

Mikro- og mini vannkraftverk – informasjon fra Fossingkraft

Vannmengde/turbinstørrelse

Valg av turbinstørrelse i forhold til tilgjengelig vannmengde over året er den største utfordring en utbygger møter i beslutningsprosessen. Det er dårlig økonomi å installere en turbin som har så stor slukeevne at det bare er vann til full effekt i korte flomperioder. På den annen side er det ergerlig å ha valgt en turbin som ikke utnytter vassdragets muligheter.

Den sikreste måten å finne ut hvor mye vann som er til disposisjon over året er å måle vannmengden direkte og kontinuerlig over lang tid, minimum 3 år. En annen metode som oftest brukes, i hvert fall når det gjelder mikrokraftverk, er å beregne arealet av nedbørfeltet som så multipliseres med feltets isohydatverdi (antall liter avrenning pr. sekund pr. kvadratkilometer). Resultatet som fremkommer blir feltets gjennomsnittlige avrenning, også kalt middelvannføringen. Derneist utarbeides det en varighetskurve som tar hensyn til forholdene i feltet; areal, grunnforhold osv.

Blant utstysleverandører og konsulenter kan det være høyst ulike oppfatninger om hva som i det enkelte tilfelle vil være en ”riktig” størrelse på kraftverket. Noe fasitsvar finnes ikke. Sunn fornuft og praktisk erfaring er det beste verktøy for å unngå en feilinvestering.

Hvilken energi utnyttes i en vannturbin?

I en vannturbin er det vannets trykkenergi som nyttes.

Vannet ”stables” i høyden i et trykkrør.

Fordi et turbinrør alltid er fullt av vann, vil vanntrykket i enden av røret tilsvare vekten av en ”tenkt” loddrett vannsøyle med en høyde som er lik høydeforskjellen mellom vannspeilet i inntaket og turbinen.

Hvordan beregnes effekten?

Formelen for den teoretiske effekt i et vannfall er enkel:

$$P = Q \times H \times 9,81$$

hvor P= effekten i Watt
Q= vannmengde i liter pr sekund
H= høydeforskjell mellom inntak og turbin i meter
9,81= konstantfaktor for massens akselerasjon.

På fagspråket snakker man om brutto- og netto fallhøyde. Brutto fallhøyde er høydeforskjellen mellom vannspeilet i vanninntaket og turbinen. Netto fallhøyde er brutto fallhøyde fratrukket trykktapet i turbinrøret. I et vannkraftverk er det i tillegg til tap i turbinrøret også tap i både turbin og generator. Den nettoeffekt som kan tas ut av generatoren er derfor avhengig av anleggets virkningsgrad. For et mikrokraftverk vil virkningsgraden vanligvis ligge på 60 - 70% av vanfallets teoretiske effekt.

I effektformelen er faktorenes orden er likegyldig, men derved er det ikke sagt at det er likegyldig for anleggets drift og økonomi om det for en bestemt effekt velges stor vannmengde og liten fallhøyde, eller liten vannmengde og stor fallhøyde. Det er selvsagt forholdene på stedet som er avgjørende for hvilken vannmengde og fallhøyde som kan eller bør nyttes.

Fossingkraft AS gir råd og veiledning i valg av utstyr, og vi kan også gi opplysninger og veiledning i de fleste spørsmål som måtte dukke opp i forbindelse med planer om bygging av et mikro/mini vannkraftverk.

Til syvende og sist blir likevel din egen vurdering avgjørende. Derfor, å sette seg godt inn i de forhold som har betydning for valg av utstyr, er særlig viktig for en så langsiktig investering som et kraftverk er. Helst bør jo anlegget gå med overskudd fra første dag, og derved sikre gode inntekter i mange 10-år fremover.

Forhold av betydning for valg av turbingenerator

Det vil som hovedregel lønne seg å nytte mest mulig av den tilgjengelige høydeforskjell mellom inntak og turbin.

