

## **NVE's river and lake water temperature reference datasets for climate change studies**

*Last updated in Desember 2020 by Kjetil Melvold and Ånund Kvambekk (HB/NVE)*

### **Available data**

All daily or sub daily river water temperature series stored in NVEs Hydra II database that are classified as active and unregulated (85 stations) or regulated rivers with insignificant impact on water temperature (18 stations) or regulated with small effect on water temperature (53 stations) was chosen as basis for the selection of reference station.

Similarly were all lake water temperature profiles in NVEs Hydra II database that are classified as active and not considered effected by regulations chosen as basis for selection of reference station (73 stations).

### **River water temperature**

River water temperature before 1982-85 has been monitored by manual measurements mostly at a daily basis. Gradually, manual measurements have been replaced by automatic loggers, recording 4–12/24 times a day, most frequently in recent years as the logger memory has increased. If the loggers were deployed on the bottom, a bias towards more groundwater dominance on stream temperatures could be expected. However, all loggers were located in relatively shallow and turbulent rapids where significant temperature layering is unlikely. Also, great care was taken to avoid locations where the logger could be stranded during low flows, buried by bedload transport or embedded in ice during winter. However, such problems were not completely eliminated.

### **Lake water temperature**

Lake water temperatures have been measured for most lakes twice a year, but for the latest years (after 2014) only summer temperature has been measured. The temperature measurements consist of vertical lake temperature profiles where measurements are carried out at 1 m interval down to 10 m, at 2 m interval between 10 and 20 m, at 25 and 30 m depth, and for every 10 m deeper than 30 m to a maximum of 100 m (or to the bottom if the lakes are shallower). In recent year the water temperature was measured more continuously down to lake bottom or to maximum 100 m. The winter measurement was taken close to the temperature minimum, when most lakes were ice covered (February–May), the other around the temperature maximum in August/early September. For most lakes the measurement site was located where the lake is deepest, but not all measurements were carried out to this depth due to difficulties in locating the exact position. However, in later years, GPS technology has significantly eased the task of finding the same location every year.

### **Selection of river and lake temperature stations**

When selecting reference stations the general criteria in chapter 2 were considered. Criteria 2 (Absence of significant regulation that could affect water temperature) 3 (record length) and 4 (active data collection) were used to select the available reference dataset for water temperature. According to the evaluation of the Norwegian data, the river water temperature series were categorized into the following two usability categories:

A series can be used for all kind of climate change related studies:

1. *based on daily data (since...),*
2. *but not during winter (since only summer measurements have been carried out),*

For the lake water temperature series the data could only be used for climate change related studies:

1. *based on maximum summer temperature and minimum winter temperature*

The resulting river and lake water temperature reference series are presented in Chapter 4.

### 1. Absence of significant regulations, diversions, or water use

The 156 (river) and 72 (lake) potential reference stations are classified as “unregulated” or regulated rivers or lakes with insignificant impact on water temperature or with small effect on water temperature in our water temperature logger scheme. Personal contact with the responsible group leader and people at NVE with long experience in using the water temperature series, helped to clarify most of the uncertainties. Further background information was obtained from previous reports about the network of hydrological stations in Norway (Pettersson, 2003) and the station comments. The effect of regulations is assumed to decrease when the distance increase between water temperature station and point where water are transferred or added to the river/stream or lakes. However, the degree of detail in this available information varies between stations, and it is likely that not all intervening activity is documented, in particular not older ones.

In some rivers the documented water transfers are constant, i.e. all water from a certain part of the natural catchment is permanently transferred into a neighbouring catchment. The water flow in the remaining part can therefore be considered as natural, however, coming from a catchment area smaller than the natural one. In such cases the water temperature series after regulation could be used.

Catchments with so called mini- or micro-power-stations are usually registered in Hydra II as unregulated. These power stations operate only with the naturally available water in a river at any time without retaining or abstracting any water. The streamflow at stations further downstream is considered as unregulated but water temperature could be significant altered and thus not meeting the requirements of a reference series.

