

CFD-beregninger (numerisk modellering) av flomløpskapasitet

Dette notatet er et tillegg til ”Retningslinjer for flomløp til § 4-6 og 4-13 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg” (NVE-retningslinjer utgave 2 – oktober 2005). Gjeldende krav til flomløp og flomavledning er gitt i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften), § 5-8, gjeldende fra 01.01.2010. Bruk av CFD-beregninger til dokumentasjon av flomløpskapasitet er ikke omtalt i retningslinjene fra 2005 og heller ikke i damsikkerhetsforskriften. Temaet vil bli inkludert i framtidig revisjon av gjeldende retningslinjer. Damsikkerhetsforskriften har også bestemmelser om tappeløp, § 5-9. Selv om dette notatet omhandler flomløp, kan det også være en veiledning til bruk av CFD-beregninger for beregninger av tappekapasitet i henhold til § 5-9.

Innledning

NVE har mottatt flere henvendelser fra dameiere og rådgivere om bruk av CFD-beregninger til dokumentasjon av kapasiteten til ulike typer flomløp. I mange tilfeller er det et ønske om å bruke CFD-beregninger som erstatning for fysiske modellforsøk. På bakgrunn av dette har NVE fått utført et litteraturstudium om numerisk modellering av kapasitet på flomløp. Litteraturstudiet er utført av professor Nils Reidar Bøe Olsen ved NTNU institutt for vann- og miljøteknikk. Rapporten oppsummerer 35 ulike artikler/studier der CFD-beregninger er brukt, fra perioden 1998 til 2015. Hele rapporten kan lastes ned via: <https://www.nve.no/Media/4612/numerisk-modellering-av-kapasitet-pa-flomlop.pdf>

I dette notatet er hovedelementene fra litteraturstudiet oppsummert, og problemstillinger som kan være egnet for CFD-beregninger er angitt. Notatet gir også en oversikt over begrensninger og utfordringer ved bruk av CFD-beregninger. NVE presiserer at konsekvenser ved feil i CFD-beregningene anvendt i tilknytning til damsikkerhet kan være store, noe som stiller større krav til nøyaktighet for vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1-4 enn for andre bruksområder.

Flomløp med oversiktlige strømningsforhold

Kapasiteten til flomløp med oversiktlig strømningsbilde og enkel geometri, er mulig å modellere nøyaktig, så lenge forhold oppstrøms og nedstrøms modellens avgrensning ikke påvirker kapasiteten. Med et oversiktlig strømningsbilde menes det at vannføringen ikke har noen brå retningsendringer, sidestrømninger, vesentlig grad av luftinnblanding, vannstandsprang eller at hvirvler oppstår.

Det må forutsettes forholdsvis enkel geometri, da økende grad av kompleksitet i geometrien vil medføre problemer knyttet til nødvendig gridstørrelse og datakapasitet (for detaljer, se Olsens rapport). Det forutsettes at alle CFD-beregninger verifiseres med målinger fra prototype eller fysisk modell, eller vha. anerkjente formler (f.eks. overløpsformelen og diagrammer for bestemmelse av C-faktor).

NVE kan akseptere at CFD-beregninger benyttes for å dokumentere kapasiteten til flomløp med oversiktlige strømningsforhold (f.eks. standard overløpsteskler, flomluker og kanaler med frispeilstrømning), forutsatt at de anbefalingene som er gitt i dette notatet, og utdypet i Olsens rapport, blir fulgt.

Komplekse flomløpssystemer

Utfordringene med å få nøyaktige resultater fra en CFD-beregning kan være knyttet til luftinnblanding, virveldannelse, vannstandsprang, kompleks geometri og/eller stor overflateruhet. Dette er forhold som typisk er framtreddende ved lukkede flomløp (med sjakt/tunnel i avløpet). Flomløpssystemer med

kompleks geometri og uoversiktlige strømningsforhold er følgelig vanskelig å modellere med numeriske modeller. Det vises til Olsens rapport for nærmere detaljer.

I litteraturstudiet er det bare funnet tre studier der CFD-beregninger av lukkede flomløp er sammenlignet med fysisk modell eller målinger fra selve anlegget (dammene Sysen, Innerdalen og Svartevatn). Resultatene fra de tre studiene har varierende nøyaktighet fra 0-20% avvik sammenliknet med fysisk modell. Best nøyaktighet ble oppnådd i de beregningene som er utført i etterkant av modellforsøk, og kalibrert mot resultatene fra de fysiske modellforsøkene. Det begrensete antallet sammenlikningsstudier, og det faktum at oppnådd nøyaktighet i stor grad er påvirket av input fra de fysiske modellforsøkene, tilsier at det er for tidlig å konkludere med at CFD-modeller kan erstatte fysiske modeller for lukkede flomløp og andre komplekse flomløpssystemer.

Bruk av CFD-beregninger for komplekse flomløpssystemer, deriblant lukkede systemer, krever derfor at resultatene fra den numeriske modellen er verifisert med resultater fra fysisk modellforsøk. Fysiske modellforsøk har også feilkilder, men det er verdt å merke seg at teknologiske fremskritt innen oppmåling og modellbygging kan gi mer nøyaktige resultater i dag enn tidligere.

NVE oppfordrer dameiere som skal dokumentere kapasiteten av flomløp med komplekse strømningsforhold, om å utføre CFD-beregninger parallelt med fysisk modellforsøk. Dette vil bidra til verdifull oppbygging av kompetanse i bransjen. Det forutsettes da at de fysiske modellforsøkene utføres i et anerkjent laboratorium. Den numeriske modellen kan lagres og evt. brukes senere, f.eks. i tilfeller hvor nye flomberegninger medfører endringer i dimensjonerende vannføringer og vannstander.

NVE kan foreløpig ikke akseptere at CFD-beregninger benyttes alene for å dokumentere kapasiteten av flomløp med komplekse strømningsforhold. NVE oppfordrer imidlertid til å benytte CFD-beregninger parallelt med fysisk modell, forutsatt at de anbefalingene som er gitt i dette notatet, og utdypet i Olsens rapport, blir fulgt.

Krav til utførende og valg av beregningsmodeller

Generelt krever damsikkerhetsforskriften § 5-8 at dimensjonering og revurdering (kontroll) av flomløp utføres av kvalifisert fagperson innen fagområde V, og at det skal benyttes godkjent fagansvarlig innen samme fagområde (og relevant konsekvensklasse) til enten dimensjonering eller kontroll av beregninger og vurderinger. Det innebærer at den som utfører CFD-beregninger for flomløp må ha kompetanse innen flomløpshydraulikk og 3D numerisk modellering, samt kunnskap om det anvendte programmet.

Vedkommende må være i stand til å vurdere betydningen av ulike feilkilder, som f.eks. gridoppløsning og valg av grensebetingelser, og må ha et bevisst forhold til hvordan oppsettet av beregningsmodellen vil påvirke nøyaktigheten til resultatet. Relevant kompetanse og erfaring, som nevnt her, må kunne dokumenteres overfor NVE.

Dersom utførende av CFD-beregningen ikke er godkjent fagansvarlig i fagområde V, og relevant konsekvensklasse, må CFD-beregningene i tillegg kontrolleres av en godkjent fagansvarlig i samsvar med damsikkerhetsforskriften § 5-8, andre ledd.

Det bør benyttes anerkjente programmer som nevnt i Olsen rapport.