

Hydrologiske data til bruk for planlegging av Markeland kraftverk i Markelandsbekken, ein sidebekk til Lygna (024.B12Z) i Lyngdal kommune i Agder Fylke



Markeland Kraft AS

Utarbeida av: J. A. Melheim	Kontroll / fagansvarleg: J. H. Måren	Dato: 15.06.2022 Rev.:
Bystøl AS	Tlf: 57 69 85 80	e-post: post@bystol.no web.: www.bystol.no

1. Omtale av nedbørfeltet

Vassdragsnr: 024.B12Z

Vernestatus: Hovudvassdraget er verna (Lygna 024.Z)

Feltareal: 8,5km²

Høgdeforskjell i feltet: 200 – 388 moh

Effektiv sjøprosent: 0,4%

Normalavløp: NVEs digitale avrenningskart for perioden 1961-1990 gje spesifikt normalavløp i nedbørfeltet til Markeland kraftverk på $48,3 \text{ l/s/km}^2 \times 8,5 \text{ km}^2 = 410 \text{ l/s}$. Avrenningskartet har ein usikkerheit på +-20% som gjev eit intervall på 328 l/s til 493 l/s.

Årsavløp: 12,93 mill. m³/år (Nevina) / 15,61 m³/år (Skalerte vassføringsdata)

Regime: Atlantisk regime. Sør-/kyst felt der flaumar inntreff heile året, enten som regnflaum eller kombinasjon av regn og snøsmelting. Dominerande lågvassperiode i sommarmånadane.

Det er planlagt eit kraftverk med inntak i Markelandsbekken på kote 200 med

- HRV kote 200,5

utan regulering,

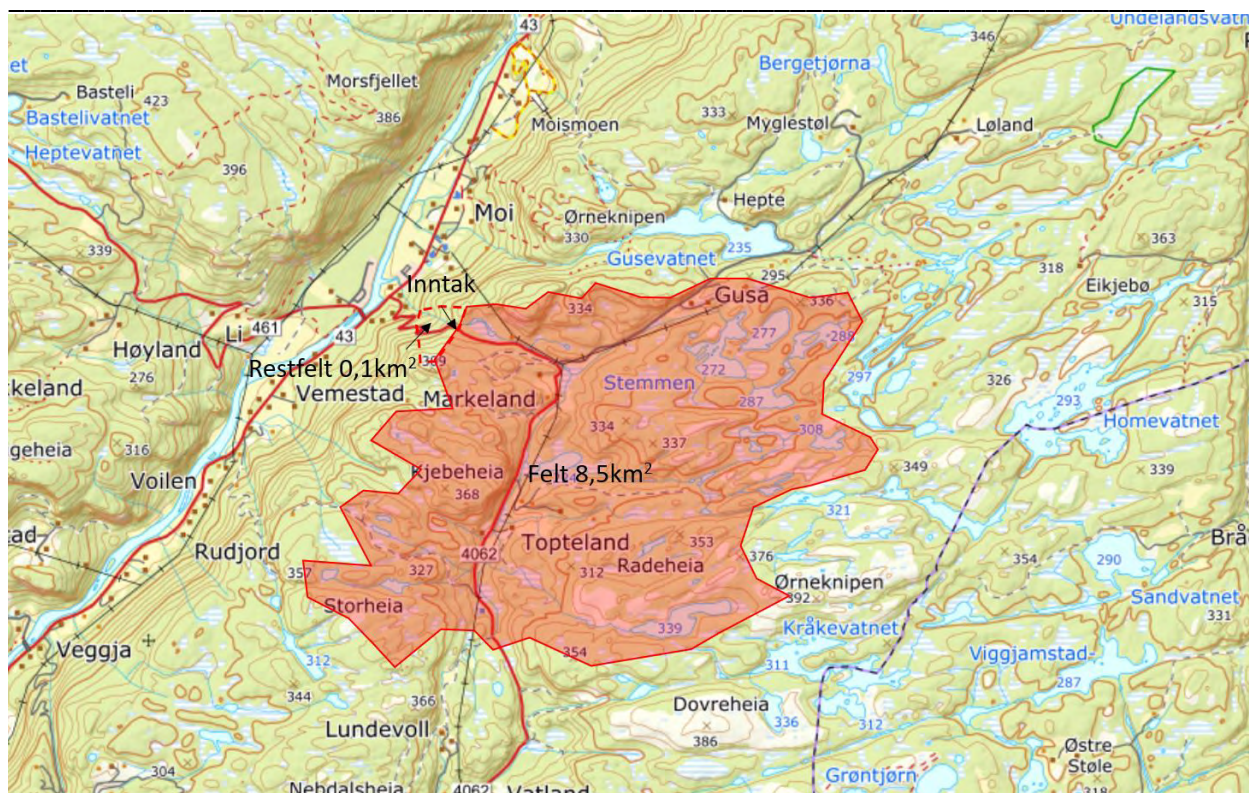
Kraftverket er planlagt med inntak i Markelandsbekken og er planlagt med ein maksimal slukeevne på 810 l/s. Dette er om lag 198% av middelavrenninga ved bruk av Nevina avrenningskart 1961-1990 og 165% med skalerte avrenningsdata i perioden 2002-2021.