### 2. Record length

Due to the natural multi-year and decadal variability in the climate system, climate change related studies and studies on trends should in general use records with at least 30 years of data. For lake water temperature stations several lakes have a length of 27 years of good quality data are listed in the HRD, as these series have the potential to soon reach at least 30 years with data.

The selection of stations with sufficiently long series was made based on the time period with good quality rather than on the complete record length. Series with shorter periods of missing data are included in the reference dataset. Longer periods of missing data (>1 year) are accepted only for stations when there are few stations in the region or for stations where it is possible to fill in missing data (by using other stations belonging to the same river system or stations situated under the same temperature conditions).

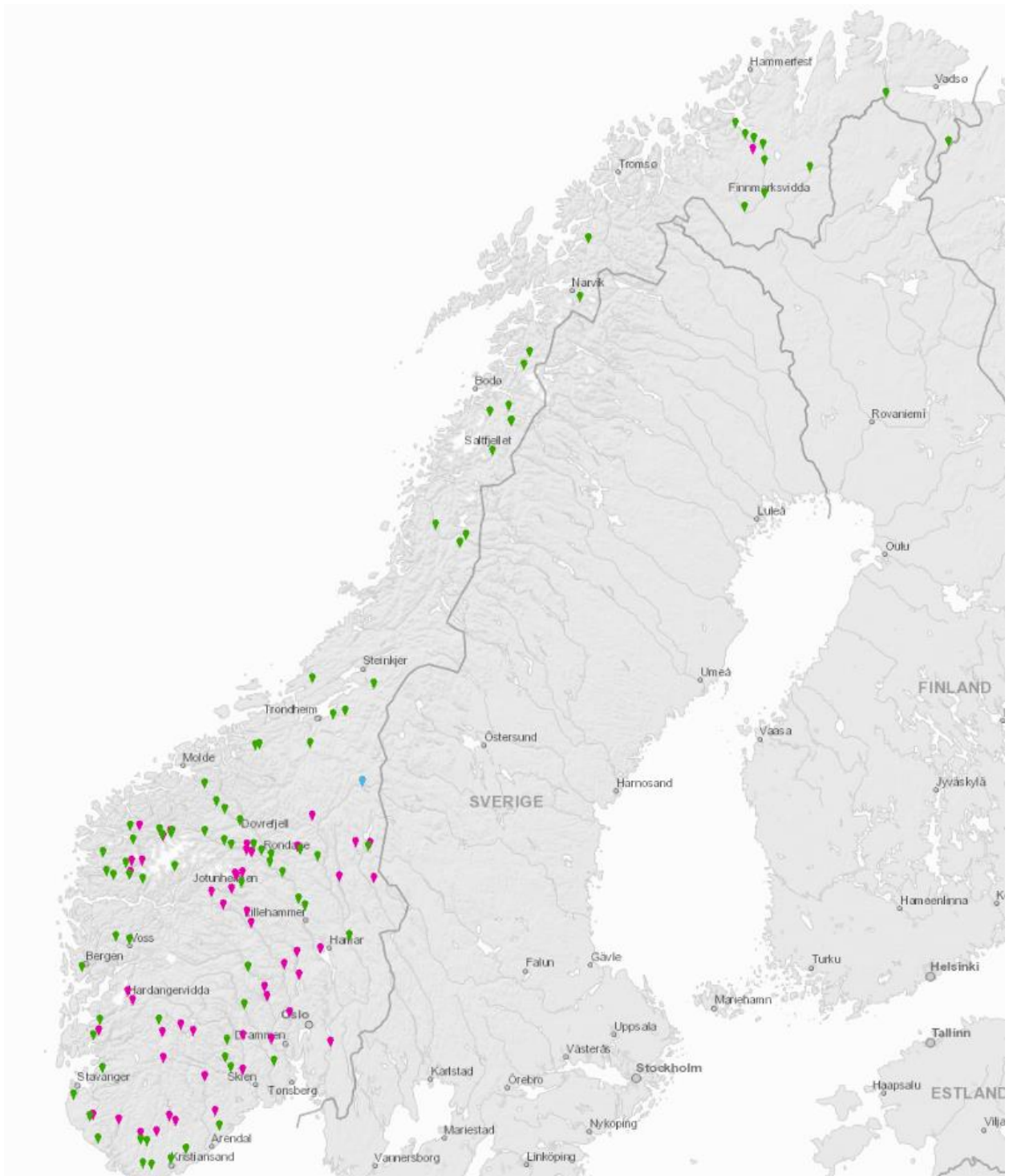
### 3. Active data collection

All stations which are currently active (2021) are considered as potential reference stations.

## **Reference series**

Application of the criteria for HRD stations to active stations in Norway resulted in a Norwegian reference dataset (RD) including 49 (lake water temperature, Table 1), and 90 (river water temperature, Table 2) series (Figure 1). All the series are longer than 27 years. The 90 RD stations for river water temperature have been divided into two suitability classes (class 1 (with 51 stations) and 2 (with 40 stations) respectively). In class 1 only one or two years of missing data are accepted. The series are therefore more complete than class 2 and less estimation is required to obtain a continuous RD data series. The river stations also have a usability category where has