



SPILDEVANDSKOMITEEN

ERFARINGSUDVEKSLING I VANDMILJØTEKNIKKEN **EVA**

NR. 3 • 38. ÅRGANG • SEPTEMBER 2025

Adresseliste for udvalgsmedlemmer

Anders Badsberg Larsen

(Formand)

WSP

Alfred Nobels Vej 21C st. tv, 9220 Aalborg Øst

mail: anders.badsberg@wsp.com

Tlf. 6040 0492

Rikke Rørvang

(Næstformand)

HOFOR

Ørestads Blvd. 35, 2300 København

e-mail: julbj@hofor.dk

Tlf. 2795 4309

Klaus K. Jensen

(Kasserer)

Vejle Spildevand A/S

Toldbodvej 20, 7100 Vejle

e-mail: klaje@vejlespildevand.dk

Tlf. 5172 4893

Signe Barnes

Novozymes A/S

Hallas Alle 1, 4400 Kalundborg Denmark

e-mail: sgba@novonesis.com

Tlf. 3077 0985

Andreas Kvist Fredberg

Rambøll

Olof Palmes Allé 22, 8200 Aarhus N

e-mail: akvf@ramboll.dk

Tlf. 5161 0445

Jasper Vanger Jensen

Aalborg Forsyning

Norbis Park 100, 9310 Vodskov

E-mail: Jasper.jensen@aalborgforsyning.dk

Tlf. 3085 0901

Rikke Svenningsen

Aarhus Universitet, Institut for Byggeri og Bygningsdesign

Navitas, Inge Lehmanns Gade 10, 8000 Aarhus C

E-mail: rs@cae.au.dk

Udgiver

Ingeniørforeningen, IDA – Spildevandskomiteen Erfaringsudveksling i Vandmiljøteknikken EVA.

Indlæggene i bladet står for forfatterens egen regning, og Eva-udvalget er ikke nødvendigvis enig i den udtrykte holdning eller anbefaling.

Hjemmeside

www.evanel.dk

E-mail

evaudvalg@gmail.com

Dette blads redaktør

Jesper Vagner Jensen, Jasper.jensen@aalborgforsyning.dk

Næste blads redaktør

Andreas Kvist Fredberg, akvf@ramboll.dk

Deadline for indlæg til næste blad

November 2025

Næste blad forventes udgivet

Januar 2026

Redaktion

Margrethe Nedergaard, man@skanderborgforsyning.dk

Indhold

Leder	5
Indbydelse til Temadag	6
Gør dit renseanlæg klar til de nye grænseværdier for lattergasemissioner fra renseanlæg, som forventeligt træder i kraft i 2026 Jens Munk-Poulsen og Katrine Barnkob Blæsbjerg	10
Når komplekse valg bliver overskuelige Multikriterieanalysen kan bruges som bro mellem faglighed og formidling Karoline Aarøe Petersen og Nathalie Bech Birkelund	14
Indflydelse af IDF-kurve parametrisering på dimensionering af regnvandsbassiner Dan Rosbjerg	20
Storkeengen: Styrket samarbejde gav klimatilpasning på naturens præmisser Lisa Meldgaard	26

Kalender

Faglige arrangementer

EVA-udvalget opfordrer til, at medlemmerne holder øje med faglige arrangementer på relevante hjemmesider (EVA-udvalget, DANVA, IDA Miljø, Ferkvandscenteret m.fl.)

EVA-udvalget søger at placere temadage så de ikke konflikter med andre større fagligt relevante arrangementer.





Leder

Nu er det igen tid til at dykke ned i ny inspiration og faglig viden i EVA-bladet.

Den 19. juni 2025 mødtes vi endnu engang på dejlige Hotel Nyborg Strand til en temadag om **"Terrænnært grundvand – Rammer, udfordringer og muligheder"**. Det var første del i rækken af vores dobbelte temadag om emnet terrænnært grundvand, som EVA-udvalget har valgt at give ekstra opmærksomhed i år.

Gennem dagens oplæg blev vi klogere på det nylige lovforslag og høringssvarene, og vi fik indblik i både praktiske erfaringer, eksisterende data og kommende udfordringer. Vi hørte blandt andet om, hvordan der arbejdes med uvedkommende vand som afsæt for håndtering af terrænnært grundvand, og forbedringsforslag til loven. Derudover blev vi inspireret af eksisterende løsninger, som kan indarbejdes i nye projekter på tværs af by og land.

Dagen bød på engagerede spørgsmål – og det står klart, at vi stadig har meget at afklare, erfaringsudveksle og løse. Derfor ser vi frem til anden del af i rækken af temadage og terrænnært grundvand, som afholdes den **23. oktober 2025**, hvor vi graver et spadestik dybere.