Tabell 1. Omtale av nedbørfeltet og restfeltet

Felt namn	Inntak kote (moh)	Areal ved inntak (km ²)	Eff. Sjø (%)	Snau-fjell (%)	Høgde-intervall (moh)	Avrenning (l/s)	Usikkerheit (+- 20%)
Markelandsbekken	200,5	8,5	0,4	4,8	200-388	410	328-493
Restfelt	49	0,1	0,0	9,0	49-308	3,7	3,0-4,4

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

Hydrologi



Figur 1. Kart over nedbørfelt og restfelt for Markeland kraftverk med inntak i Markelandsbekken

2. Tilrettelegging av datagrunnlag for hydrologisk berekning.

Grunnlaget for alle hydrologiske utrekning er tidsserier av vassføring over ei lang årrekke. Det eksisterer i dag ingen måling av vassføringa i det aktuelle vassdraget, så vidare analyser må baserast på ei samanlikning og skalering med tidsserier for avløp frå målestasjonar i nedbørfelt med liknande avløpstilhøve. Det er avgrensa aktuelle målestasjonar i området. Nedbørfelta til samanlikningsstasjonen er teikna inn på kart i figur 2 saman med Markeland kraftverk sitt nedbørfelt. Felteigenskapar er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Felteigenskapar til samanlikningsstasjonar og delfelt Markelandsbekken kote 200 (Markeland kraftverk).

Stasjon	Måle- periode	Feltareal (km ²)	Snau- fjell (%)	Effektiv sjø (%)	Q _N (l/s/km ²)	Q _m (l/s/km ²)	Høgde- intervall (moh)
26.64 Rekedalselv	1997- 2021	10,1	47,6	1,4	45,9	62,5	107-311
26.29 Refsvatn	1978- 2021	53,0	58,7	1,0	58,4	74,9	37-545
24.8 Møska	1994- 2021	121,4	8,2	1,7	50,2	60,0	8-613
Markelandsbekken	-	8,5	4,8	0,4	48,3	-	200-388
Restfelt	-	0,1	0,0	0,0	37,0	-	49-308

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

Hydrologi

Q_N uttrykker middelavrenning i perioden 1961-90 utrekna frå NVE sitt avrenningskart, NEVINA. Q_m uttrykker målt middelavrenning i perioden 2002-21. Det er ingen av dei aktuelle målestasjonane som har måleverdiar tilbake til 1961.

Vurdering av avrenningskart

For aktuelle målestasjonar er faktisk avrenning i perioden 2002-2021 frå 19,5% til 36,1% større enn avrenningskartet. Møska, som ligg nærast feltet til Markelandsbekken har ein auke på 19,5% medan Rekedalselv-feltet med avløpsdata som samsvarar med Markelandsbekken har observert 36,1% større avrenning enn avrenningskartet (Nevina).

Avrenningskarta kan dermed ikkje nyttast direkte. Det vert gjort av vurdering av skaleringa av dei ulike feltet. For verdiar for lågvassføringar vert måldata nytta og skalerte.



Figur 2. Kart over samanlikningsfelt og nedbørsfelt Markelandsbekken.

