

Baggrundsviden om udvalgte hydrauliske beregningsværktøjer anvendt i vandløbsadministrationen

I den danske vandløbsadministration spiller hydrauliske beregningsværktøjer en central rolle i vedligeholdelse, styring og planlægning af vandløb og vandløbssystemer. Værktøjerne anvendes bl.a. til at analysere vandstands niveauer og vandføring ifm. vedligeholdelse og regulering af vandløb samt ved bestemmelse af oversvømmelsesrisici, klimatilpasning mv.

I nærværende notat beskrives beregningsværktøjet VASP, da dette værktøj har en stor anvendelse i de danske kommuner. Andre hydrauliske beregningsværktøjer, som også anvendes i den danske vandløbsadministration, er bl.a.:

- **Mike Hydro River** (tidligere Mike 11)

Mike Hydro River er en endimensional vandløbsmodelkode udviklet af Dansk Hydraulisk Institut (DHI), der anvendes til at modellere og simulere vandløbssystemer. Dette gøres på baggrund af inputdata som bl.a. vandløbsnetværket, vandløbsprofiler og tidsserier af vandstand og/eller vandføring. Modellen kan simulere vandløbets hydraulik hhv. stationært eller dynamisk, og efter kalibrering og validering vise resultater for bl.a. vandspejl og vandføring langs det modellerede vandløb (NST, 2007). Mike Hydro River kan kobles til andre simuleringværktøjer som f.eks. grundvandsmodellen Mike SHE. Ved en fuld kobling mellem vandløb, umættet zone og grundvand kan disse to modeller tilsammen simulere de væsentligste dele af det hydrologiske kredsløb i et opland, såsom nedbør, fordampning, overfladisk afstrømning, grundvandsdannelse, grundvandsindvinding, drænafstrømning og afstrømning fra grundvand til vandløb, søer og hav. I vandløbsadministrationen kan Mike Hydro River eventuelt koblet til andre modelleringsmoduler bl.a. bruges til scenariosimuleringer ifm. vandløbsrestaurering, oversvømmelsesanalyser og klimatilpasning samt udledningstilladelser. Ligesom modellen også kan simulere erosion og sedimenttransport samt vandkvalitet (DHI, 2023, 2023a).

- **HEC-RAS**

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) er en modelkode, der anvendes til at modellere og simulere en- og todimensionale vandstrømninger i vandløbssystemer. HEC-RAS er udviklet af US Army Corps of Engineers (USACE), og modellen kan betragtes, som det amerikanske modstykke til Mike Hydro River. HEC-RAS indeholder flere vandløbsanalyse moduler, som kan anvendes til at udføre både stationær og dynamisk hydrauliske analyser af vandstand og vandføring samt modellere sedimenttransport og vandkvalitet. Dette gøres, ligesom for Mike Hydro River, på baggrund af input data som bl.a. vandløbsnetværket, tværsnit, vandløbenes hydrauliske ruhed i form af Manningtal samt tidsserier af vandstand og/eller vandføring, som anvendes i kalibreringen og valideringen. HEC-RAS kan også kobles til grundvandsmodeller samt rodzone og dræningsmodeller (USACE, 2023) som f.eks. Daisy (HydroInform & LNH-water, 2014) mv.

VASP

VASP er et vandløbsberegnings- og administrationsprogram, der samler alt data om vandløbenes fysiske tilstand, og giver overblik over både gældende regulativer og vandløbenes aktuelle tilstand (WSP, 2023). Programmet er udviklet af WSP over en årrække på mere end 20 år. Det er