Det er både driftsmessige og økonomiske årsaker til dette:

Bekker og småelver er vanligvis uten regulering med tappemagasiner. Selv om det er en slik reguleringsmulighet, vil det likevel være vannmengden som utgjør den begrensende faktor i en utbygging.

En større utnyttelse av den tilgjengelige høydeforskjell vil gi høyere effekt med samme vannmengde. I tillegg til dette er en turbingenerator for stor fallhøyde og lavt vannforbruk vanligvis mindre og rimeligere enn en turbingenerator på samme effekt, men med liten fallhøyde og tilsvarende større vannforbruk.

Denne prisforskjellen kan i enkelte tilfelle være over 100%.

Hovedregelen er altså at stor fallhøyde er fordelaktig. Det betyr selvsagt ikke at en installasjon med lav fallhøyde blir ulønnsom. Dersom det er nok vann tilgjengelig, kan en utbygging i det lavere fallhøydeområde gi god lønnsomhet.

Turbinrør, trykktap

Trykktapet øker kvadratisk med vannhastigheten og derved med vannmengden som går i røret, dvs dobbel vannmengde gir firedobbelt trykktap. Tapet skyldes den friksjon som oppstår mellom vannet og rørveggen. I motsetning til det mange tror, er vannhastigheten i et turbinrør forholdsvis lav, 1 til 3 meter pr sekund er vanlig. Man har lett for å sammenligne et turbinrør med de åpne vannrennene som ble brukt til å drive de gamle bekkekvener og vannsager, men disse innretningene utnyttet vannets bevegelseenergi, ikke trykkenergien. Man tilstrebet derfor størst mulig fart på vannet i renna, slik at vannet skulle fosse med stor kraft mot kværnkallen eller vasshjulet.

I og med at vannturbinen utnytter vannets trykkenergi, er det om å gjøre at minst mulig av denne energien tapes i røret, og i motsetning til vannrenner tilstrebes det lavest mulig hastighet på vannet i et turbinrør – kanskje det motsatte av det som kan være naturlig å tro.

Hvilke forhold har betydning for trykktapet?

For en bestemt vannmengde pr tidsenhet påvirkes trykktapet av 3 forhold:

1. Rørets lengde
2. Rørets innvendige diameter
3. Rørets innvendige flate (glatthet)

Hvordan beregnes trykktapet?

Tapet for de forskjellige rørmaterialer og fabrikat beregnes enten ved bruk av formler eller et ferdig utarbeidet diagram for det enkelte produkt. Tapet angis vanligvis i promille, antall millimeter høydetap pr meter rørlengde.

Hvor stort trykktap er akseptabelt?

Dette er en ren vurderingssak, men det er vanligvis ikke lønnsomt med et trykktap som overstiger 10% av bruttofallet.

Det akseptable tap i røret blir gjerne et kompromiss mellom ønsket om lavest mulig tap, dvs større rørdiameter og lavest mulig kostnad, dvs mindre diameter.

Har terrengprofilen innvirkning på fallhøyden?

Det er høydeforskjellen mellom vannspeilet i inntaket og turbinen som utgjør "H" i effektformelen. Terrengprofilen har derfor ingen innvirkning på fallhøyden. Røret kan til og med ha strekninger som ligger noen meter høyere enn inntaket. Da vil hevertprinsippet gjøre seg gjeldende. Av rent praktiske hensyn bør en likevel forsøke å unngå bruk av hevertprinsippet fordi det kompliserer fylling av røret. Dessuten bør turbinrøret helst legges slik at det har fall på hele strekningen for å kunne tømme røret helt for vann ved eventuell driftsstans i kuldeperioder.

Hvilke andre hensyn bør tas i valg av rørtrasè?

Helt uavhengig av bekk/elveløpet, velg en rørtrasè som gir kortest mulig rør og hvor det samtidig er lett å legge røret. Dersom terrenget muliggjør en rørtrasè som kan gi størst fall nærmest turbinen, kan det i enkelte tilfelle lønne seg å utnytte dette (selv om røret blir noe lenger) fordi en da kan få kortere rør i den høyeste (og dyreste) trykkklasse.