Omtale av aktuelle målestasjonar**VM 24.8 Møska**

Målestasjon 24.8 Møska ligg om lag 11km sør-sør-vest for inntaket til Markeland kraftverk i Markelandsbekken i Lyngdal kommune. Nedbørsfeltet til Møska dekkjer store deler av heiane vest for Lyngdal medan feltet til Markeland kraftverk ligg på austsida. Arealet er 14 gongar større enn feltarealet til Markeland kraftverk. Vidare er snaufjellprosenten og effektiv sjøprosent er litt høgare og høgdeintervallet er noko større enn for feltet til Markeland kraftverk. Spesielt feltstorleiken gjer at VM24.8 Møska vil ha ei vesentleg større sjølvregulerande evne enn Markelandsbekken. Nærleiken til Markelandsbekken gjer at Møska er det samanliknsfeltet som gjev best representasjon av middelvassføringa.

VM 26.29 Refsvatn

Målestasjon 26.29 Refsvatn ligg om lag 51km vest-nord-vest for inntaket til Markeland kraftverk i Sokndal kommune i Rogaland fylke. Arealet er vel seks gongar større enn feltarealet til Markelandsbekken kraftverk. Vidare er snaufjellprosenten er heile 12 gongar høgare, høgdeintervallet er noko større enn for feltet til Markeland kraftverk. Den effektive sjøprosenten er om lag den same for felta. Feltstorleiken gjer at VM26.29 Refsvatn vil ha ei større sjølvregulerande evne enn Markelandsbekken medan høg fjellprosent reduserer den sjølvregulerande evna.

VM 26.64 Rekedalselv

Målestasjon 26.64 Rekedalselv ligg om lag 57km vest-nord-vest for inntaket til Markeland kraftverk i Sokndal kommune i Rogaland fylke. Arealet, høgdeintervallet og den spesifikke nedbøren er om lag den same som for feltet til Markeland kraftverk. VM26.64 Rekedalselv har noko større fjellprosent og dermed mindre sjølvregulerande evne enn Markelandsbekken, men på den andre sida litt høgare sjøprosent. Rekedalselv manglar komplette data for åra 2003, 2009 og 2010.

Val av representativ målestasjon og utrekning av skaleringsfaktor

Målestasjon 26.64 Rekedalselv har feltparametre som i hovudsak stemmer godt med Markelandsbekken. Unnataket er noko høgare fjellprosent. VM24.8 Møska ligg nærast og har også hovudsakleg skog og myr i feltarealet, men den store arealskilnaden gjer at VM 24.8 Møska vil gje upresise lågvass-indeksar. VM 26.64 Rekedalselv vert difor nytta i vidare arbeid.

VM 26.64 Rekedalselv har berre målingar frå 1997 og vi vel å nytte målingar frå 1.1.2002 til 31.12.2021. I data der årlege verdiar er av interesse er åra 2003, 2009 og 2010 utelatne sidan vassføringsdata for desse åra ikkje er komplette.

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

Hydrologi

I avrenningskartet 61-90 har Rekedalselv ei middelavrenning Q_N på 464 l/s. I perioden 2002-2021 var middelavrenning for Rekedalselv på 631 l/s som er 36,1% høgare enn i referanseperioden. For VM 24.8 Møska er auken berre på 19,5% og det er grunn til å tru at Markelandsbekken heller ikkje har større auke. Skaleringsfaktoren vert difor justert ned.

Skaleringsfaktor for inntak kote 200 i Markelandsbekken

$$\frac{\text{Moisbekken kote 200}}{\text{Rekedalselv}} = \frac{410 \text{ l/s} \cdot 1 + 19,5\%}{464 \text{ l/s} \cdot 1 + 36,1\%} = 0,77$$

Skaleringsfaktor for restfelt

$$\frac{\text{Moisbekken kote 49}}{\text{Rekedalselv}} = \frac{414 \text{ l/s} \cdot 1 + 19,5\%}{464 \text{ l/s} \cdot 1 + 36,1\%} = 0,78$$

