusert vannføring i forhold til total vannføring. De har lave verdier fra januar til og med mars, i april observerer man en stor øking som topper seg i juni, i juli og august faller de igjen, en ny moderat øking begynner i september og får en ny topp i oktober, og deretter faller de igjen. Stasjon 016.140 viser den samme fordelingen med en måneds forsinkelse – den reduserte vannføringen toppe seg i juli – men ellers er lik de andre to stasjonene.

De reduserte vannføringene fra stasjonene 016.020 og 016.117 viser høye vinter reduserte vannføringene og lave sommer verdier. Siden nedbørfeltet til 016.020 inkluderer nedbørfeltet til 016.140 må vi konkludere med at endringene i vannføringene som vises i plottet må være knyttet til Møsvatn som er en stor magasin brukt til kraftproduksjon. Stasjon 016.117 har også store regulerte overflatemagasiner i sin nedbørfelt, nemlig Songavatn og Totak, men deler av nedbørfeltet er fremdeles uregulerte noe som kan forklare hvorfor sommervannføringene ikke er så lave som de for stasjon 016.020.

Stasjon 016.203 har en redusert vannføringsfordeling som kan anses å være et gjennomsnitt av de 2 forrige gruppene. Den har en relativt høy vannføring om vinteren men vannføringen får et maksimum i juni og igjen en mindre topp i oktober. Nedbørfeltet inkluderer Bandak som er en stor regulert overflatemagasin.

Nedbørfeltet inkluderer nedbørfeltet til stasjon 020.117 og dermed må vi anta at forskjellene mellom de 2 vannføringene skyldes reguleringene i Bandak.

Man må studere mange flere stasjoner før man kan foreta en konkret gruppering av de månedlige reduserte vannføringene. Grupperingen som ble presentert her, viser at vi kan muligens identifisere reguleringseffekter i disse plottene og skille mellom naturlige og menneske skapt vannføringene.

## Konklusjoner

Basenew har klart å behandle alle vannføringsseriene i Skienvassdraget uten problemer. 66 vannføringsserier ble behandlet. De ble delt opp i 136 segmentserier som varierer i lengde fra 1 år til 92 år. Basenew bruker dynamisk minne allokering og dermed er det en øvre grense på hvor mange serier den kan behandle avhengig av størrelsen på minnet som PCen har til rådighet. Det er urimelig å forvente at Basenew er i stand å behandle alle vannføringsserier i Norge i en kjøring.

De innebygde algoritmene fungerer riktig og for hvert segment produseres gjennomsnittlige årlige BFI verdier og gjennomsnittlige månedlige BFI verdier. Basenew innfører en statistisk inhomogenitet i resultatene siden segmentseriene har forskjellige lengder og dekker forskjellige tidsperioder. Problemet med inhomogeniteten kan løses ved å lage en variant av basenew som produsere kun segmentserier som har en bestemt lengde og dekker en konkret tidsperiode. Det er blitt foreslått en periode fra 01.09.1980 til og med 31.08.2000. Uansett hvilken periode som brukes er det viktig å forstå at de fleste vannføringsstasjonene ikke kommer til å være i stand til å produsere en slik serie. Det er viktig å nevne at selv om man løser inhomogenitetsproblemet kommer man fremdeles til å ha problemer med de beregnede BFI verdiene. Vi har sett at de reduserte vannføringskurvene som BFI metoden estimerer er i det beste fall grove. Størrelsесorden

på de feilene som BFI metoden innfører er vanskelig å beregne uten omfattende undersøkelser. Det som er sikkert er at resultater fra forskjellige stasjoner ikke kommer til å være samelignbare. Selv om kvantitative sameligninger er utelukket kan man alltid utføre kvalitative analyser. I praksis betyr det at man kan kun studere relative forhold dvs. om en verdi er større eller mindre enn en annen verdi. Det finnes flere måter å behandle slike kvalitative analyser på. For eksempel kan man implementere en klassifikasjon av nedbørfelt avhengig av mengden av vann som forsyner vassdraget fra magasiner. En slik klassifisering kan bruke BFI verdiene til å definere 3 typer nedbørfelt som vist i tabell 7

BFI	KLASSIFISERING
0.0 – 0.3	LAV MAGASIN TILFØRSEL
0.3 – 0.7	NORMAL MAGASIN TILFØRSEL
0.7 – 1.0	HØY MAGASIN TILFØRSEL

Tabell 7. Eksempel på en enkel klassifisering av nedbørfelt avhengig av BFI verdi. Man kan selvfølgelig utvikle mer kompliserte klassifiseringssystemer avhengig av analysens formål. Man kan også bruke sensitivitetsmetoder for å finne ut hvor følsom BFI algoritmen er og bruke stokastiske metoder for å definere forholdet mellom overflatemagasiner og grunnvannsmagasiner i nedbørfeltet.

Hovedresultatet man får fra BFI metoden er ikke selve BFI verdiene men estimatet av den reduserte vannføringen. Det ble nevnt på et tidligere punkt at estimatet er grovt. Algoritmen fungerer bra på noen serier og dårlig på andre og siden et grovt estimat er bedre enn ikke noe estimat må man akseptere BFI resultatene med alle sine svakheter. BFI gir oss andelen av vannføringen som kommer fra magasinene i nedbørfeltet. Algoritmen tar ikke hensyn til magasintype og dermed er det vanskelig kun fra BFI resultatene å differensierte mellom grunnvannsmagasiner og overflatemagasiner. Hvis nedbørfeltet har noen få små overflatemagasiner kan man anta at grunnvannsmagasinene dominerer resultatene, mens nedbørfelt med store innsjøer vil antageligvis gi resultater som domineres av overflatemagasiner. Problemet er at de fleste nedbørfelt har begge magasintyper og man har ikke nok data til å vurdere andelen fra hvert av disse.

I tillegg har vi regulerte nedbørfelt som forstyrer den naturlig vannføringen. På mange måter er BFI metoden en utjevningsalgoritme og siden vannføring i regulerte nedbørfelt allerede er jevnet ut, vil den estimerte vannføringen avvike lite fra den målte vannføringen. Dette gir oss høye BFI verdier for regulerte nedbørfelt selv om bidraget fra grunnvannsmagasin kan være lite.

BFI resultatene fra Skienvassdraget ble presentert på mange forskjellige måter. Hver av disse har sine fordeler og ulemper. Det er vanskelig å finne et presentasjonsformat som gjør det enkelt å tolke BFI resultatene. Erfaringene fra Skienvassdraget viser at nedbørfeltet til vannføringsstasjonen spiller en viktig rolle i tolkningen av BFI resultater. NVEs REGINE-database som ble brukt i dette arbeidet, inkluderer ikke polygoner for hver vannføringsstasjon. Manuelt definisjon av slike nedbørfeltpolygoner er ikke anbefalt med mindre man skal studere noen få vannføringsstasjoner.

Videre arbeidet burde inkludere 2 oppgaver.

1. Basenew burde videreutvikles for å produsere flere automatiske figurer av resultatene. Figurer som figur 12 burde bli inkludert og kanskje figurer som viser månedlige gjennomsnittsvannføringer. Figurene som viser hele vannføringsseriene (vedlegg 3) er ikke spesielt nyttige.

2. Man burde kjøre Basenew for et utvalg av vannføringsstasjoner i Norge og legge resultatene i form av tabeller og resultatfigurer i en rapport for fremtid referanse. Vannføringsstasjonene som ble brukt i utviklingen av Lavvannskartet er et naturlig utvalg av stasjoner for dette formål, fordi disse stasjonene ikke omfatter regulerte nedbørfelt med store overflatemagasin.

# Referanser

- Arnold, J.G., Allen, P.M., Muttiah, R., Bernhardt, G., (1995). Automated base flow separation and recession analysis techniques. *Ground Water* 33(6), 1010-1018pp.
- Britles, A.B., (1978). Identification and separation of major base flow components from a stream hydrograph. *Water Resources Research* 14(5), 791-803pp.
- Petterson, L.-E., (2004). Aktive vannføringsstasjoner i Norge. *NVE rapport 16, 2004*.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Taukolsky, S.A., Vettering, W.T., (1991). Numerical Recipes in C. The Art of Scientific Computing. *Cambridge University Press*, 735p.
- Talaksen, L.M., (1995). A review of base flow recession analysis. *Journal of Hydrology* 165, 349-370pp.
- Tomaszewski, E., 2004. Application of the ET algorithm to groundwater runoff estimation. *Northern European FRIEND and AMHY-FRIEND Joint Low Flow Meeting, 12-15 May 2004, Bratislava, Slovakia.* 7s.
- Wong, W. K., Colleuille, H. (2005). Elv og Grunnvann. Estimering av grunnvannsbidrag til det totale avløpet ved hydrogramseparering. *NVE rapport 5 i serien: Miljøbasert vannføring, 2005*.

# Vedlegg 1

```

/* New base flow index */ */
/* By Panagiotis Dimakis 2006 */ */
/* Part of the code is based on the baseflow program by */
/* Wai Kwok Wong */ */
/* Automatic calculation of BFI for large NVE files */ */
/* The input file should have the following format */ */
/* Each station data comes after each other separated by */
/* a text line describing the station */ */
/* Each data line must follow standard NVE format which is */
/* "yyyy.mm.dd hh:mm, <value>" */ */
/* Standard data series give one measurement per day and */
/* it is further assumed that hh:mm is 12:00 */ */
/* If no measurement is taken then the value -9999.0 is used */ */
/* 0.0 values should not occur but at 3 decimals it */ */
/* might happen due to numerical rounding in such cases */ */
/* the program replaces them with 0.0001 */ */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <memory.h>
#include <matrix.h>
#include <tools.h>

#define INTDAYS 15
#define MONRES 2
#define CHANGE 10000.0
#define ZEROFL -9999.0
#define SCRIPT 1

long NrofLines =0;
int NrofSeries =0;
int NrofParts =0;
int **PartTimes;
char buffer[120];
char **SeriesTitle,**SeriesName,**SeriesNr;
long *NrofData;
int **Year,**Month,**Day;
double **Time;
double **Flux;
double *LFlux,*LFlux1,*LFlux2,*BP,*VFlux1,*VFlux2;
int *LTime,*LTime1,*LTime2,*BD,*BY;
double *DR,*MDY,*QQ;
int *CN;

void mem_series(int nrofseries)
{
    NrofData = lvector(1,nrofseries);
    Day = ivector(1,nrofseries);
    Month= ivector(1,nrofseries);
    Year = ivector(1,nrofseries);
    Time = dvector(1,nrofseries);
    Flux = dvector(1,nrofseries);
    SeriesTitle = cmatrix(1,nrofseries,0,120);
    SeriesName = cmatrix(1,nrofseries,0,120);
    SeriesNr = cmatrix(1,nrofseries+1,0,120);
    DR = dvector(1850,2050);
    CN = ivector(1850,2050);
    MDY = dvector(1850,2050);
}

void mem_series2(int nrofseries,long *nrofdata)
{
    int i;
    for (i=1; i<=nrofseries; i++)
    {
        Day[i] = ivector(1,nrofdata[i]);
        Month[i] = ivector(1,nrofdata[i]);
        Year[i] = ivector(1,nrofdata[i]);
        Time[i] = dvector(1,nrofdata[i]);
        Flux[i] = dvector(1,nrofdata[i]);
    }
}

void mem_set(int i)
{
    LFlux = dvector(1,i);
    LFlux1 = dvector(1,i);
    LFlux2 = dvector(1,i);
    LTime = ivector(1,i);
    LTime1 = ivector(1,i);
    LTime2 = ivector(1,i);
    BP = dvector(1,i);
    BD = ivector(1,i);
    BY = ivector(1,i);
    VFlux1 = dvector(1,i);
    VFlux2 = dvector(1,i);
    QQ = dvector(1,i);
}

```

```

void release_set(int i)
{
    free_dvector(LFlux,1,i);
    free_dvector(LFlux1,1,i);
    free_dvector(LFlux2,1,i);
    free_ivector(LTime,1,i);
    free_ivector(LTime1,1,i);
    free_ivector(LTime2,1,i);
    free_dvector(BP,1,i);
    free_ivector(BD,1,i);
    free_ivector(BY,1,i);
    free_dvector(VFlux1,1,i);
    free_dvector(VFlux2,1,i);
    free_dvector(QQ,1,i);
}

void writedate(int s,int i,char st[])
{
    printf("%15s ..%02d.%02d.%4d\n",st,Day[s][i],Month[s][i],Year[s][i]);
}

void open_file()
{
    int i=0;
    int j=0;
    int a,b,c,d,e;
    char dum;
    char dums[30];
    char filename[120];
    FILE *fin;
    fin = getfileName("Give the input filename.", "r",filename);
    if (fin == NULL) nrerror("Did NOT manage to open file");
    NrofSeries = 0;
    while(!feof(fin))
    {
        fgets(buffer,sizeof(buffer),fin);
        if (buffer[0]=='\n') NrofSeries++;
    }
    rewind(fin);
    mem_series(NrofSeries);
    while(!feof(fin))
    {
        fgets(buffer,sizeof(buffer),fin);
        if (buffer[0]=='\n')
        {
            i++;
            NrofData[i] = 0;
            sprintf(SeriesTitle[i],"%s",buffer);
            sscanf(SeriesTitle[i],"%c%d.%d.%d.%d %s %s",
                   &dum,&a,&b,&c,&d,&e, SeriesName[i],&dums);
            sprintf(SeriesNr[i],"%03d.%03d",a,b);
        }
        else
            NrofData[i]++;
    }
    printf("\t###File contains %d Series\n\n",NrofSeries);
    rewind(fin);
    mem_series2(NrofSeries,NrofData);
    i=0;
    while(!feof(fin))
    {
        fgets(buffer,sizeof(buffer),fin);
        if (buffer[0]=='\n')
        {
            i++;
            NrofData[i] = 0;
            j=1;
        }
        else
        {
            sscanf(buffer,"%4d.%2d.%2d 12:00,%lf",
                   &Year[i][j],&Month[i][j],&Day[i][j],&Flux[i][j]);
            if (Flux[i][j] == 0.0) Flux[i][j] = ZEROFL;
            NrofData[i]=j;
            j++;
        }
    }
    fclose(fin);
}

void control_data(int nrofseries)
{
    int i;
    int count=0;
    double p1,p2,pd;
    NrofParts=0;
    printf("Controlling data gaps in series\n");
    for (i=2; i < NrofData[nrofseries]; i++)
    {
        if ((Flux[nrofseries][i-1] == -9999.0) &&
            (Flux[nrofseries][i] != -9999.0) &&
            (Flux[nrofseries][i+1] == -9999.0) )
        {
            Flux[nrofseries][i] = -9999.0;
        }
    }
}

```

```

        count++;
    }
}
printf("Removed %d non-continuous measurments\n",count);
count = 0;
if (Flux[nrofseries][1] == -9999.0) count = 1;
else
{
    NrofParts++;
    writedate(nrofseries,1,"Start");
}
for (i=2; i<= NrofData[nrofseries]; i++)
{
    p1 = Flux[nrofseries][i];
    p2 = Flux[nrofseries][i-1];
    pd = (p1 > p2)? p1/p2 : p2/p1;
    if (p1 == -9999.0) count++;
    if (p2 == -9999.0 && p1 != -9999.0)
    {
        NrofParts++;
        writedate(nrofseries,i,"Start");
    }
    else if (p2 != -9999.0 && p1 == -9999.0) writedate(nrofseries,i-1,"End");
    if (pd > CHANGE)
    {
        NrofParts++;
        writedate(nrofseries,i-1,"End");
        writedate(nrofseries,i,"Start");
    }
}
if (Flux[nrofseries][NrofData[nrofseries]] != -9999.0)
    writedate(nrofseries,NrofData[nrofseries],"End");
printf("Parts ..%d No data entry ...%d\n",NrofParts,count);
}

void assign_data (int nrofseries)
{
    int i,j;
    double p1,p2,pd;
    j=0;
    PartTimes = imatrix(1,NrofParts,1,2);
    if (Flux[nrofseries][1] != -9999.0) PartTimes[+j][1] = 1;
    for (i=2; i<= NrofData[nrofseries]; i++)
    {
        p1 = Flux[nrofseries][i-1];
        p2 = Flux[nrofseries][i];
        pd = (p1 >= p2)? p1/p2 : p2/p1;
        if (p1 == -9999.0 && p2 != -9999.0)
            PartTimes[+j][1]=i;
        else if (p1 != -9999.0 && p2 == -9999.0)
            PartTimes[j][2]=i-1;
        if (pd > CHANGE)
        {
            if (PartTimes[j][1] != 0 ) PartTimes[j][2]=i-1;
            PartTimes[+j][1]=i;
        }
        if (Flux[nrofseries][NrofData[nrofseries]] != -9999.0)
            PartTimes[j][2]=NrofData[nrofseries];
    }
}

int interpolate(int series,int length)
{
    int i,j,L;
    int inter=0;
    double V;
    for (i=1; i< NrofParts; i++)
    {
        L = PartTimes[i+1][1]-PartTimes[i][2];
        if ( L <= (length+1))
        {
            inter = 1;
            V = (Flux[series][PartTimes[i+1][1]] - Flux[series][PartTimes[i][2]])/(double)L;
            for (j=PartTimes[i][2]+1; j< PartTimes[i+1][1]; j++)
                Flux[series][j] = Flux[series][j-1]+V;
        }
    }
    return(inter);
}

int start_date(int series, int in)
{
    int i,sdate,edate;
    int start, end;
    start=end=0;
    sdate = PartTimes[in][1];
    edate = PartTimes[in][2];
    for (i=sdate; i<= edate; i++)
    {
        if (Day[series][i] == 1 && Month[series][i] == 9)
        {
            start= i;
            break;
        }
    }
    for (i=edate; i>sdate; i--)

```

```

    {
        if (Day[series][i] == 31 && Month[series][i] == 8)
        {
            end = i;
            break;
        }
    }
    if (start == 0 || end == 0 || (start == end+1))
    {
        for (i=sdate; i<=edate; i++)
            Flux[series][i] = -9999.0;
        return 0;
    }
    PartTimes[in][1]= start;
    PartTimes[in][2]= end;
    return 1;
}

int adjust_data(int series)
{
    int i;
    int check=1;
    printf("Adjusting times to Sept-August series\n\n");
    for (i=1; i<=NrofParts; i++)
    {
        if (start_date(series,i))
        {
            writedate(series,PartTimes[i][1],"Start");
            writedate(series,PartTimes[i][2],"End");
        }
        else check = 0;
    }
    return check;
}

void control_series(int i)
{
    printf("\n\nControlling Series Nr %d :%s %s\n",i,SeriesNr[i],SeriesName[i]);
    printf("Number of Data entries..:%ld\n",NrofData[i]);
    printf("Start Date ...:%02d.%02d.%04d\n",Day[i][1],Month[i][1],Year[i][1]);
    printf("End Date ...:%02d.%02d.%04d\n\n",
           Day[i][NrofData[i]],Month[i][NrofData[i]],Year[i][NrofData[i]]);
    mem_set(NrofData[i]);
    control_data(i);
    assign_data(i);
    if (interpolate(i,INTDAYS))
    {
        printf("The series has been interpolated...Control once again...\n\n");
        free_imatrix(PartTimes,1,NrofParts,1,2);
        control_data(i);
        assign_data(i);
    }
    if (!adjust_data(i))
    {
        printf("A part of the series was too short...Control once again...\n\n");
        free_imatrix(PartTimes,1,NrofParts,1,2);
        control_data(i);
        assign_data(i);
        adjust_data(i);
    }
}

void interpol(double *lnQ, double *interQ, int *tid, int t_lim, int total)
{
    int i,j,t,ant_dager;

    t=1;
    interQ[1]=LFlux[1];

    for ( i=1; i<=tid[1]; i++ )
    {
        t++;
        interQ[t]=LFlux[1]+i*(lnQ[1]-LFlux[1])/(tid[1]*1.0);
    }

    for ( i=1; i<=t_lim-1; i++ )
    {
        ant_dager=tid[i+1]-tid[i];
        for ( j=1; j<=ant_dager; j++ )
        {
            t++;
            interQ[t]=lnQ[i]+j*(lnQ[i+1]-lnQ[i])/(ant_dager*1.0);
        }
    }

    if ( tid[t_lim]<total )
    {
        ant_dager=total-tid[t_lim];
        for ( j=1; j<=ant_dager; j++ )
        {
            t++;
            interQ[t]=lnQ[t_lim]+j*(LFlux[total]-lnQ[t_lim])/(ant_dager*1.0);
        }
    }
}

```

```

}

void month_results(double *v1, double *v2,int series, int part,
                  int count,int month,FILE *fm,FILE *fb)
{
    int i,k,m;
    double T,B,T2,B2;
    T = B = 0.0;
    m = 0;

    for (i=1,k=PartTimes[part][1]; i<=count; i++,k++)
    {
        if (Month[series][k] == month)
        {
            T += exp(v1[i]);
            B += v2[i];
            m++;
        }
    }
    printf("Results for month %2d.:%15.6lf\t%15.6lf\t%15.6lf\n",
           month,B/T,T/(double)m,B/(double)m);
    fprintf(fm,"%lf\t%lf\t%lf\n",B/T,T/(double)m,B/(double)m);
    if (month == MONRES) fprintf(fb,"%lf\t%lf\t%lf\n",B/T,T/(double)m);
}

void write_results(double *v1, double *v2, int series, int part,int count)
{
    int i;
    FILE *fout;
    char str[30];
    char graph[80];
    char stat[80];
    sprintf(str,"Ser-%s-%d",SeriesNr[series],part);
    sprintf(graph,"graph.sh %s",str);
    sprintf(stat,"stats.sh %s",str);
    fout = fopen(str,"w");
    for (i=1; i<= count; i++)
        fprintf(fout,"%d\t%lf\t%lf\n",i,exp(v1[i]),v2[i]);
    fclose(fout);
    if (SCRIPT) system(graph);
    if (SCRIPT) system(stat);
}

int main()
{
    int i,j,k,m,l;
    int Pnt,BPnt;
    int MaxY;
    int MinY;
    int BDL,BD2;
    int NRP1,NRP2;
    double BP1,BP2,hd;
    double RT,RB;
    char monfile[30];
    char graph[80];
    FILE *fmonth,*fmain;
    open_file();
    fmain = getfilePlus("Give the name of the Results file","w");
    if (fmain == NULL) nrerror("Did not create Results file");

    for( i=1; i<= NrofSeries; i++)
    {
        control_series(i);

        for (j=1; j<=NrofParts; j++)
        {
            fprintf(fmain,"%s-%d",SeriesNr[i],j);
            fprintf(fmain,"%t%02d.%02d.%4d - %02d.%02d.%4d ",
                    Day[i][PartTimes[j][1]],Month[i][PartTimes[j][1]],Year[i][PartTimes[j][1]],
                    Day[i][PartTimes[j][2]],Month[i][PartTimes[j][2]],Year[i][PartTimes[j][2]]);
            initvector(LFlux,NrofData[i]);
            for (k= PartTimes[j][1],m=1; k<= PartTimes[j][2]; k++,m++)
            {
                LFlux[m]= log(Flux[i][k]* 86400.0);
                Pnt = m;
            }
            m = 0;
            for (k=2; k<Pnt; k++)
            {
                if (LFlux[k-1] >= LFlux[k] && LFlux[k] <= LFlux[k+1])
                {
                    m++;
                    BP[m] = LFlux[k];
                    BD[m] = k;
                    BY[m] = Year[i][PartTimes[j][1]+k-1];
                }
                BPnt =m;
            }
            MinY = Year[i][PartTimes[j][1]];
            MaxY = Year[i][PartTimes[j][2]];
            for (k=1850; k<2050; k++)
            {
                DR[k] = 0.0;
                CN[k] = 0;
                MDY[k] = 0.0;
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        for ( k=1; k<BPnt; k++)
        {
            if (BP[k] > BP[k+1])
            {
                DR[BY[k]]+= (BP[k]-BP[k+1])/((BD[k]-BD[k+1])*1.0);
                CN[BY[k]]++;
            }
        }
        for (k= MinY+1; k<MaxY; k++)
        MDY[k]=(DR[k-1]+DR[k]+DR[k+1])/((CN[k-1]+CN[k]+CN[k+1])*1.0);
        MDY[MinY] = (DR[MinY]+DR[MinY+1])/((CN[MinY]+CN[MinY+1])*1.0);
        MDY[MaxY] = (DR[MaxY]+DR[MaxY-1])/((CN[MaxY]+CN[MaxY-1])*1.0);

        NRP1 =1;
        LFlux1[1]= BP[1];
        LTime1[1]= BD[1];
        BP1 = BP[1];
        BD1 = BD[1];

        for (k=2; k<=BPnt; k++)
        {
            BP2 = BP[k];
            BD2 = BD[k];
            if((BP1 < BP2) && (fabs((BP1-BP2)/((BD2-BD1)*1.0)) > fabs(MDY[BY[k]])))
            {
            }
            else
            {
                NRP1++;
                LFlux1[NRP1] = BP[k];
                LTime1[NRP1] = BD[k];
                BP1 = BP[k];
                BD1 = BD[k];
            }
        }
        interpol(LFlux1,VFlux1,LTime1,NRP1,Pnt);
        NRP2 =0;
        for (k=2; k<= NRP1-1; k++)
        {
            if ( ( LFlux1[k-1] < LFlux1[k] && LFlux1[k] >= LFlux1[k+1] ) ||
                 ( LFlux1[k-1] > LFlux1[k] && LFlux1[k] <= LFlux1[k+1] ) )
            {
                NRP2++;
                LFlux2[NRP2]=LFlux1[k];
                LTime2[NRP2]=LTime1[k];
            }
        }
        if (NRP2 > 0) interpol(LFlux2,VFlux2,LTime2,NRP2,Pnt);
        else
        for(k=1; k<=Pnt; k++) VFlux2[k]= VFlux1[k];

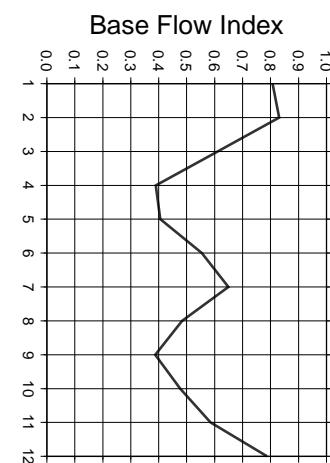
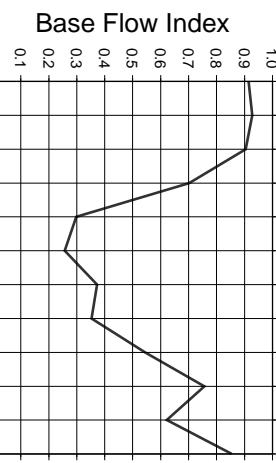
        for (k=1; k<=Pnt; k++)
        {
            hd = (VFlux1[k] > VFlux2[k]) ? VFlux2[k] : VFlux1[k];
            QQ[k] = (exp(hd) > exp(LFlux[k])) ? exp(LFlux[k]) : exp(hd);
        }
        RT = RB = 0.0;
        for (k=1; k<= Pnt; k++)
        {
            RT += exp(LFlux[k]);
            RB += QQ[k];
        }
        printf("\nBase Flow Index Raw Estimation is ..:%lf\n",RB/RT);
        fprintf(fmain,"t%lf",RB/RT);
        sprintf(monfile,"Mon-%s-%d",SeriesNr[i],j);
        fmonth = fopen(monfile,"w");
        for (k=1; k<=12; k++)
            month_results(LFlux,QQ,i,j,Pnt,k,fmonth,fmain);
        fclose(fmonth);
        sprintf(graph,"month.sh %s",monfile);
        if (SCRIPT) system(graph);
        write_results(LFlux,QQ,i,j,Pnt);
    }

    release_set(NrofData[i]);
}
fclose(fmain);
if (SCRIPT)
{
    if ( more_to_do("Wish to see postscript files..(y/n):"))
        system("do_view.sh");
}
}

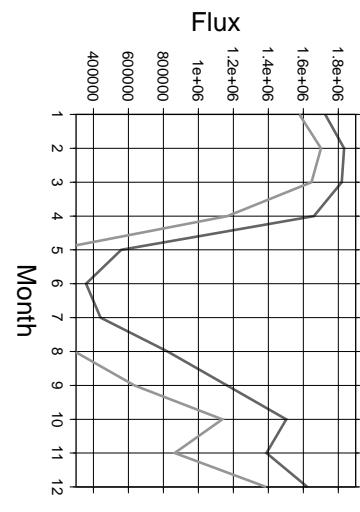
```

# Vedlegg 2

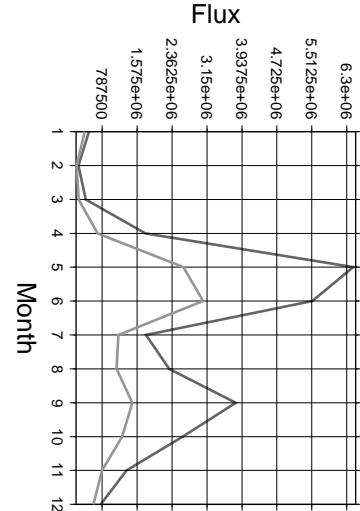
M-016.009-1



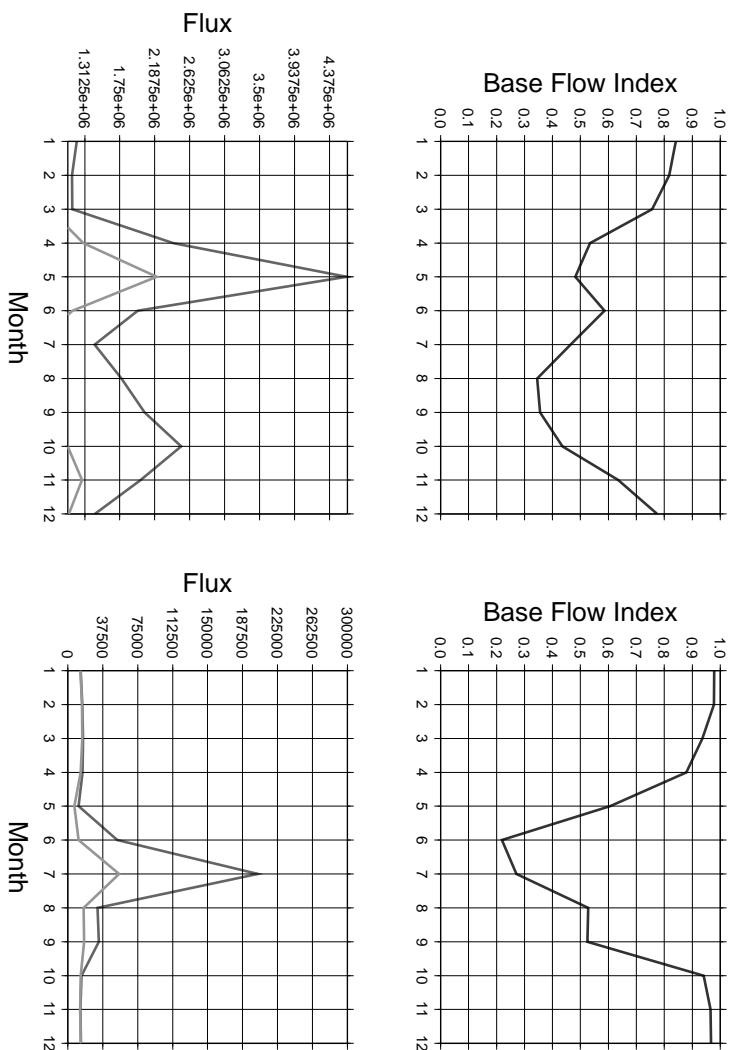
M-016.010-1



M-016.010-2

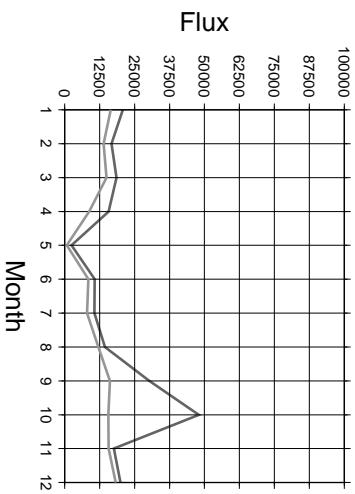
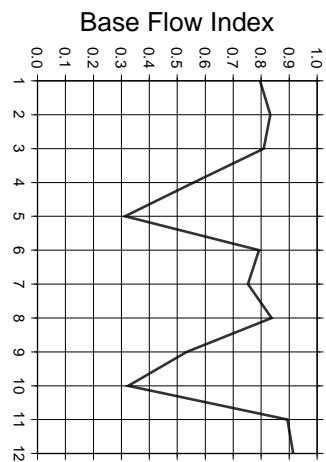


M-016.019-1

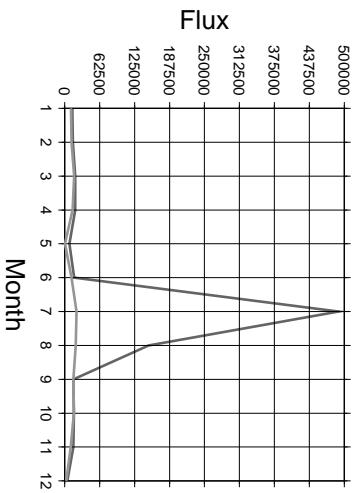


**M-016.019-2**

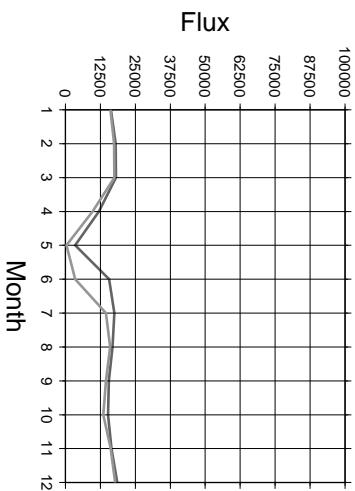
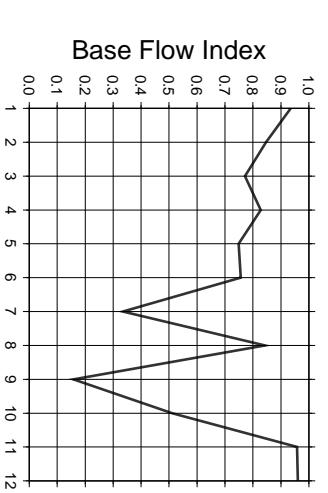
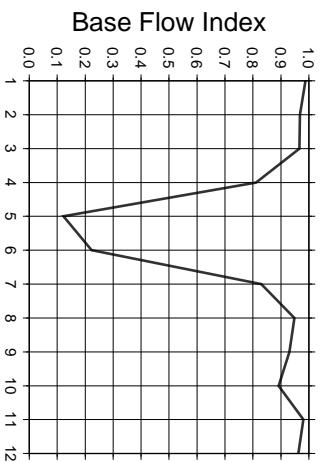
**M-016.019-3**



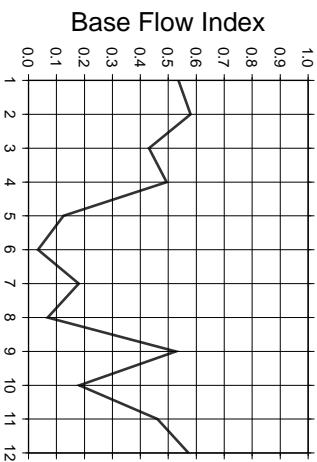
**M-016.019-4**



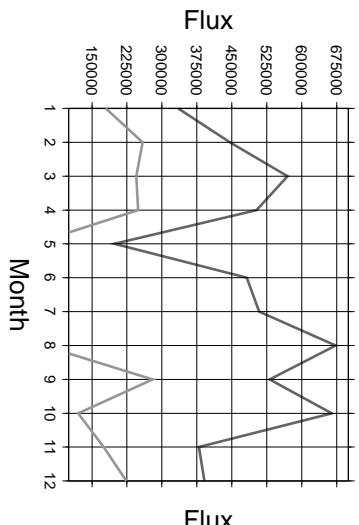
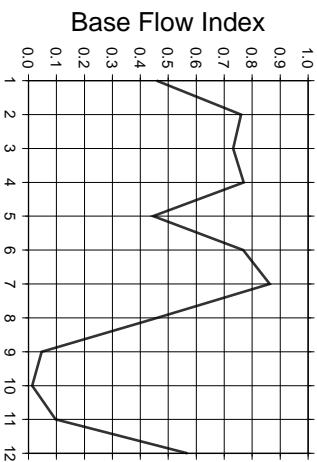
**M-016.019-5**