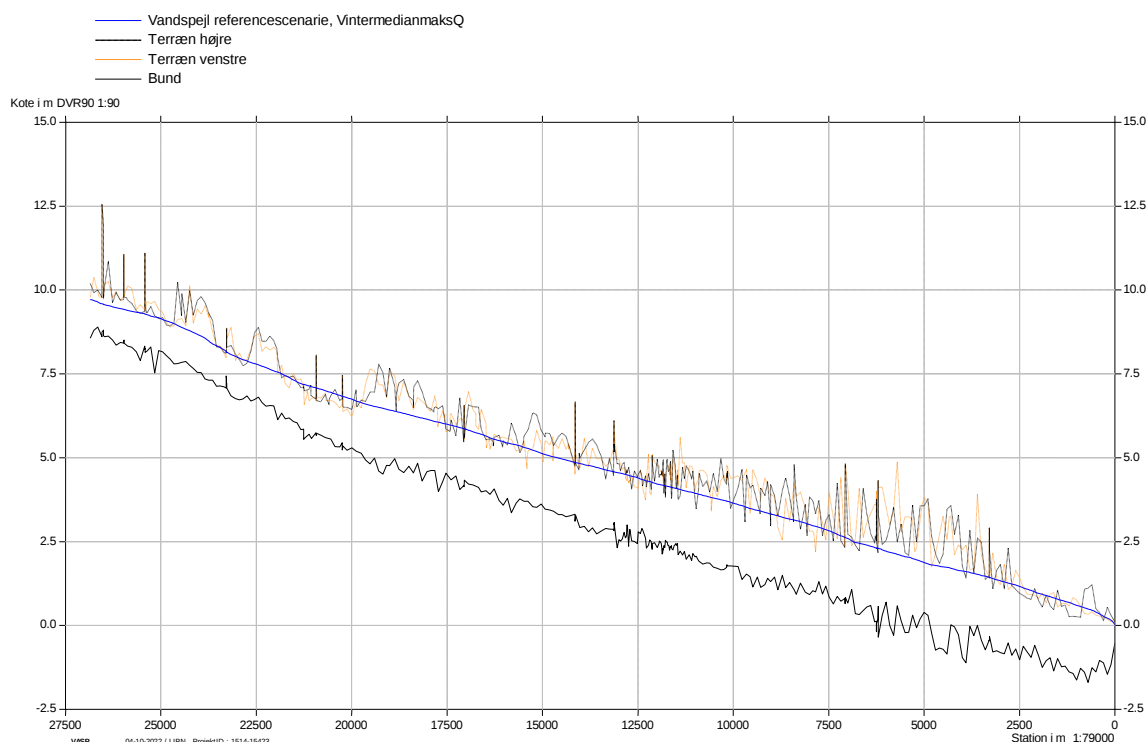
udviklet med det formål, at brugeren hurtigt, sikkert og præcist skal kunne præsentere vandløbets skikkelser og foretage vandspejlsberegninger ved forskellige stationære afstrømningshændelser (WSP, 2022). VASP anvendes af ca. 75% af de danske kommuner (WSP, 2021 og 2023).

VASP er udviklet til arbejdet med vandløbsregulativer såvel som at projektere og konsekvensvurdere regulerings- og restaureringsprojekter i vandløbene (WSP, 2022). Eksempelvis anvendes modellen til udarbejdelse af robusthedsanalyser, hvor der foretages modelberegninger af forventede vandføringer, vandspejlshøjder og strømningshastigheder i vandløb for at vurdere risikoen for oversvømmelse samt uønsket erosion. Formålet med en sådan analyse er at undersøge, hvor meget plads der er i vandløbet til udledning af regnvand fra fremtidige befæstede arealer under hensyntagen til eksisterende udledninger samt afstrømning fra det øvrige, ubefæstede vandløbsopland (Cowi, 2022).

Vandspejlsberegninger i VASP bygger på manningformlen. I beregningen indgår fysiske data i form af en opmåling eller en skikkelse fra et regulativ. I VASP angives et datasæt med hydrauliske parametre og i disse kan indgå flere serier af følgende datasæt: oplande, afstrømninger, manningstal, faste vandstande og punktvandføringer. Af grundindstillinger til en vandspejlsberegning indgår startvandspejl, valg af manningstal for rør og der angives, om der skal regnes med modstands- eller hydraulisk radius (Orbicon, 2016). I Danmark er det almindelig praksis at benytte modstandsradius i vandløbsberegninger.

Vandspejlsberegninger i VASP er stationære. Det betyder, at beregningerne ikke varierer tidsligt. Der beregnes ét vandspejl svarende til det udvalgte scenarie defineret i opsætningen til beregningen. Dermed er vandløbet fastholdt i en stationær tilstand svarende til de givne inputs (WSP, 2022).