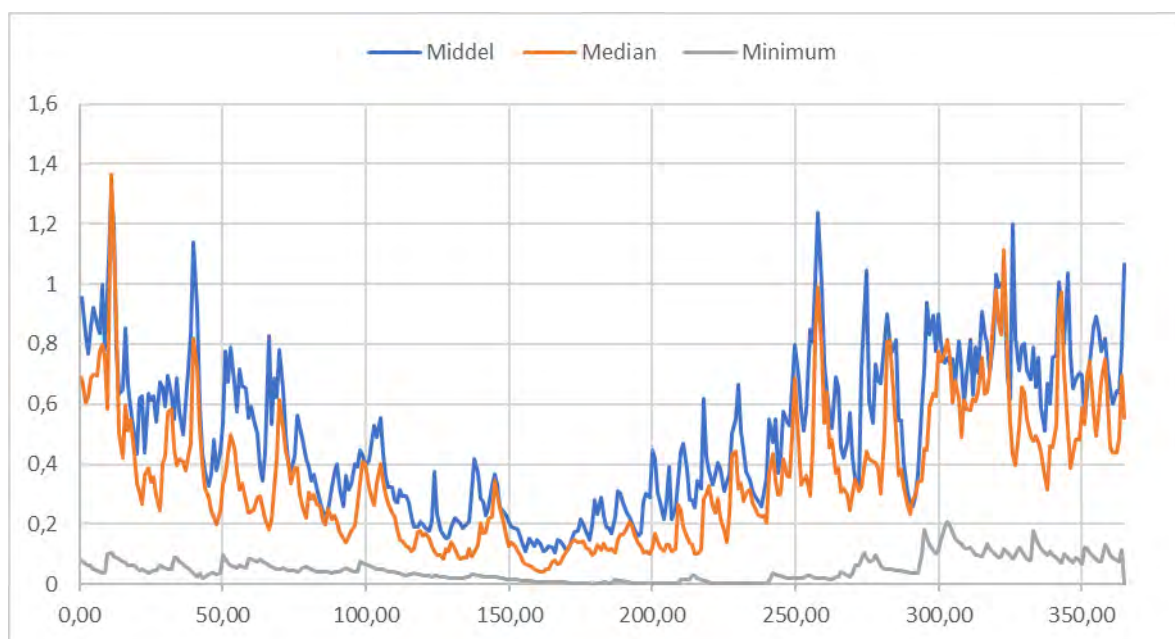
År-til-år-variasjon middelavløp

År-til-år variasjon i middelavløpet vist i Figur 3 for perioden 2002-2021 for skalerte verdiar av Rekedalselv. I perioden varierer middelavrenninga frå 330 l/s (2002, tørraste år) til 695 l/s (2020, vått år). Dette er ein variasjon på -33% til +40% av middelavrenninga. År 2007 er eit år med normal avrenning.

Figur 3. Årsmiddel i perioden 2002-2021. Målingar frå åra 2003, 2009 og 2010 er ikkje komplette og difor ikkje med i årsmiddel-oversikta.

Avløpsfordeling over året

Sesongvariasjonen til vassføringa i Markelandsbekken antek ein å stemma nokolunde overeins med sesongvariasjonane ved 26.64 Rekedalselv. Figur 4 viser middelvassførings (fleirårsmiddel), medianvassføringa (fleirårsmedian) og minimumsvassføringa (fleirårsminimum) over året utarbeidd på grunnlag av observert vassføring ved 26.64 Rekedalsvatn i perioden 2002 – 2021.



Figur 4. Variasjon av vassføring i m³/s gjennom året.

Både fleirårsmiddel og fleirårsmedian gjev eit bilde av midlare avløpstilhøve. Ved bygging av små kraftverk antek ein at mediankurven, som i dei fleste tilfelle ligg lågare enn middelkurven, er best egna til å gi et bilde av midlare avløpstilhøve. Dette skuldast at små kraftverk ikkje kan utnytte flaumvassføringane. I middelkurven inngår flaumvassføringane ved berekning av middelkurven, medan mediankurven ikkje legg vekt på flaumvassføringar.

Den nedste kurva viser den lågaste vassføringa som har førekomme i årrekka. Lågvassføringa inntreff som oftast i sommarmånadane, men også i mai og september kan vassføringa vere låg.

Figur 5. Maksimale flaumar i m³/s. Dei største flaumane oppstår på seinhausten og rundt nyttår.

Figur 5 viser korleis maksimale flaumar er fordelt over året. Haust og vinterflaumar er dominerande. Figuren viser døgnmiddelvassføring. Kulminasjonsvassføringa er noko større. For nedslagsfeltet til Markelandsbekken kan ein venta kulminasjonsflaum om hausten vere over 200% av døgnmiddel.