Hvilken rørtype er egnet?

Som trykkør til en vannturbin er det en rekke rørtyper å velge mellom:

- stål/jern
- rustfritt/syrefast stål
- støpejern
- betong
- glassfiber
- tre
- PVC
- PE

Når det gjelder turbinrør til et mikro/minikraftverk er det ett materiale som skiller seg ut: Polyetylen (PE).

Det er flere årsaker til dette:

- konkurransedyktig pris
- minimalt behov for fundamentering. Røret er så mykt at det stort sett føyer seg etter terrenget. Kan derfor både ligge løst på bakken og graves ned.
- ekspansjonen i lengderetningen ved temperatursvingninger opptas i rørets svinger og buktninger i trasèen. Trenger derfor ingen ekspansjonsskjøter som for stive rør.

- materialet er sveisbart med lave skjøtekostnader.
- høy innvendig glatthet som gir lavt friksjonstap.
- lette å transportere i ulendt terreng.
- materialet er uknuselig, vedlikeholdsfritt og har svært lang levetid.
- leveres i trykklasser opp til PN25. Dekker derved alle fallhøyder for de turbintyper vi har på vårt leveringsprogram.

Samtidig som behovet for fundamentering er minimalt, er også behovet for forankring beskjedent. Nettopp fordi ekspansjonen i lengderetningen opptas i rørets svinger og buktninger, er det normalt ikke behov for tettere forankringspunkter enn for hver 100 – 300 meter, avhengig av terrengprofilen.

Vanninntak

Eventuelle driftsproblemer med vannkraftverk kan nesten alltid tilskrives uheldige inntaksforhold. Det er derfor vel anvendt tid å vurdere mulighetene på stedet for å finne en god løsning. Skulle det i ettertid vise seg at arrangementet ikke virker tilfredsstillende, er et vanninntak til et mikro kraftverk likevel ikke mer omfattende enn at det kan forbedres til en overkommelig kostnad.

I prinsipp bør inntaket arrangeres slik at vannet får anledning til å ”roe seg ned” før det går inn i inntakssilen/risten. Dette er særlig viktig dersom bekken/elven fører sand med seg i vannet. En annen hensikt med mest mulig rolige strømforhold ved inntaket, er at området i nærheten av silen/risten kan islegges om vinteren. Dette vil redusere faren for at det dannes s.k. ”sarr” (ser ut som risgryn) som har en tendens til å klebe seg fast i silen/risten og tette til denne.

I tillegg til rolige strømningsforhold, bør en søke å bygge inntaket på siden av bekken/elven, gjerne i en kanal hvis mulig. Hensikten med dette er å sørge for at løv, kvister o.l. følger vannstrømmen rett frem i overløpet på inntaksdammen i stedet for å legge seg foran sil/rist og tette denne. Det samme forhold gjelder dersom det kan oppstå isgang i vassdraget. Vanninntak fra en kanal på siden av bekken/elven gir et minimalt inngrep og er ofte den rimeligste løsning, også fordi det meste av arbeidet kan gjøres uavhengig av vannføringen.

Uansett type vanninntak bør silen/risten plasseres så dypt som en med rimelige midler kan få til – helst 2 meter under vannspeilet.

Vanninntak direkte fra et vann/tjern er også gunstig. Denne løsningen krever som regel ingen dambygging. Turbinrøret med sil føres da ut i vannet og forankres nær bunnen med et lodd som holder silen nede, og en luftfylt ”blåse” som sørger for at den holdes i riktig posisjon over bunnen. Hensikten med å ha silen nær bunnen på vannet/tjernet er å få tak i det varmeste

vannet om vinteren. Vannet er tyngst ved ca +4 grader. Om vinteren vil følgelig det varmeste vannet legge seg på bunnen. Som nevnt under avsnittet om turbinrør, er det høydeforskjellen mellom vannspeilet på inntaket og turbinen som utgjør brutto fallhøyde. Hvor dypt silen er plassert har derfor ingen betydning for fallhøyden. Noe avhengig av utløpsprofilen fra et vann/tjern regnes 0,5-0,75 m som naturlig vannstandsvariasjon. For at denne naturlige variasjon ikke skal påvirkes, kan anlegget utstyres med automatisk pådrag på turbinen styrt av et fast maksimum og minimumssignal.