Et typisk eksempel på en vandspejlsberegning fra VASP ses i figur 1. På figurer som dette kan der bl.a. også indsættes regulativmæssig bund, flere vandspejl pba. forskellige scenarier m.m. Ligesom rørudløb og skalapæle også kan vises.



Figur 1. VASP længdeprofil med vandløbsbund, terrænkoten for højre og venstre brink og vandspejlet. I dette tilfælde ved en vintermedianmaksimumsafstrømning (WSP, 2022).

Udfordringer i forbindelse med VASP-beregninger

Der opstår af og til udfordringer mellem lodsejere og myndigheder i vandløbssager, hvor VASP-beregninger indgår ved kontrol af regulativer med teoretisk skikkelse (læs mere om denne regulativtype i [Manual til kontrol af vandløbsregulativer \(landbrugsinfo.dk\)](#)). Sagerne opstår ofte, fordi lodsejerne mener, at VASP-beregningerne ikke gengiver det, som de oplever i virkeligheden. Dette kan føre til mistillid, lange sagsforløb og stor arbejdsbyrde for parterne og i nogle tilfælde retssager (Laursen & Jensen, 2022).

Ved gennemgang af praksis fra Miljø- og Fødevarerklagenævnet i sager, hvor VASP-beregninger indgår, ses det, at VASP-resultaterne ofte bruges til at godtgøre det beregnede vandspejl. Et klassisk eksempel på nævnets brug og vægtning af VASP er f.eks.:

"Nævnet har ved vurderingen lagt vægt på, at Mariagerfjord Kommunes beregninger, den opstillede vandløbsmodel i VASP og terrænmodellen i Scalgo, der er baseret på Danmarks Højdemodel fra 2015, sandsynliggør, at afvandingen af klagers arealer ikke forringes eller bliver afvandingsmæssigt berørt af projektet." (Miljø og Fødevarerklagenævnet, 2022)

I en sag fra Egedal Kommune hvor VASP-beregninger indgår, anfører kommunen, at resultaterne – efter deres opfattelse – må anses for retvisende for vandløbets vandføringsevne. Klager sætter dog spørgsmålstegn ved VASP-resultaternes troværdighed. I afgørelsen kommenterer Nævnet ikke på troværdigheden af VASP-resultaterne, men ophæver og hjemviser afgørelsen, da "... kontrolgrundlaget for, om vandføringsevnen er som fastsat i regulativet er mangelfuldt, som følge

af, at regulativet ikke har fastsat, hvilket manningstal, der skal bruges ved beregning af vandføringen. At kommunens praksis i perioden 2007-2017 har været hensigtsmæssig, kan ikke ændre på dette forhold.” (Miljø og Fødevarerklagenævnet, 2018)

For at blive klogere på misforståelserne og hvor kommunikationen går skævt ifm. sager, hvor VASP er involveret, afholdt SEGES Innovation og WSP i samarbejde et oplæg herom, som blev præsenteret for VASP brugere siddende hos kommunerne. Med respekt for hinandens oplevelser og forståelse for virkeligheden, var formålet med oplægget og efterfølgende diskussion, at pege på løsninger der kan støtte op omkring en bedre forståelse af VASP-beregningerne (Laursen & Jensen, 2022).

For at komme dertil, må man forstå hvad modparten oplever og siger. Derfor var både landbrugs-konsulenter og kommunens rådgivere blevet spurgt herom. Svarene ses i hhv. figur 2 og figur 3.



Figur 2. Udtalelser fra landbrugskonsulenter omkring deres oplevelser ifm. VASP-beregninger (Laursen & Jensen, 2022).

Hvad oplever og siger rådgiver?

Manglende forståelse for, at vi ikke kan udføre kontrol på baggrund af andet end hvad der er fastlagt i regulativer (og dermed vandløbsloven) - herunder den fastlagte skikkelse og det fastlagte datagrundlag for beregningerne samt metoden.



Man høre ofte udsagnet - der er kommet mere vand og vandløbet er jo til for at føre vandet væk, og de skal derfor graves dybere og bredere! (uden at køre en reguleringssag).