Varighetskurve

26.64 Rekedalselv i perioden 2002 – 2021 og skalert som tidlegare omtala.

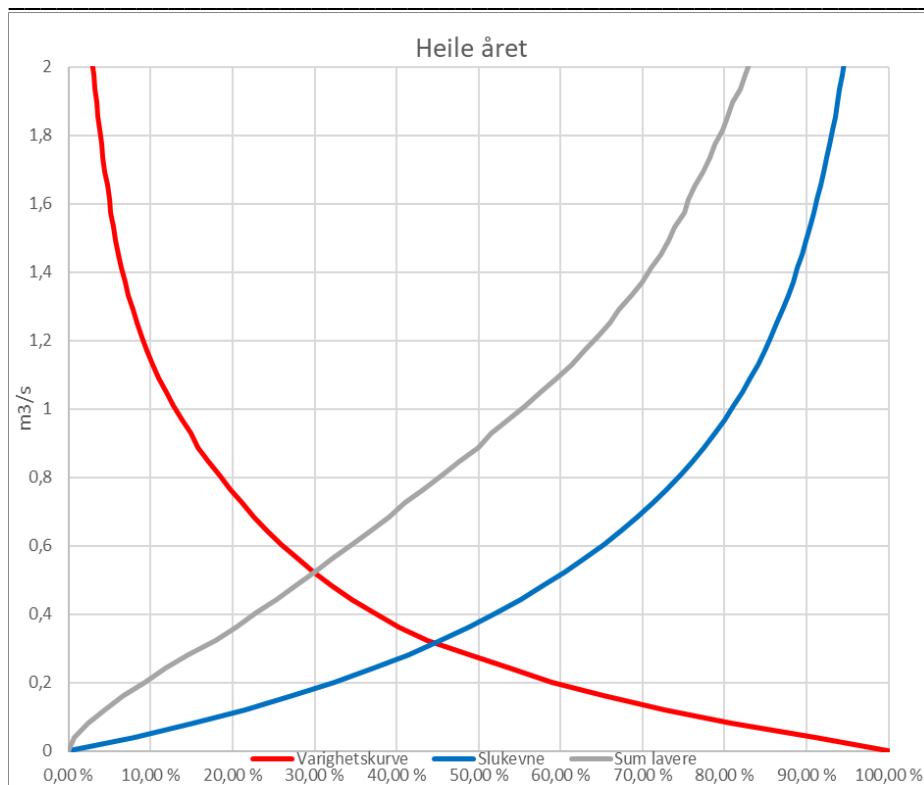
Den nytta målestasjonen har same eller litt mindre sjølvreguleringsevne enn Markelandsbekken grunna same feltareal, men mindre snaufjell og mindre myr. Det betyr at varighetskurvene og slukeevne ved 26.64 Rekedalselv gjev eit godt bilde på nyttbar vassmengd sett i høve til Markeland kraftverk sitt nedbørfelt. Dette vil også gjelda kurvene for slukeevne og sum lågare. Samanlikningsfeltet ligg i eit anna vassdrag, og større eller mindre avvik må ein venta.

Varighetskurva for vintersesongen ligg vesentleg høgare enn for sommarsesongen.

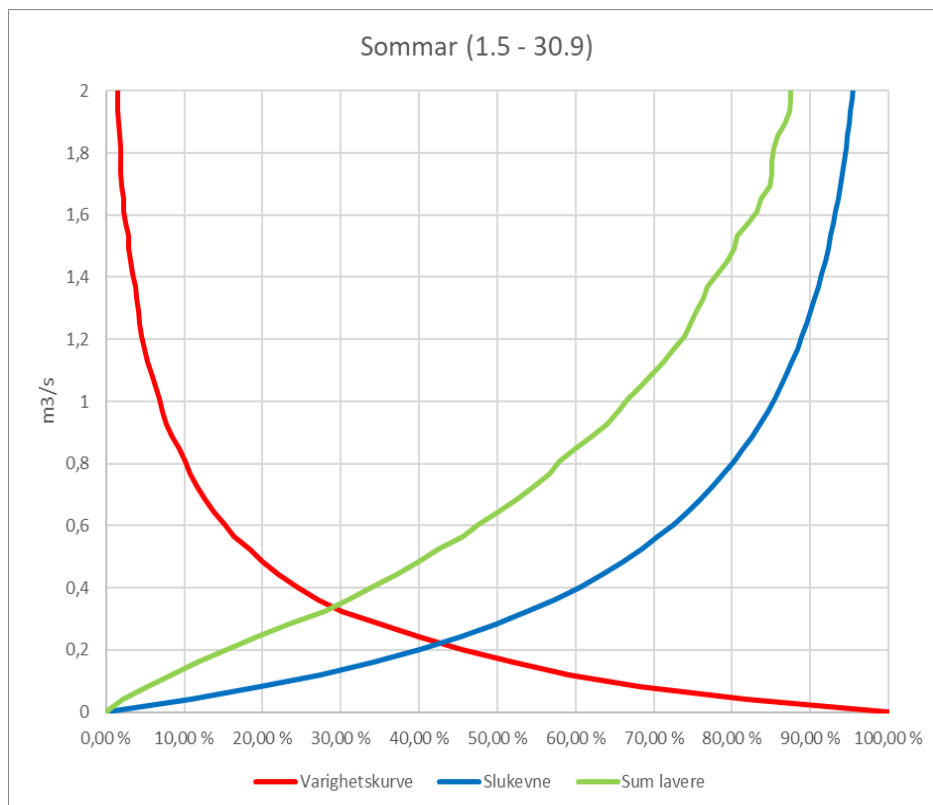
Flaumane er størst i vintersesongen og lågvassføring er dominerande i sommarmånadane. Følgjeleg vil mesteparten av kraftproduksjonen skje i vinterhalvåret.