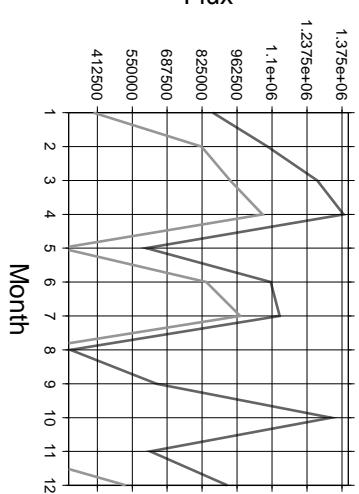
M-016.019-6



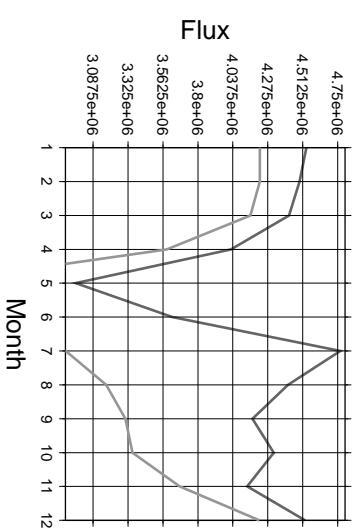
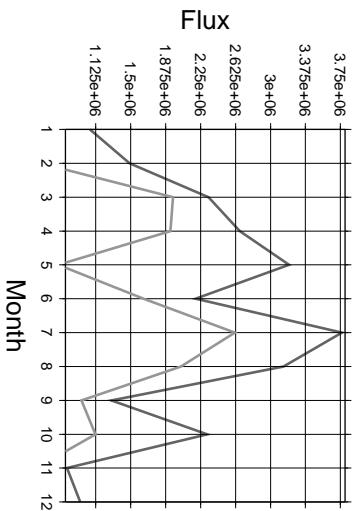
M-016.019-7



M-016.019-8

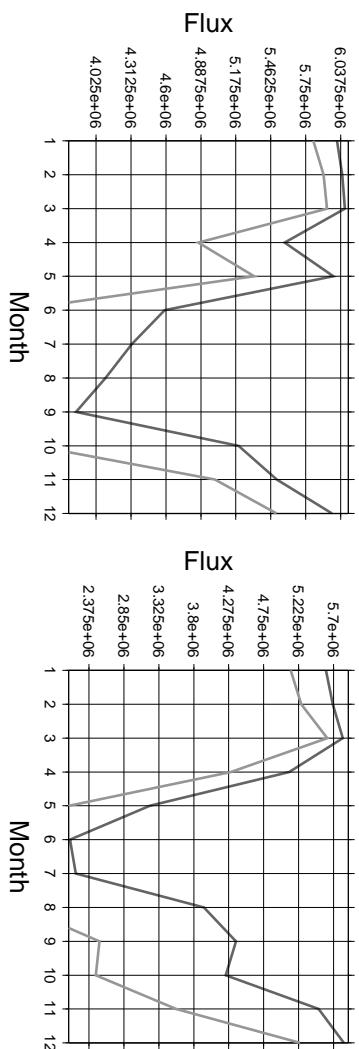
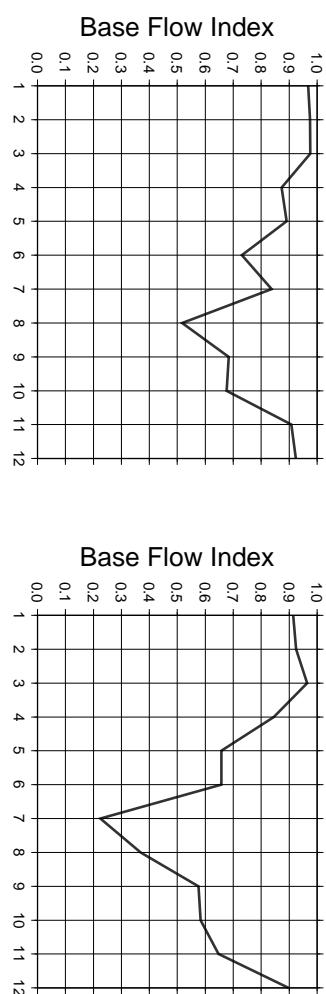


M-016.020-1



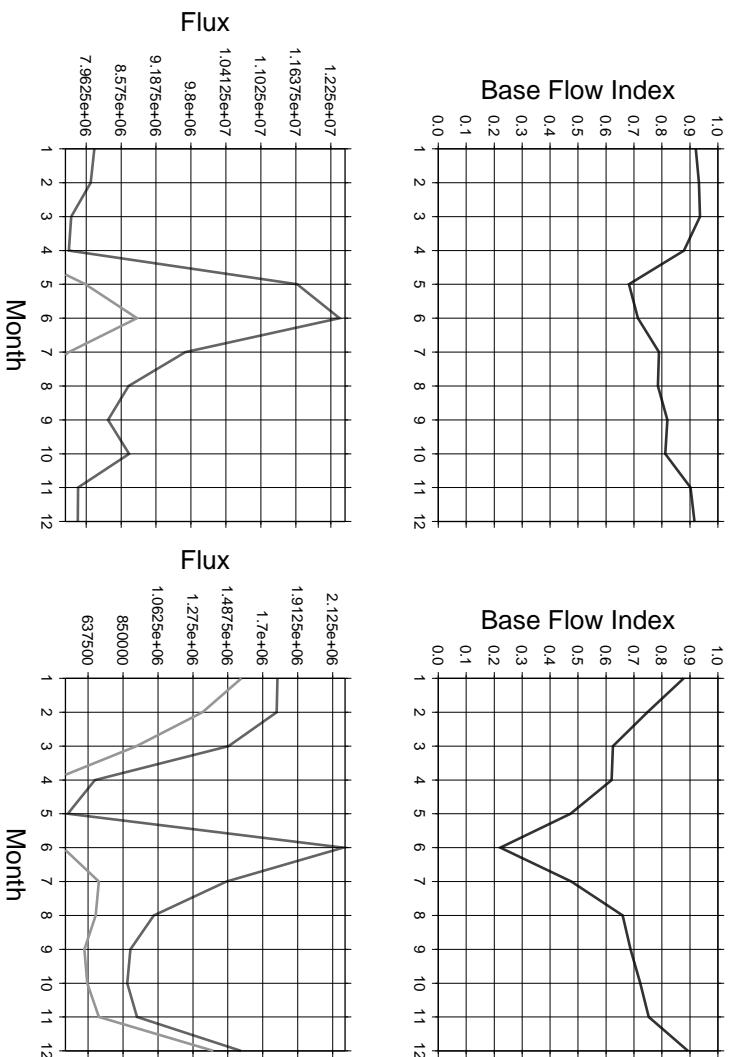
**M-016.020-2**

**M-016.020-3**



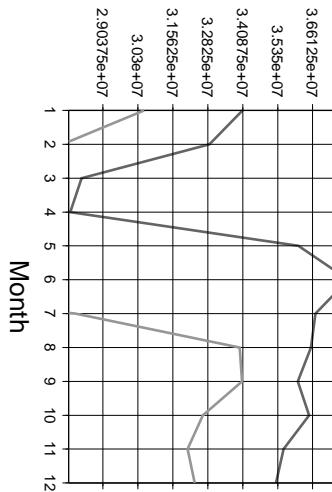
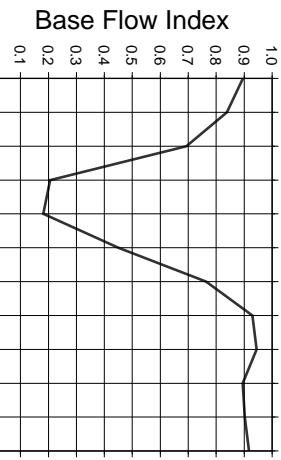
**M-016.023-1**

**M-016.028-1**



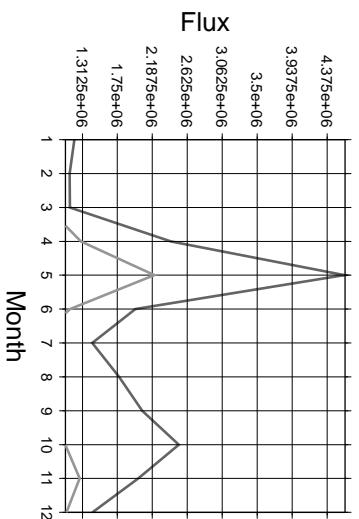
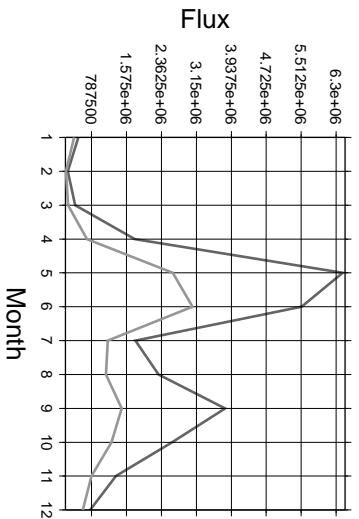
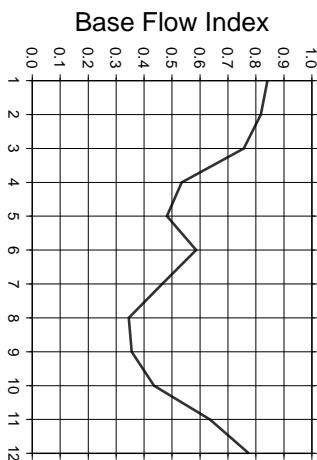
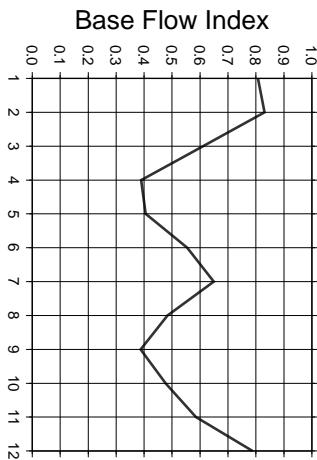
## M-016.030-1

## M-016.030-2



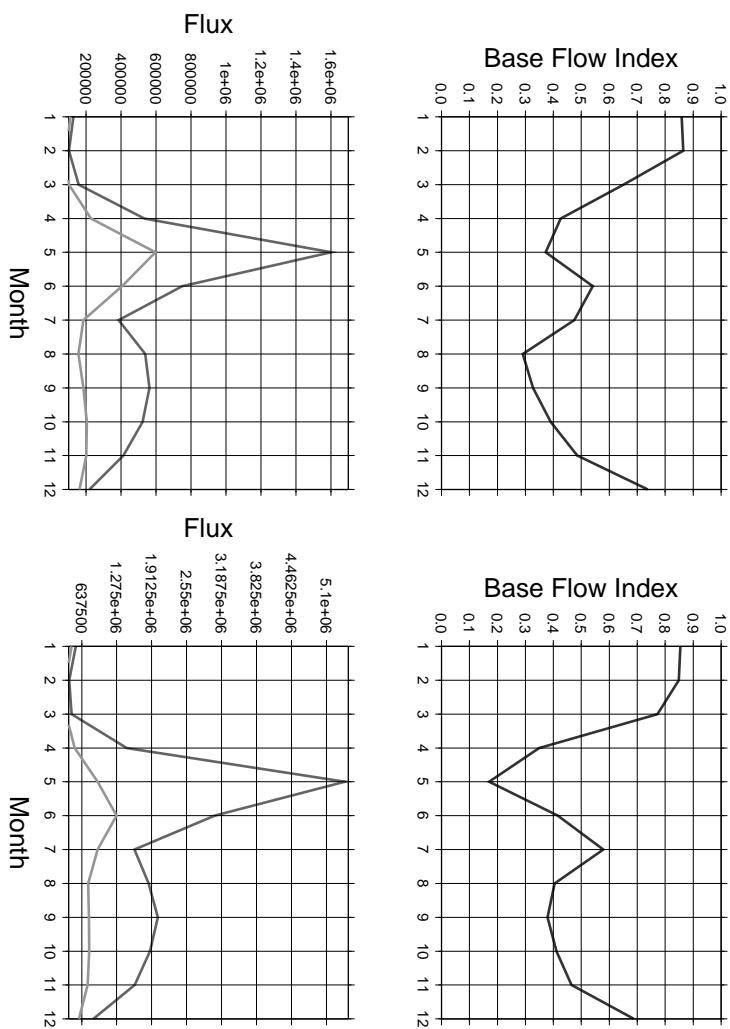
## M-016.031-1

## M-016.031-2



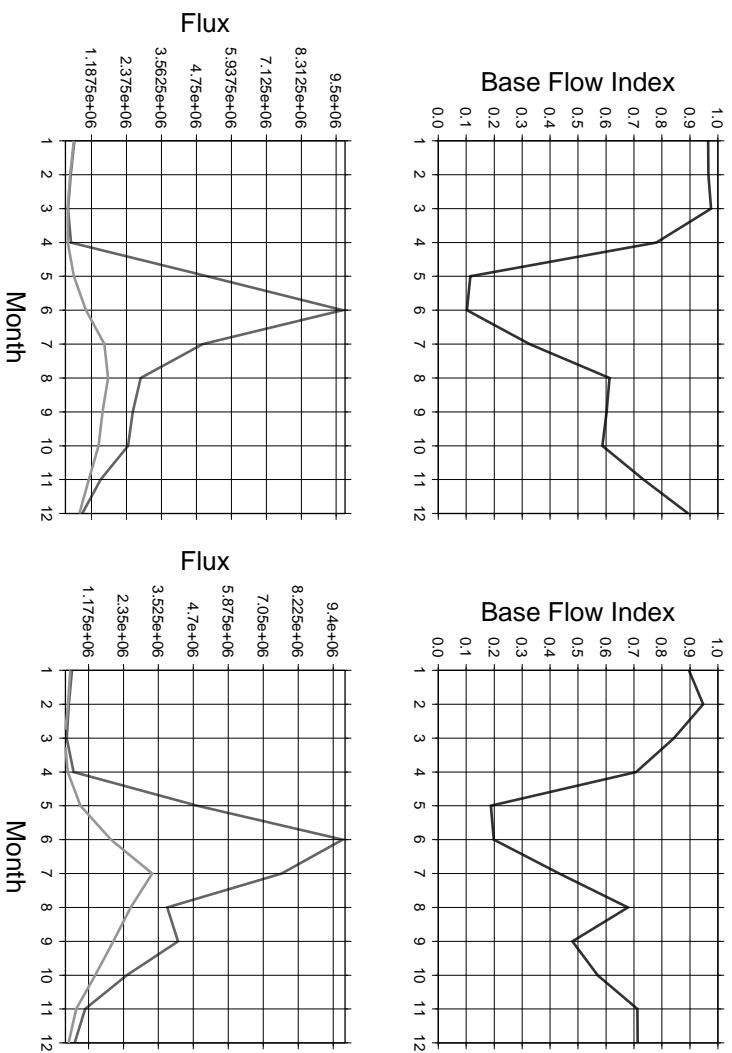
M-016.032-1

M-016.033-1

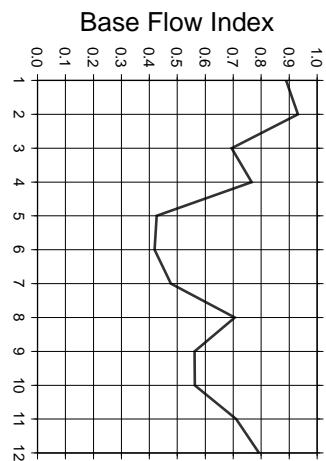


M-016.034-1

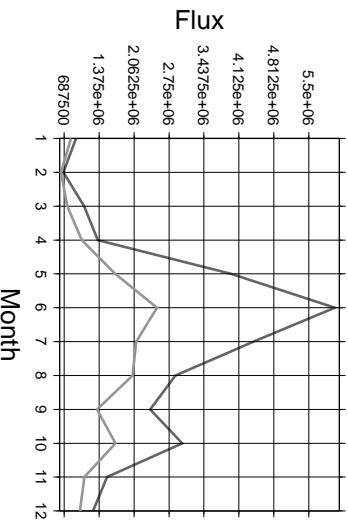
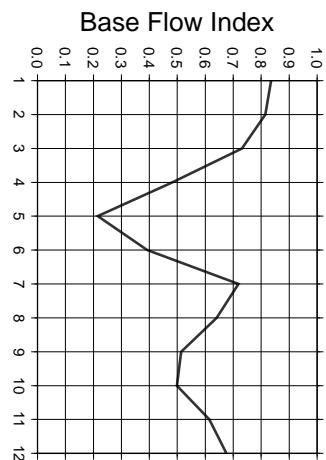
M-016.036-1



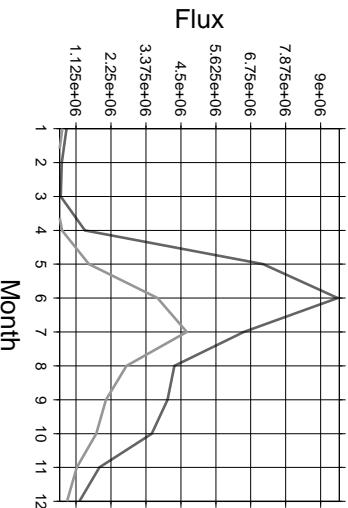
M-016.036-2



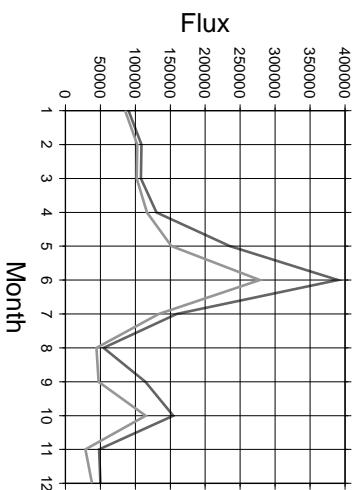
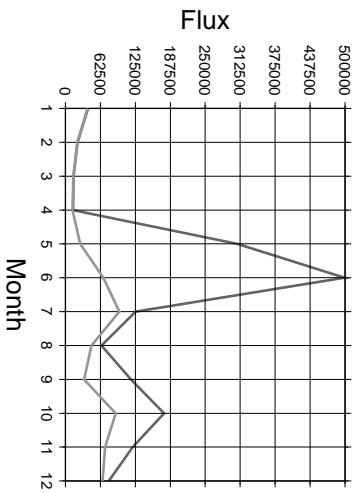
M-016.037-1



M-016.042-1

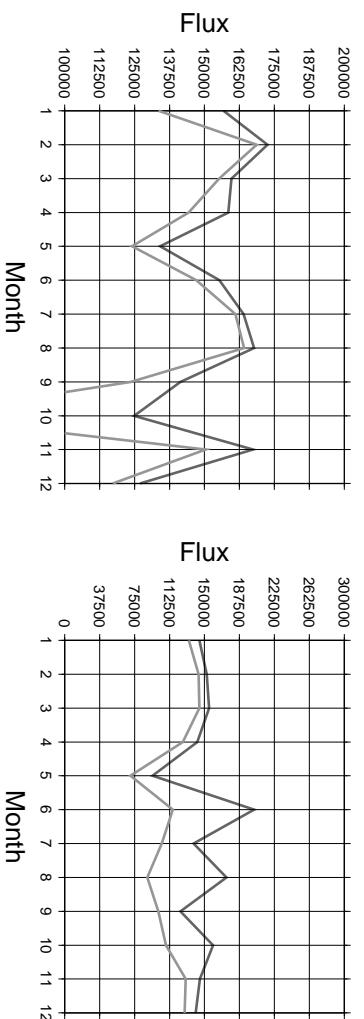
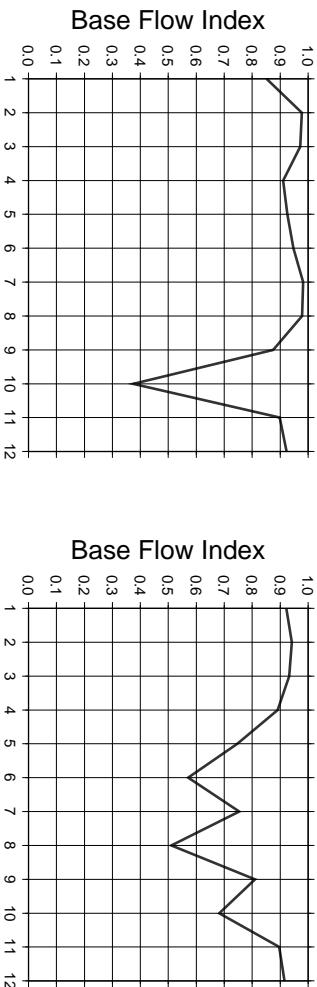


M-016.042-2



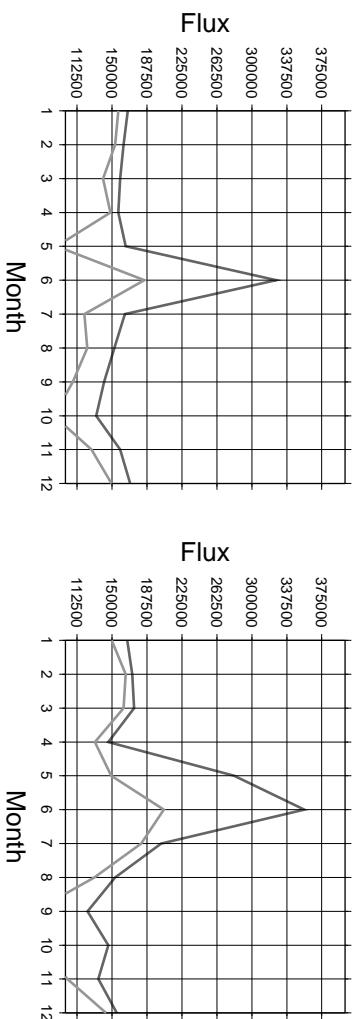
**M-016.042-3**

**M-016.042-4**

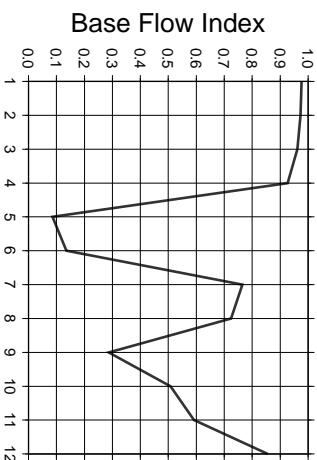


**M-016.042-5**

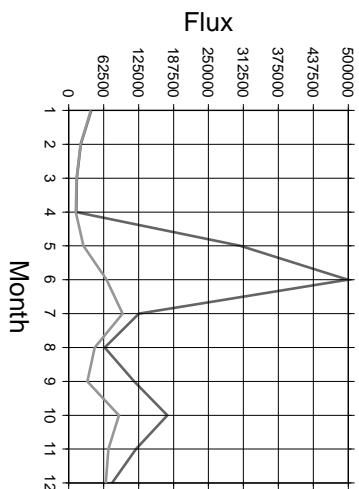
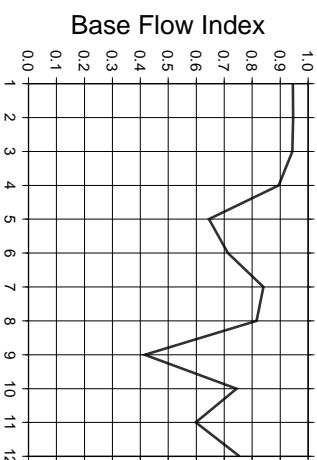
**M-016.042-6**



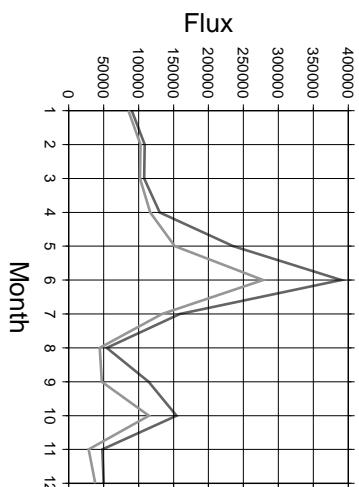
**M-016.044-1**



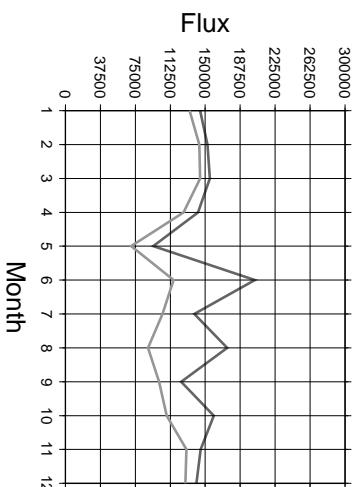
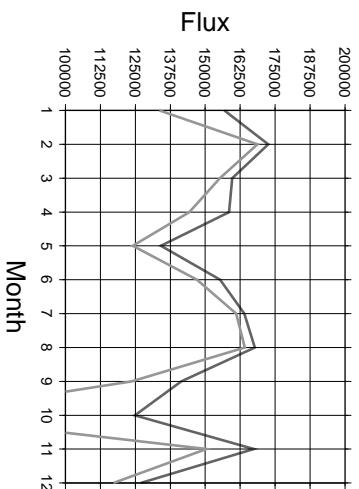
**M-016.044-2**



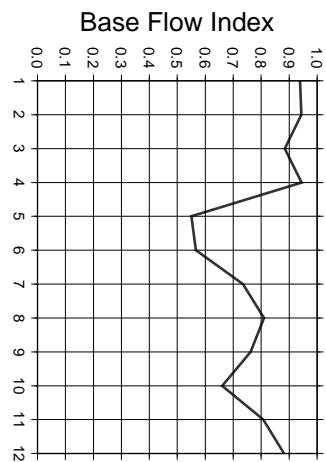
**M-016.044-3**



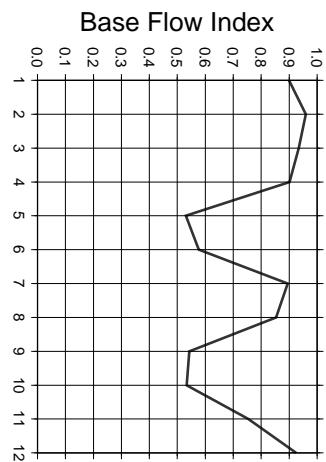
**M-016.044-4**



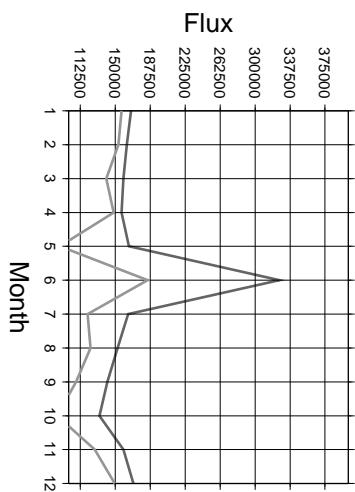
**M-016.044-5**



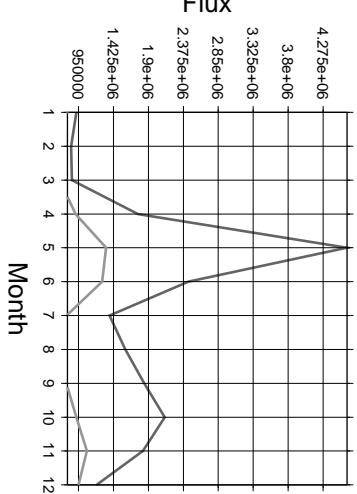
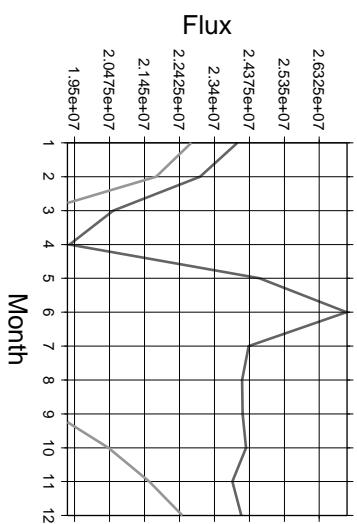
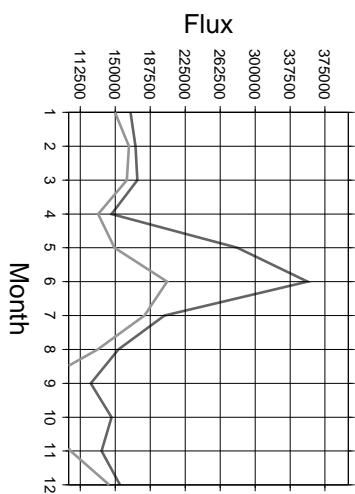
**M-016.044-6**



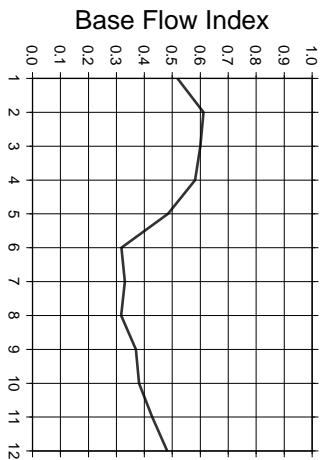
**M-016.047-1**



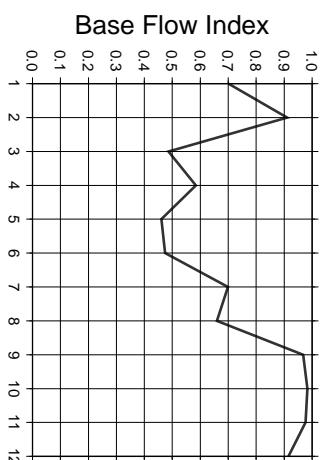
**M-016.051-1**



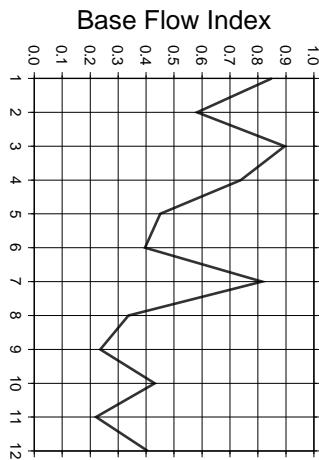
**M-016.055-1**



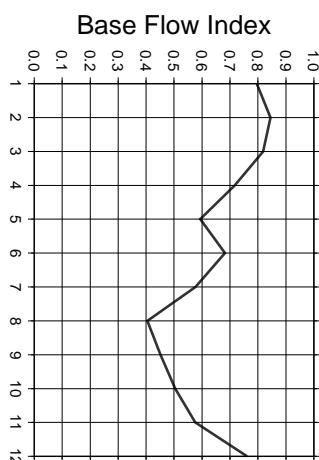
**M-016.056-1**



**M-016.056-2**

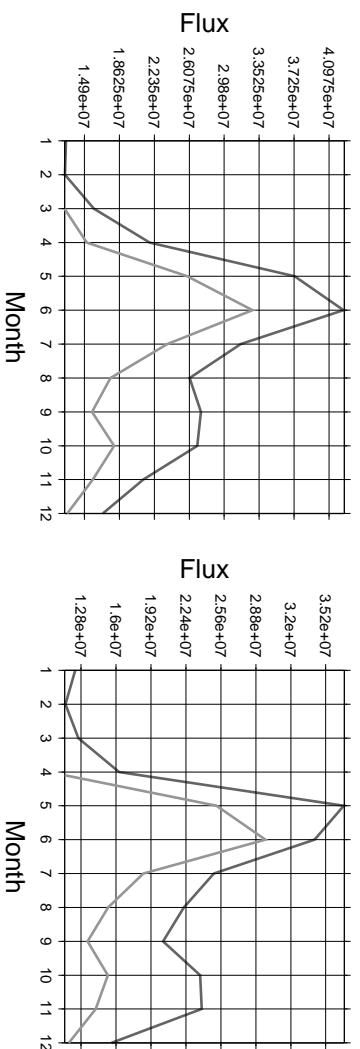
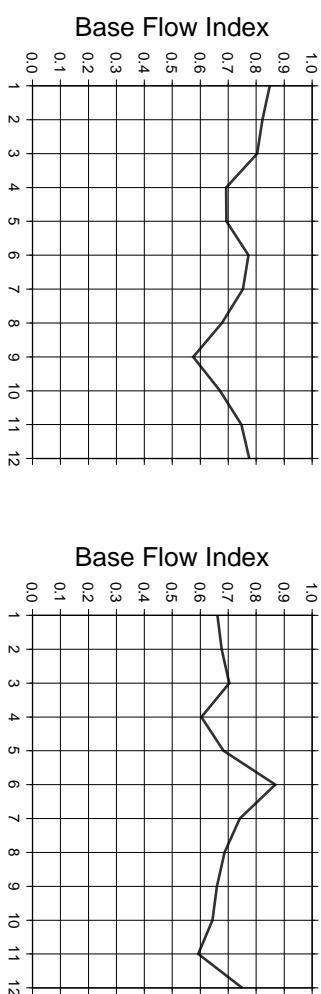


**M-016.056-3**



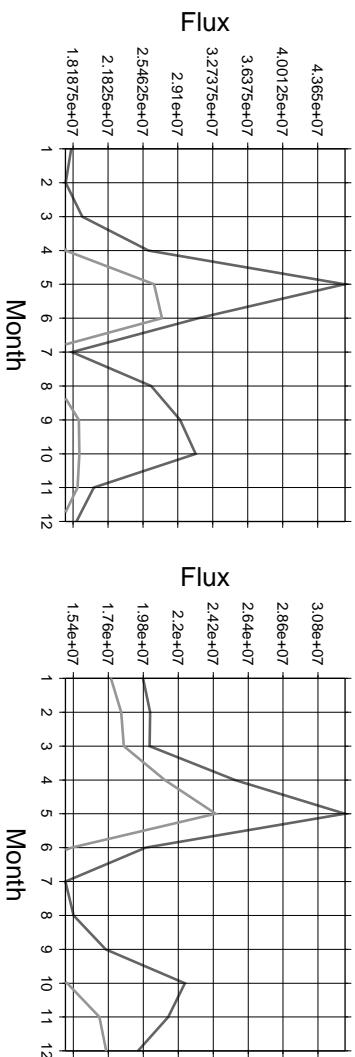
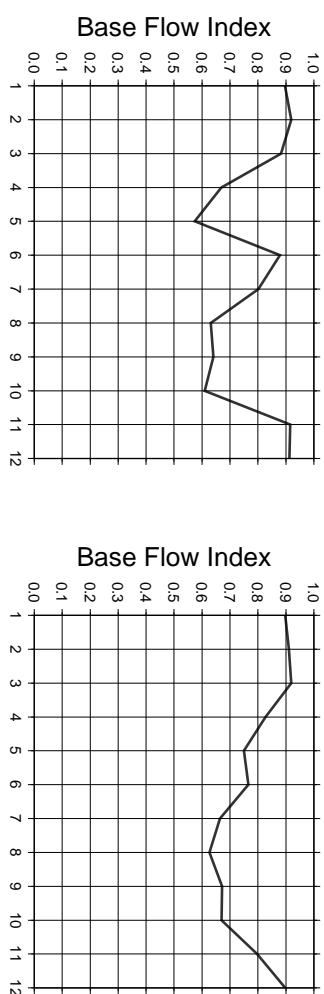
**M-016.058-1**