Manglende forståelse for at dårlige afvanding kan skyldes andet end vandløbets skikkelse, og derfor ikke kan løses ved oprensning alene f.eks.:

- Sætninger
- Dårlig vedligeholdelse af dræn
- Naturlig variation af grødesammensætning.
- Broer og rørledninger kan være begrænsende for vandføringen ikke vandløbets skikkelse.
- Påvirkning af stuvning fra hav eller større vandløb ved udløb (som man ikke kan gøre noget ved).

wsp

SEGES
INNOVATION

Figur 3. Udtalelser fra rådgivere omkring deres oplevelser ifm. VASP-beregninger (Laursen & Jensen, 2022).

På baggrund af udtalelserne i figur 2 og 3 er nogle af de overordnede emner, der går igen:

- **Manglende forståelse og viden for regulativtypen teoretisk skikkelse og VASP**

I regulativer med teoretisk skikkelse er der ikke krav om, at selve skikkelsen skal være overholdt. Kravet er til skikkelsens vandføringsevne. Skikkelsen er således kun vejledende. Metoden baserer sig således ikke direkte på den faktiske vandføringsevne i vandløbet, men på en modelberegnet teoretisk vandføringsevne ud fra en teoretisk skikkelse.

Kontrol udføres med vandspejlsberegninger i VASP på hhv. regulativ og kontrolopmåling. For at kunne sammenligne beregningerne anvendes de samme hydrauliske parametre for både beregningen med kontrolopmåling og den regulativmæssige skikkelse, så de forskelle i vandføringsevne, der beregnes, udelukkende kan tilskrives skikkelsesvariation mellem den teoretiske skikkelse og kontrolopmålingens skikkelse.

Udfordringen med denne metode er, at beregningerne ikke er bedre end de data, som anvendes som input til modellen. Således er det vigtigt at sikre, at regulativskikkelsen er beskrivende for variationen i vandløbet og at kontrolopmålingen er af ordentlig kvalitet (Laursen & Jensen, 2022).

- **Manglende overensstemmelse mellem beregning og det der opleves**

Hvis datagrundlaget ikke er realistisk eller af ordentlig kvalitet, kan det resultere i manglende overensstemmelse mellem beregning og virkelighed. I regulativet bør der være en beskrivelse af, hvordan en kontrol skal udføres, og hvilket datagrundlag der skal anvendes. Myndigheder og rådgivere er således bundet af det, der står i regulativet.

Udfordringen med dette er, at nogle regulativer ikke beskriver skikkelse eller vandføringssevne. I denne situation er regulativet ulovligt, og alle parter står dårligt. I andre regulativer er

kontrolmetode og datagrundlaget for kontrol ikke beskrevet. I disse tilfælde foretages beregninger på baggrund af erfaringer fra andre regulativer samt generel faglig viden. Dette kan i nogle tilfælde afspejle sig i, at landbruget oplever, at der ikke er overensstemmelse mellem beregningen og virkeligheden (Laursen & Jensen, 2022).

Eksempelvis er det set, at et teoretisk skikkelsesregulativ og kontrollen af dette ikke er brugbart i et vandløb, hvor vandføringsevnen over tid har udviklet sig meget pga. meandering samt uregelmæssigheder såsom tværsnitsændringer, banker, sving, mv. som bremser strømmingen i vandløb. Her er vandløbets vandføringsevne blevet overvurderet i forhold til de faktiske forhold, hvilket dermed resulterer i, at behovet for vedligeholdelse undervurderes. For denne type vandløb sikrer regulativer efter princippet om "teoretisk skikkelse" derfor ikke, at vandføringsevnen opretholdes. Tværtimod fører regulativtypen til en gradvis lavere vandføringsevne, netop fordi den nødvendige vedligeholdelse (oprensning) ikke udføres, fordi den beregningsmæssige vandføringsevne ikke afspejler de virkelige forhold. Disse tilfælde er en udfordring ift. VASP-beregningerne. I VASP forudsættes, at både det teoretiske og det virkelige vandløb er retlinjede og således ikke indeholder retningsændringer. Metoden "teoretisk skikkelse" vil kunne modificeres, så ovennævnte uhensigtsmæssigheder fjernes. I stedet kunne reelle (og dermed forskellige) Manningtal benyttes for henholdsvis det aktuelle vandløb og det teoretiske referencevandløb oplistet i regulativet (Larsen, 2022). Dette vil dog være i modstrid med metoden for kontrol af regulativet, hvor vandspejlsberegningerne i VASP bør udføres på baggrund af samme hydrauliske parametre herunder Manningtal, så de forskelle i vandføringsevne, der beregnes, udelukkende kan tilskrives skikkelsesvariation.