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

Hydrologi



Figur 6. Varighetskurve for heile året.



Figur 7. Varihetskurve for sommarsesongen, 1.5 – 30.9

Figur 8. Varigheitskurve for vintersesongen, 1.10 - 30.4.

Alminneleg lågvassføring

Alminneleg lågvassføring er utrekna for Markelandsbekken ved kote 200 uavhengig av kvarandre ved hjelp av NVE sitt program NEVINA og på grunnlag av skalert vassføring for åra 2002-2021 for vassmerket 26.64 Rekedalselv

Tabell 3. Alminneleg lågvassføring.

	Areal	Frå NEVINA		Skalert 26.64 Rekedalselv	
	km ²	l/s/km ²	l/s	l/s/km ²	l/s
Markelandsbekken	8,5	0,9	7,7	2,99	25

Estimert alminneleg lågvassføring ved målestasjon Rekedalselv er 2,99 l/s/km². Alminneleg lågvassføring aukar normalt med blant anna aukande feltstorleik, innsjøprosent og aukande spesifikk avrenning og vert redusert med aukande andel snaufjell. Feltet ved kote 200 i Markelandsbekken har same areal som 26.64 Rekedalselv, litt mindre spesifikk nedbør, men lågare snaufjellprosent. Målestasjonen Rekedalselv er difor vurdert til å gje best estimat med omsyn til alminneleg lågvassføring:

Alminnelege lågvassføring inntak Markelandsbekken: 25l/s

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

Hydrologi

5-persentil sesongvassføring

5-persentil for vassføring i perioden 1.5 -30.9 (sommarhalvåret) og i perioden 1.10 -30.4 (vinterhalvåret) er for Markelandsbekken kote 200 er estimert med utgangspunkt i skalert vassføring frå vassmerke 26.64 Rekedalselv samt ved hjelp av NVE (NEVINA).

	Areal	Frå NEVINA				Skalert 26.64 Rekedalselv			
		5-persentil sommar		5-persentil vinter		5-persentil sommar		5-persentil vinter	
	km ²	l/s/km ²	l/s	l/s/km ²	l/s	l/s/km ²	l/s	l/s/km ²	l/s
Markelandsbekken	8,5	0,5	4,2	5,5	47	2,0	17	7,0	59

Med utgangspunkt i dette, og vurderingane gjort ved utrekning av alminneleg lågvassføring, er 5-persentilen ved inntaket på kote 200 i Markelandsbekken vurdert til å vera:

5-persentil sommar (tida 1/5 – 30/9): 17 l/s

5-persentil vinter (tida 1/10 – 30/4) : 59 l/s

Restvassføring

Uttak av vatn i Markelandsbekken til Markeland Kraftverk vil endre vassføringa mellom inntaket og utløpet på kote 49 i Markelandsbekken.

For å bestemme restvassføringa rett nedstraums inntaket til Markeland kraftverk er det laga ein modell basert på dagleg skalert vassføring for vassmerket 26.64 Rekedalselv.