**M-016.058-2**

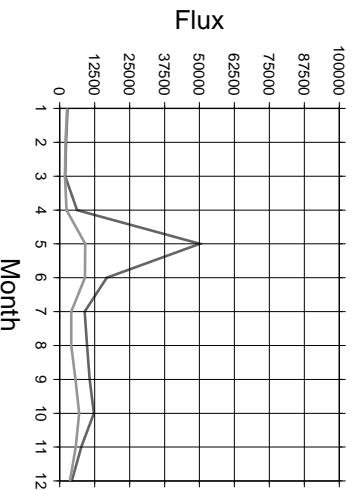
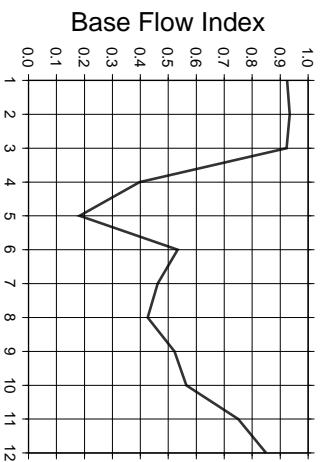


**M-016.058-3**

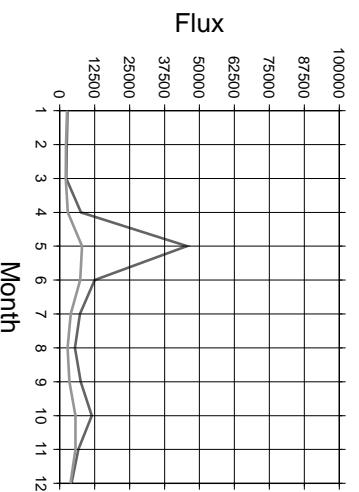
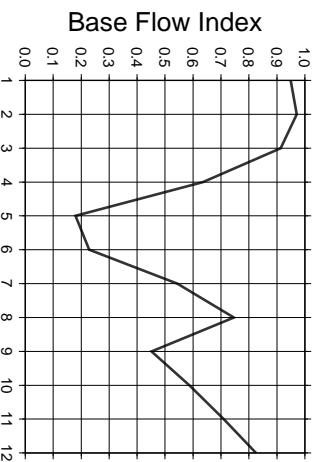
**M-016.058-4**



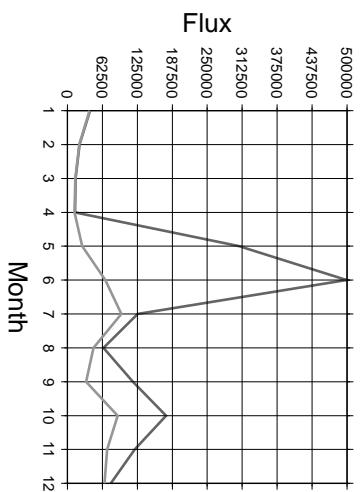
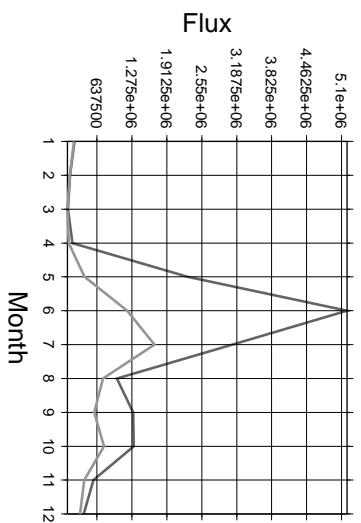
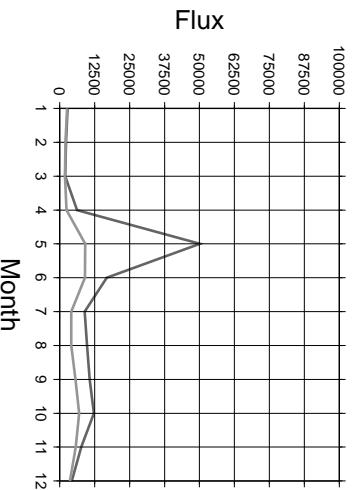
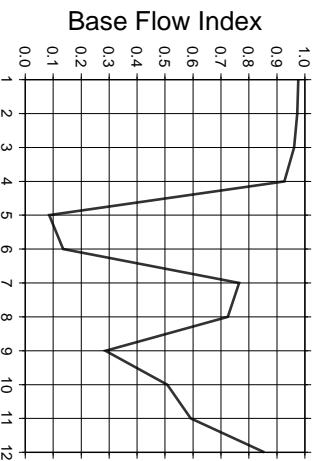
**M-016.066-1**



**M-016.068-1**

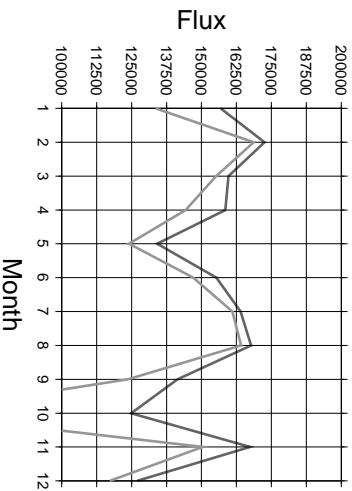
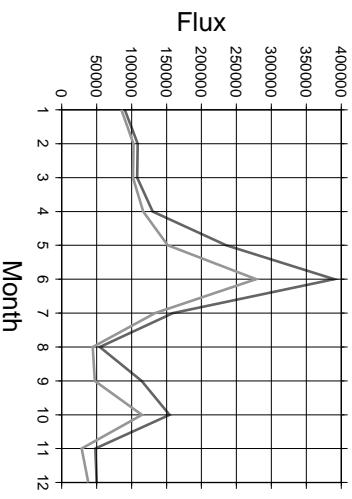
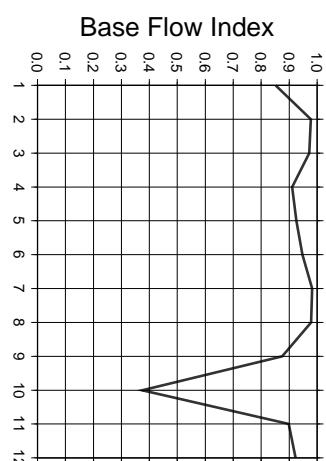
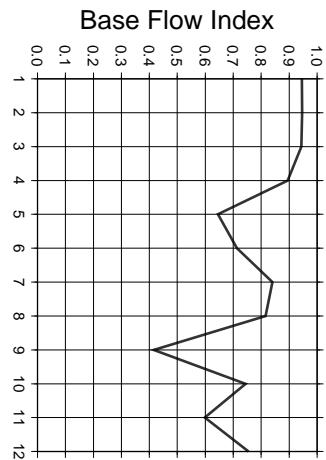


**M-016.069-1**



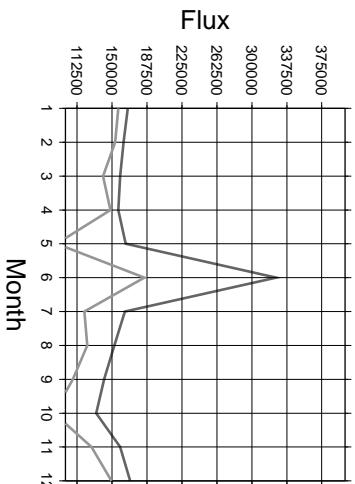
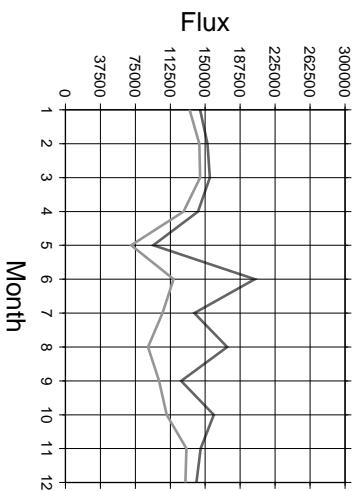
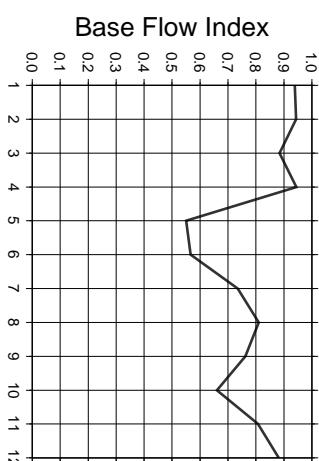
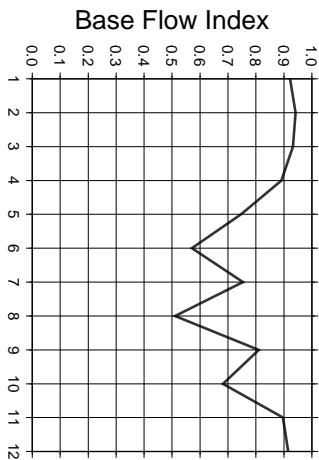
**M-016.069-2**

**M-016.069-3**

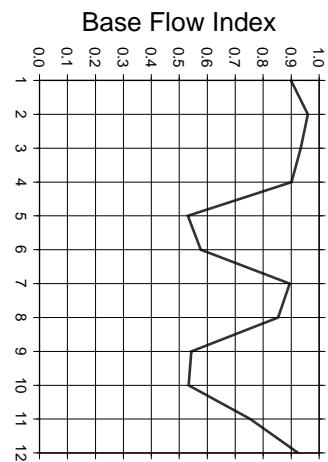


**M-016.069-4**

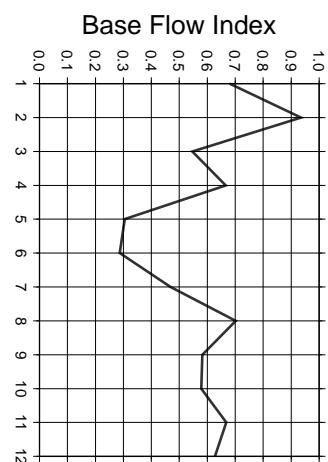
**M-016.069-5**



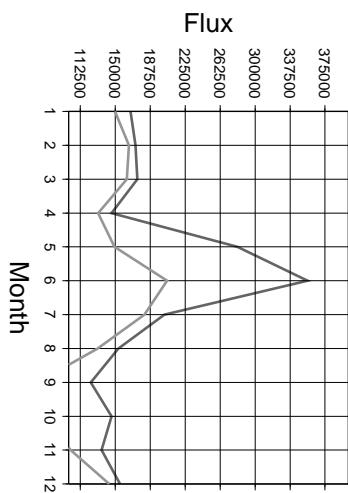
M-016.069-6



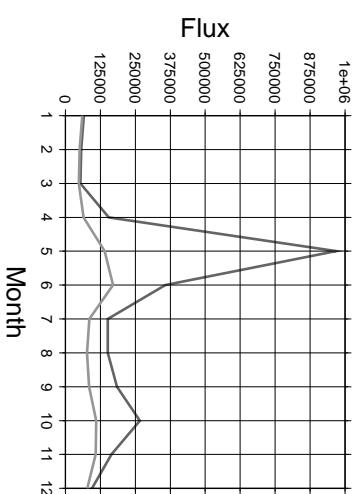
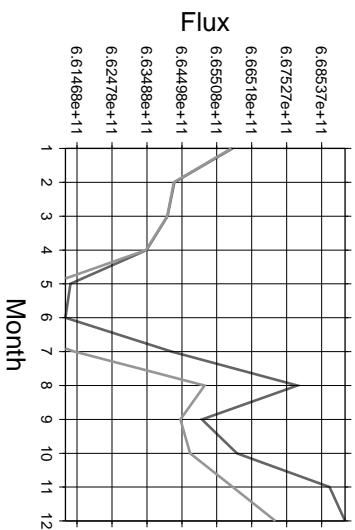
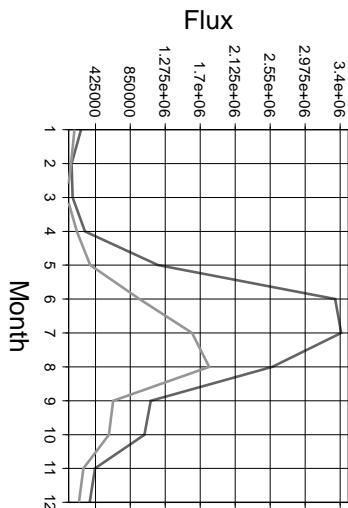
M-016.072-1



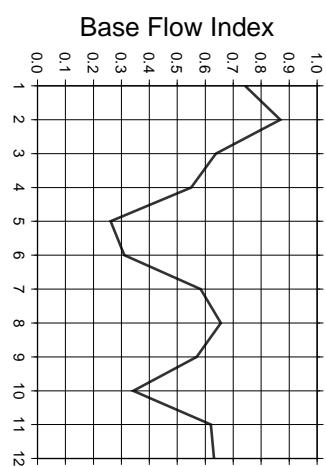
M-016.072-2



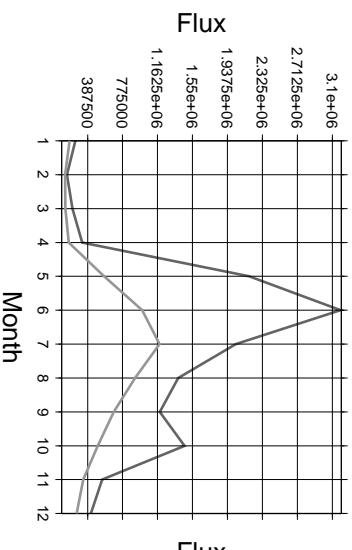
M-016.075-1



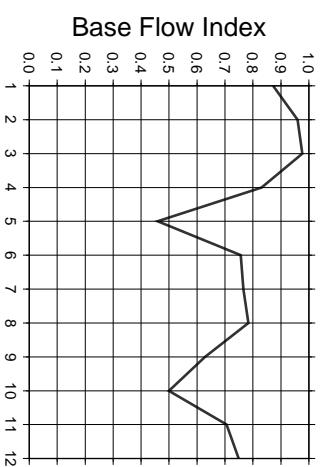
M-016.076-1



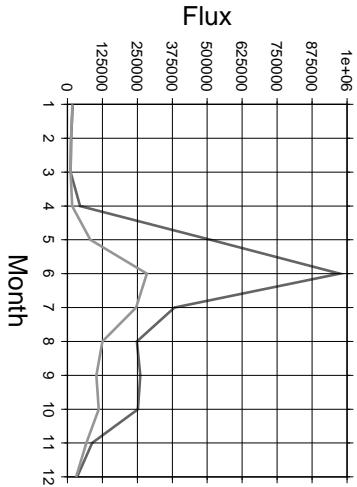
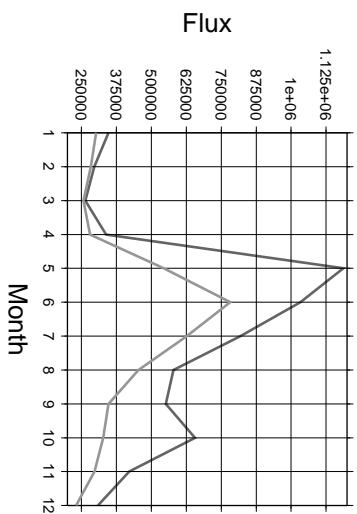
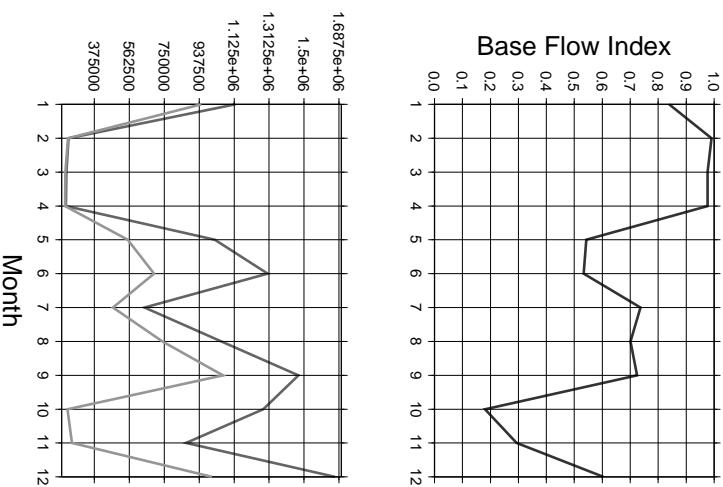
M-016.077-1



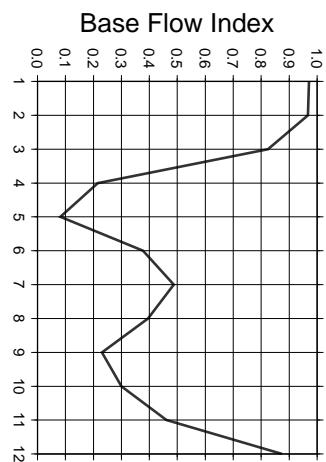
M-016.077-2



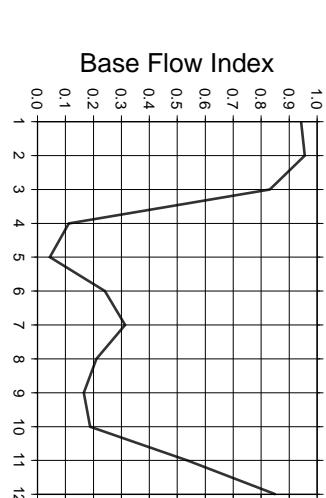
M-016.081-1



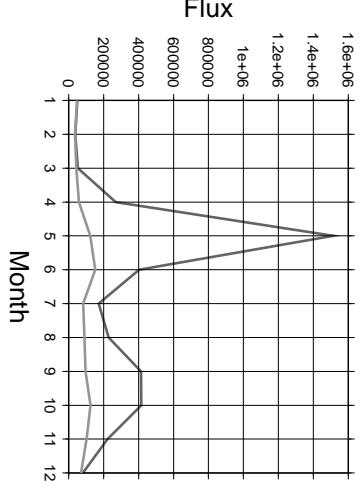
**M-016.085-1**



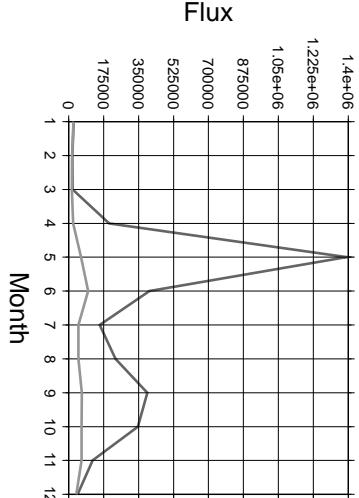
**M-016.086-1**



**M-016.095-1**

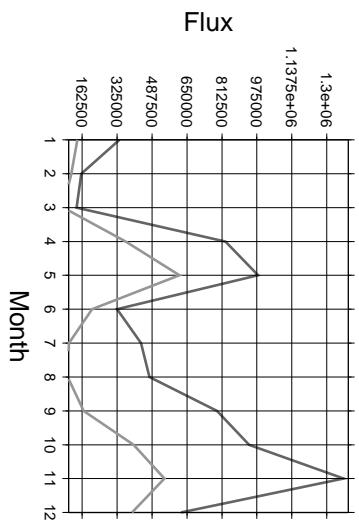
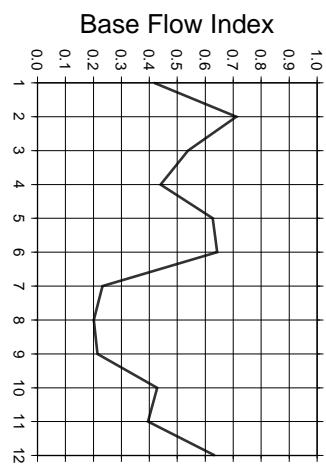


**M-016.095-2**

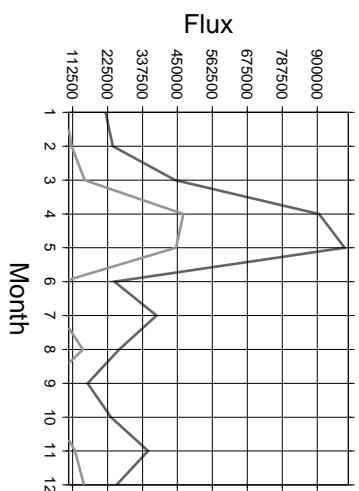


M-016.095-3

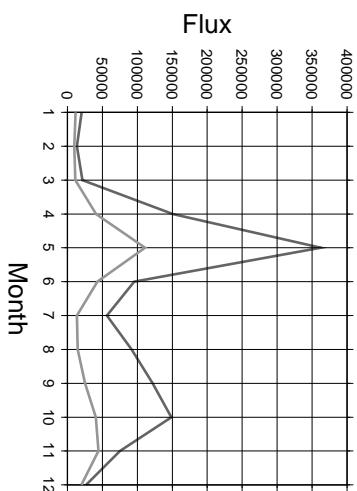
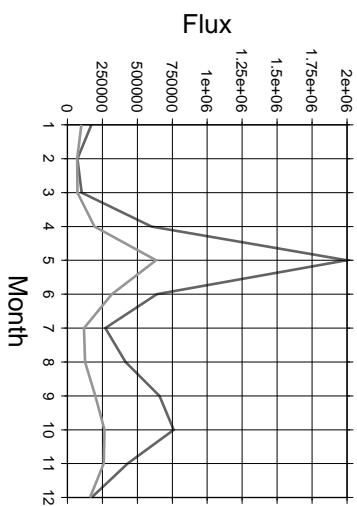
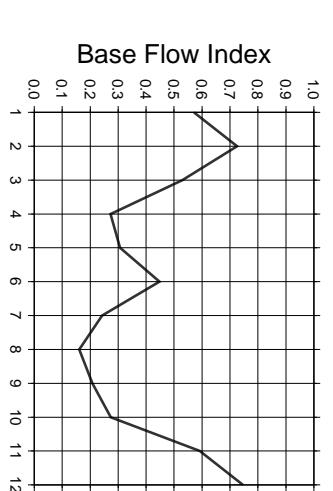
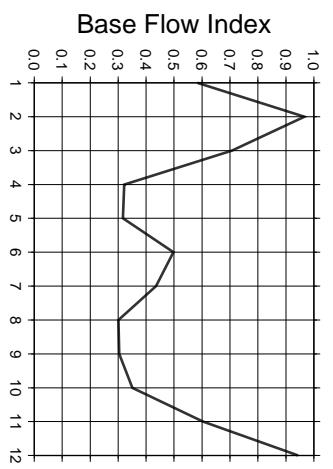
M-016.095-4



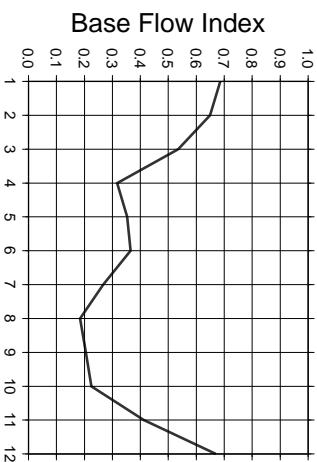
M-016.102-1



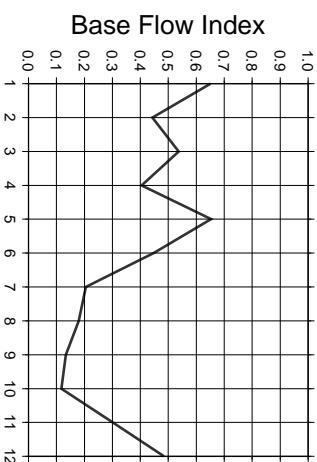
M-016.103-1



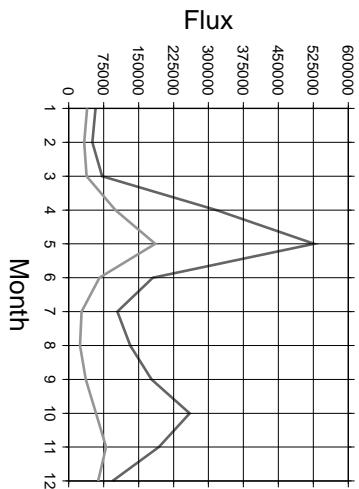
**M-016.104-1**



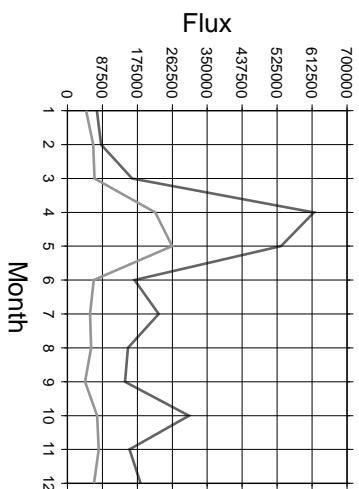
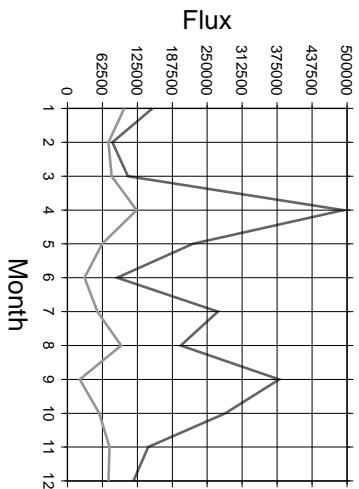
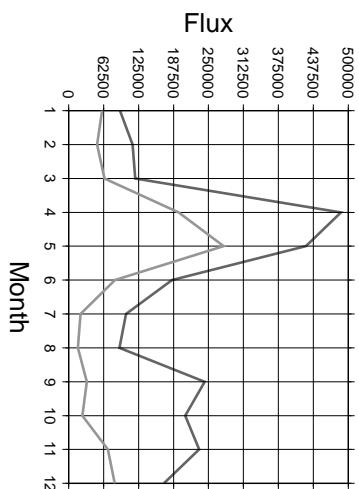
**M-016.104-2**



**M-016.104-3**

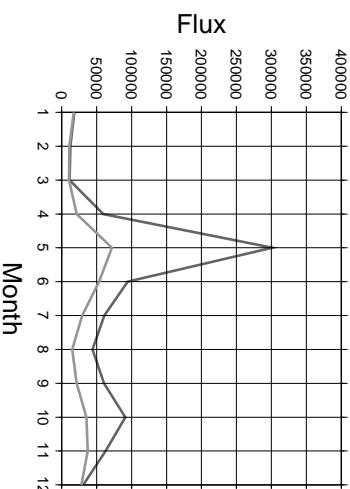
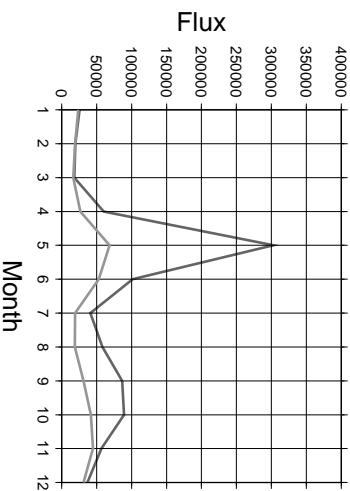
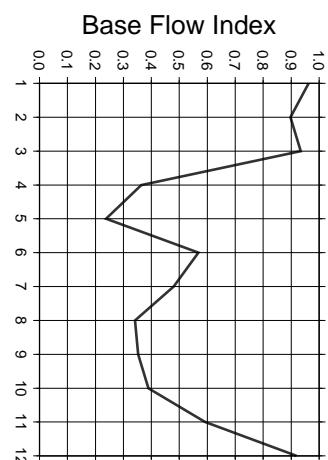
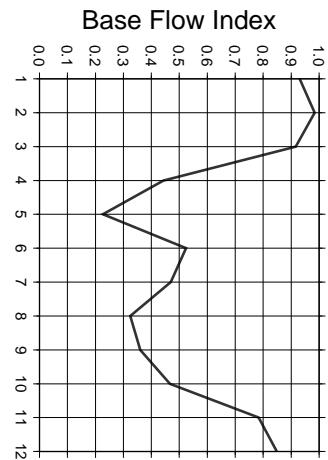


**M-016.104-4**



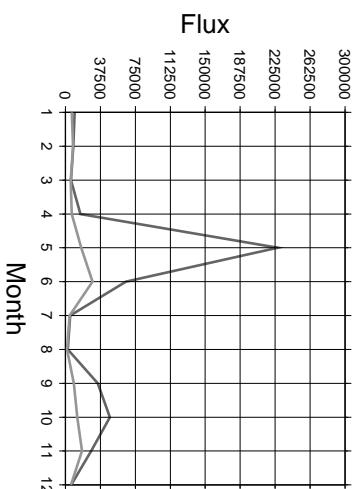
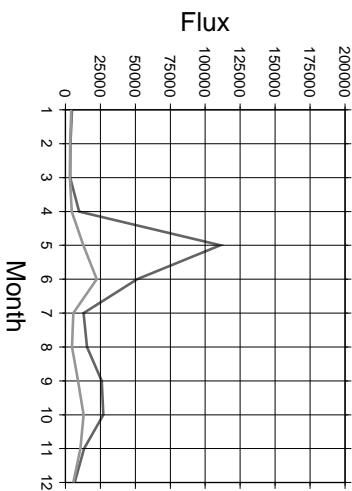
**M-016.108-1**

**M-016.108-2**

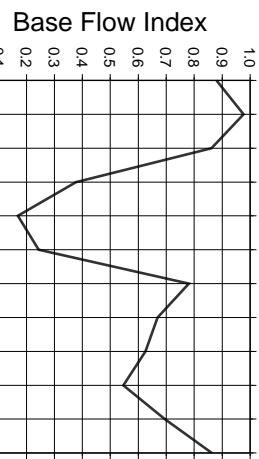


**M-016.109-1**

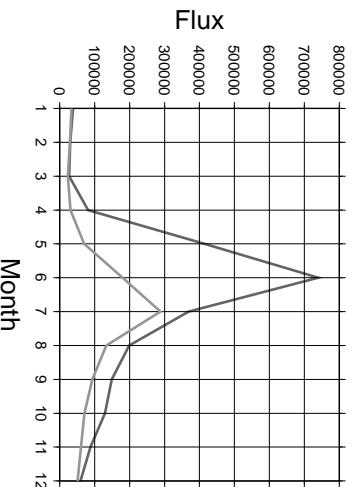
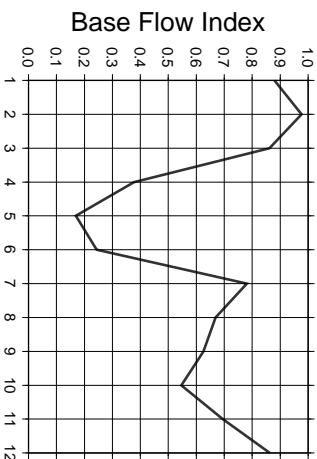
**M-016.109-2**



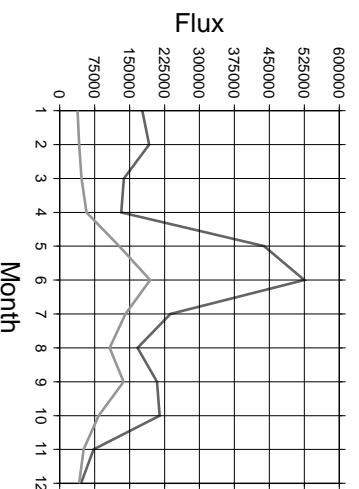
**M-016.112-1**



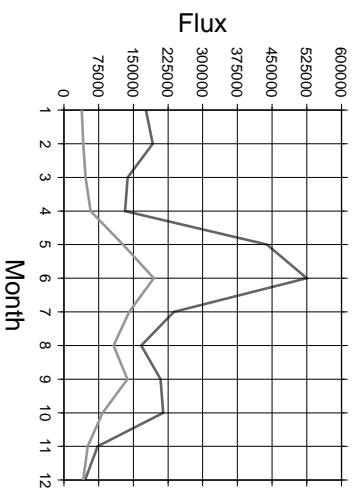
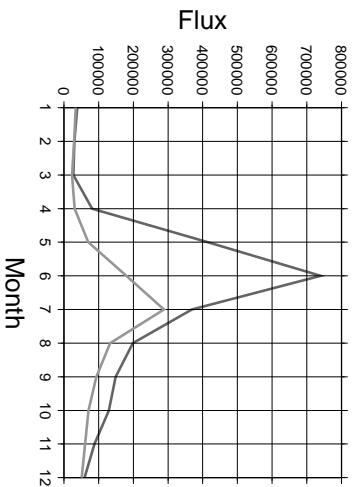
**M-016.112-2**



**M2-016.112-1**

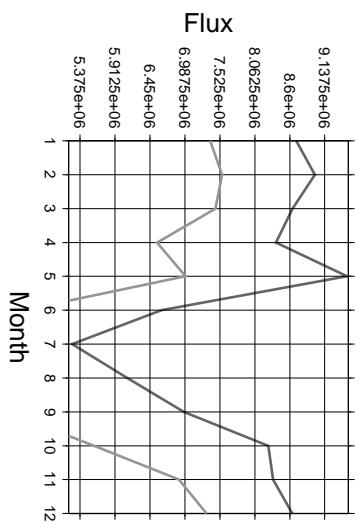
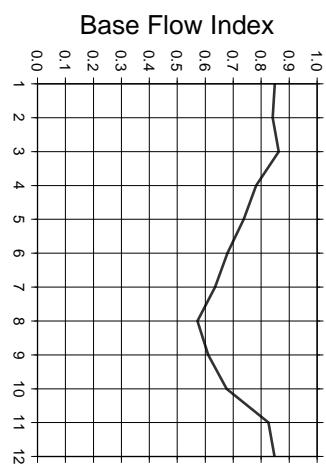


**M2-016.112-2**



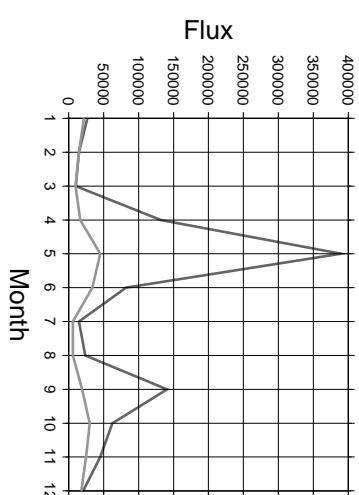
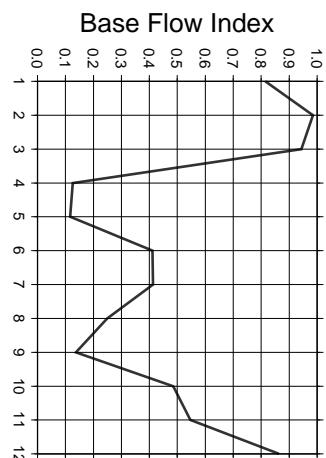
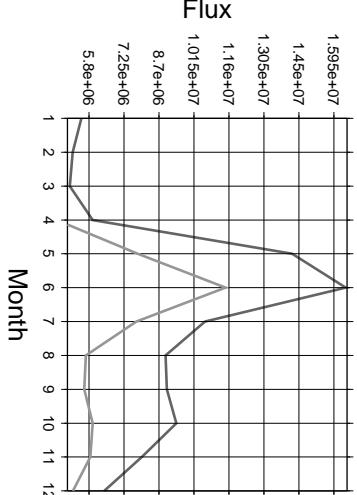
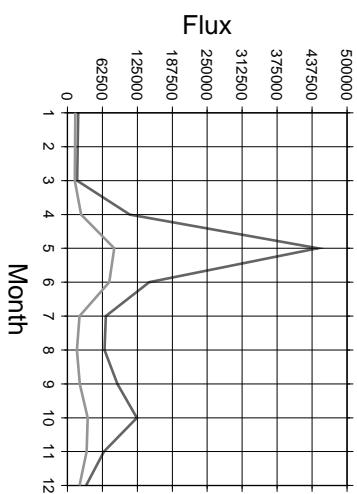
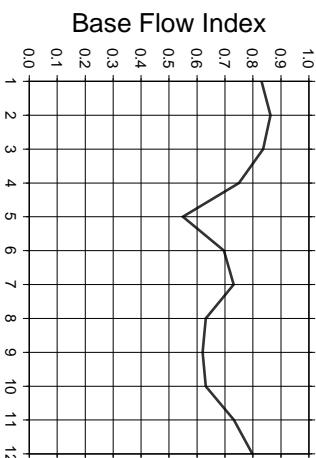
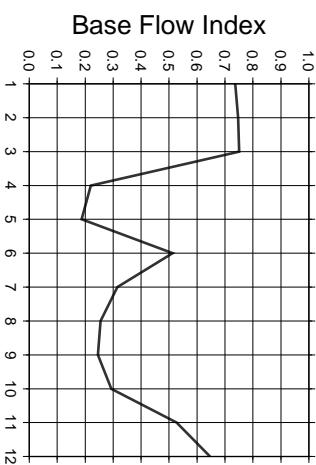
M-016.117-1