been divided into Y for annual data and S for summer data only. For both lakes and river the effect of regulation are also indicate “degree of regulation) where 0 indicate now regulation, 1 regulation with small impact one water temperature and 2 regulation that has some effects on water temperature. The complete lake water temperature and river water temperature RD including station comments can be found in Tables 1 (lake temperature) and 2

(river temperature), respectively. One should remember that the individual series may have some missing data.



**Figure 1** The river (green) and lake (magenta) water temperature series selected as reference stations.

**Table 1** Lake temperature reference series.

Reg no	Main no	Point no	Name	Start	Ref start	Degree of regulation	Comments
2	817	1	Aursunden v/Evavollen (11)	1985		1	Sommer fra 1987 vinter fra 1987
2	833	1	Bessvatnet v/Besshøbreen (12)	1982		0	Bare vintermålinger før 1987
2	838	1	Tesse v/Langodden (23)	1969	1982	1	Sporadiske målinger før 1982
2	839	1	Lemonsjøen v/Nordigard (11)	1976	1982	0	Sporadiske målinger før 1982
2	834	1	Øvre Sjødalsvatnet v/Mobesstrond (11)	1986		0	
2	829	2	Bygdin v/Dyrnesodden (11)	1985		0	Bare sommer målinger
2	818	2	Savalen v/Sandvika (22)	1991		1	
2	832	4	Gjende v/Leirungsholet (11)	1969	1984	0	Sporadiske målinger før 1984
2	843	5	Atnsjøen v/Grasskardbekken (23)	1980		0	Mer eller mindre sammenhengende data mangler enkeltmålinger
2	841	8	Storsjøen v/Burua (23)	1984		1	En måling i 1959,60,mange målinger i 1967-1973, Uregelmessig før 1984. Vintermåling påvirket av gjennomstrømning
2	837	11	Vågåvatnet v/Grev (23)	1969	1980	2	Målinger i hele perioden tidspunkt variere før 1980. Måling påvirket av gjennomstrømning
2	825	17	Mjøsa v/Hol-Kapp (34)	1963	1984	0	Sporadiske målinger før 1973-1978 ingen målinger før 1984