Turbiner

Ecowatt mikrokraftverk har Pelton- eller tverrstrømssturbin. Begge disse turbintyper er s.k. fristråleturbiner. Vannets trykkenergi i turbinrøret ved turbinen blir omdannet til bevegelseenergi i en vannstråle som treffer turbinhullets skovler. Hastigheten på denne strålen øker da betydelig i forhold til vannhastigheten i turbinrøret. Dette kan sammenlignes med det som skjer når du klemmer til enden på en haveslange. Motsetningen til fristråleturbiner er s.k. fullturbiner, for eksempel Francis- og Kaplansturbiner, hvor vannet helt omslutter turbinhullet.

På Peltonsturbinen treffer vannstrålen fra dysene en kniv midt på løpehjulsskovlen. Kniven deler vannstrålen i to, og vannet presses ut til kanten i hver av de to skovleskålene. Vannhastigheten i strålen på en fristråleturbin er ca dobbelt så høy som periferihastigheten på turbinhullet, dvs på det sted vannstrålen treffer en skovel på hjulet. Dette gir best virkningsgrad på turbinen.

En turbingenerators omdreiningstall er tilnærmet konstant, uansett om den går på full eller redusert effekt. Det er derfor ikke riktig, slik mange tror, at turbingeneratorer går med sterkt varierende turtall avhengig av effekten den yter. Eksempelvis, på en 4-polet asynkrongenerator med synkront turtall på 1500 rpm vil omdreiningstallet fra null til full effekt bare øke med noen få prosent, kanskje til 1510 rpm. Økningen skyldes drivmomentet fra turbinhullet på samme måte som en tilsvarende sakking til kanskje 1485 rpm skyldes bremsingen når en asynkronmotor blir belastet. Det ligger i selve navnet "asynkron" at den under drift ikke går med synkron hastighet. På en asynkrongenerator er det generatorens poltall og nettets frekvens som er bestemmende for det synkrone omdreiningstallet, og på en synkrongenerator som skal arbeide uavhengig av et nett, tilstrebes det helt konstant omdreiningstall for å få frekvensen så nærme 50 Hz som mulig.

Turbinen blir derfor bygget etter generatorens omdreiningstall, enten turbinhullet er festet direkte på generatorakselen eller om det er en overføring med utveksling mellom turbin og generator.

Med utgangspunkt i generatorens omdreiningstall, blir Peltonhullets diameter tilpasset den aktuelle netto fallhøyde slik at hjulets periferihastighet, som tidligere nevnt, blir ca halvparten av hastigheten på vannstrålen fra dysene. Det betyr at hjulets diameter blir større jo større fallhøyden er, fordi vannhastigheten i strålen øker med økt trykk.

Bredden på skovlene tilpasses den maksimale dyseåpning. På en gitt netto fallhøyde bestemmes vannforbruk og effekt av dyseåpning og antall dyser. På Ecowatt Peltonturbiner kan vannmengde/effekt reguleres ved å åpne/stenge dyser, samt å bytte til dyser med annen diameter.

Tverrstrømturbinens virkemåte er mye lik prinsippet for en Peltonturbin, men i stedet for at vannet blir fordelt av en kniv i to skovel-halvdeler, blir vannet først ledet inn med en bred vannstråle til en like bred skovel, utformet som en sektor av en sirkel, hvoretter vannstrålen fortsetter tvers over hjulet på motsatt side og inn på en skovel som da har dreiet 180 grader i forhold til posisjonen ved innløpet. På denne måten nyttes det samme vannet i to trinn i turbinen.