M-016.122-1

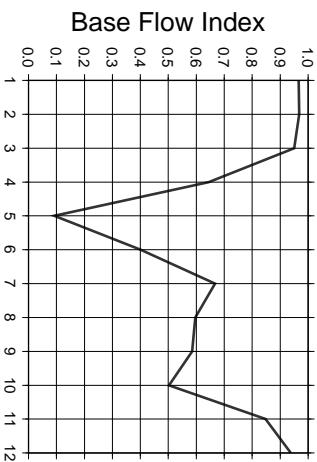


M-016.122-2

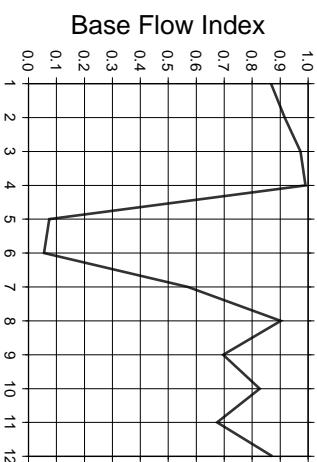
M-016.126-1



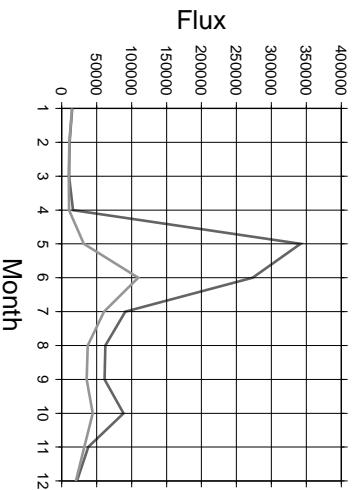
M-016.127-1



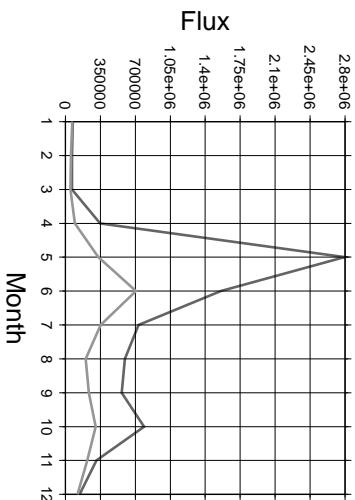
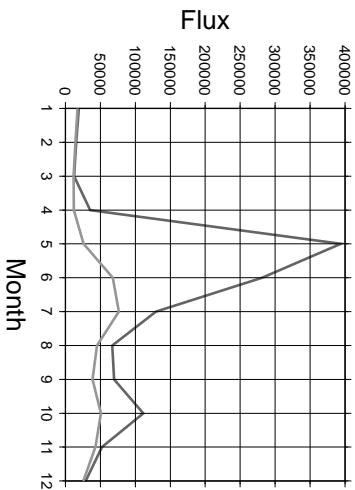
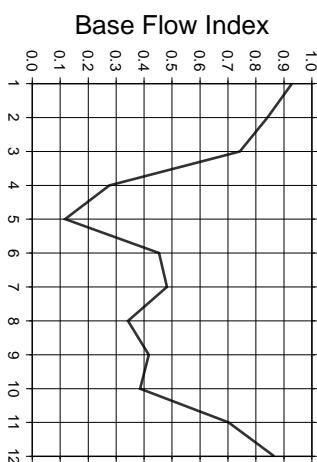
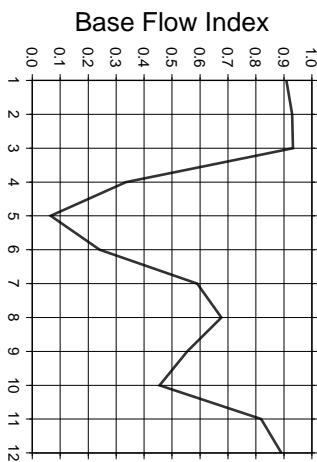
M-016.127-2



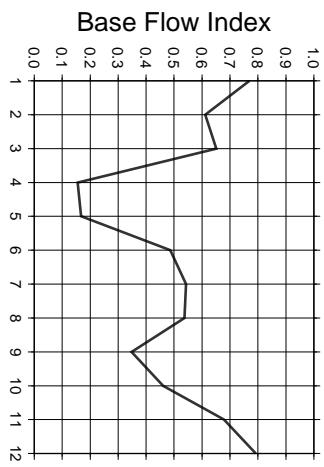
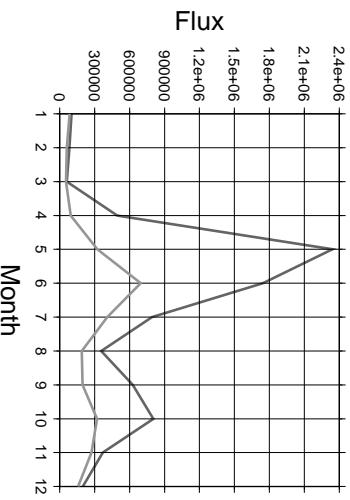
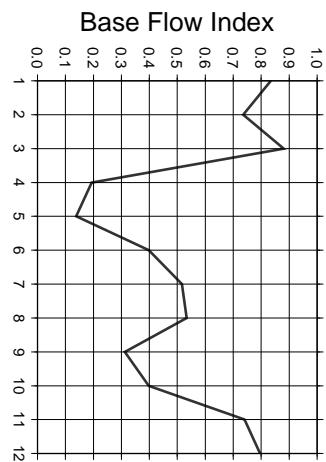
M-016.127-3



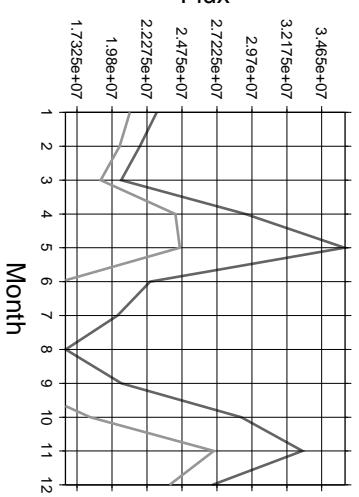
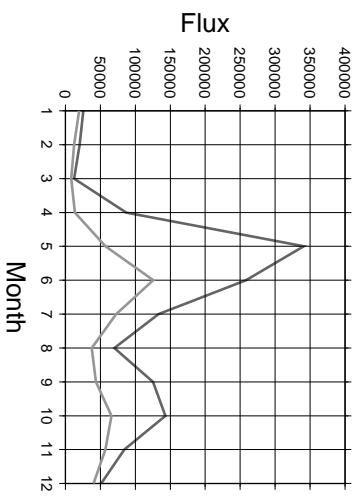
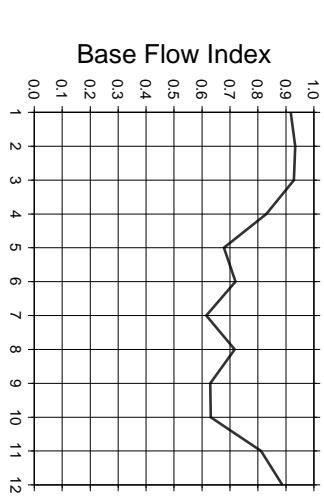
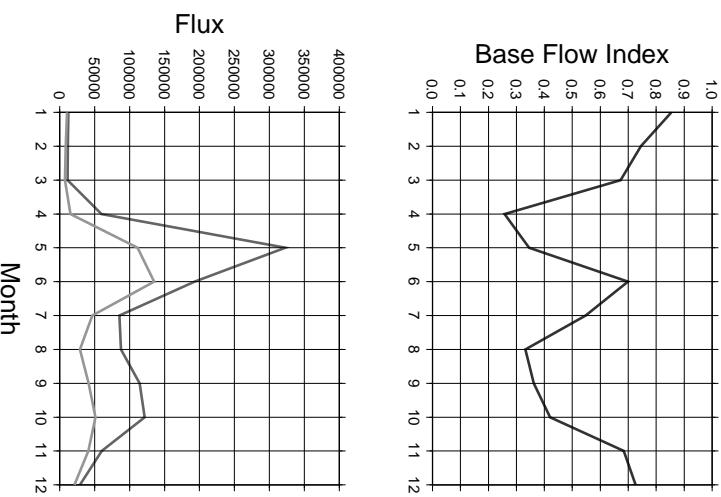
M-016.128-1



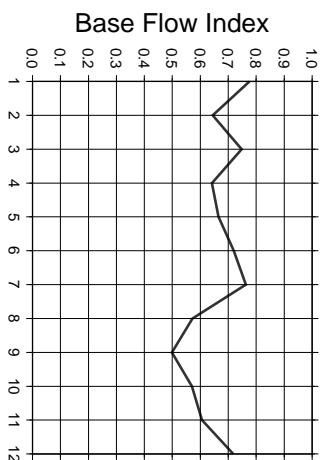
M-016.128-2



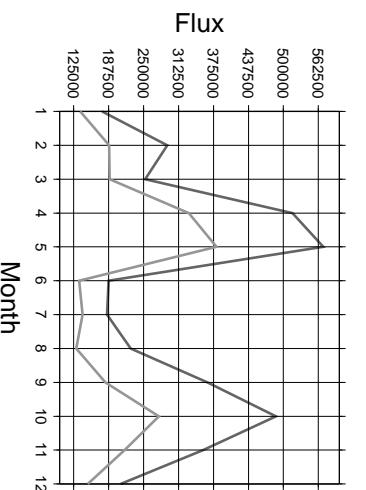
M-016.132-2



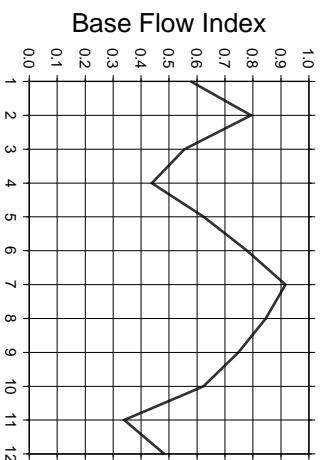
**M-016.135-1**



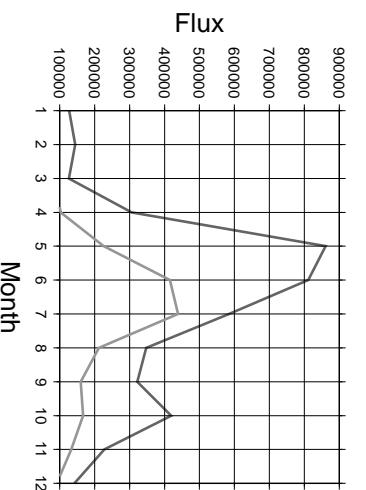
**M-016.139-1**



**M-016.139-2**



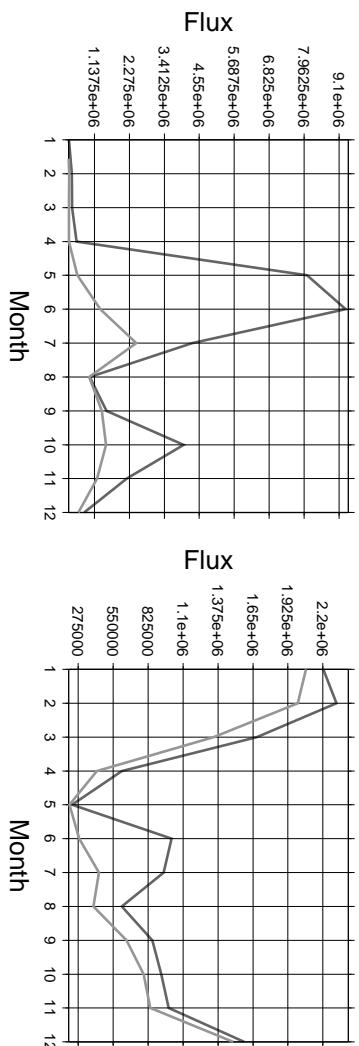
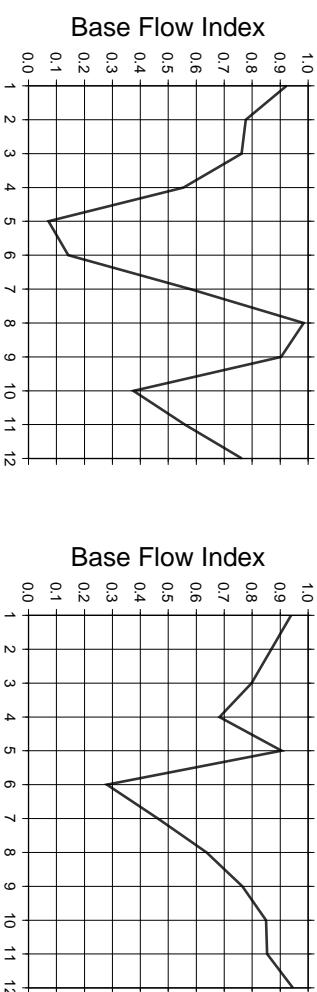
**M-016.139-3**



M-016.140-1

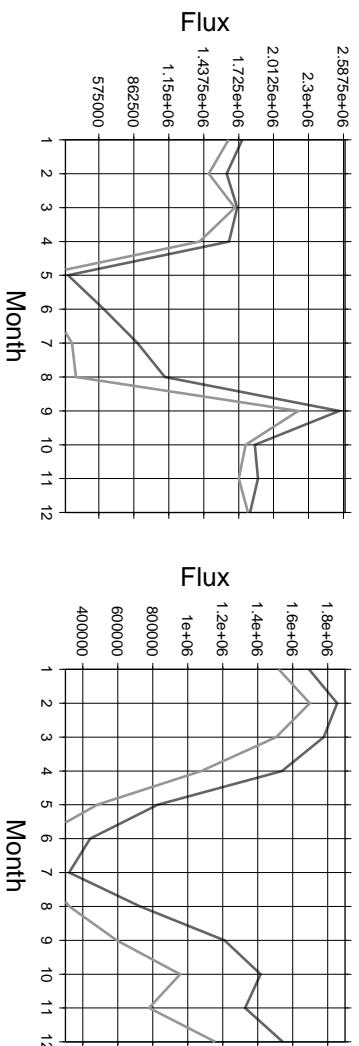
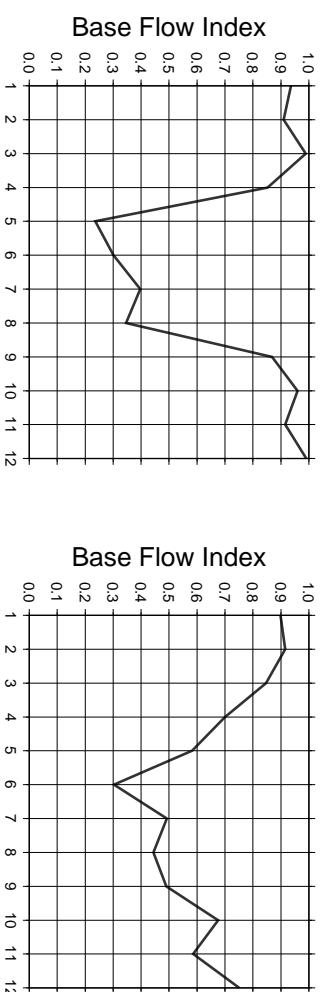
M-016.141-1

M-016.141-1

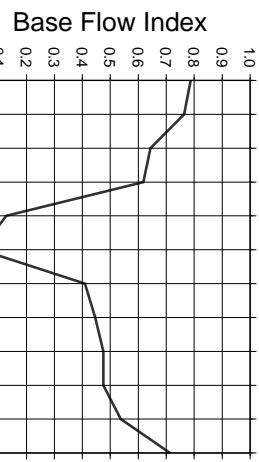


M-016.142-1

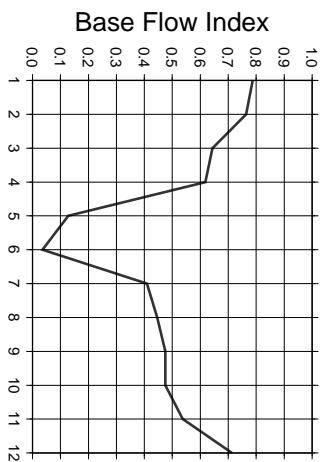
M-016.142-2



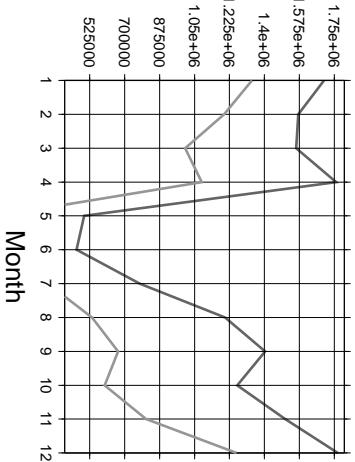
**M-016.142-3**



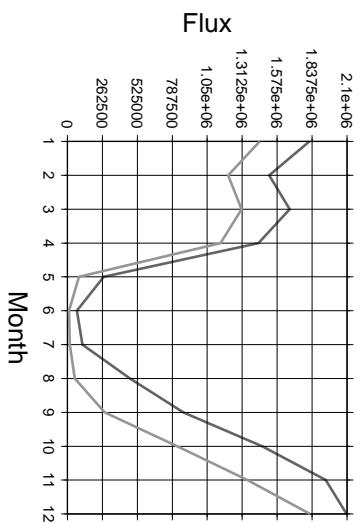
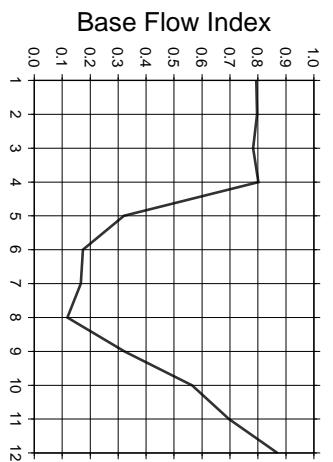
**M-016.142-4**



**M-016.142-5**

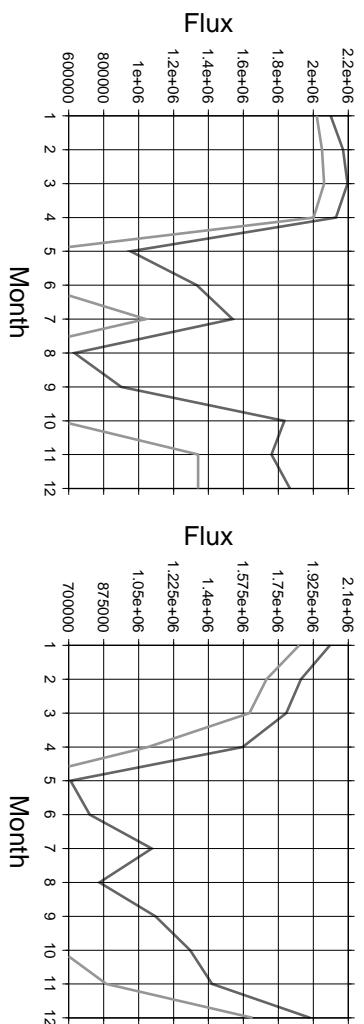
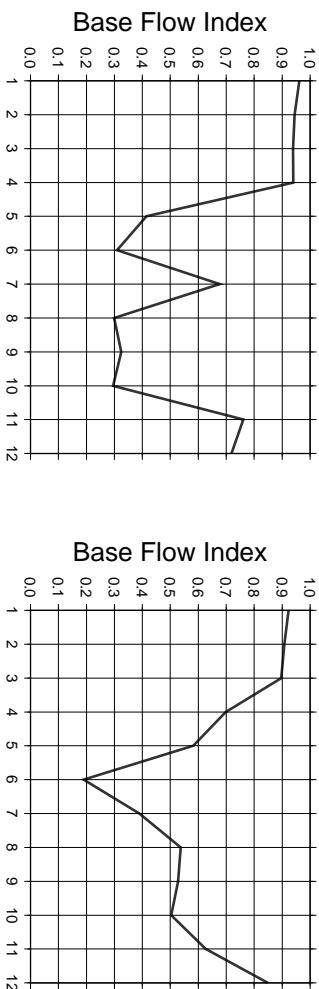


**M-016.142-6**



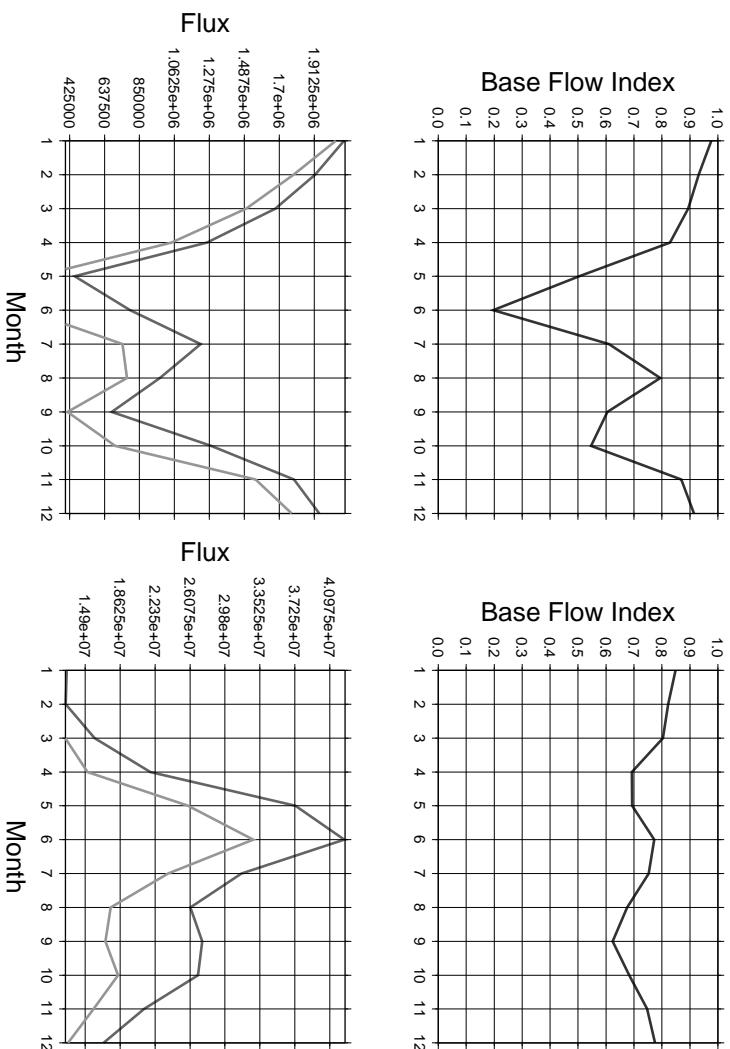
M-016.142-7

M-016.142-8

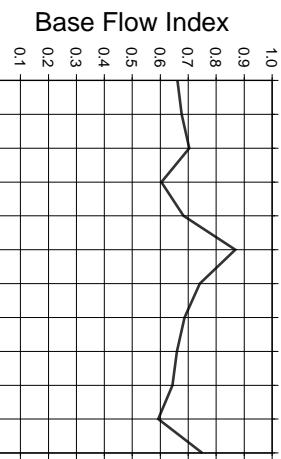


M-016.142-9

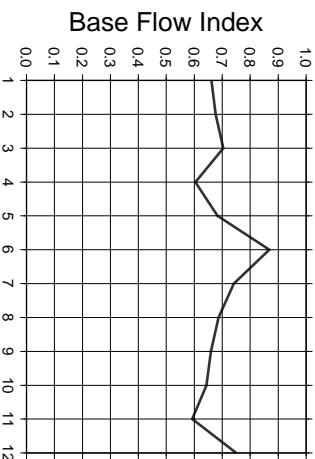
M-016.153-1



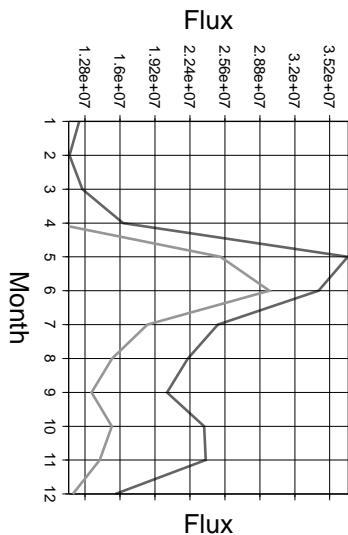
M-016.153-2



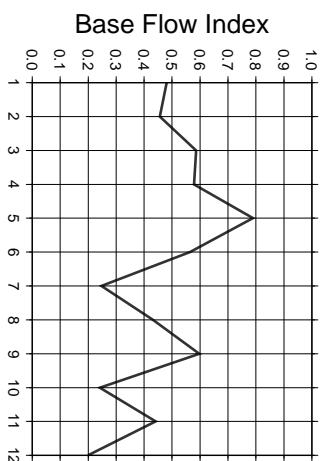
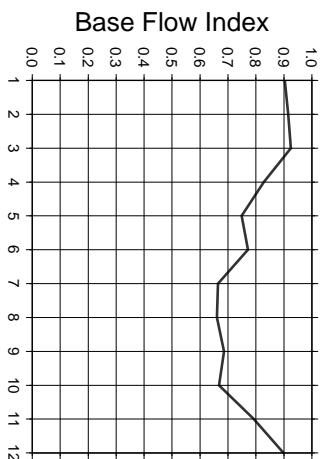
M-016.153-3



M-016.153-4

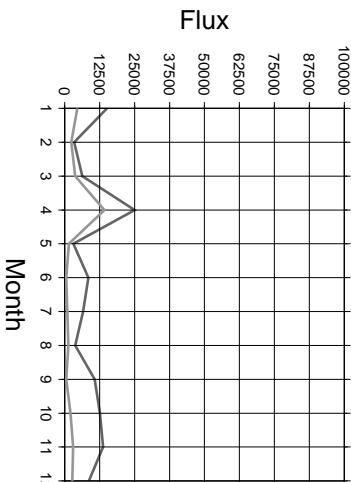
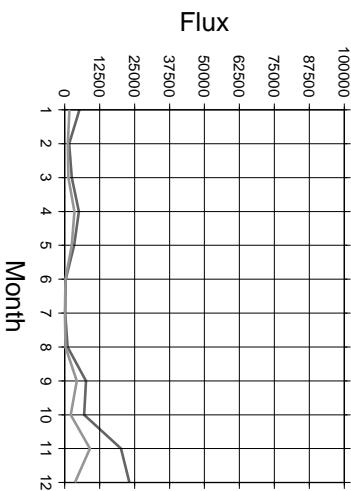
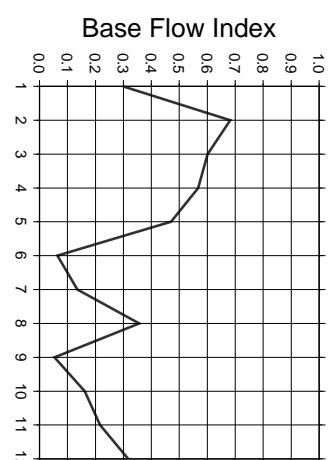
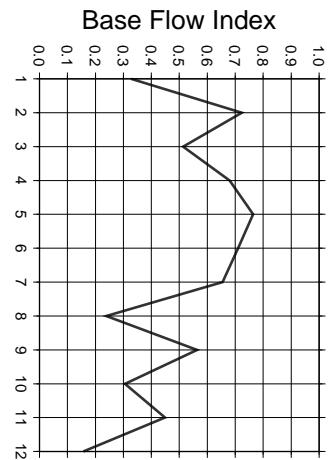


M-016.154-1



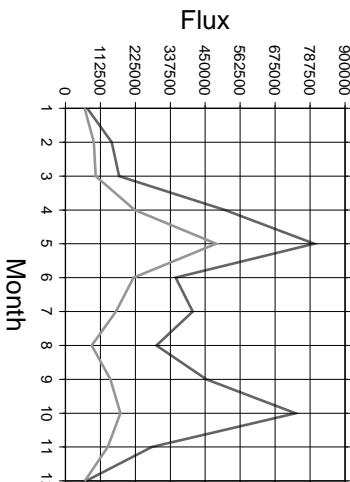
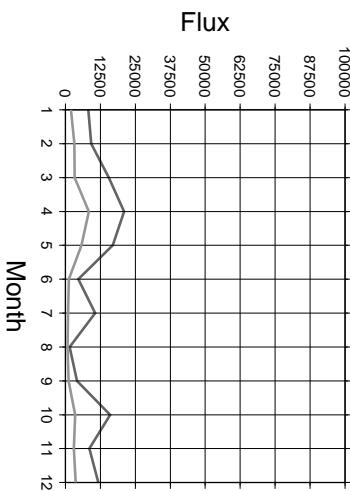
**M-016.154-2**

**M-016.154-3**

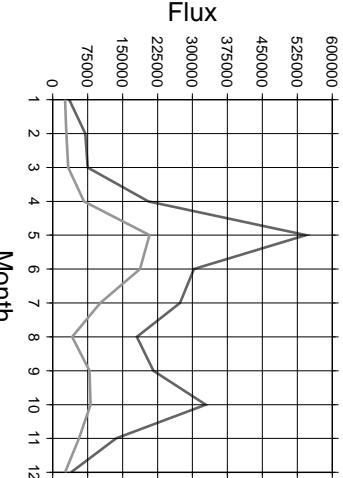
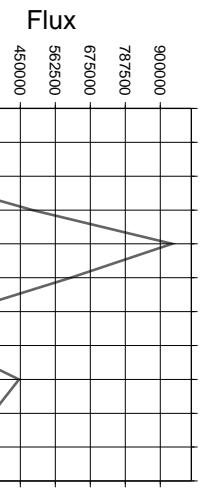
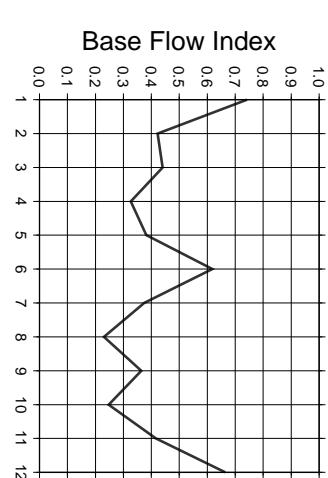
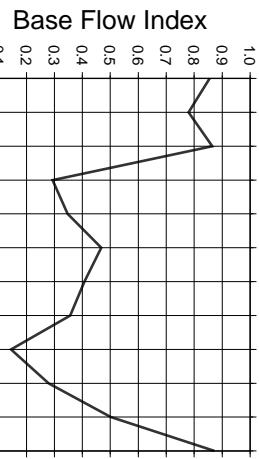


**M-016.154-4**

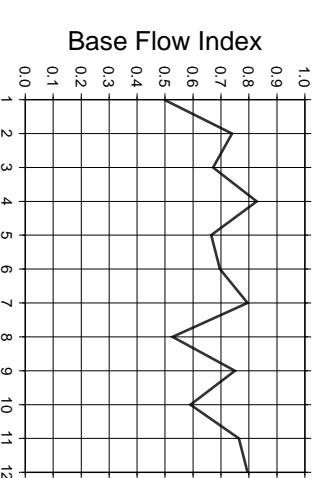
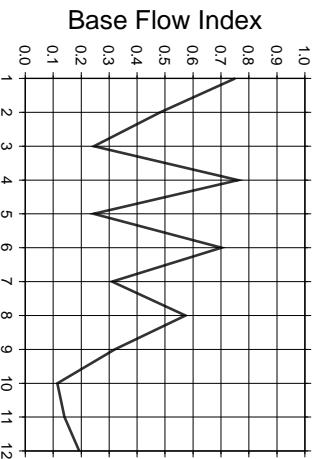
**M-016.155-1**



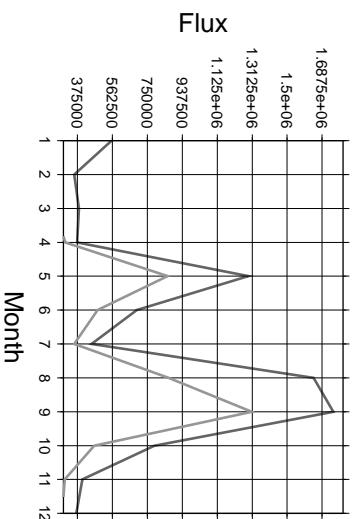
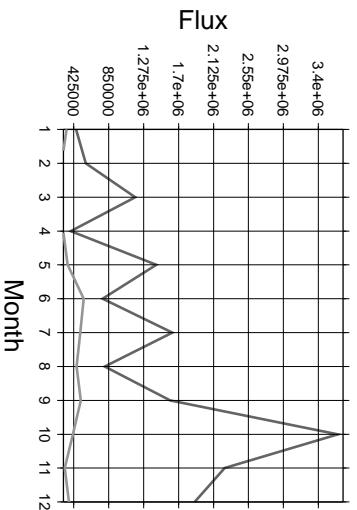
M-016.155-2