Reg no	Main no	Point no	Name	Start	Ref start	Degree of regulation	Comments
12	390	2	Sperillen v/Rambergssodden (23)	1958	1984	2	Noen data før 1984 men ikke tilstrekkelig
12	394	2	Volbufjorden v/Rogne (11)	1961	1984	1	Sporadiske målinger før 1984
12	387	3	Vangsmjøsi v/Leine (23)	1957	1987	1	Noen data før 1987
12	383	8	Randsfjorden v/Fall (23)	1978	1988	1	Sporadiske målinger før 1988
12	389	8	Strondafjorden v/Gausåk (23)	1958	1986	1-2	Noen data før 1986
12	377	9	Krøderen v/Veikåker (11)	1959	1988	2	Ingen data mellom 1959-60 og 1988
12	377	24	Krøderen v/Gubberud (12)	2006		2	Replace 12.377.9
12	377	17	Krøderen v/Herbrandsbråtan (23)	1961	1988	2	Sporadiske målinger før 1988
16	267	1	Follsjå v/Jonrud (13)	1980	1987	0	Sporadiske målinger før 1987
16	251	2	Norsjø v/Dollvika (13)	1985	1990	2	Sporadiske målinger før 1990
16	260	2	Totak v/Vå (23)	1961	1982	1	Sporadiske målinger før 1982
16	261	3	Lognvikvatn v/Hamarsnes (22)	1987	1991	0	Sporadiske målinger før 1991
19	145	9	Nisser v/Torsholmen (11)	1987	1989	1	Sporadiske målinger før 1989
20	43	1	Høvringsvatnet v/Gautestad (11)	1986		1	
21	83	2	Breidvatn v/Flottestølen (11)	1974	1985	1	Sporadiske målinger før 1985
21	86	2	Store Bjørnevatn v/Strandestølen (11)	1984	1985	0	Vintermåling fra 1985 sommer fra 1989
21	88	21	Byglandsfjorden v/Eikjåknodden (23)	1971	1985	1	Sporadiske målinger før 1985
22	38	1	Bjørndalsvatn, midten (11)	1981		0	Bare vintermåling før 1985
26	56	7	Sirdalsvatnet v/Haughom (11)	1968	1987	2	Sporadiske målinger før 1987
48	9	2	Reinsnosvatnet v/Austdalen (11)	1983	1990	0	Sporadiske målinger før 1990

Reg no	Main no	Point no	Name	Start	Ref start	Degree of regulation	Comments
212	94	1	Trangdalsvatnet v/Gukkesjokka (11)	1972	1980	0	En måling for 1980
311	464	1	Sø lensjøen v/Fiskevollen (11)	1959	1985	0	Ingen data mellom 1959 og 1985 bare sommer målinger
311	467	1	Engeren v/Storsneset (11)	1984		0	En måling i 1953, nest måling i 1964, Uregelmessig før 1984
311	463	4	Femunden v/Sorkodden (11)	1958	1986	0	Noen data før 1986
18	14	1	Vegår v/Raftholmen-Forøya	1992	1992	1	Sommer fra 2015
24	13	10	Lygne v/Reveneset (11)	1980	1993	1	Sommer fra 2016
27	30	1	Ørsdalsvatnet v/Hytland (11)	1993	1993	0	Sommer fra 2017
48	10	1	Sandvinvatnet v/Jordal (11)	1986	1994	0	Sommer fra 2019
12	101	1	Tyrifjorden v/Gjota (11)	1994	1994	1	Sommer fra 2020
12	369	1	Eikeren v/Gunhildrud (11)	1987	1994	0	Sommer fra 2021
2	821	1	Øyeren v/Rånes (11)	1994	1994	1	Sommer fra 2022
84	26	2	Jølstravatnet v/Ålhus (11)	1994	1994	1	Sommer fra 2025
83	20	3	Haukedalsvatnet v/Rørvikfloten (11)	1994	1994	0	Sommer fra 2026
88	52	5	Lovatnet v/Vorneset (23)	1972	1994	0	Sommer fra 2027
89	4	2	Hornindalsvatnet v/Heggjabygda	1994	1994	0	Sommer fra 2028
88	55	5	Oppstrynevatnet v/Glomnes (23)	1977	1994	1	Sommer fra 2029