Andre navn på tverrstrømturbinen er "cross-flow" og "Banki-turbin". Det er ulike måter å regulere vannmengde/effekt på en tverrstrømturbin. Ecowatt har en ledeplate i innløpet til turbinen som trinnløst regulerer vannmengde og effekt. Ecowatt tverrstrømturbin leveres vanligvis med en tannremsutveksling mellom turbin og generator som i hvert enkelt tilfelle blir tilpasset den aktuelle fallhøyde.

Vannressursloven og mikro- minikraftverk

For en grunneier som ønsker å bygge et vannkraftverk på sin egen eiendom er vannressurslovens § 13 hans hjemmel til å gjennomføre planene. Den samme lovhjemmel hadde han også i § 1 i den forrige loven om vassdrag (Vassdragsloven av 1940), men bestemmelsen stammer helt fra norrøn tid og er derved et svært gammelt rettsprinsipp i Norge. Paragrafen gir grunneieren en aktiv råderett over vannet på sin egen eiendom til bl.a. å bygge et vannkraftverk.

Dersom vassdraget er vernet mot kraftutbygging, må han på forhånd sende melding til NVE (Norges vassdrag- og energidirektorat) som skal vurdere konsesjonsplikten (§ 34).

Etter lovens § 8 skal det ikke iverksettes tiltak i et vassdrag som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen allmenne interesser i vassdraget uten at det er gitt tillatelse til dette på forhånd (konsesjon).

Av tiltak som kan være konsesjonspliktige nevnes:

Overføring av vann fra ett vassdrag til et annet.

Dette har det vært lovforbud mot allerede i Gulatingsloven som sier at "alle vatn skal renna so som dei har runne frå gamal tid". Forbudet har den åpenbare og naturlige begrunnelse i at eindommer nedstrøms det punkt i vassdraget som det overføres vann fra, helt eller delvis mister sin vannføring med de skader og ulemper dette kan medføre for andre eiendommer.

Også allmenne interesser kan bli skadelidende ved at et vassdrag helt eller delvis mister sin vannføring. Med vassdrag menes også små bekker.

Bygging av reguleringsdam.

Å holde vann tilbake ved oppdemming vil, på samme måte som overføring av vann mellom vassdrag, kunne medføre skader og ulemper for eiendommer nedstrøms reguleringsdammen fordi vannet da ikke renner slik det gjorde tidligere. I noen tilfelle kan en etablering av et nytt vannspeil i terrenget være fordelaktig, og i noen tilfelle kan en utjevning av vannføringen i et vassdrag medføre fordeler i stedet for ulemper, for eksempel for å redusere faren for skadeflommer (trolig mer aktuelt i fremtiden pga klimaendringer). I noen vassdrag er det bygget reguleringsdammer utelukkende med dette siste formål for øye. En reguleringsdam kan m.a.o. både være til ulempe og til nytte, avhengig av de lokale forhold, men tiltaket skal uansett vurderes av vassdragsmyndigheten (NVE) før det settes i verk.

Dersom vassdraget har s.k. årssikker vannføring, og utbygger ønsker å nytte den alminnelige lavvannføring til kraftproduksjon (§§ 3c og 10).

Med årssikker vannføring menes vannføring som ved middeltemperatur over frysepunktet ikke tørker ut av naturlige årsaker oftere enn hvert tiende år i gjennomsnitt. Vassdrag som ikke har årssikker vannføring vil være små bekker i områder av landet med liten/moderat nedbørmengde.

Prosentandelen av alminnelig lavvannføring øker med feltets areal, isohydatverdi, sjøareal, myrområder osv, det vil si forhold som bidrar til utjevning av vannføringen. Vanligvis fastsettes den alminnelige lavvannføring til fra 10% av middelvannføringen og ned til 2-3% for de minste nedbørfeltene.