M-016.187-1

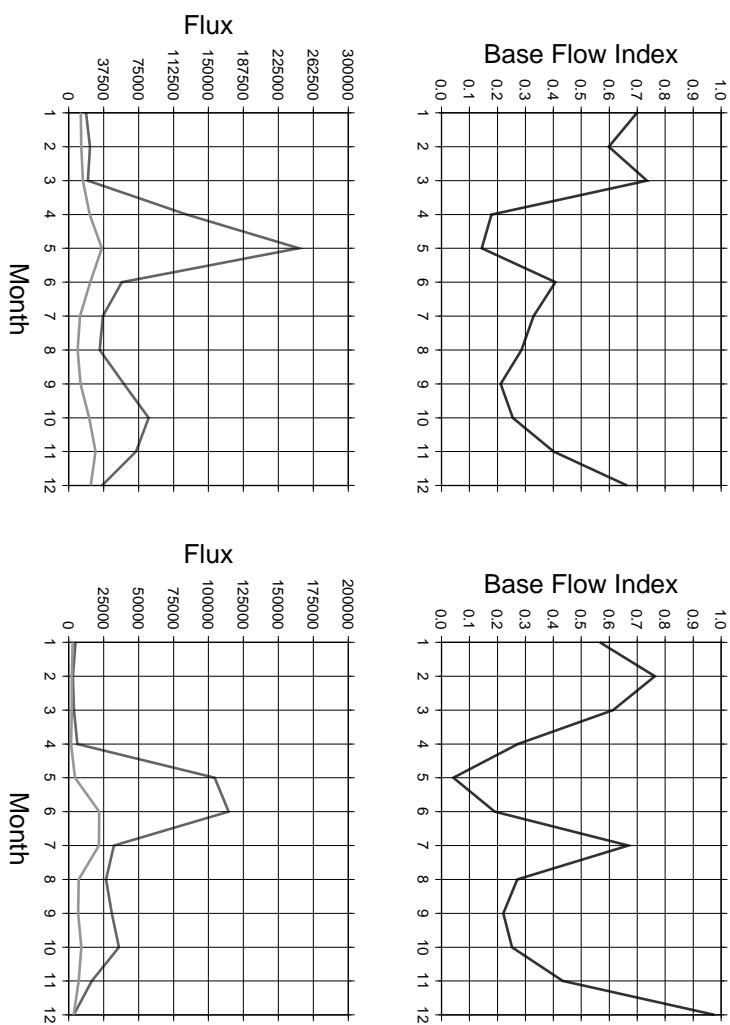


M-016.187-2



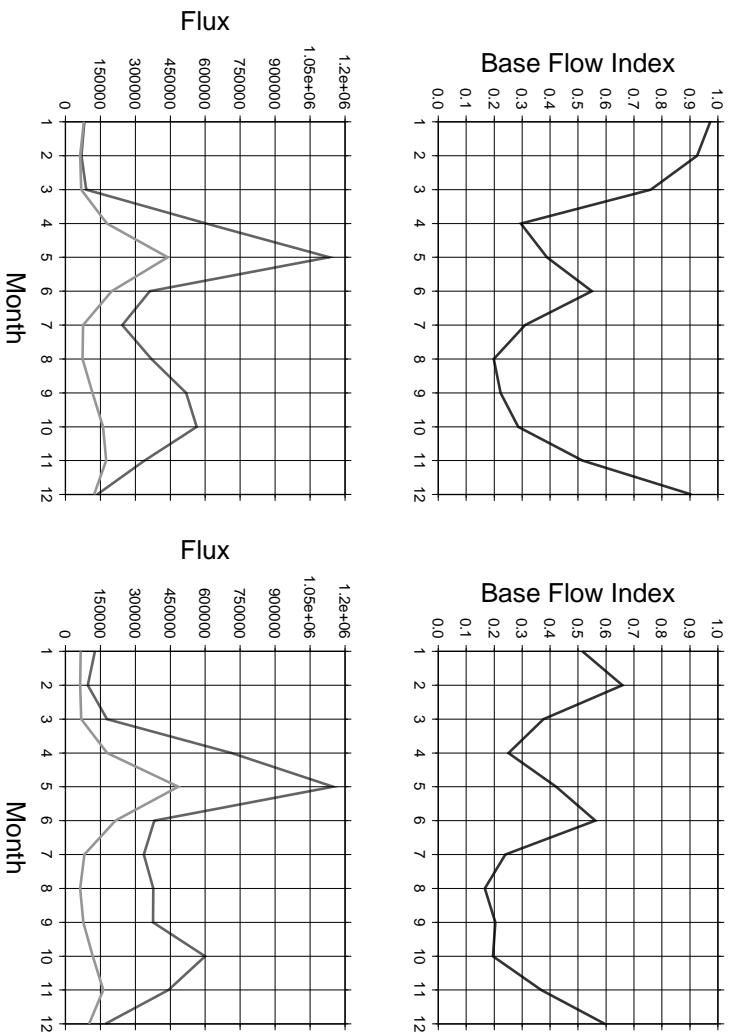
M-016.189-1

M-016.190-1

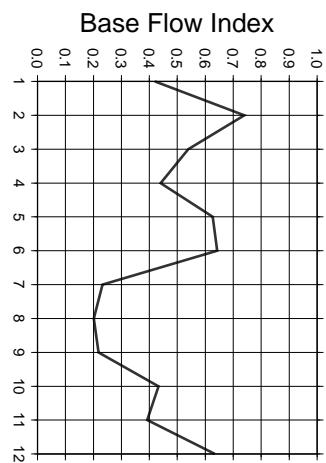


M-016.193-1

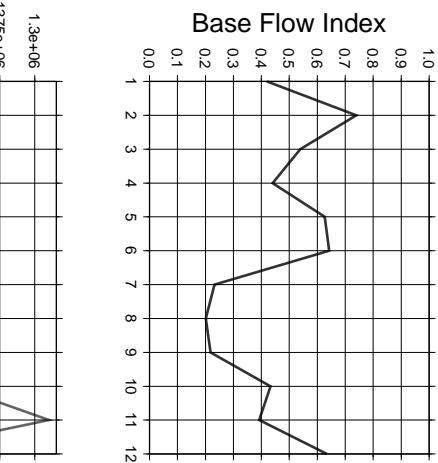
M-016.193-2



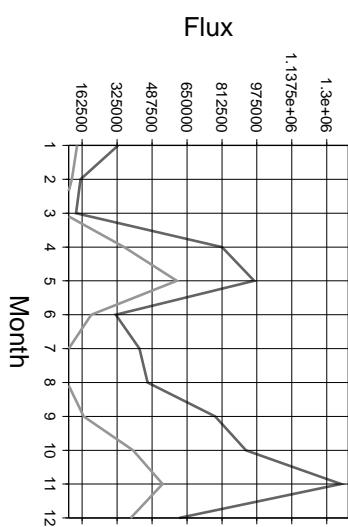
M-016.193-3



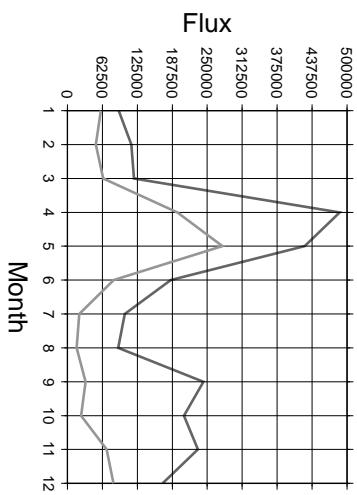
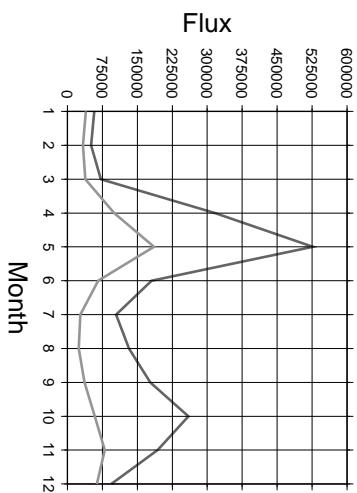
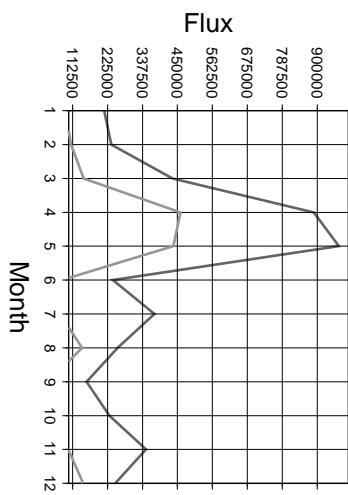
M-016.193-4



M-016.194-1

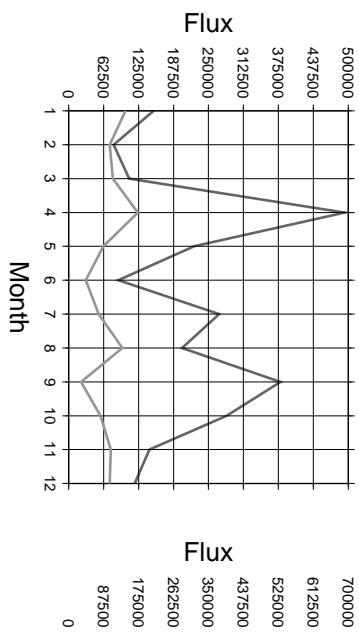
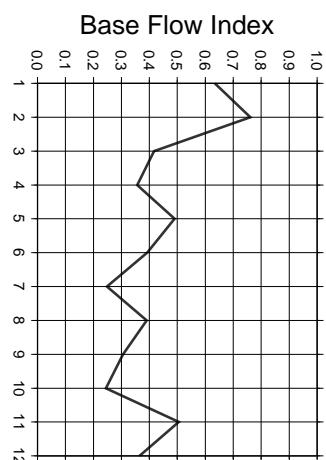
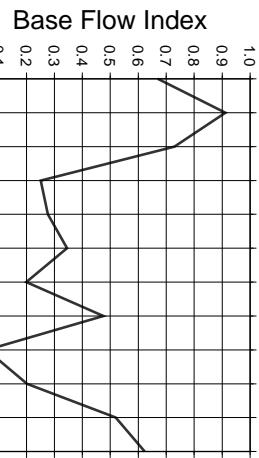


M-016.194-2

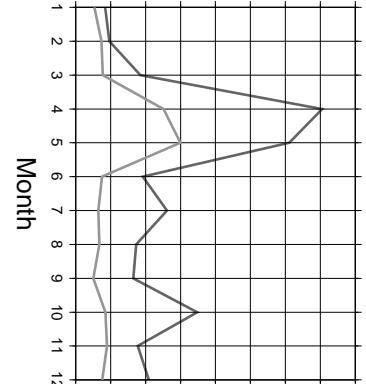


M-016.194-3

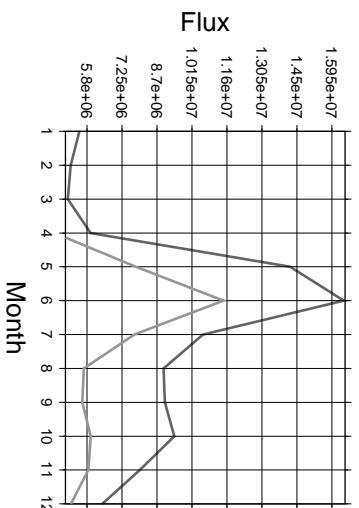
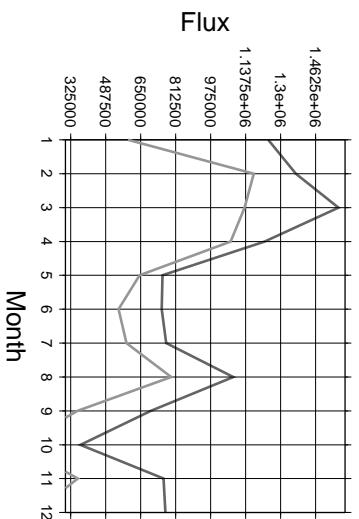
M-016.194-4



M-016.195-1

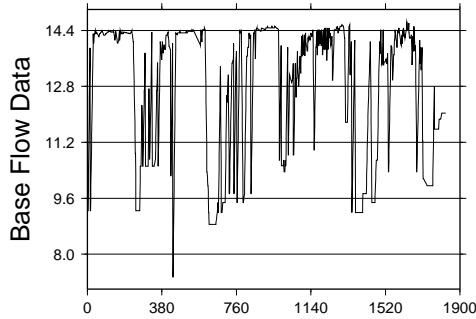


M-016.203-1

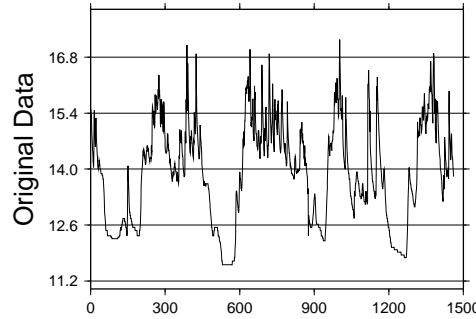
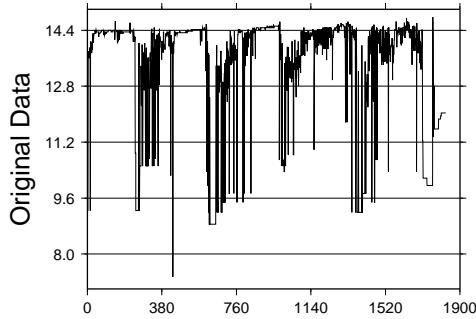
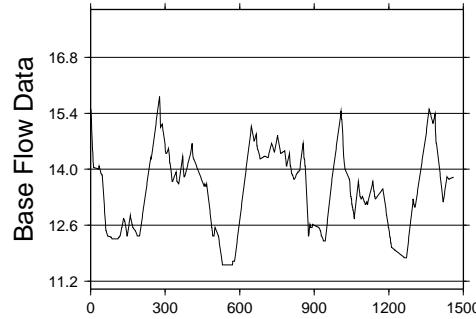


# Vedlegg 3

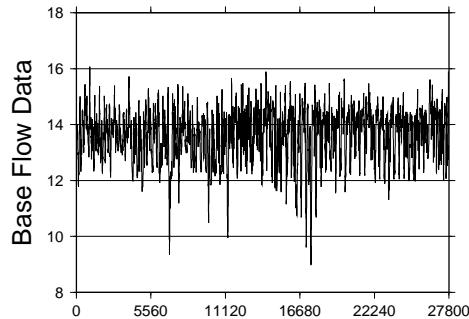
S-016.009-1



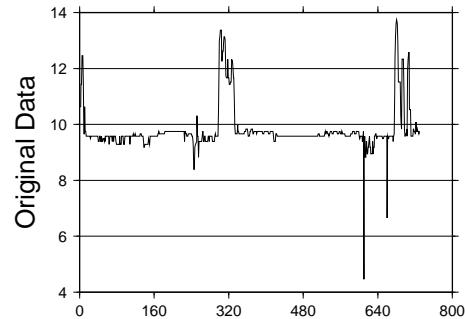
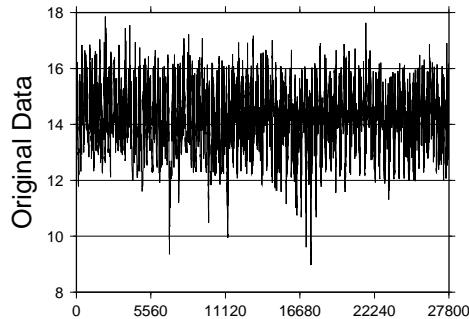
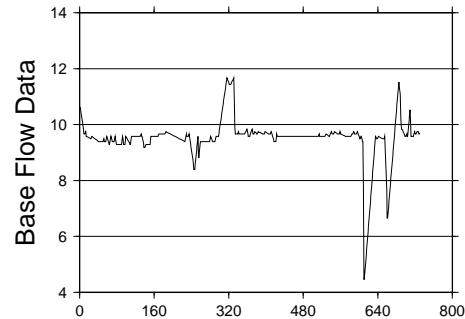
S-016.010-1



S-016.010-2

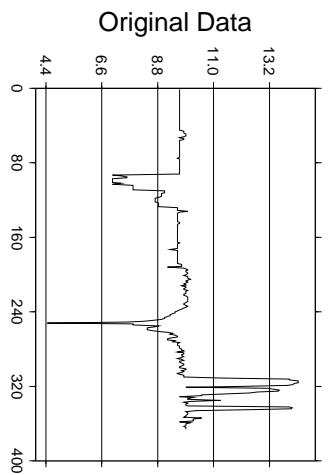
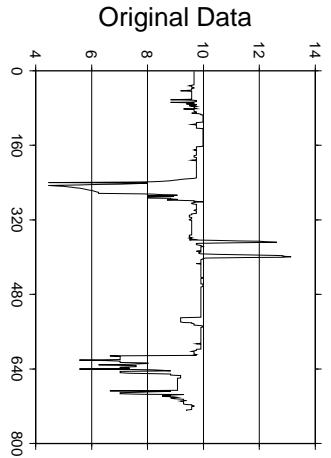
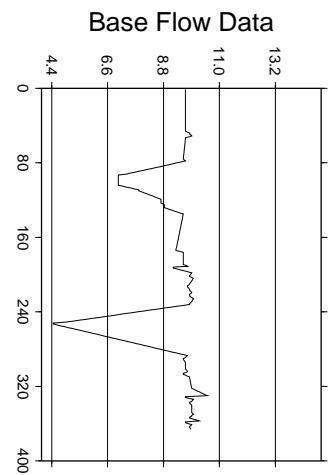
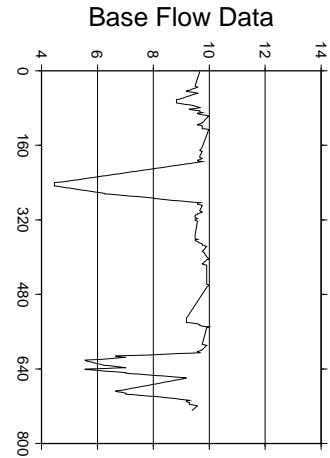


S-016.019-1



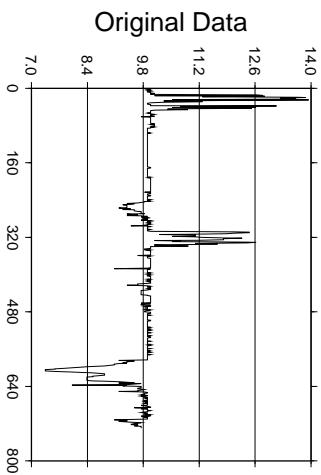
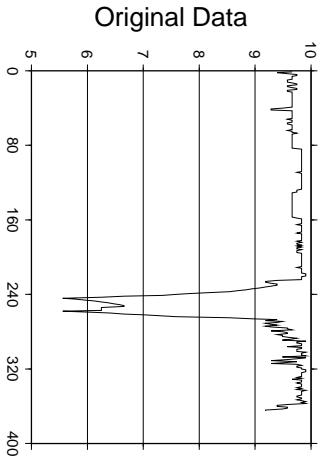
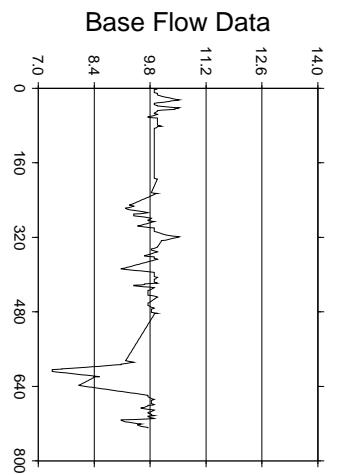
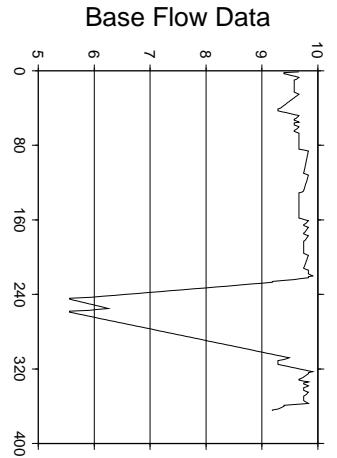
**S-016.019-2**

**S-016.019-3**

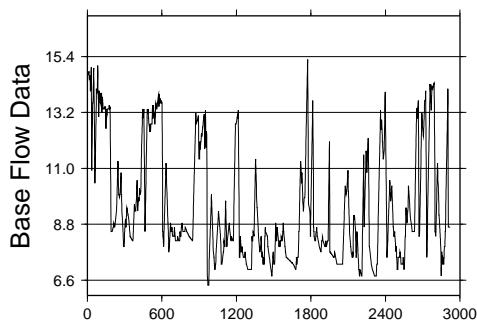


**S-016.019-4**

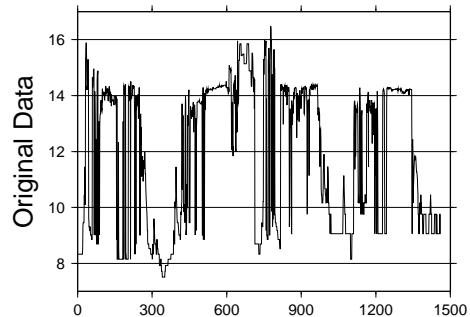
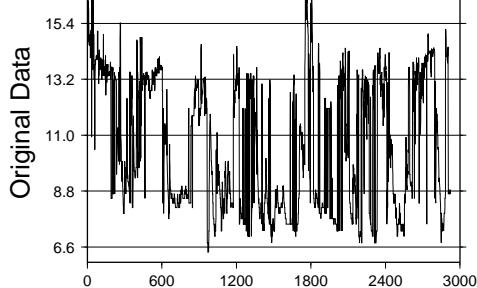
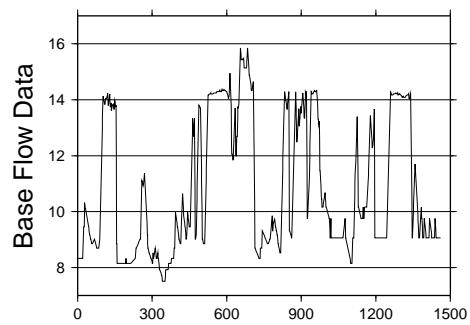
**S-016.019-5**



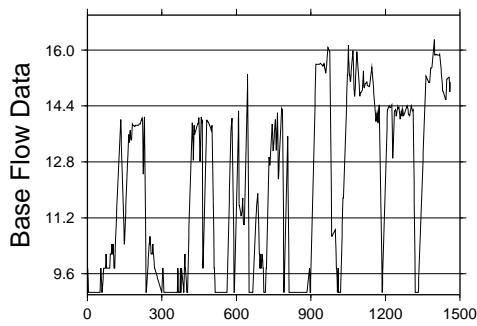
**S-016.019-6**



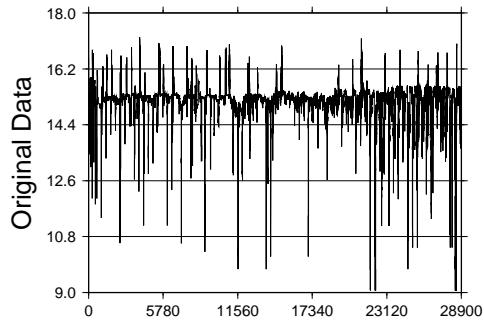
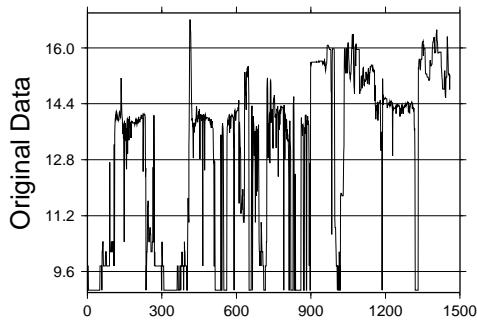
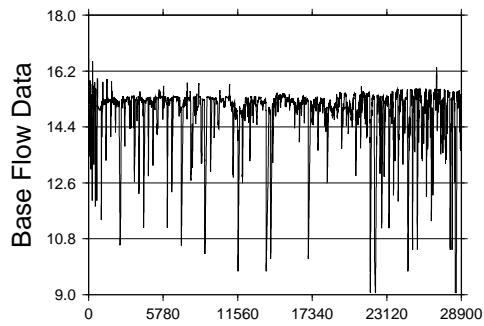
**S-016.019-7**



**S-016.019-8**

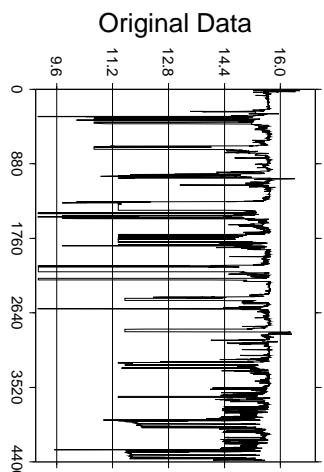
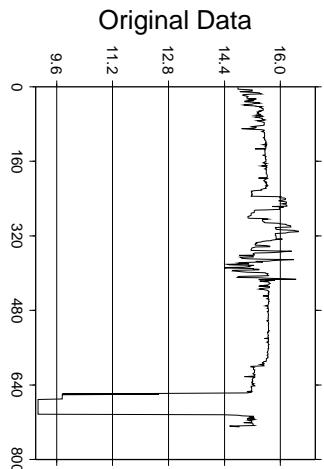
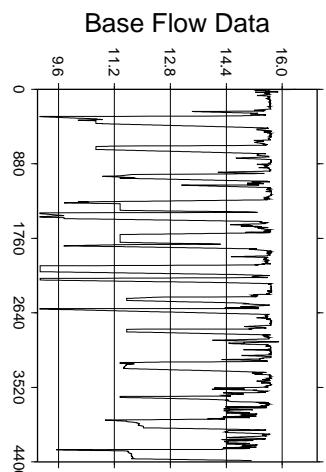
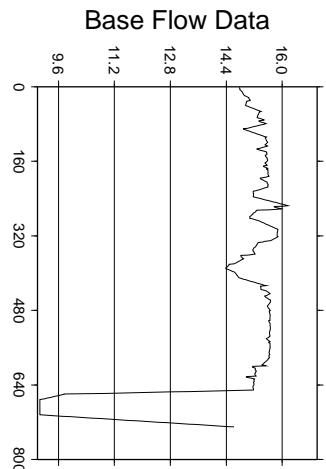


**S-016.020-1**



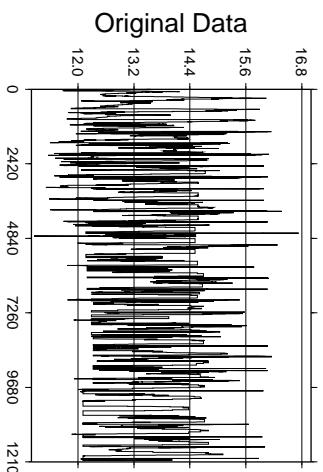
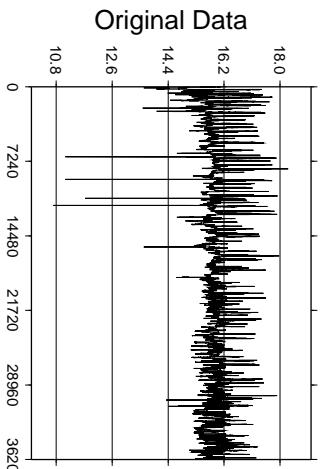
**S-016.020-2**

**S-016.020-3**

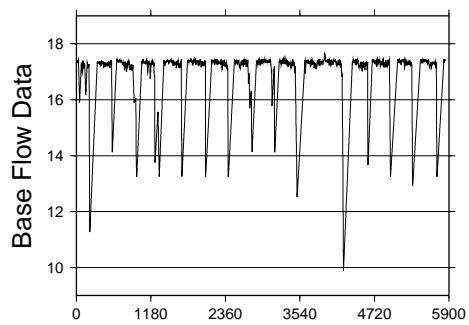


**S-016.023-1**

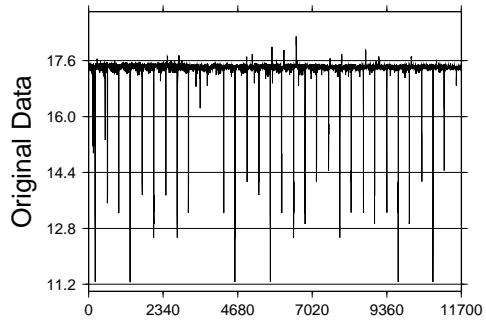
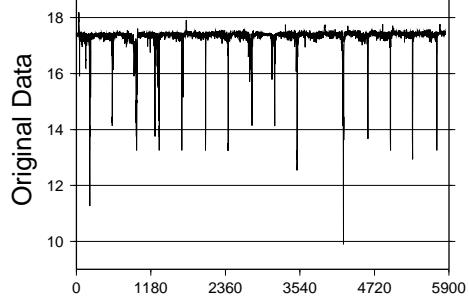
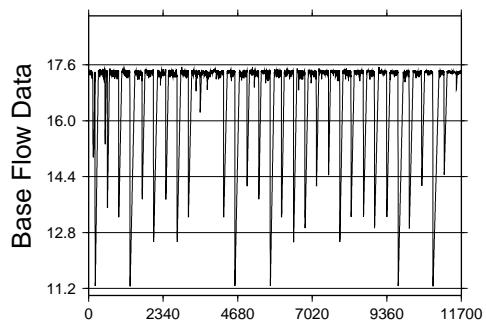
**S-016.028-1**



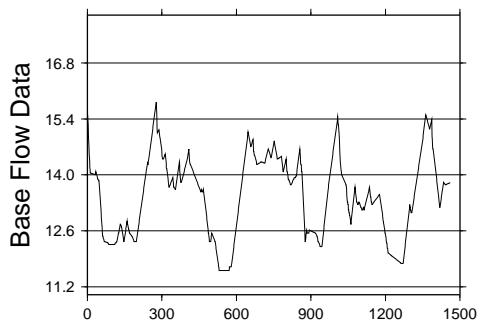
**S-016.030-1**



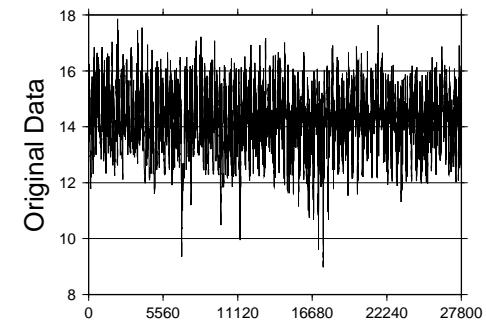
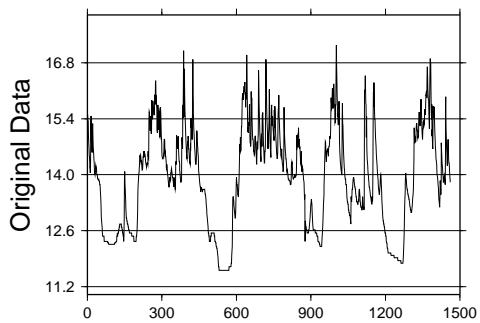
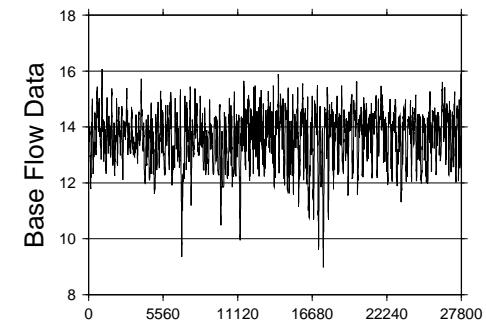
**S-016.030-2**



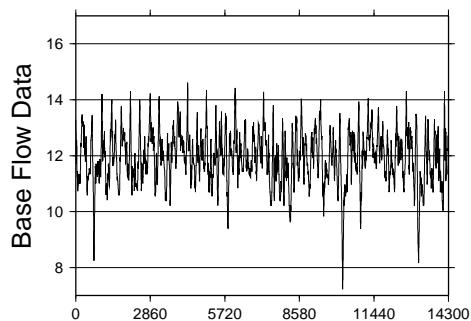
**S-016.031-1**



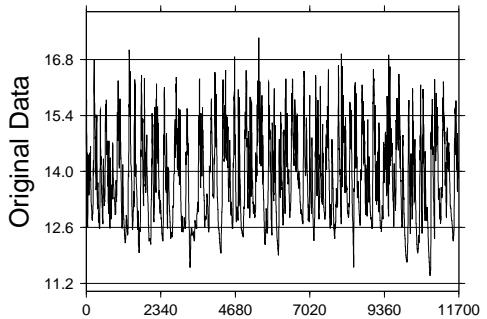
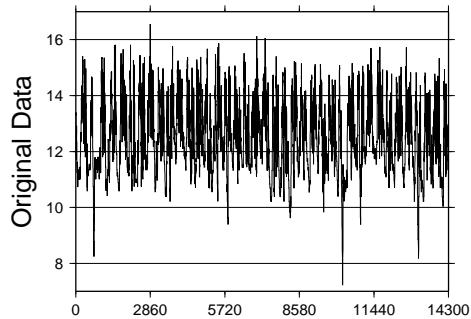
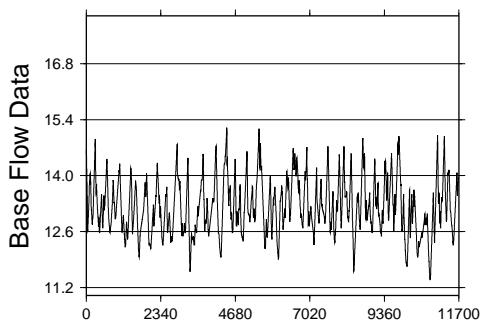
**S-016.031-2**



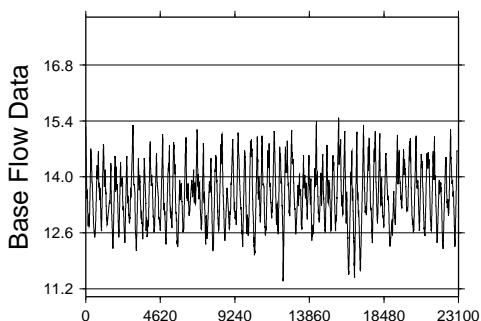
S-016.032-1



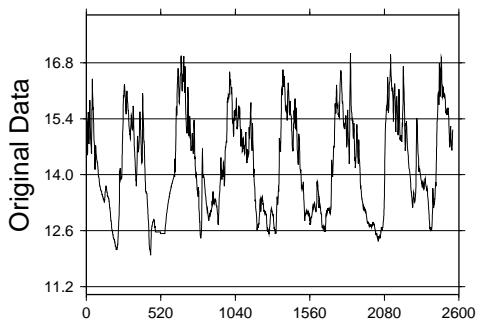
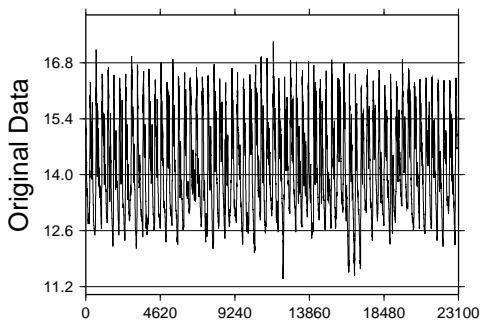
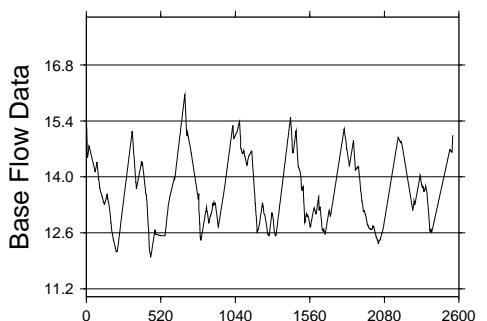
S-016.033-1



S-016.034-1

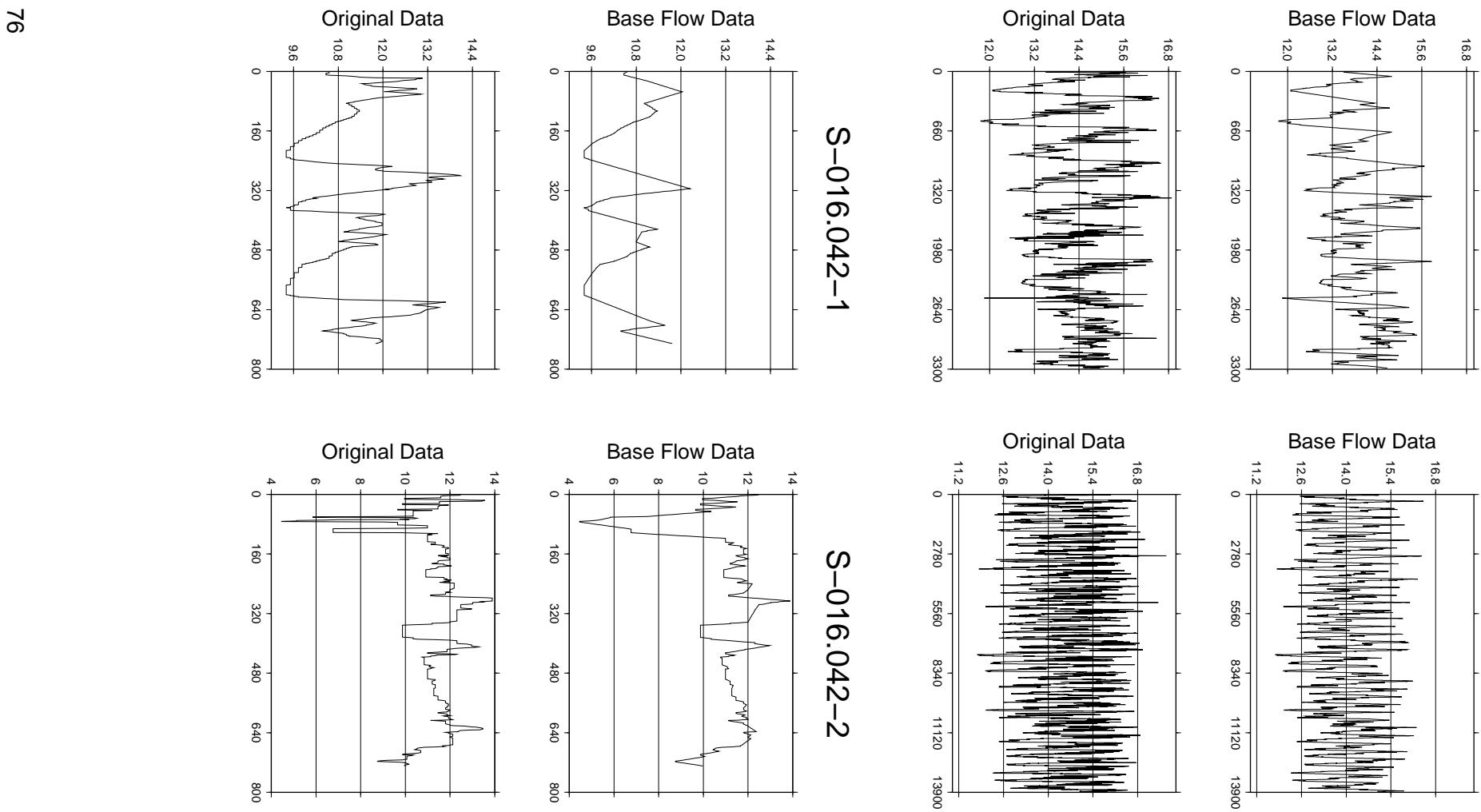


S-016.036-1



S-016.036-2

S-016.037-1

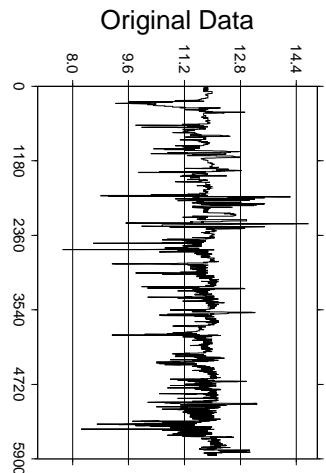
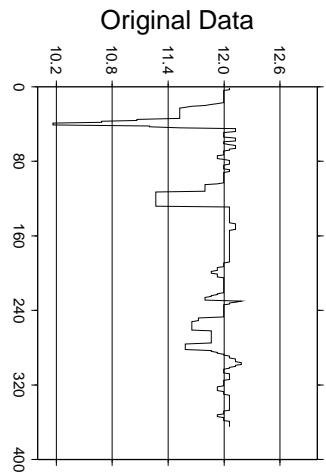
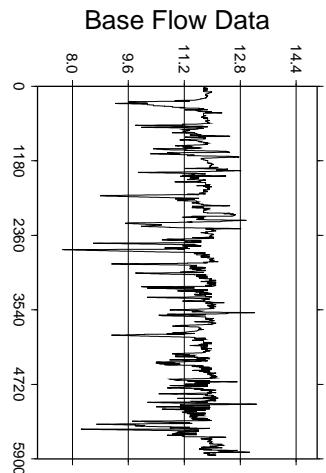
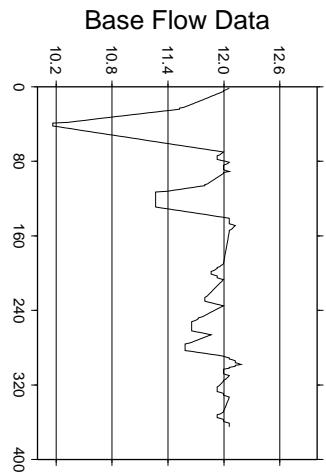