Med utgangspunkt i alminneleg lågvassføring på 25 l/s og 5-persentil sommar på 17 l/s og vinter på 59 l/s er det prøvd å setje ei minstevassføring som sikrar livsvilkåra i elva.

I området med høgare 5-persentil vassføring i vinterhalvåret enn i sommarhalvåret er det praksis å søkje om lik minstevassføring gjennom heile året og legge denne mellom sesongverdiane.

Minstevassføring på 35 l/s heile året vurdert til å vere tilstrekkeleg for Markelandsbekken og det er vesentleg høgare enn den alminnelege lågvassføringa.

I modellen er det lagt inn følgjande føresetnader:

Kraftverk	Markeland
Største slukeevne	810 l/s
Minste driftsvassføring	30 l/s
Minstevassføring heile året	35 l/s

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

Hydrologi

Restvassføringa oppstraums kraftstasjon:

Restfeltet mellom inntak og kraftstasjon er 0,1km² og middelavrenninga er på 37l/s/km²
Med slepp av minstevassføring som skildra over vert gjennomsnittleg restvassføring oppstraums kraftstasjonen 159 l/s.

Markeland Kraftverk utnyttar 68,7% av tilgjengeleg vatn ved inntaket i Markelandsbekken

Tal på dagar med endring i vassføring.

Situasjonen før og etter utbygging av Markeland Kraftverk er vist i

- Middels vått (Normalt) år: 2007
- Tørt år: 2021
- Vått år: 2020

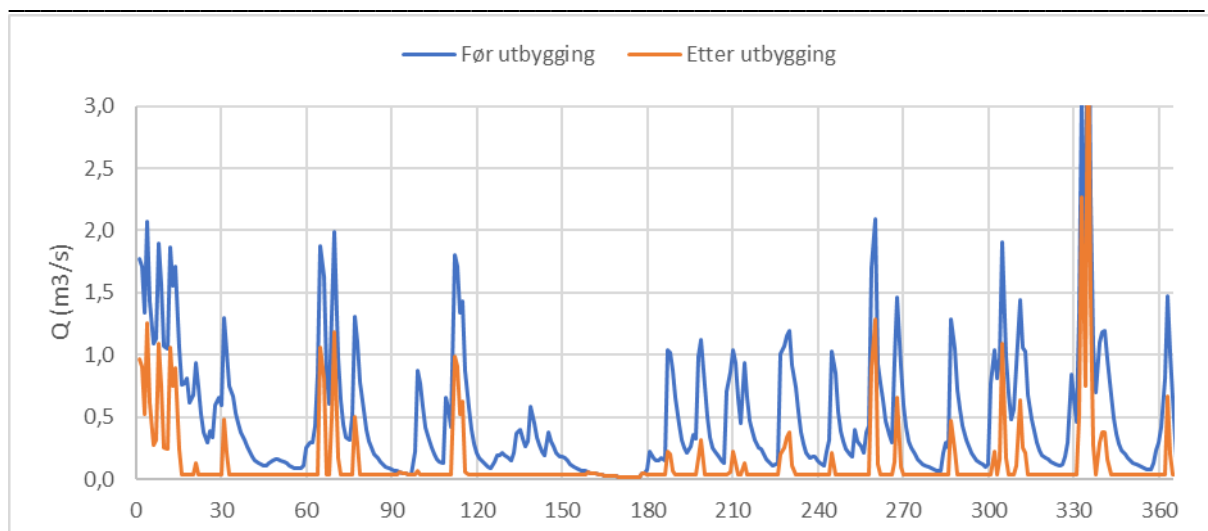
Tabell 4. Tal på dagar med endra vassføring på råka strekning for Markeland Kraftverk:

Normalt år (2007)	
Tal på dagar turbinen står	26
Tal på dagar med overløp	76
Tal på dagar med minstevassføring	263
Tørt år (2021)	
Tal på dagar turbinen står	96
Tal på dagar med overløp	34
Tal på dagar med minstevassføring	235
Vått år (2020)	
Tal på dagar turbinen står	41
Tal på dagar med overløp	102
Tal på dagar med minstevassføring	222