**Table 2** River temperature reference series.

Reg no	Main no	Point n	Station name	Start	Ref start	Usability category	Degree of regulation	Suitability classes	Comment
2	639	2	Glåma v/Strandfossen kraftstasjon	1980		Y	2	1	Mangler 2-3 år med data
2	650	5	Lågen v/Hunderfossen kraftstasjon	1971		Y	2	1	Mangler 1-2år med data
2	651	5	Lågen v/Harpefoss kraftstasjon	1972		Y	2	1	Mangle 1-2 år med data
2	653	3	Lågen ovf. Otta	1974		Y	0	2	Mangler 3 år med data god overlap med manuelle målinger
2	656	1	Lågen v/Hovdefossen	1983	1905	S/Y	2	2	Bare sommer fram til 1994/95 Noen brudd i seriene
2	658	1	Lågen ndf. Lora	1990		Y	0	1	Mangle et drøyt år med data 2000-2001
2	660	1	Hinøgla ndf. Øvre Heimdalsvatnet	1984		Y	0	1	To store hull i serien på ca 2 år og 1,5 år
2	661	4	Sjoa ovf. Lågen	1971		Y	0	1	Ikke vinter data for 2002, hull 1988-1990
2	666	3	Otta ovf. Skim v/Marlo bru	1970		S/Y	1	1	Bare sommer data på 80 tallet, bra manuelle målinger
2	674	3	Otta v/Eidefoss kraftstasjon	1963		Y	1	2	Mangler 3 år med data, manuelle målinger ok?
2	677	3	Bøvre ovf. Otta	1974		S	0	1	Sommer data mangler sommer 1988 og 1991 og 1993, hull også i manuell serie
2	683	1	Otta v/Pollfoss	1983		Y	1	1	Mangler 4 år med data
2	685	1	Otta ndf. Vågåvatnet	1992		Y	1	2	Små brudd ellers OK
2	700	2	Atna ndf. Atnsjøen	1981		Y	0	1	En del hull i data før juni 1985 juni. Finne noe døgndata i perioden
2	704	1	Atna v/Fossum	1986		Y	0	1	Mangler data for vinter 1994/95



12	308	1	Hallingdalselva v/Bergheim	1985		Y	2	1	Mangler et år med data
15	109	3	Numedalslågen v/Mykstufoss kraftstasjon	1974		Y	2	1	Mangler 2 år med data og noe manuelle målinger
15	115	1	Numedalslågen v/Brufoss	1984		S/Y	1	2	Bare spømmer før 203/2004, Mangler 4 år med data
16	212	1	Kjela ndf. Eivindbuvatn	1984		Y	2	1	Bare små hull
16	217	1	Straumen ovf. Hogga kraftstasjon	1984		Y	2	1	Mangler ca 2 år med data
16	222	3	Bøelva v/Sanda bru	1972		Y	2	1	Bare små hull god manuelle målinger
16	228	1	Hjartdøla ndf. Hanefossen	1988		Y	2	2	Mangler data for 1991 og deler av 1992 så små hull
18	13	1	Storelva v/Fosstveit	1989		Y	0	2	En del hull i data serien opp mot 3 år
20	29	3	Tovdalselva ovf. Flaksvatnet	1978	1905	Y	1	1	Mangler data mellom 1986 og 1991 Eller god data før og etter
21	79	1	Otra v/Mosby	1986		Y	2	1	Små brudd ellers OK
22	25	4	Mandalselva v/Kjølemo	1983	1983	Y	2	1	Mangler 2-3 år med data
23	14	1	Audna ndf. Øvre Øydnavatnet	1988		Y	0	2	En god del hull på noen mnd mangler to sommere
23	15	1	Audna v/Melhusfossen	1988		Y	2	2	mangler data for 1989 og 2010-2011
24	5	3	Lygna ndf. Lygne	1980		Y	0	1	Mangler et år med data men ellers bra kan forlenges med manuelle målinger
26	52	2	Mydlandselva	1981		Y	0	1	Mangler et år med data men ellers bra kan forlenges med manuelle målinger
26	53	2	Sokndalselva ovf. Mydlandselva	1981		Y	2	1	Mangler 2 år med data kan forlenges med manuelle målinger
27	29	1	Bjerkreimselvi v/Bjerkreim	1986		Y	0	1	Noen mindre hull god serie
28	12	1	Figgjo ndf. Øksna bruk	1987		Y	0	2	Sporadisk med data før 1992 etter det noen hull opp mot et år.