S-016.042-1

S-016.042-2

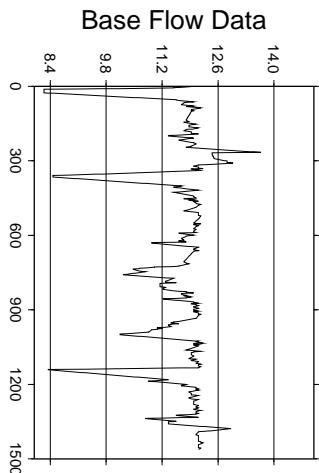
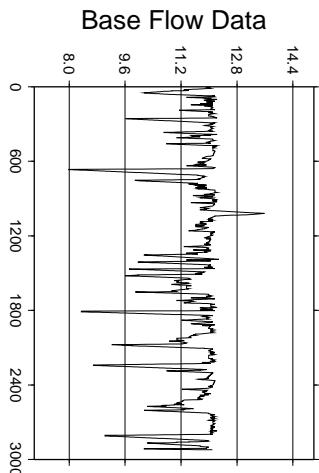
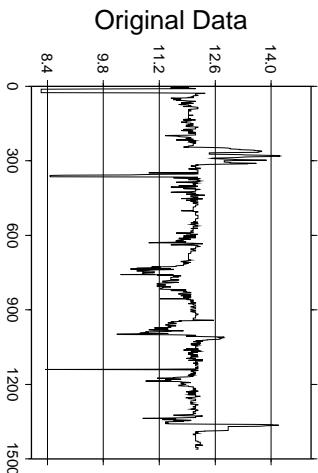
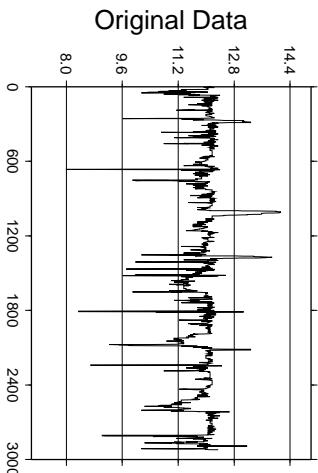
**S-016.042-3**

**S-016.042-4**



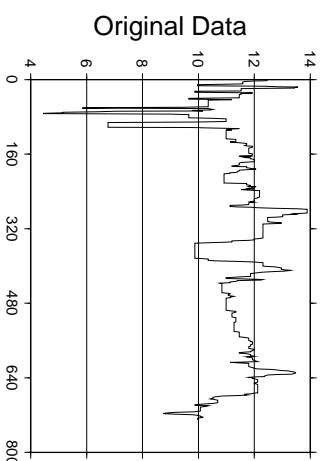
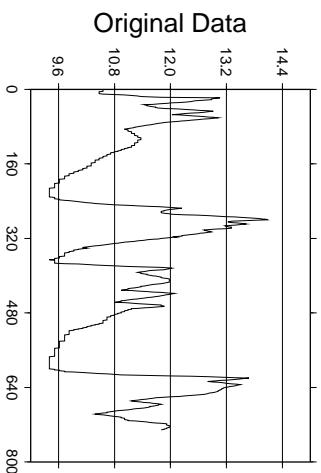
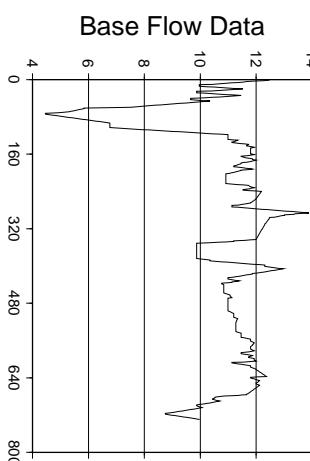
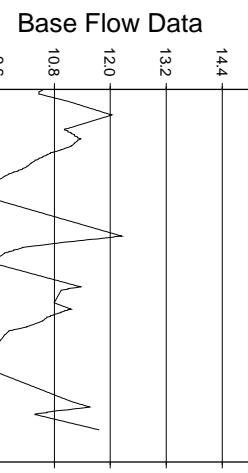
**S-016.042-5**

**S-016.042-6**

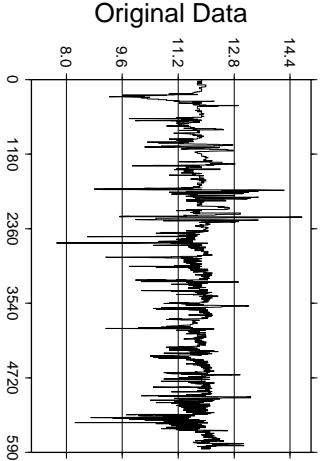
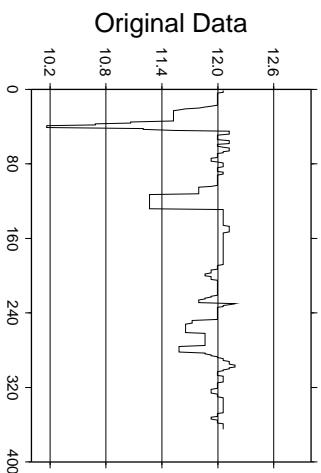
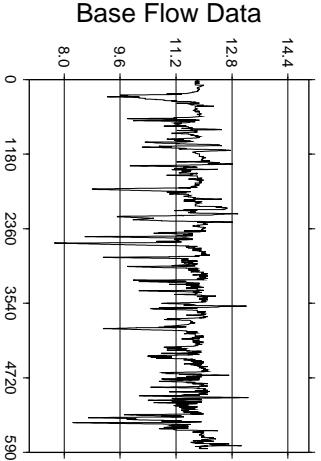
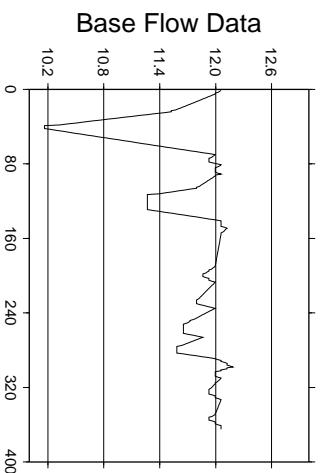


**S-016.044-1**

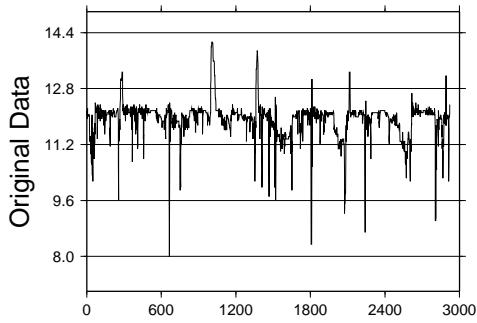
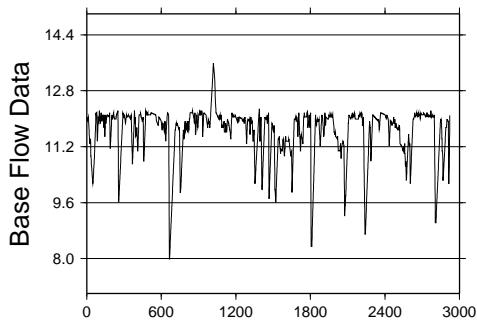
**S-016.044-2**



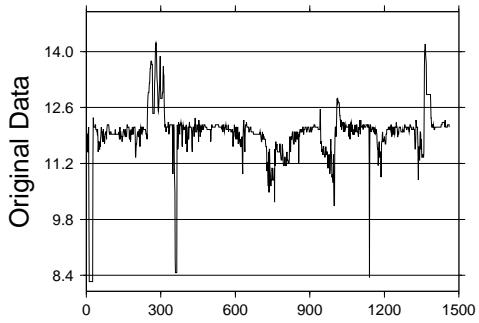
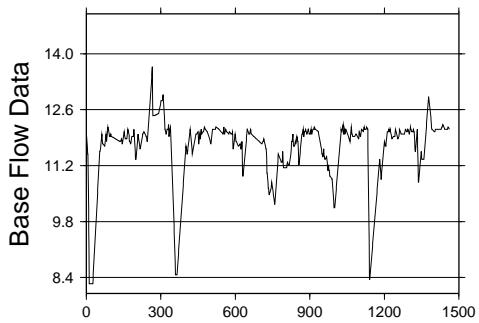
**S-016.044-3**



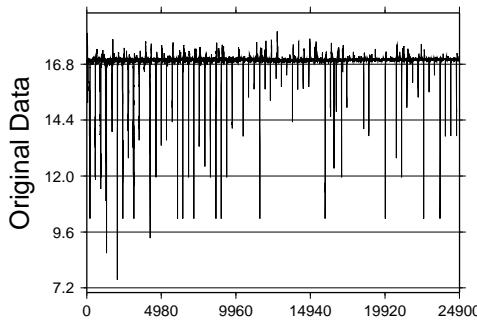
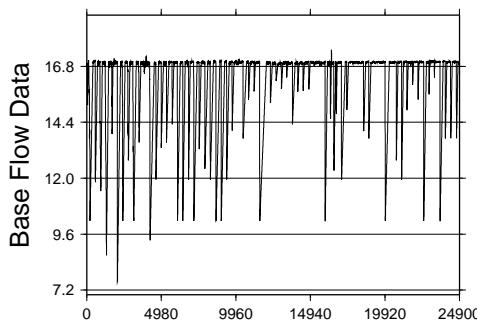
**S-016.044-5**



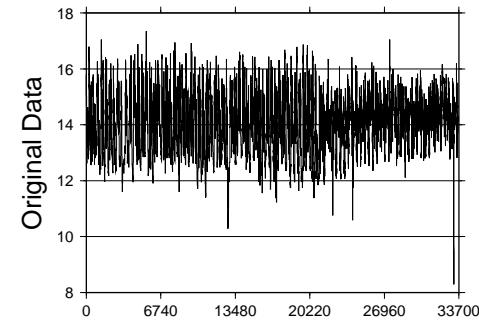
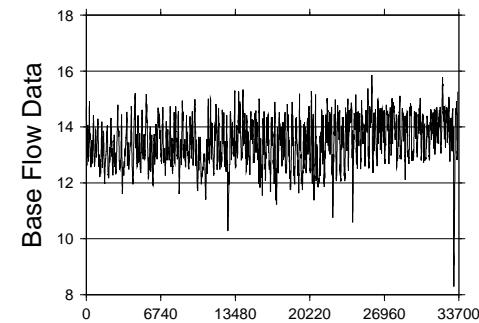
**S-016.044-6**



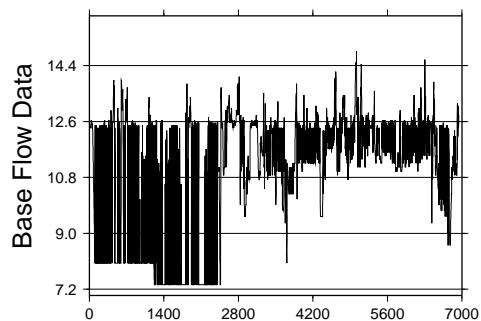
**S-016.047-1**



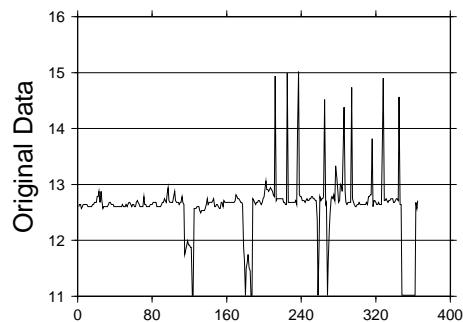
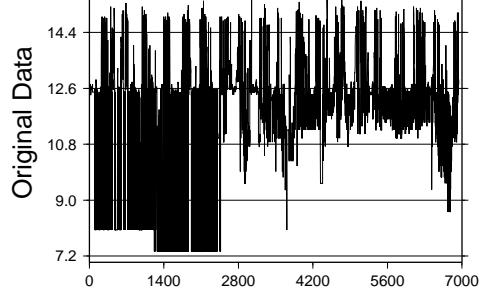
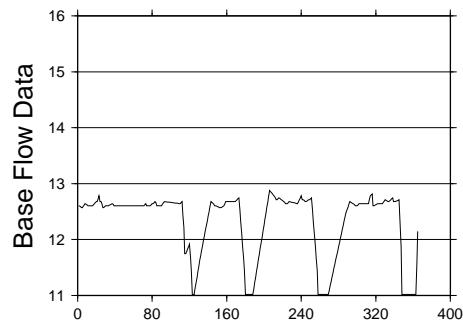
**S-016.051-1**



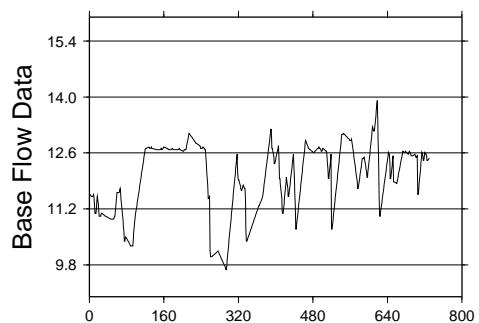
S-016.055-1



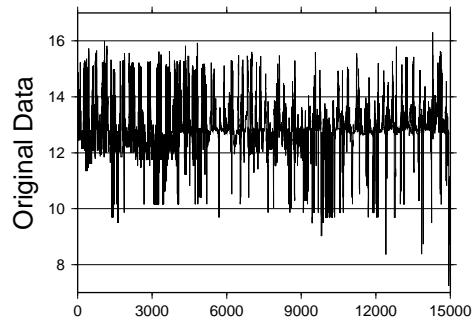
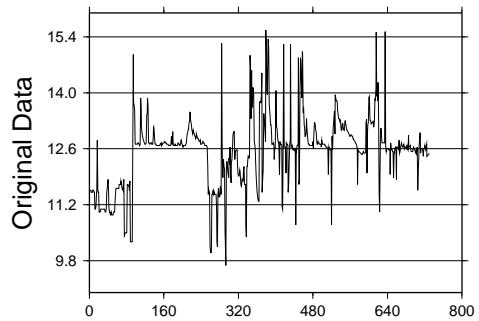
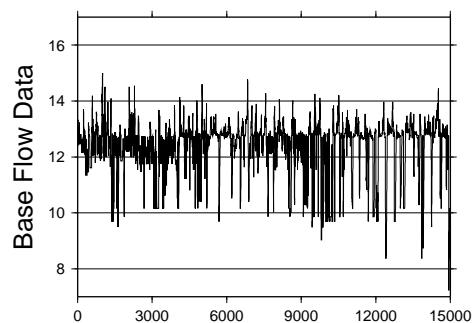
S-016.056-1



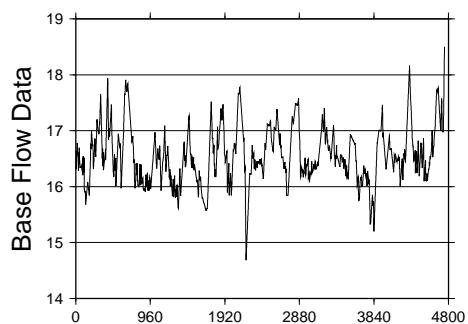
S-016.056-2



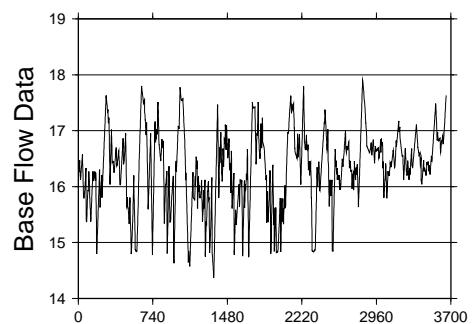
S-016.056-3



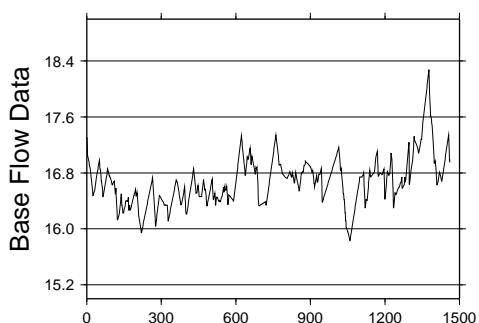
S-016.058-1



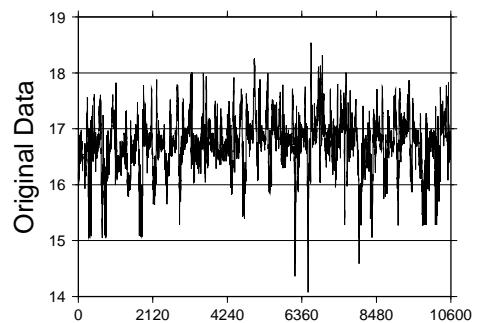
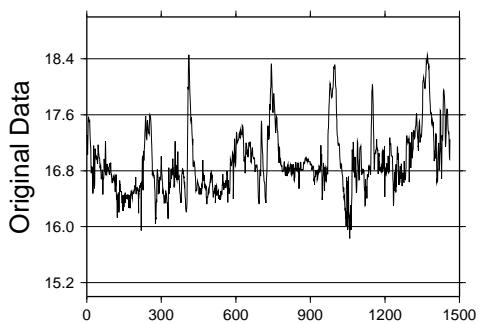
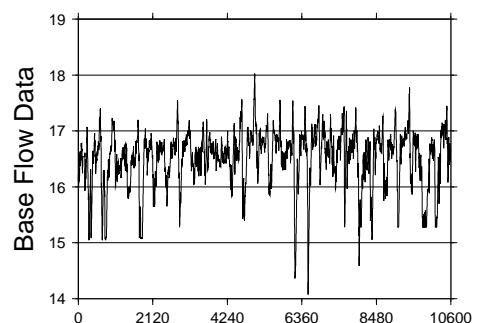
S-016.058-2



S-016.058-3

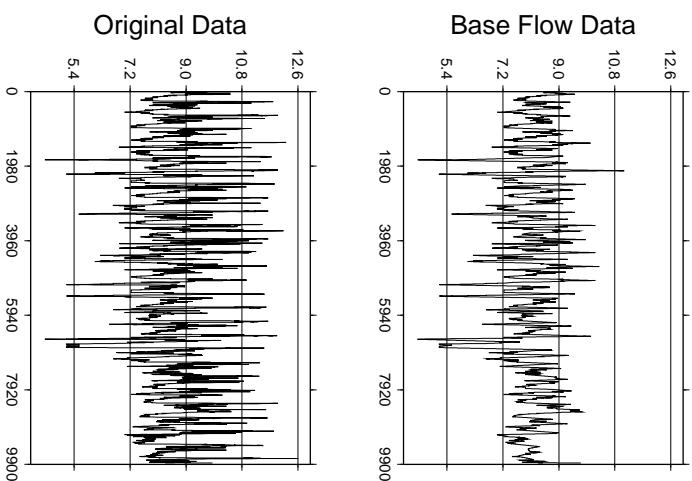
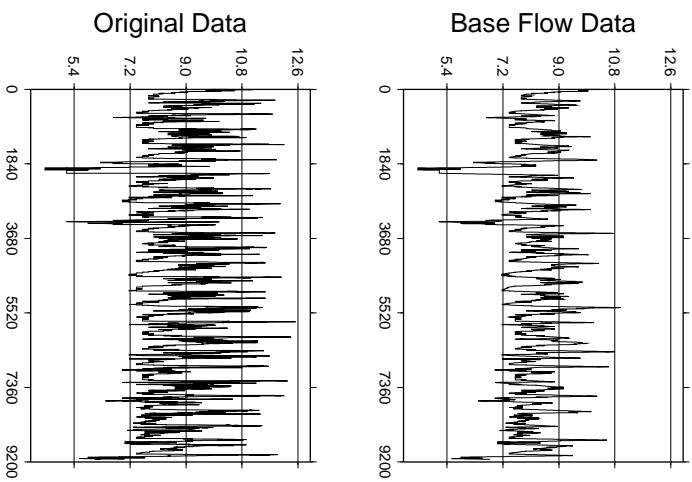


S-016.058-4



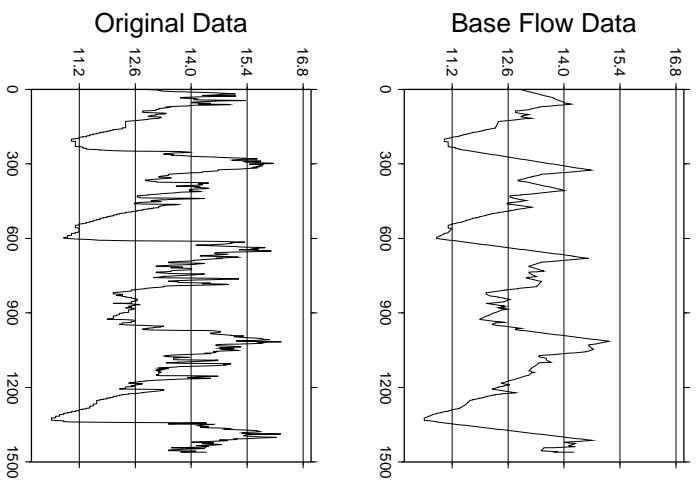
**S-016.066-1**

**S-016.066-2**



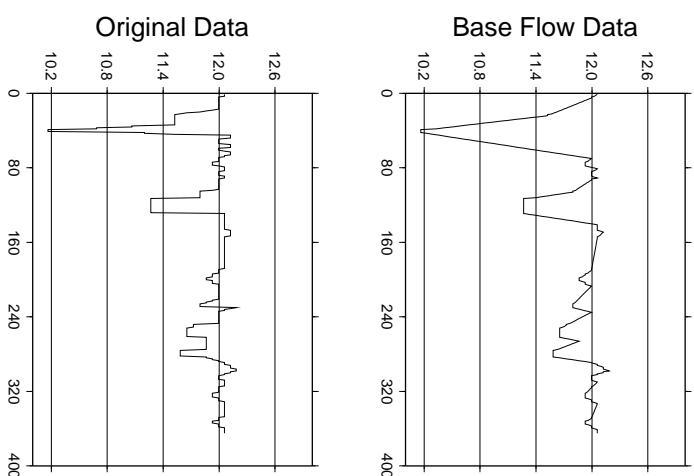
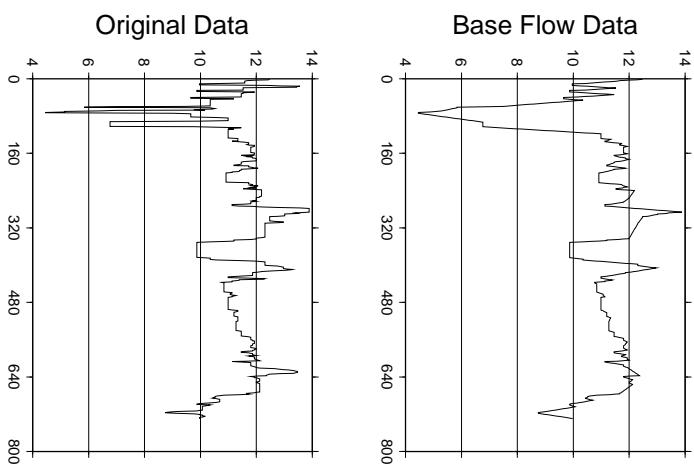
**S-016.068-1**

**S-016.069-1**



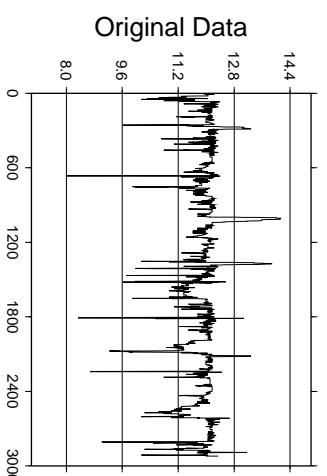
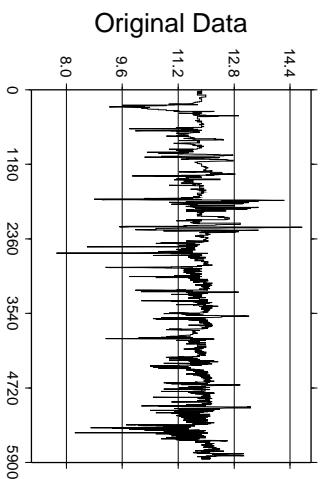
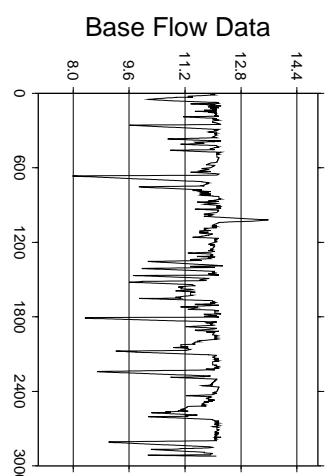
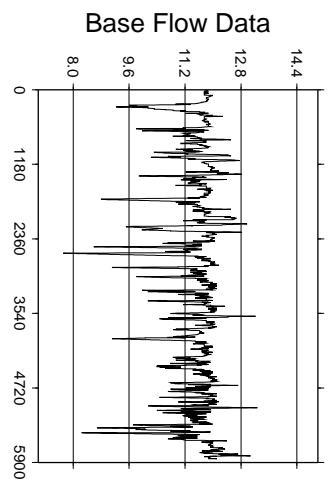
**S-016.069-2**

**S-016.069-3**

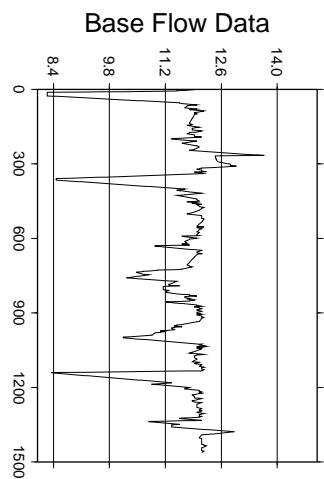


**S-016.069-4**

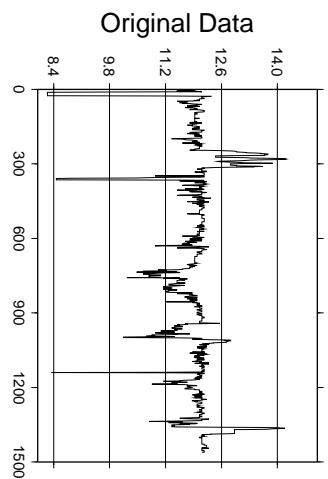
**S-016.069-5**



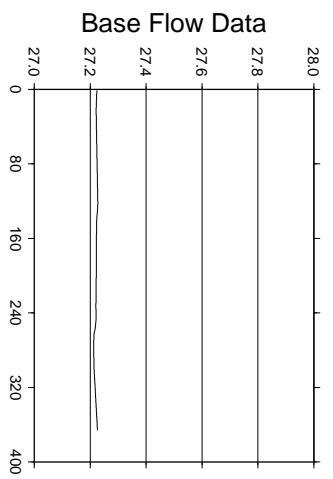
**S-016.069-6**



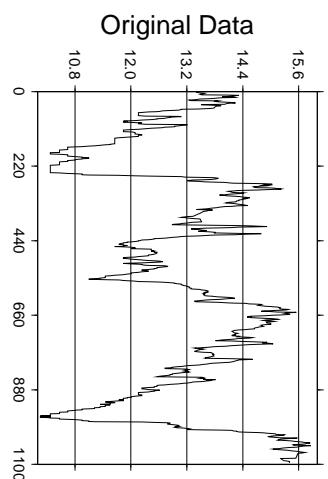
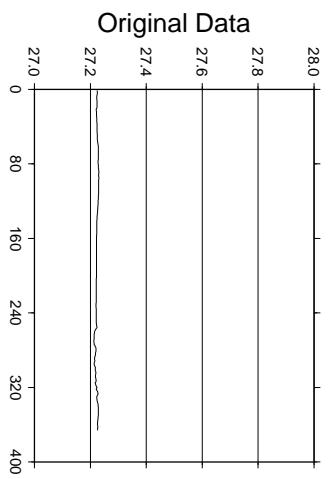
**S-016.072-1**



**S-016.072-2**

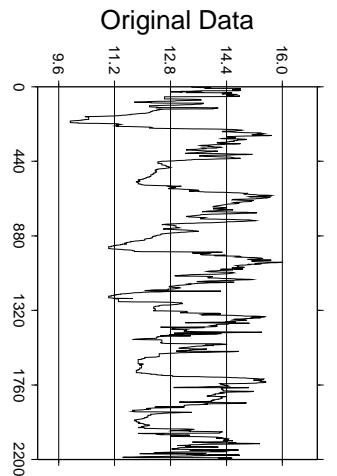
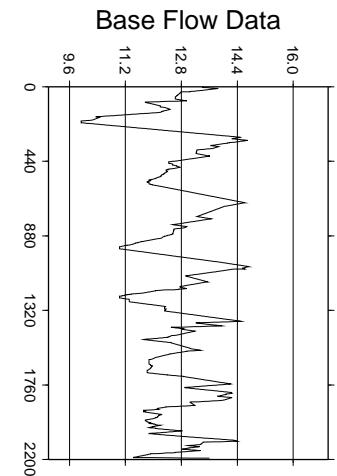


**S-016.075-1**



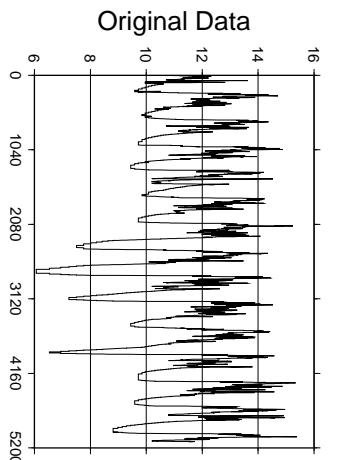
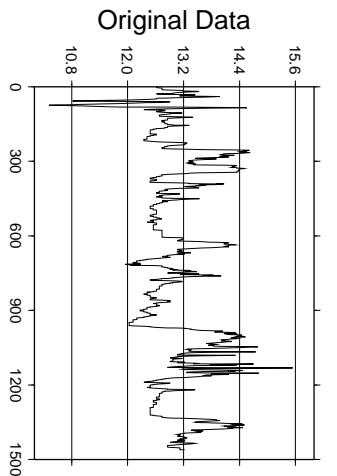
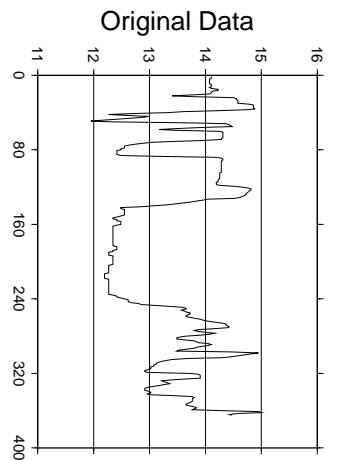
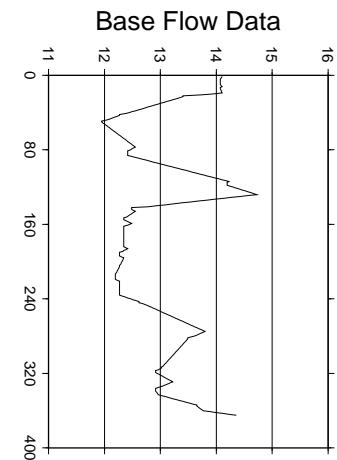
**S-016.076-1**

**S-016.077-1**



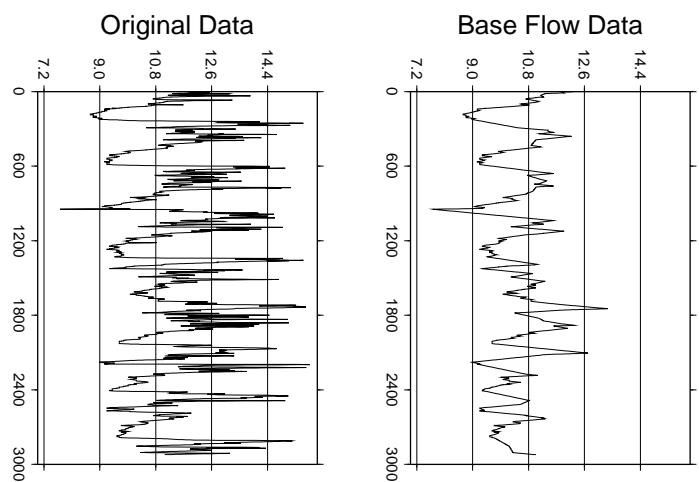
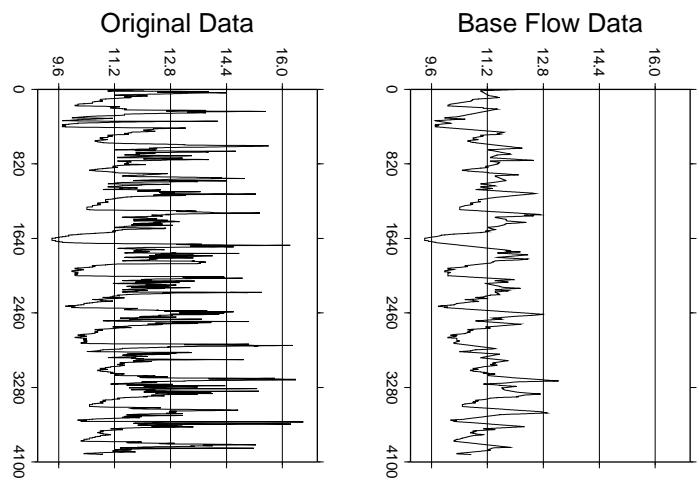
**S-016.077-2**