Mulige fremtidige forbedringer

På baggrund af dette kan det konstateres, at for at reducere udfordringerne og diskussionerne om VASP-beregningerne bør man blive bedre til følgende:

- Generelt skal forståelsen for regulativtypen teoretisk skikkelse øges.
- Nye regulativer skal indeholde en detaljeret beskrivelse af kontrolmetoden og datagrundlaget.
- Valgt skikkelse og datagrundlag skal så tæt på virkeligheden som muligt. Dette kan i vandløb med stor udvikling i vandføringsevne og skikkelse over tid være svært, ligesom Manningtallet kan være svært at fastlægge. Disse vandløb skal være meget detaljeret opmålte i regulativ og i virkeligheden eller reguleres via en anden regulativtype.
- Gennemskueligheden af VASP-beregningerne skal øges bl.a. ved bedre beskrivelse af datagrundlaget.

Referencer

Cowi, 2022. Robusthedsanalyse for Bøgeskov bæk. <https://www.nyborg.dk/me-dia/pi2npzsm/d450-2022-176345-a236017-010-robusthedsanalyse-for-b%C3%B8geskov-b%C3%A6k-23000293022-215130734013278.pdf>. Besøgt december 2023.

DHI, 2023. MIKE HYDRO River. Comprehensive river network modelling. <https://www.mikepowe-redbydhi.com/products/mike-hydro-river>. Besøgt oktober 2023.

DHI, 2023a. MIKE HYRDO River User Guide. https://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/Water_Resources/MIKEHydro_River_UserGuide.pdf. Besøgt oktober 2023.

HydroInform & LNH-water, 2014. Hydraulisk model for Rødby Fjord oplandet. <http://hydroinform.dk/R%C3%B8dbyFjordModelRapport.pdf>. Besøgt oktober 2023.

Larsen, T., 2022. Skovåens vandføringsevne i relation til nyt regulativ for Skovåen. Notat.

Laursen, R. K. & Jensen, K. M., 2022. Samarbejde mellem myndigheder og landbrug. Oplæg på Vandløbsdage, 10. november 2022.

Miljø- og Fødevareklagenævnet, 2018. Ændring af afgørelse i sag om vedligeholdelse af Værebros Å i årene 2007 til 2017 i Egedal Kommune. <https://mfkn.naevneneshus.dk/afgoerelse/982c7383-5965-45d2-872b-c83d0353a4b9?highlight=%22VASP%22>. Besøgt december 2023.

Miljø- og Fødevareklagenævnet, 2022. Afvisning af klage over afgørelse om regulering af grøfter ved Østerkær Bæk i Mariagerfjord Kommune. <https://mfkn.naevneneshus.dk/afgoerelse/76ec4b31-52e2-43b6-968c-c0000327ecc3?highlight=%22VASP%22>. Besøgt december 2023.

NST, 2007. Udarbejdelse af vandløbsregulativer. Notat til inspiration for vandløbsmyndigheder. Erfaringsopsamling og ny viden. ISBN: 87-7279-781-9. <https://naturstyrelsen.dk/media/nst/attachments/vandloeberegulativerjuni07.pdf>. Besøgt oktober 2023.

Orbicon, 2016. VASP 8.0 Brugermanual. Afd. for Miljø og Natur.

USACE, 2023. HEC-RAS. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>. Besøgt oktober 2023.

WSP, 2021. Introduction to VASP: A WSP Software Product For Stream River Professionals. Webinar (på engelsk). <https://www.youtube.com/watch?v=uQQYztXaHt4>. Besøgt december 2023.

WSP, 2022. Afvandings-scenarieberegninger for Gerå – et modelstudie. December 2022.

WSP, 2023. Vandløb. <https://www.wsp.com/da-dk/ydelser/vandloeb>. Besøgt oktober 2023.