33	12	1	Årdalselva v/Soppeland	1988		Y	1	2	Mangler 3 år med data
38	2	1	Vikedalselva utløp	1985		Y	0	1	Mangler to sommere ellers grei
41	9	2	Stordalsvatnet utløp	1969		Y	0	1	God bare små hull
55	18	1	Oselva v/Røykenes	1985		Y	0	1	Mangler i perioder mindre enn 1 et år med data men ellers bra kan for lenges med manuelle målinger
62	30	3	Vosso ovf. Evangervatnet	1987	1988	Y	1	2	Mangler 4 år med data, ikke overlapp med manuell målinger
62	33	3	Strondaelvi ovf. Raundalselvi	1975		Y	1	1	Mangler ca 2 år med data ellers god manuelle målinger
62	34	3	Raundalselvi ovf. Strondaelvi	1975		Y	0	2	Lang serie et større hull på opp mot 2 år
76	37	3	Jostedøla v/Myklemyr	1981		Y	2	1	Mangler 2 år med data kan forlenges med manuelle målinger
78	10	1	Vetlefjordelva ovf. Mel kraftstasjon	1990		Y	2	1	Mangler 1 år med data
83	16	1	Gaula ndf. Eikelandsvatnet	1971		Y	0	1	God sereie kan forlenges med manuelle målinger . Manuell serie 1 mest komplett
83	17	5	Gaula utløp	1971		Y	0	1	Noen hull på noen mnd ellers god manuelle målinger delvis
83	18	4	Gaula ndf. Haukedalsvatnet	1971		Y	0	2	En og del hull opp mott 2 år ellers lang
84	22	1	Jølstra ndf. Jølstravatnet	1989		Y	2	1	Mangler noen mnd med data
85	8	1	Oselva ndf. Endestadvatnet	1983		Y	2	1	Mangler 1 år med data
87	4	3	Gloppenelva utløp	1974		Y	1	2	Mangler 3 år med data
88	31	5	Loelva ndf. Lovatnet	1970		Y	0	2	Stor hull rundt tusenårsskifte eller god lang manuell serie

88	32	4	Strynseelva v/Stauri	1968		Y	0	2	Mangler to år med data 1996/97 og 1998/99 eller god lang manuell serie mangler et år for overlapp
88	33	3	Hjelledøla ovf. Strynsvatnet	1974		Y	0	2	En del hull i første del av loggerserien
88	35	3	Erdalseelva	1974		Y	0	1	Noen hull på none mnd ellers god manuelle målinger delvis
89	2	1	Eidseelva ndf. Hornindalsvatnet	1989		Y	1	1	Kun små brudd
103	42	3	Rauma ovf. Grytten kraftstasjon	1974		S/Y	1	2	Bare sommer før 1992/1992, mangler 3 år med data
103	46	1	Rauma ndf. Lesjaskogvatnet	1983		Y/S	0	1	Bare sommer mangler ca 2 år med data
103	48	1	Rauma v/Raudstøl bru	1983		S/Y	0	2	Bare sommer mangler ca 2 to 3 år med data
112	35	1	Surna ovf. Trollheim kraftstasjon	1987		Y	2	2	Mangler 3 år med data
112	40	1	Vinddølva ovf. Surna	1993		Y	0	2	Mangler et år med data
122	28	1	Gaula v/Haga bru	1984		Y	0	2	Mangler enn god del data
123	56	1	Homla utløp	1986		Y	0	2	Mangler ca 3 år med data
124	27	1	Stjørdalseelva v/Hegra bru	1990		Y	2	2	Mangler 3 år med data kort
127	14	3	Verdalseelva v/Grunnfossen	1971		Y	0	1	Mangler et år med data men ellers bra kan for lenges med manuelle målinger
133	9	1	Nordelva ndf. Kringsvatnet	1986		Y	0	1	Mangler ca 3 år med data
151	29	2	Unkerelva	1972		Y	0	2	Mangler ca 4 år med loggerdata, manuellserie god
151	32	3	Vefsna v/Laksfors	1972		S	0	2	Bare sommer data enn del hul, lang manuell måleserie IOK
151	35	3	Susna v/Ivarrud	1975	1905	S	0	1	Bare sommer mangler ca 2 år med data, lang manuell måling