**S-016.081-1**



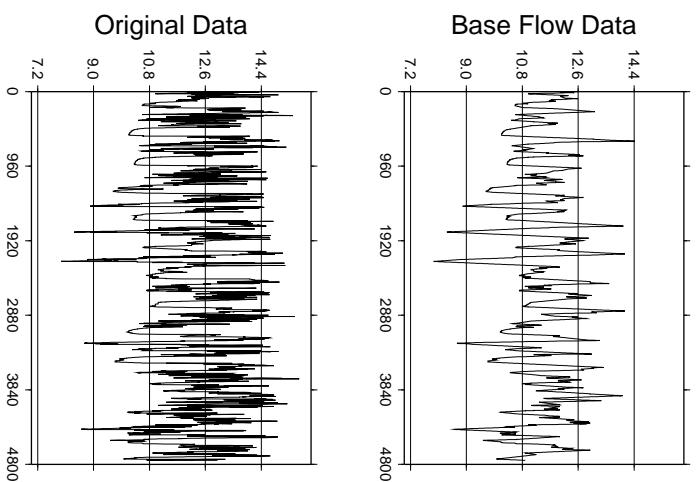
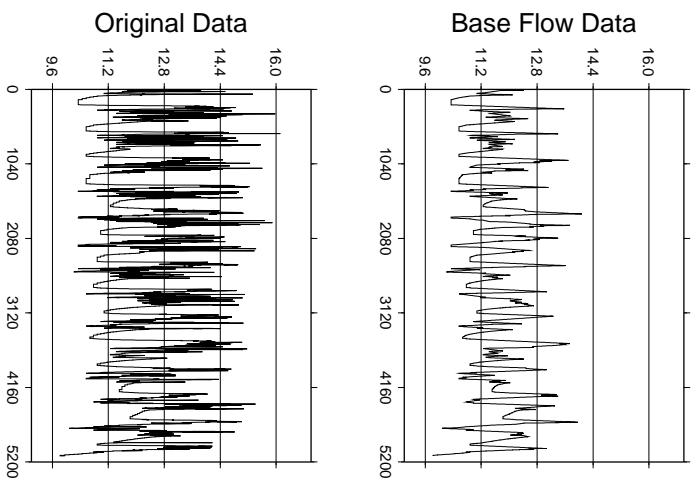
**S-016.085-1**

**S-016.086-1**



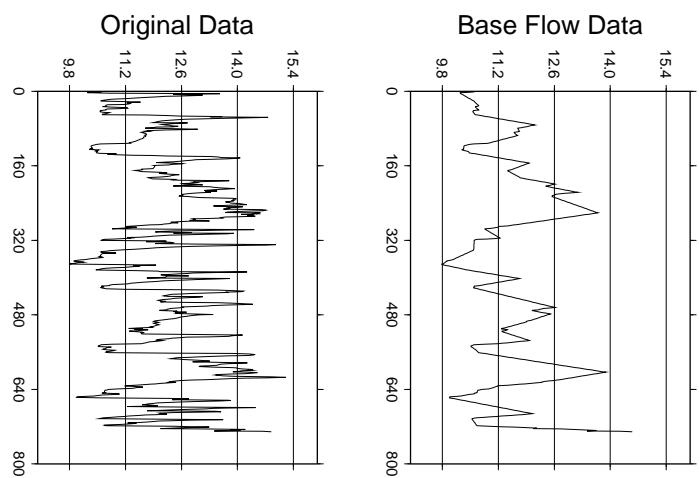
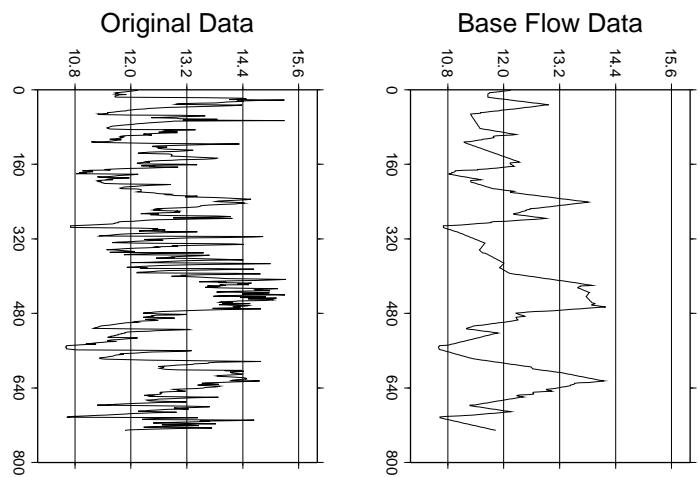
**S-016.095-1**

**S-016.095-2**



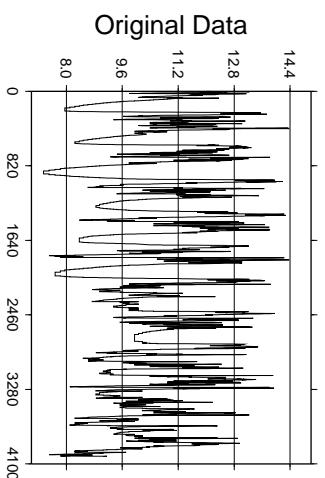
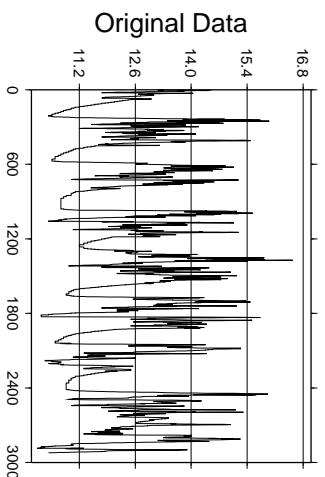
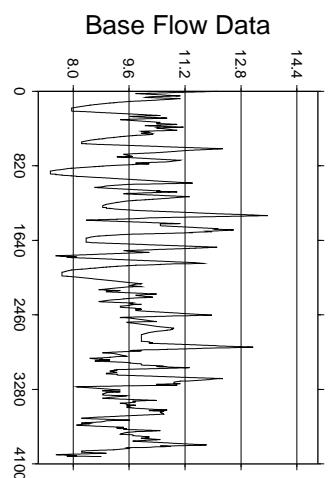
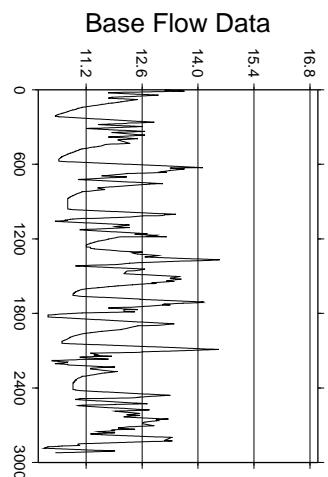
**S-016.095-3**

**S-016.095-4**



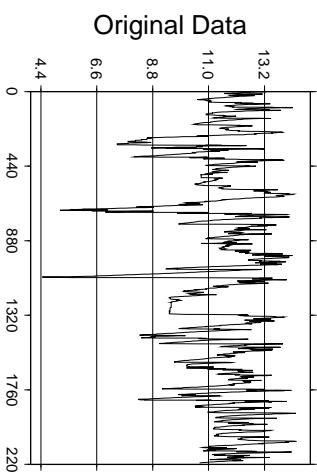
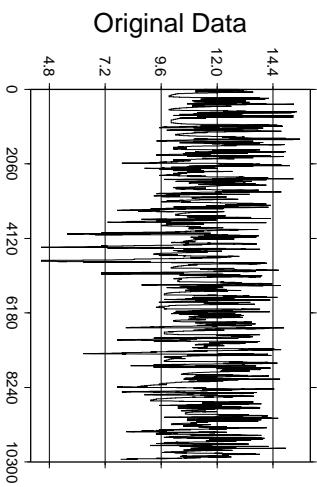
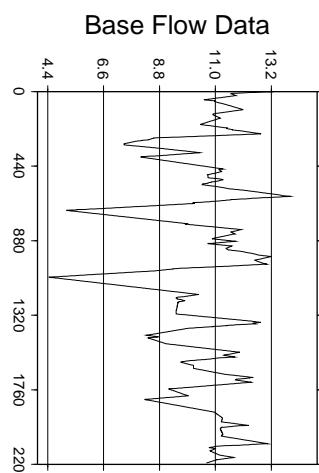
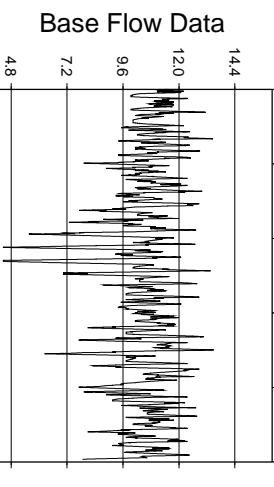
**S-016.102-1**

**S-016.103-1**



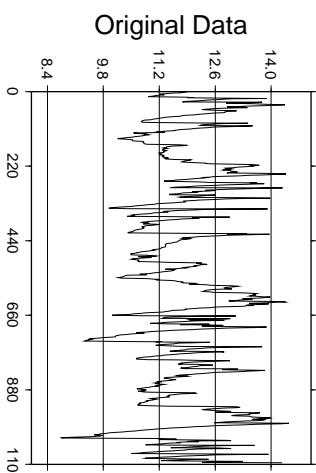
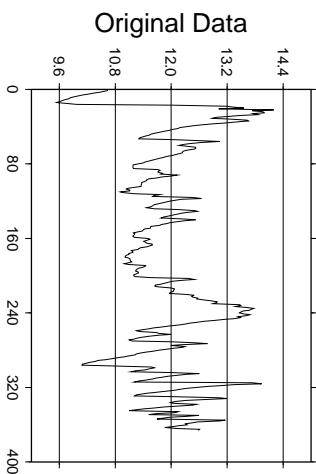
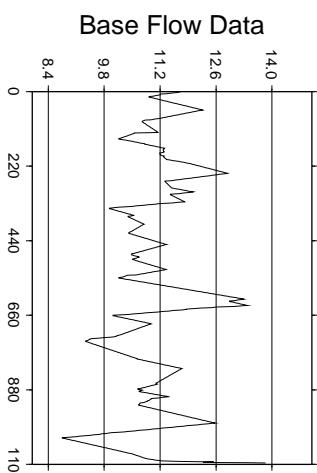
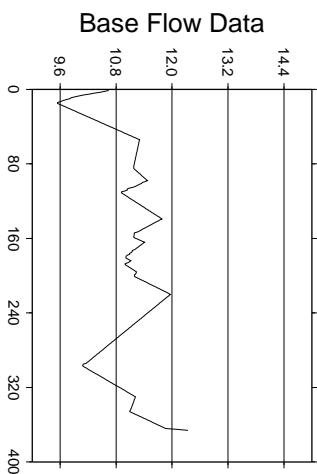
**S-016.104-1**

**S-016.104-2**



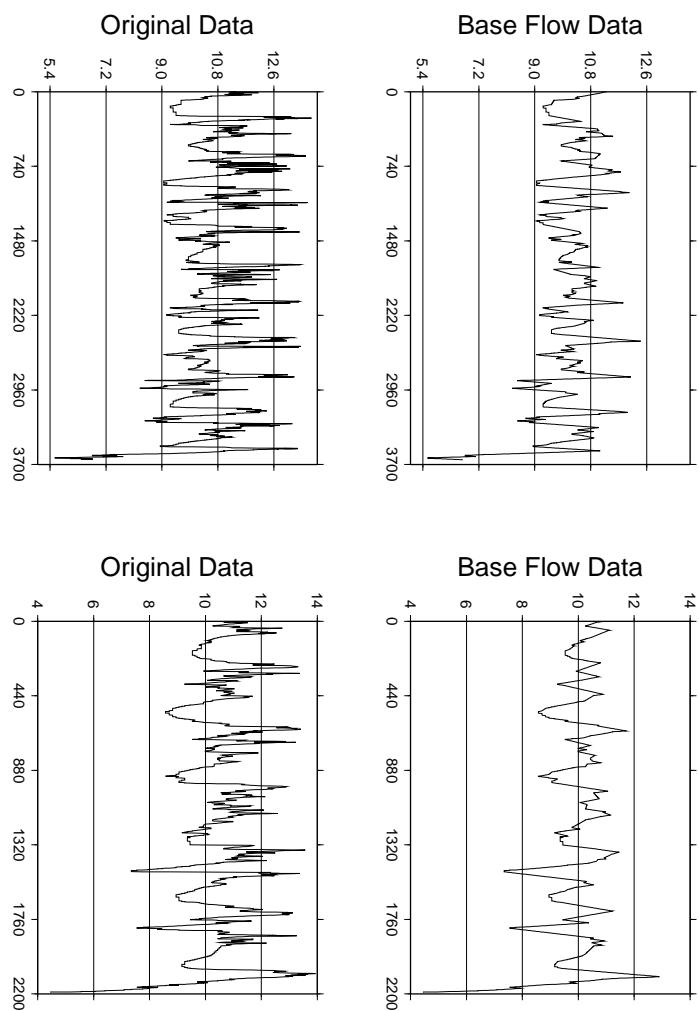
**S-016.104-3**

**S-016.104-4**



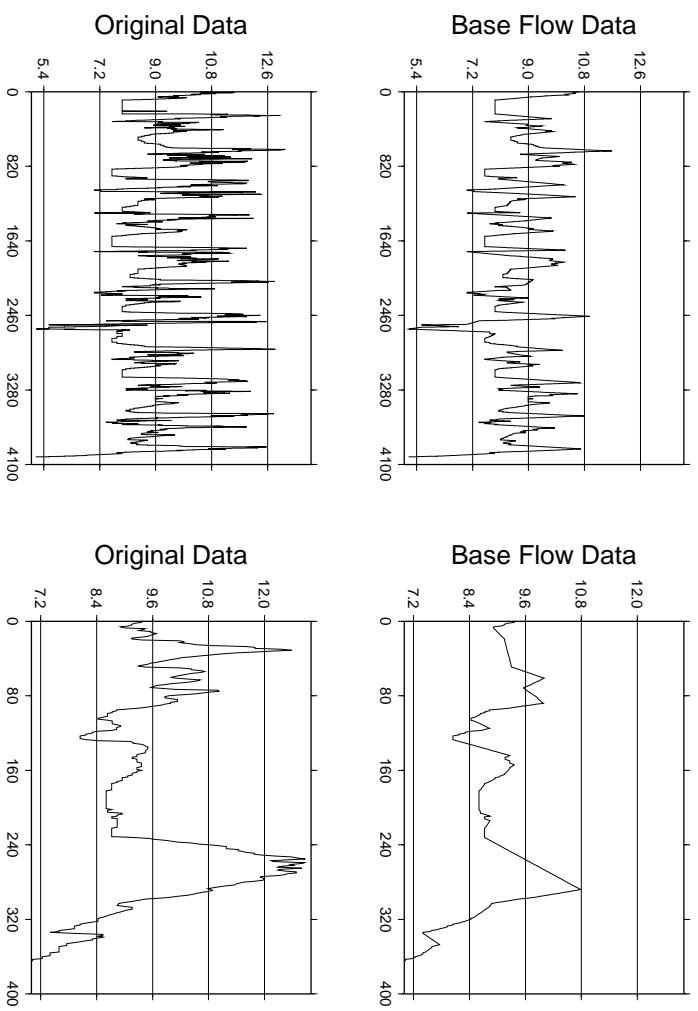
**S-016.108-1**

**S-016.108-2**



**S-016.109-1**

**S-016.109-2**



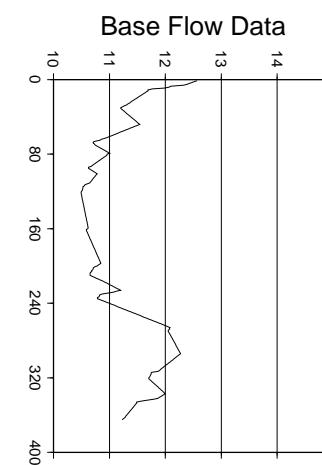
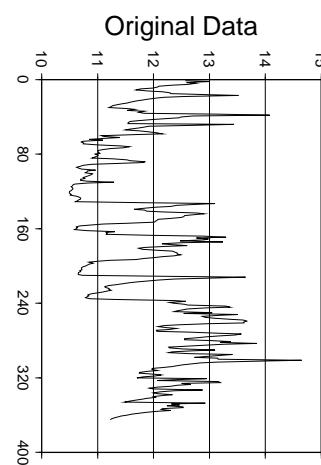
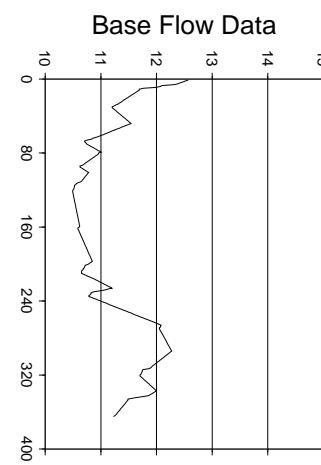
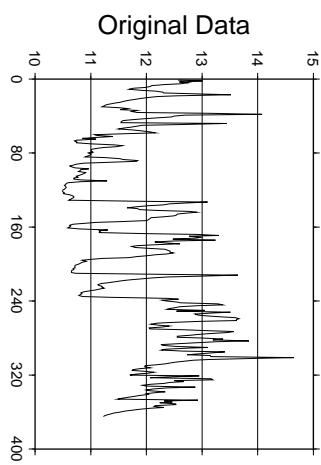
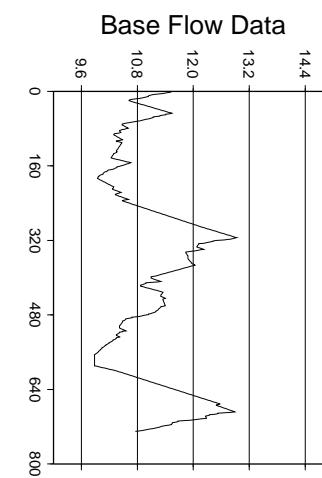
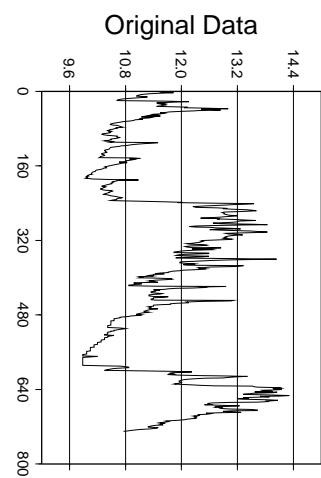
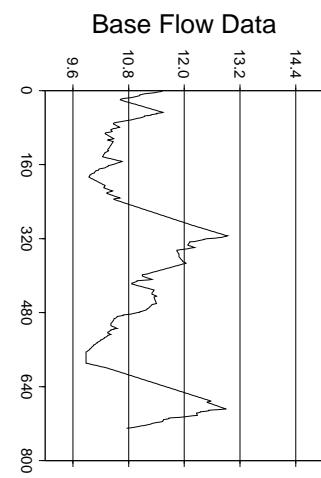
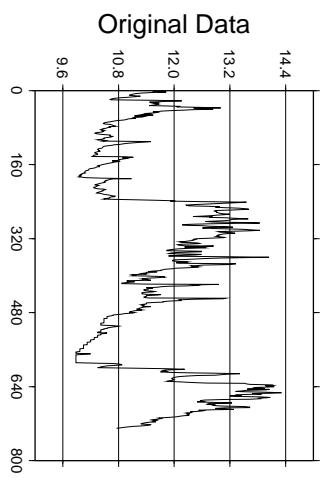
**S-016.112-1**

**S-016.112-2**

90

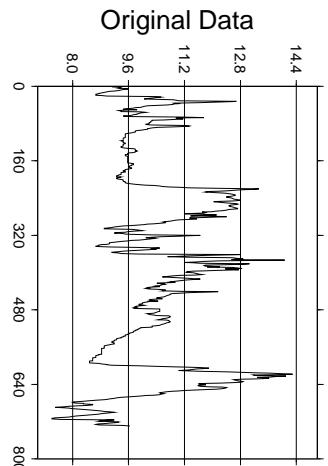
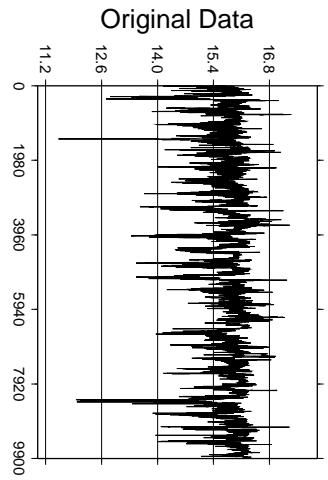
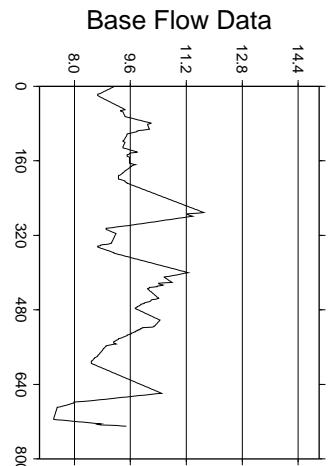
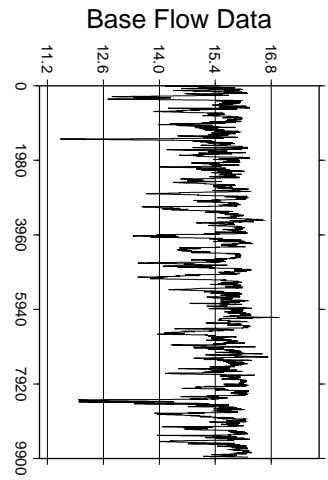
**S2-016.112-1**

**S2-016.112-2**



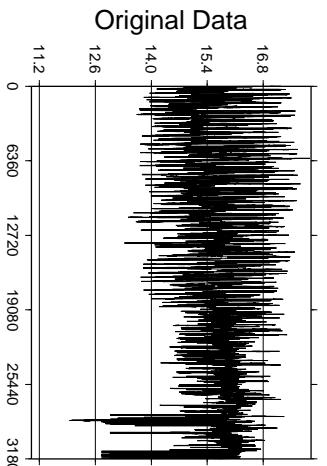
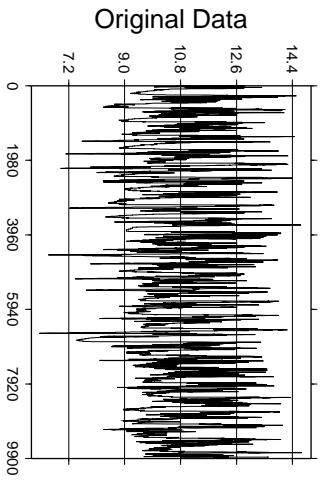
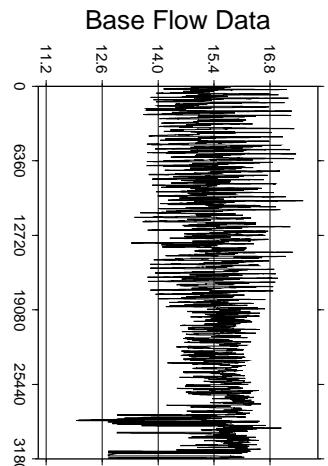
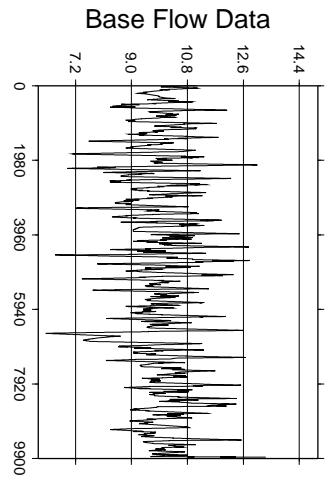
**S-016.117-1**

**S-016.122-1**



**S-016.122-2**

**S-016.126-1**

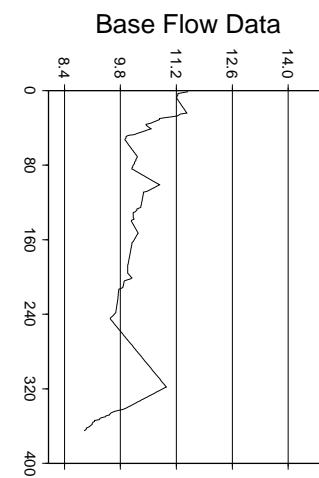
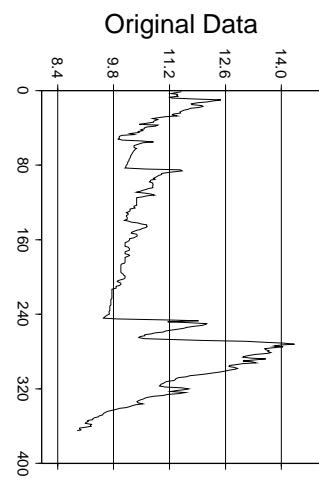
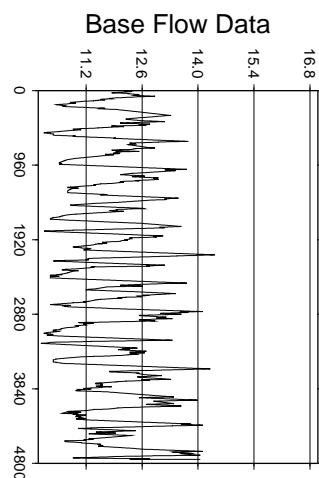
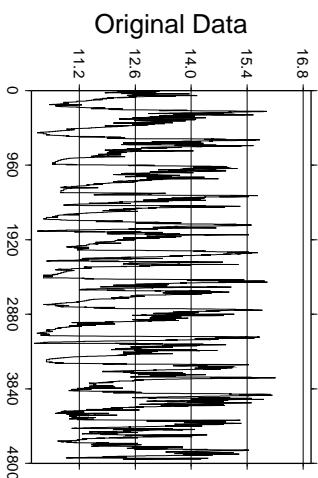
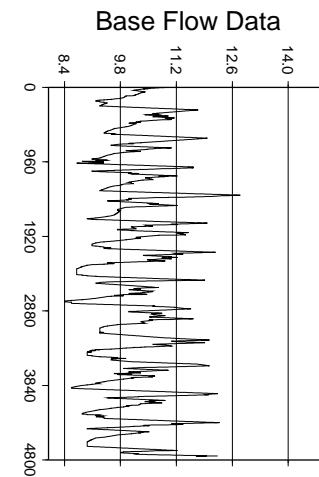
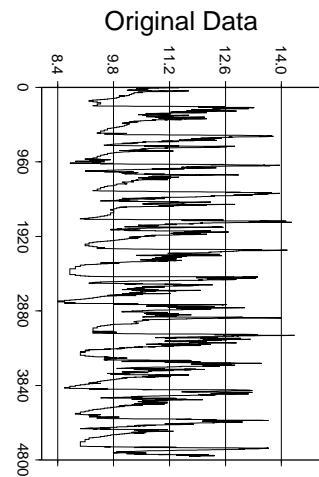
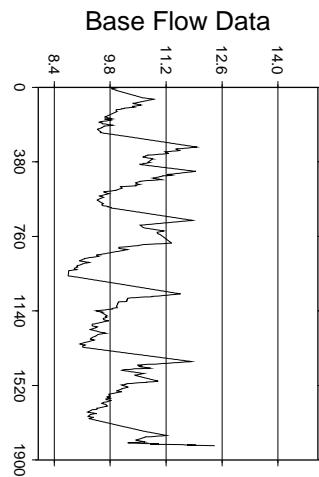
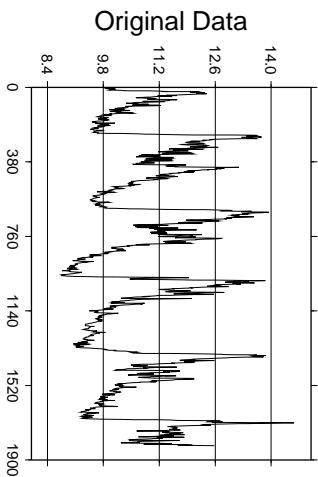


**S-016.127-1**

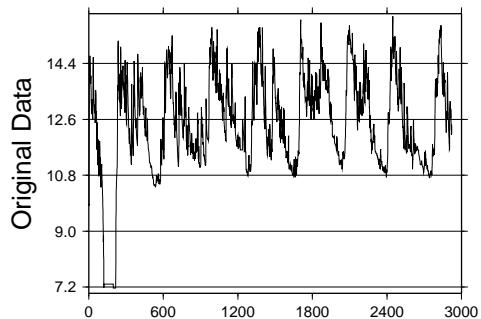
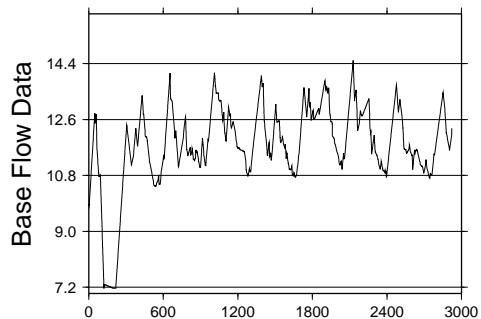
**S-016.127-2**

**S-016.127-3**

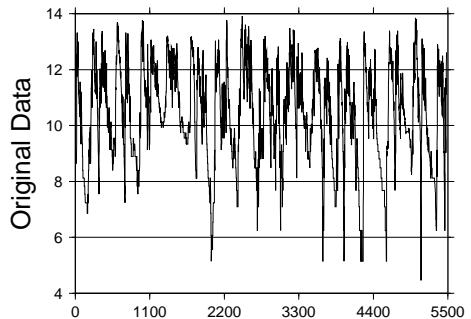
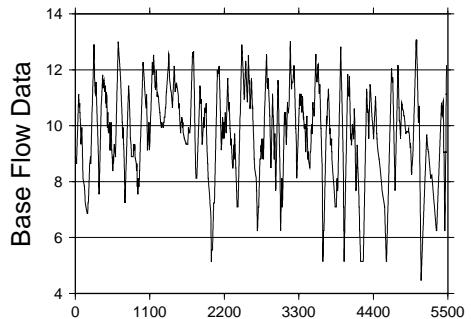
**S-016.128-1**



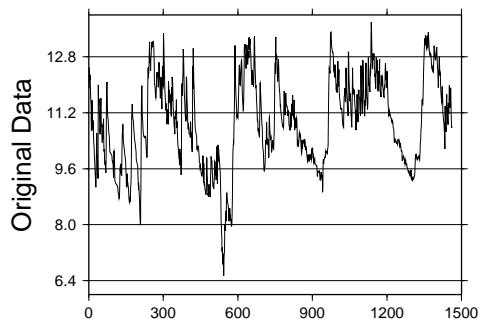
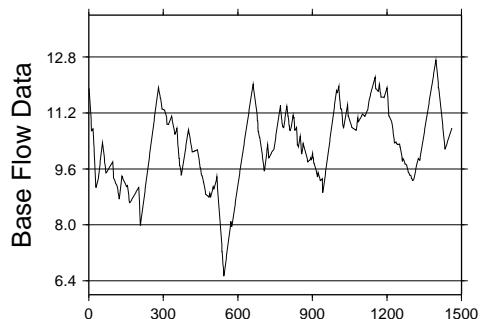
S-016.128-2



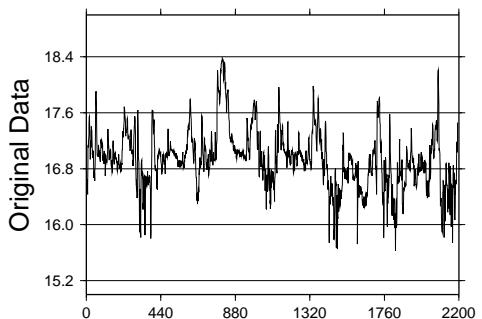
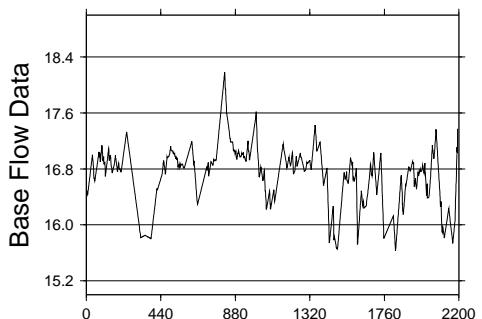
S-016.132-1



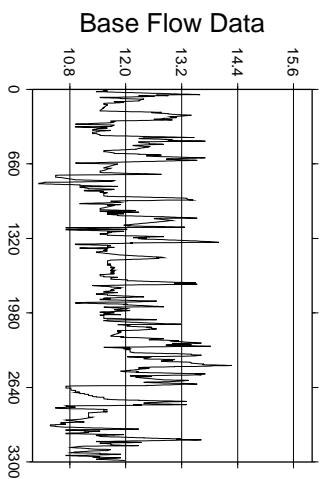
S-016.132-2



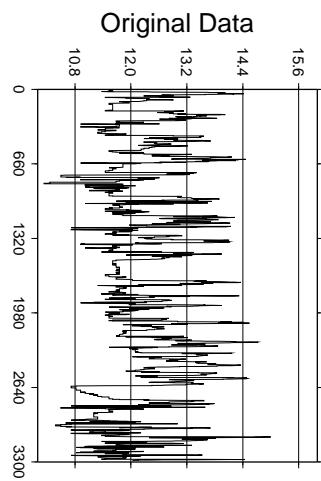
S-016.133-1



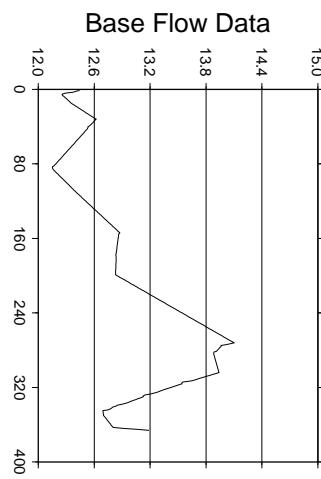
S-016.135-1



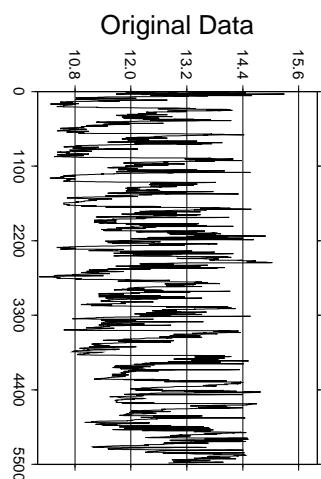
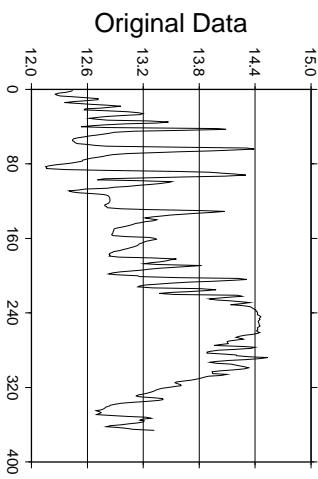
S-016.139-1