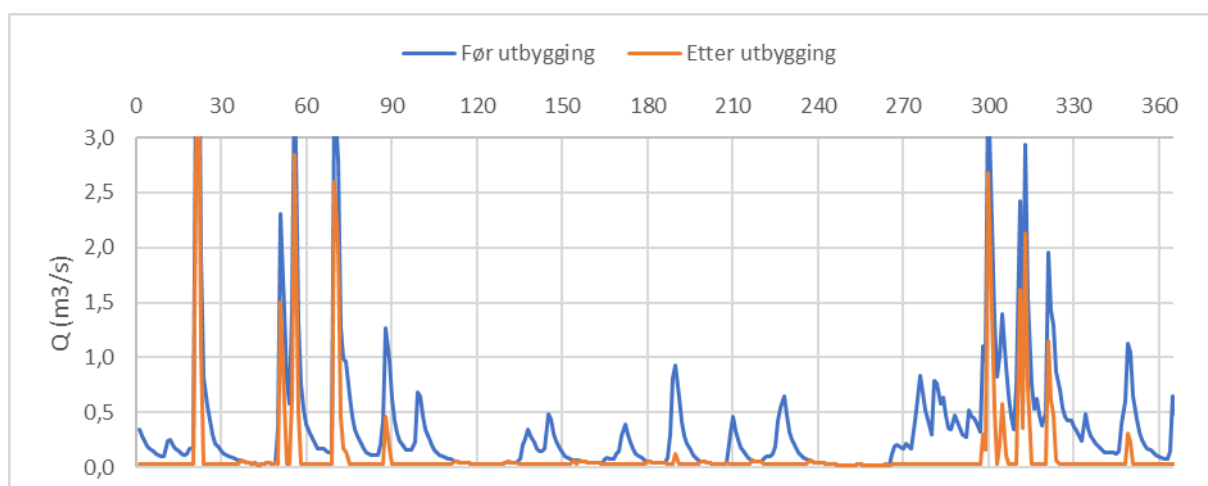
Litt uventa viser Tabell 4 at kraftverket vil stå fleire dagar i eit vått år eit normalt år. Dette skuldast at vassføringa var jamnare i 2007 enn i 2021. 2021 var prega av høge flaumtoppar vinterstid, men i det året var det også ein lengre lågvassperiode i mai månad.

Markeland kraftverk i Markelandsbekken

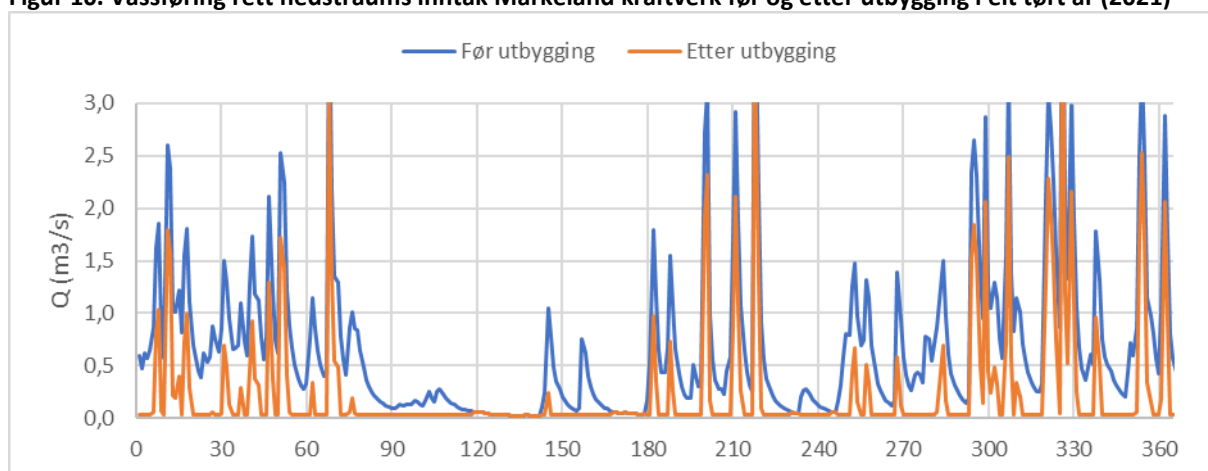
Hydrologi



Figur 9. Vassføring rett nedstraums inntak Markeland kraftverk før og etter utbygging i eit normalt år (2007).



Figur 10. Vassføring rett nedstraums inntak Markeland kraftverk før og etter utbygging i eit tørt år (2021)



Figur 11. Vassføring rett nedstraums inntak Markeland kraftverk før og etter utbygging i eit vått år (2020)