156	52	3	Ranaelva v/Messingslett bru	1988		Y	0	2	Mangler 2 år med data tynt med data manuell målinger
161	30	3	Tollåga ovf. Beiarelva	1975		S/Y	0	2	Sommer data mangle ca 2 til 3 år med data
163	19	3	Saltelva ovf. Eneselva	1975		S/Y	0	2	Bare sommer data enn del hull, lang manuell måleserieOK
163	23	2	Lønselva ndf. Kjemåga	1979		Y/S	0	1	Bare sommer mangler 3 år med data
163	24	2	Junkerdalselva ovf. Lønselva	1979		Y/S	0	1	Bare sommer mangler 3 år med data
166	15	1	Laksåga ovf. Sleipa	1990		S/Y	0	2	Bare sommer mangler 2 år med data
167	35	6	Kobbelva ndf. Kobbvatnet	1975	1905	Y	2	1	Mangler 2 år med data kan kobles med manuelle målinger
173	24	4	Elvegårdselva v/Stiberg bru	1983		Y	2	1	Mangler 1 år + noen mnd med data noen år mellom manuell og loggerdataa
191	3	6	Salangselva ndf. Nervatnet	1987		Y	0	1	Mangler 1,5 år med data, 3 år hull mellom manuelle målinger og logger data
212	62	1	Halselva ndf. Storvatnet	1994		Y	0	2	Litt kort mangler ca 1 år med data
212	65	1	Kautokeinoelva v/Virdneguoika	1980		Y	0	1	God noen hull
212	66	2	Altaelva v/Savco	1979	1905	Y	2	1	Mer eller mindre sammenhengende data fra 1991 til 2008 før dette mange brudd
212	68	1	Altaelva v/Gargia	1980		Y	2	1	Mangler 1 år med data fram til 2008
212	69	3	Cabardasjokka ndf. Stuorajavri	1980	1905	Y	0	1	God fra 1989, mangelfull manuelle data
212	74	1	Kautokeinoelva v/Gjevdneguoika	1981		Y	0	1	Mangler ca 2 år med data
212	80	1	Eibyelva v/Eiby	1981		S/Y	0	2	Sommer data fram til 1996 mangler ca 3 år med data
234	19	1	Tana ovf. Polmakelva	1990		Y	0	2	Mangler noe data i starten brudd på 1,5 år

234	21	4	Karasjokka ovf. lesjokka	1974		Y	0	2	Mangler 1,5 år med data, manuelle målinger ok
246	11	1	Pasvikelva v/Skogfoss kraftstasjon	1991		Y	1	2	Mangler 2 år med data
311	461	2	Femundselva ndf. Femunden	1972		Y	0	1	Mangler ca 2 år med data ellers god manuelle målinger ligger lavt ?
400	1	1	Bayelva	1991		S	0	2	Sommer mangler 2 år
400	4	1	Londonelva	1992		S	0	2	Sommer mangler 1 år
400	5	1	De Geerdalen	1991		S	0	2	Sommer mangler 1 år