S-016.139-2

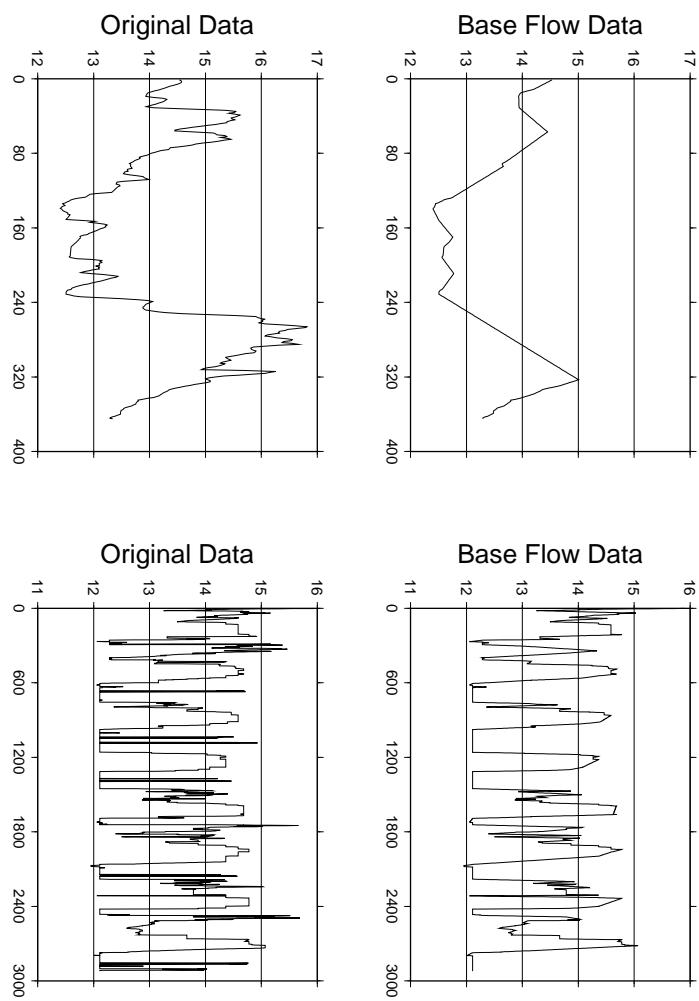


S-016.139-3



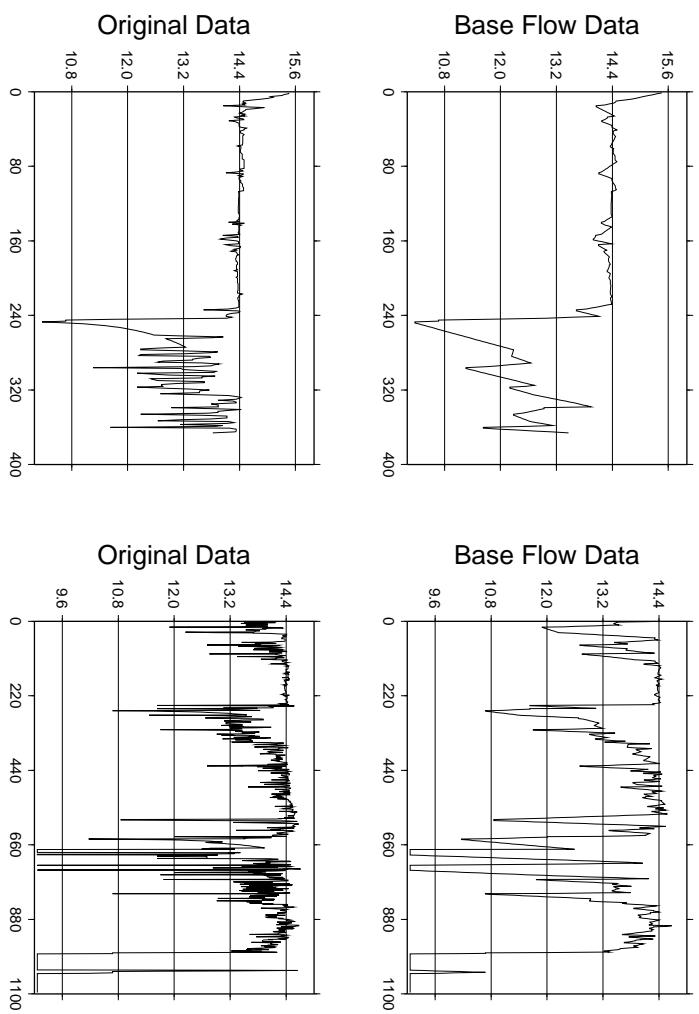
**S-016.140-1**

**S-016.141-1**

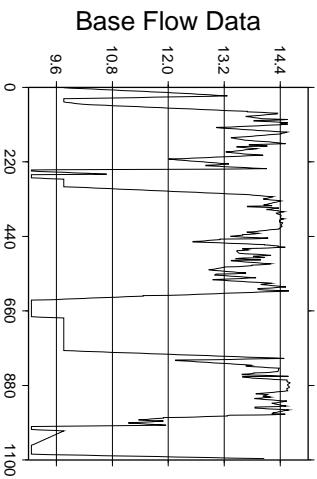


**S-016.142-1**

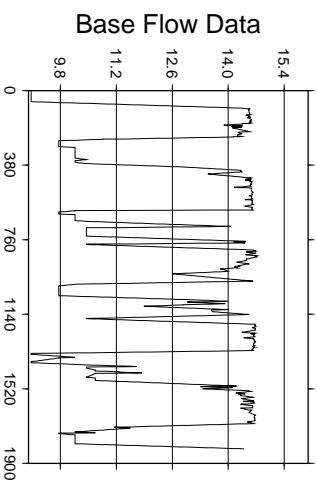
**S-016.142-2**



**S-016.142-3**

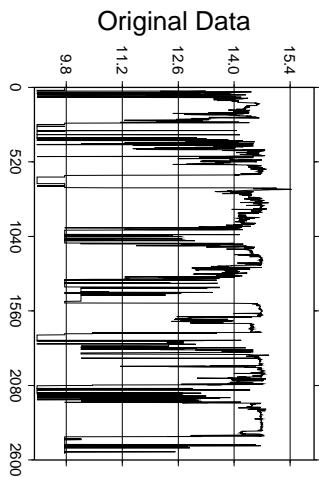


**S-016.142-4**

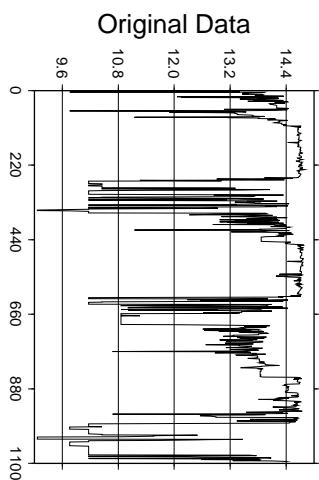


96

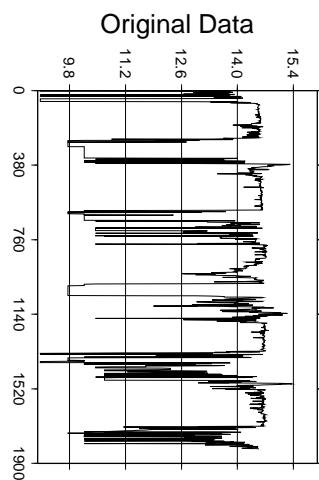
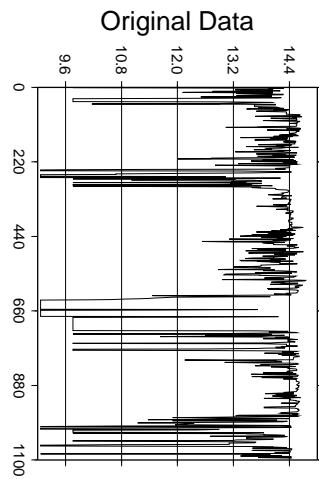
96



**S-016.142-5**

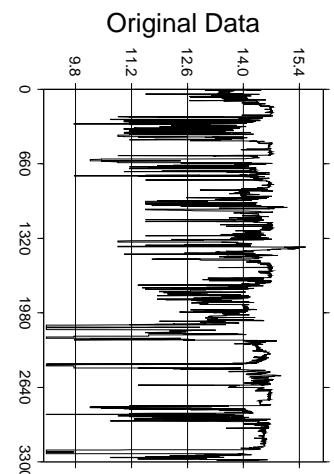
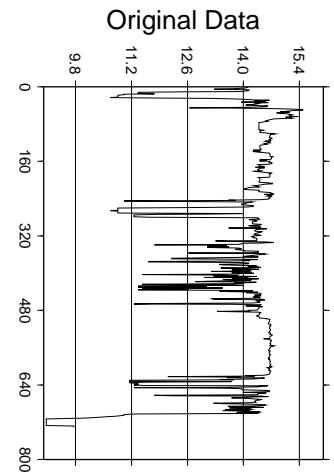
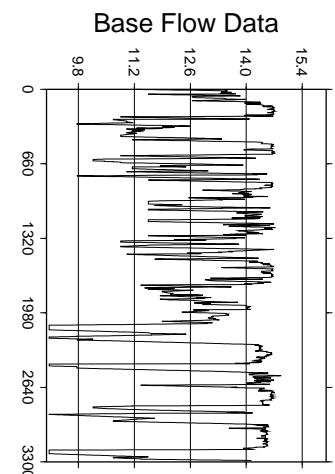
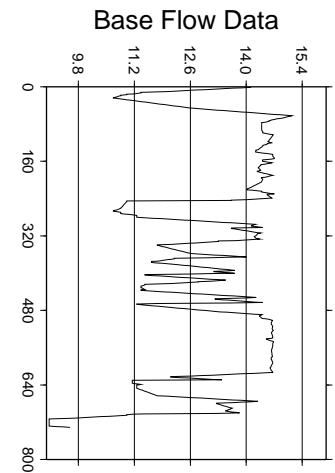


**S-016.142-6**



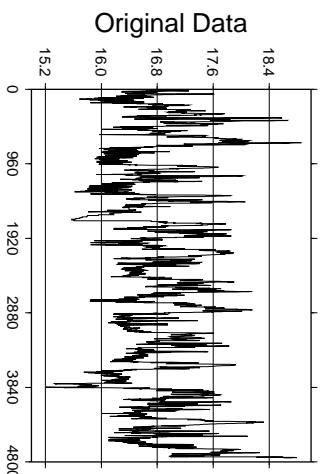
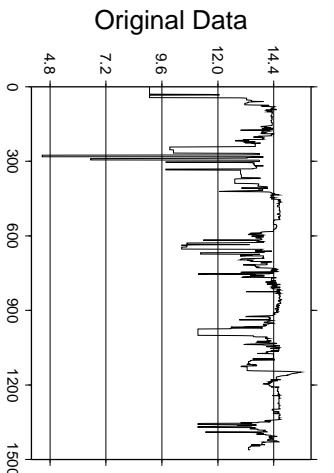
S-016.142-7

S-016.142-8

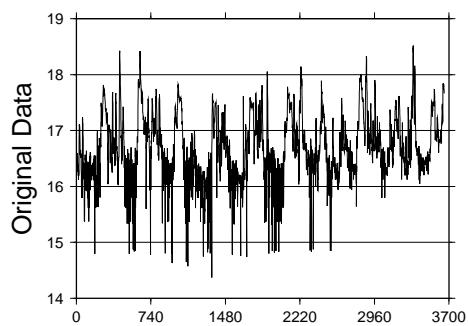
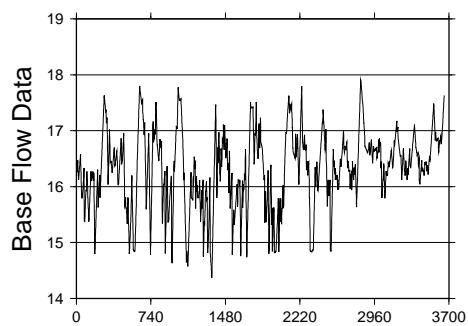


S-016.142-9

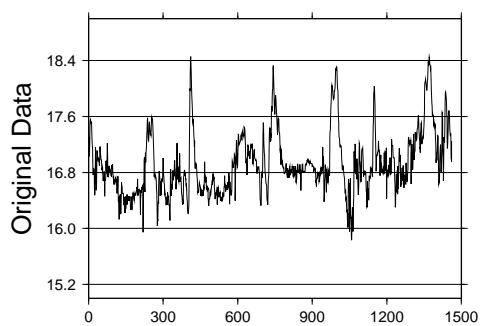
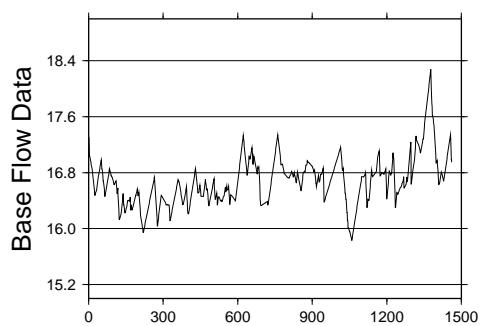
S-016.153-1



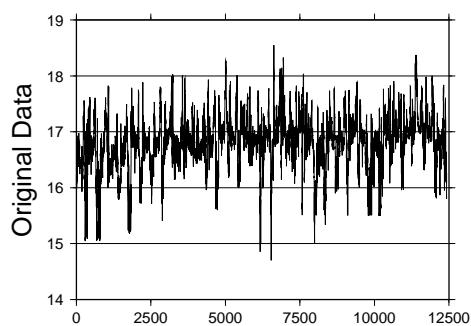
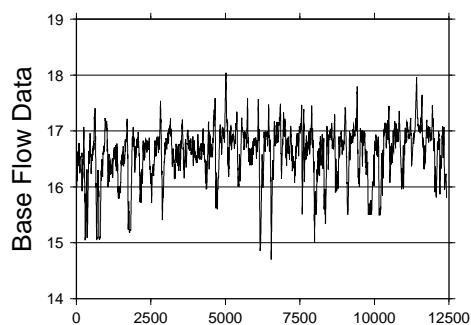
**S-016.153-2**



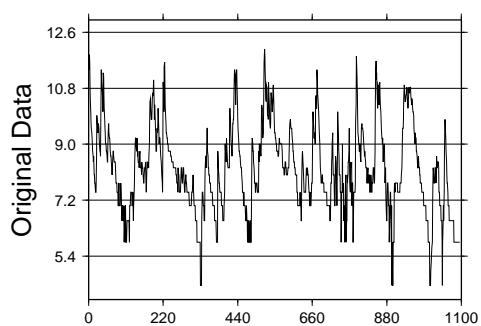
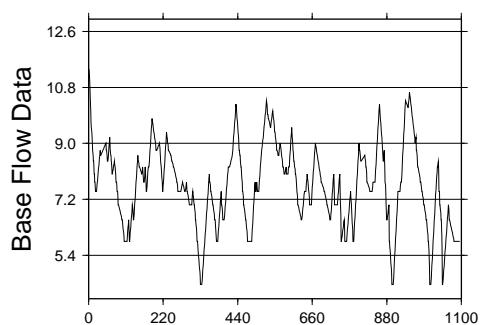
**S-016.153-3**



**S-016.153-4**

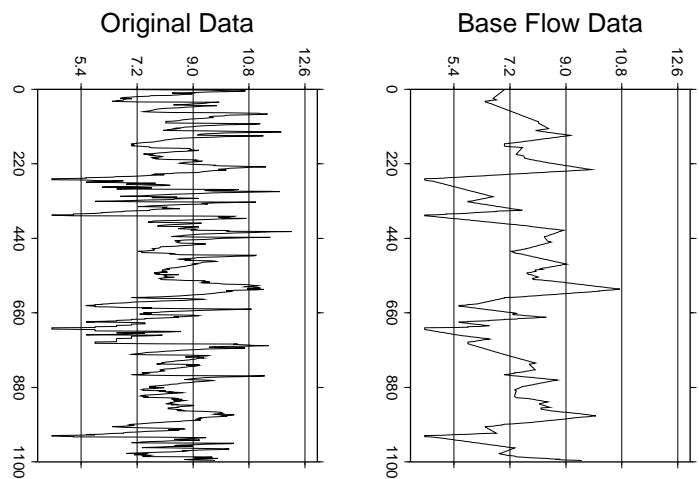
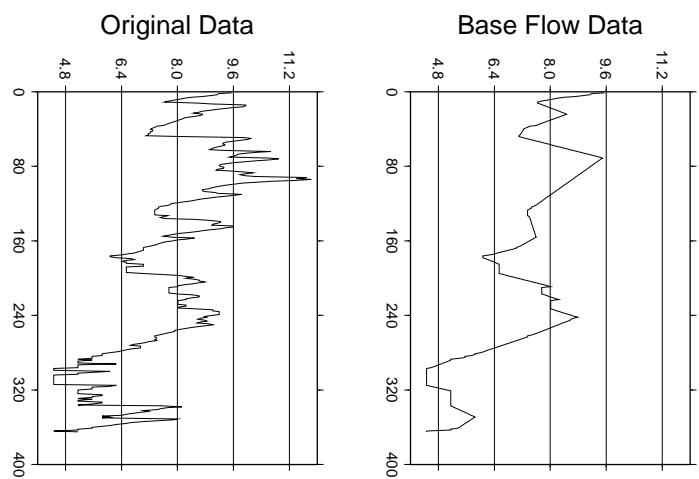


**S-016.154-1**



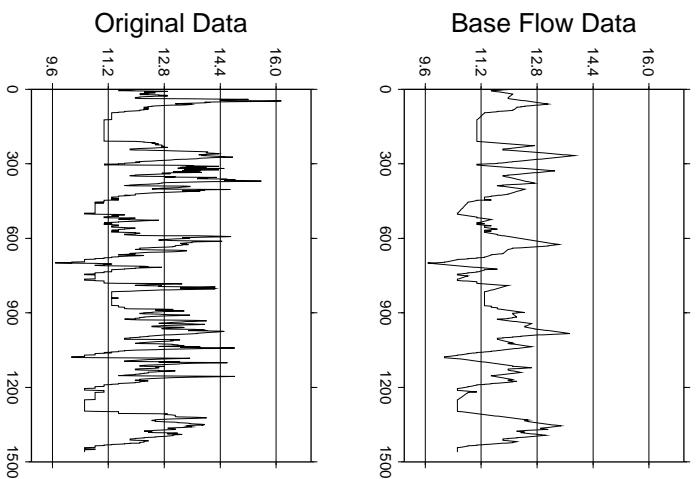
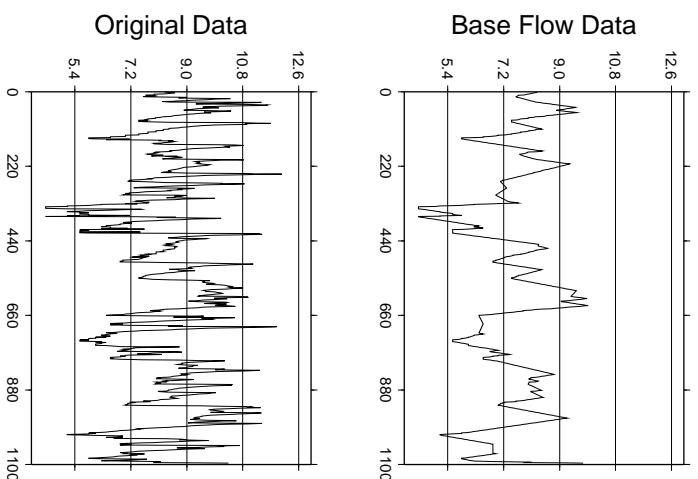
**S-016.154-2**

**S-016.154-3**



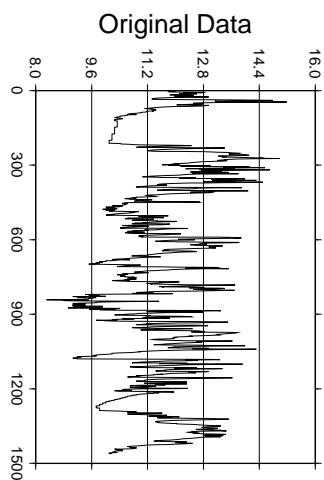
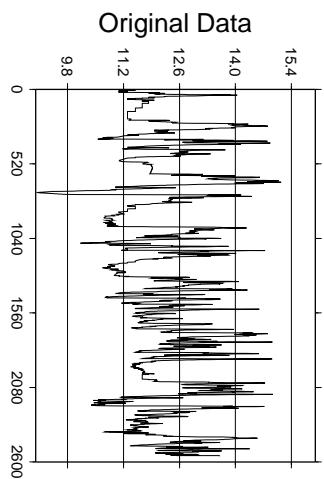
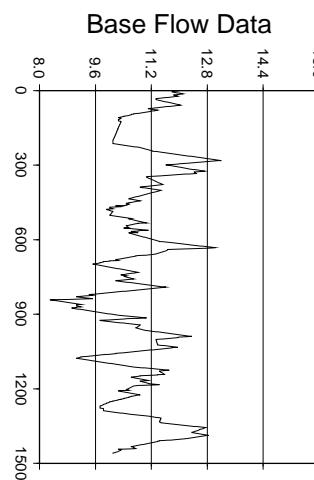
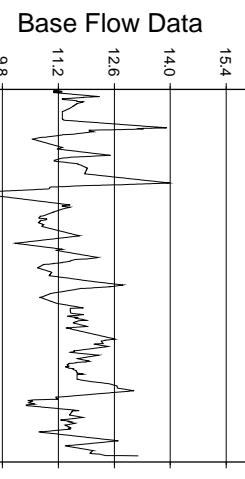
**S-016.154-4**

**S-016.155-1**



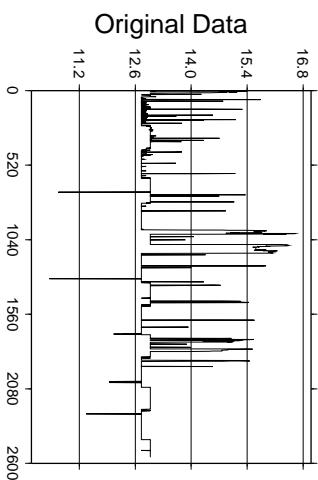
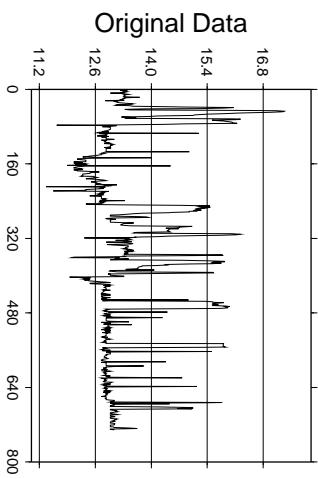
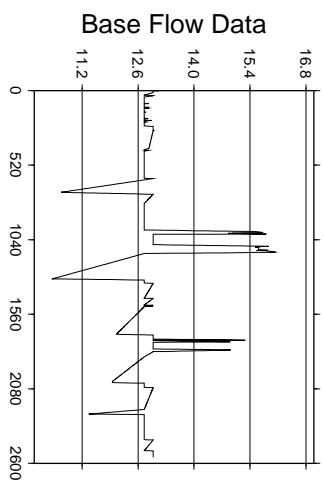
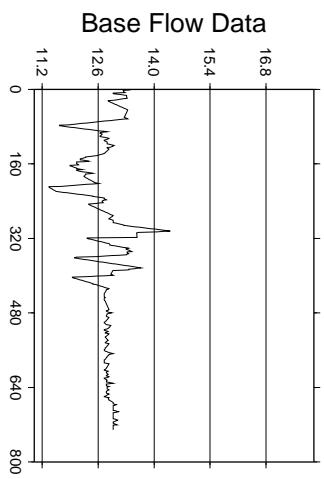
**S-016.155-2**

**S-016.156-1**



**S-016.187-1**

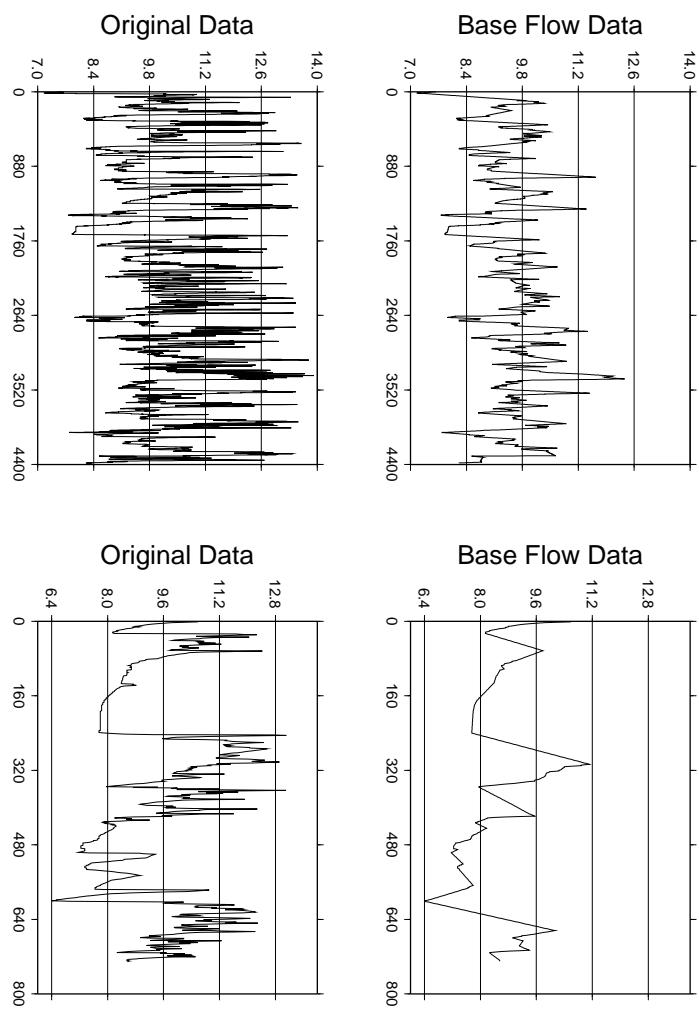
**S-016.187-2**



100

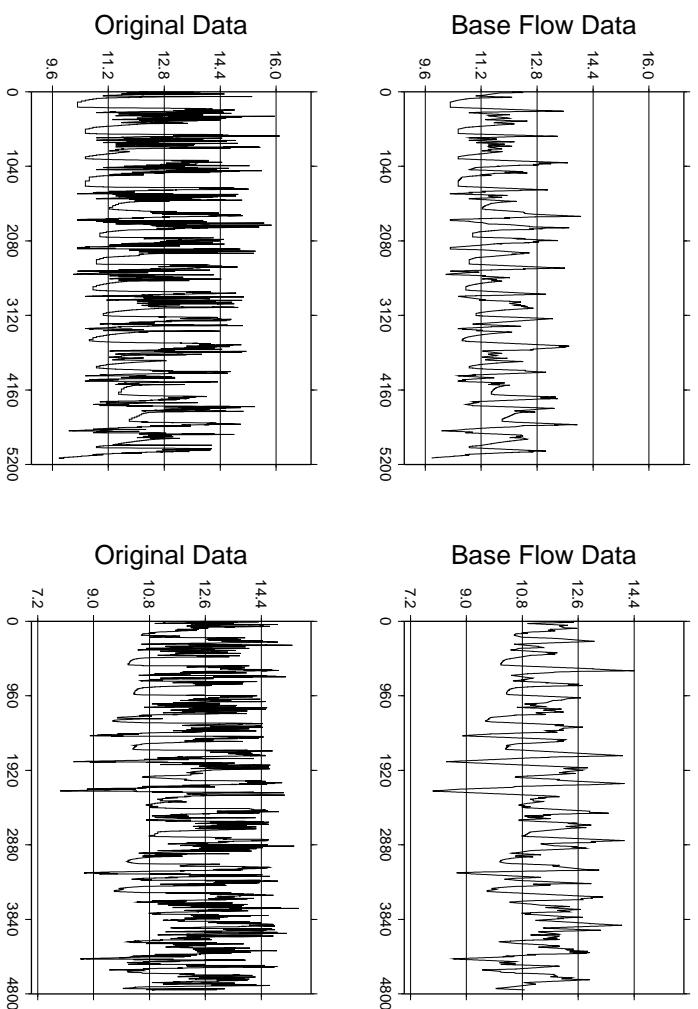
**S-016.189-1**

**S-016.190-1**



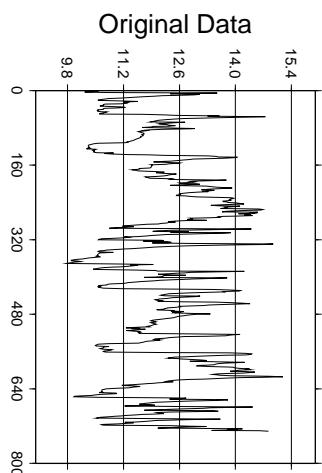
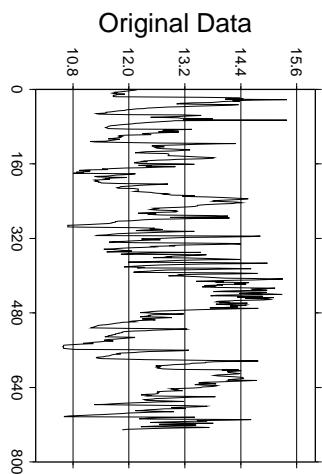
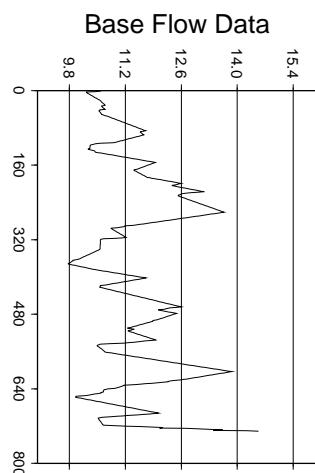
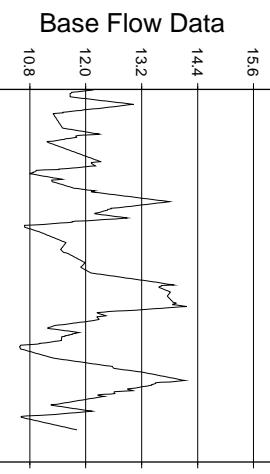
**S-016.193-1**

**S-016.193-2**



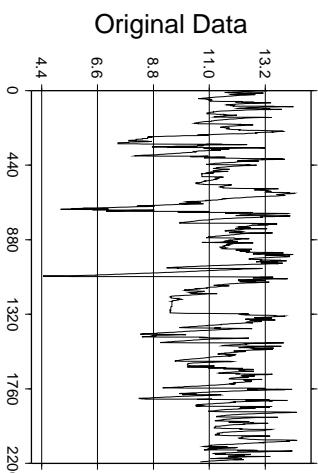
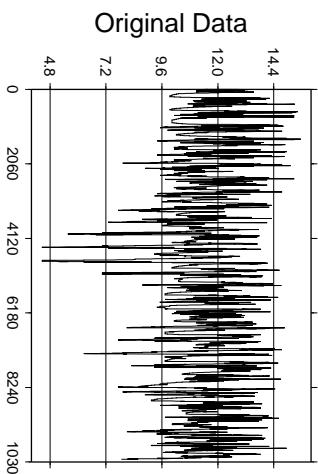
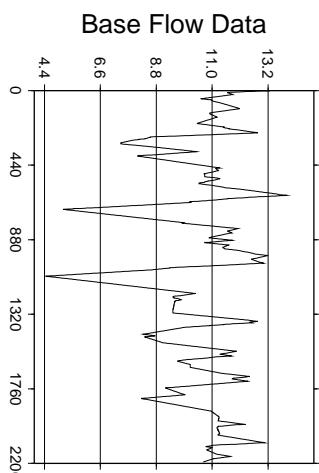
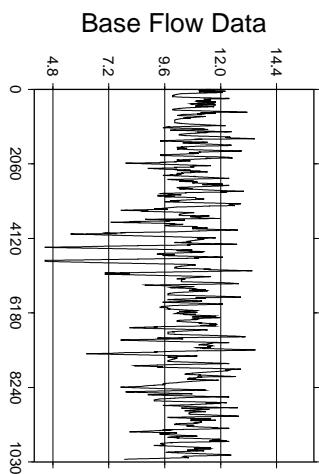
S-016.193-3

S-016.193-4



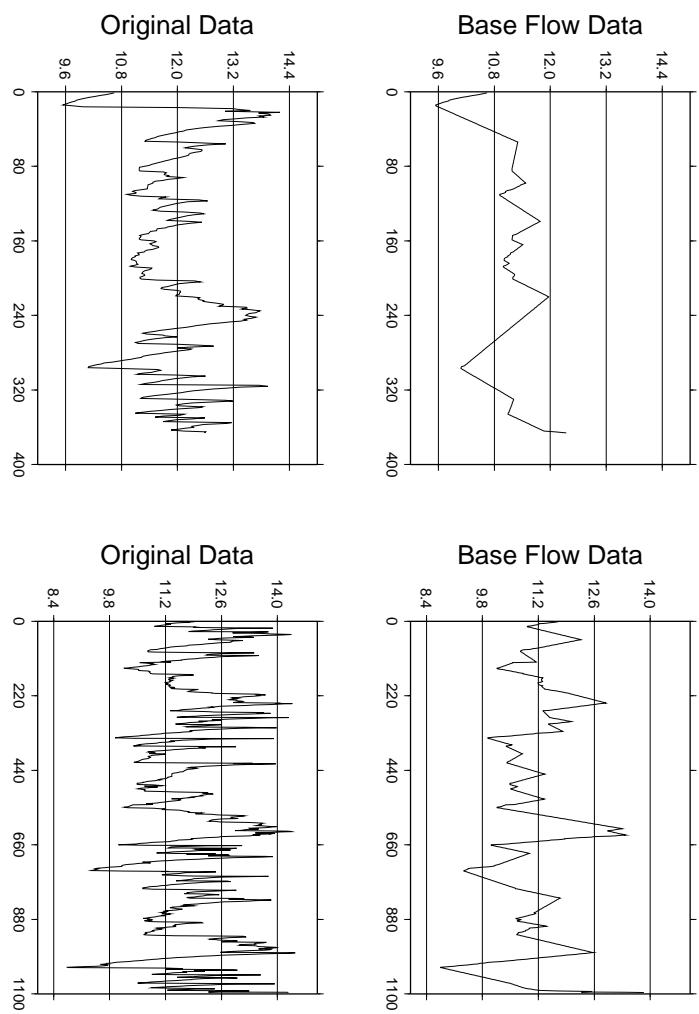
S-016.194-1

S-016.194-2



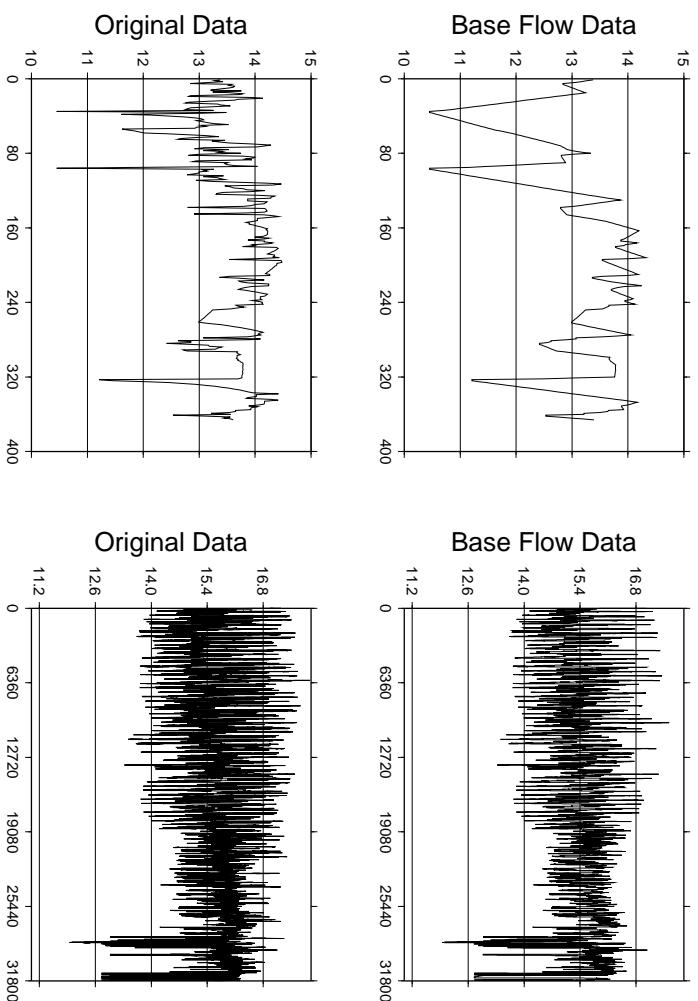
S-016.194-3

S-016.194-4



S-016.195-1

S-016.203-1



Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

## **Utgitt i Rapportserien i 2008**

Nr. 1 Tor Arnt Johnsen (red.): Kvartalsrapport for kraftmarkedet, 4. kvartal 2007 (77 s.)

Nr. 2 Panagiotis Dimakis: Kartlegging av grunnvannsressurser 1. Base Flow Index (107 s.)