Andre forhold som kan utløse konsesjonsplikt

Dette kan være forhold som omfatter bl.a. fisk, plante- og dyreliv, friluftsliv og flomforhold. Forutsetningen er, som det fremgår av vannressurslovens § 8, første ledd, at skaden/ulempen kan ventes å bli av et slikt omfang at den kan betegnes som nevneverdig. Definisjonen er ganske rund og forutsetter sunt skjønn for å avklare begrepet i hvert enkelt tilfelle. Kravet er uansett at man skal se bort fra rent pirk. Videre er kravet at avgjørelsen skal begrunnes ut fra de konkrete skader/ulemper som tiltaket kan volde. Det er eksempelvis ikke nok at det i vassdraget er registrert rødlistearter. Det må påvises konkret hvordan disse vil bli nevneverdig påvirket i negativ retning. Lovens § 10 (om lavvannføring) vil i mange tilfelle redusere eventuelle skader/ulemper ved at det alltid skal gå noe vann utenom vanninntaket til et kraftverk.

Prosjekter som ikke krever behandling etter vannressursloven

På NVEs nettsider www.nve.no finnes utfyllende orientering om forhold vedr. vannressursloven og små kraftverk. Mest aktuell er NVE-veileder nr 1/2002, og det siteres fra denne under pkt 2.1.6.3 på side 14: "Det er bare § 34 som gir meldeplikt med det formål for

øye at vassdragsmyndigheten skal vurdere konsesjonsplikten. Dersom det er tvil om tiltaket er konsesjonspliktig eller ikke, bør en melding sendes NVE i en tidlig fase for en vurdering, se kap. 3.”

En grunneier som eier en fallstrekning i et vassdrag som ikke er vernet mot kraftutbygging, og der utbyggingen heller ikke medfører konsesjonspliktige tiltak som nevnt tidligere, behøver derfor ikke å sende melding til NVE. Det forutsettes at utbyggingen skjer med aktsomhet for å unngå skader eller ulemper for allmenne eller private interesser i vassdraget (§ 5).

Over tid har det blitt den praksis at alle utbygginger meldes. I og med at nesten alle de data som inngår i en melding også vil være nødvendige for å få frem et beslutningsgrunnlag for en utbygging, kan det være hensiktsmessig å sende melding for å få dokumentert at tiltaket er konsesjonsfritt.

Vi nevner samtidig at det forekommer uklar og til dels feilaktig informasjon fra ulike aktører i markedet når det gjelder vannressursloven og små kraftverk.

Det er en god regel å gå til kilden dersom noe er uklart: Kilden er vannressursloven, og NVE-veileder 1/2002 gir nødvendig informasjon om hvordan loven skal praktiseres.

Prosjekter som må behandles etter vannressursloven ved å sende melding eller konsesjonssøknad til NVE.

Er vassdraget vernet, må det sendes melding til NVE (§34).

Omfatter utbyggingen konsesjonspliktige tiltak som nevnt ovenfor, må det sendes konsesjonssøknad til NVE. Dersom utbyggeren er i tvil om tiltaket kan være konsesjonspliktig eller ikke, kan han be NVE avgjøre dette. I så fall må han sende en komplett melding. Er det helt åpenbart at tiltaket vil være konsesjonspliktig, vil det kunne spares tid ved å utarbeide konsesjonssøknad uten at en går veien om melding.

Uten konsesjon er det ulovlig og straffbart (§ 63) å iverksette konsesjonspliktige tiltak. Vannressurslovens § 8 er vassdragsmyndighetens lovhjemmel til å gripe inn mot ulovlige inngrep i vassdraget, men det er utbyggeren som er ansvarlig for at ulovlige tiltak ikke iverksettes, og det er alene hans ansvar at dette er grundig undersøkt og vurdert på forhånd.

FOSSINGKRAFT AS

www.fossingkraft.no

Kjølebrøndsveien 1034 B, 3766 SANNIDAL

Tlf. +47 35 98 81 27 E-post: ulf@fossingkraft.no