På næste temadag er emnet **"Terrænnært grundvand – Data, modeller og håndtering i praksis"**, hvor vi dykker ned i de tekniske beregninger, konkrete metoder og værktøjer, der skal til for at håndtere terrænnært grundvand i praksis. Der præsenteres konkrete løsninger og projekteksempler. Derudover diskuteres blandt andet beregningsbekendtgørelsen om håndtering af højtstående grundvand og hvordan denne omsættes i praksis.

Vi håber at se mange igen til en spændende temadag. Kender du nogen i dit netværk, som kunne få værdi af at deltage og bidrage til vidensdelingen, netværket og spørgsmål til temadagen, så del meget gerne budskabet. Sammen kan vi i branchen løfte opgaven, udvikle nye løsninger og udføre gode projekter til gavn for samfundet.

Vel mødt – og god læselyst!

EVA-udvalget

EVA-udvalget indbyder til

EVA-temadag

Torsdag den 23. oktober 2025, Hotel Nyborg Strand

Terrænnært grundvand – Data, modeller og håndtering i praksis

Der har efterhånden været mange møder, præsentationer, debatter om det varme emne terrænnært grundvand. Men hvordan håndterer vi stigende grundvandsniveauer i eksisterende og nye byområder – i praksis? Hvor gode er vores data og modeller, og hvad koster det egentlig at håndtere grundvandet? På denne temadag går vi i dybden med konkrete værktøjer, beregninger og løsninger, som konkret kan bringes i spil i projekter og bruges til at træffe beslutninger.

Dagen er målrettet dig, der arbejder med klimatilpasning, hydraulik, planlægning eller drift – og gerne vil et spadestik dybere.



Dagens Program

9:30 Kaffe/te og morgenbrød

10:00 Velkomst og indledning

v. Andreas Kvist Fredberg, EVA-udvalget

Kort introduktion til dagens tema og ambition om at øge kendskab til data, modeller og praksis anvendelighed for projekter og beslutninger.

10:10 Variation i det terrænnære grundvandsspejl på kort og lang tidsskala

v. Søren Liedtke Thorndahl, Aalborg Universitet

Det terrænnære grundvandsniveau varierer på kort tidsskala (dage/ uger) og på lang tidsskala (måneder/år). For at kunne løse problemer med terrænnært grundvand i byer er det vigtigt at forstå de hydrologiske processer som skaber dynamikken. I denne præsentation dykker vi derfor nærmere ned i målinger og modellering af terrænnært grundvand, jordkarakterisering, hydrauliske parametre i overgangen mellem overflade, umættet zone, kapillær zone og mættet zone samt grundvandets interaktion med vandløb og vandinfrastruktur.

10:40 Brug af målinger af terrænnært grundvand – fra screening til implementering af løsninger

v. Ole Munch Johansen og Mathias Ulsted Jackerott, WatsonC

Der vises eksempler på måling af terrænnært grundvand og sammenlignes med offentligt tilgængelige data fra HIP og DK-modellen. Derudover gives et konkret eksempel på beregninger af drænløsnings effekt med inddragelse af loggerdata.

DELTAGERGEBYR

STUDERENDE,
IKKE MEDLEM AF IDA
kr. 0

LEDIG
kr. 0

STUDIEMEDLEM
kr. 0

MEDLEM AF ARRANGØR
kr. 2.150

IDA-MEDLEM
kr. 2.150

SENIORMEDLEM
kr. 2.550

IKKE IDA-MEDLEM
kr. 3.450

Er du ph.d. studerende?

Så kan du blive tilmeldt til 0 kr!

Skriv til koordinator
Sylvie Chambelland på
syc@ida.dk så sørger
hun for din tilmelding.

TILMELDING

Tilmeld dig på
IDAs hjemmeside

HVOR DU OPGIVER

- Arrangement nr.
- Navn
- Adresse
- Tlf. nr.
- E-mail
- Helst fødselsdato
- Oplysning om du er ingeniør eller ej.

(Arrangementet
er åbent for alle)

11:15 Kaffepause

11:30 Når vandet står højt – udfordringer og refleksioner

v. Gert Michael Laursen, Odense Kommune

Odense Kommune møder ofte højtstående grundvand – og af og til endda vand over terræn! I oplægges ses nærmere på, hvad der driver udviklingen, hvilke bekymringer det rejser, og deler refleksioner over, hvordan udfordringen gribes an.

12:00 Frokost

13:00 Beregning af samfundsøkonomi og skadesberegninger

v. Ilka Bruhn, Envidan

Envidan har hjulpet Miljøstyrelsen med det lovforberedende arbejde bag vejledningen til Beregningsbekendtgørelsen. De deler ud af deres erfaringer med samfundsøkonomiske beregninger for terrænnært grundvand og giver konkrete eksempler på, hvordan disse foretages med afsæt i arbejdet for Miljøstyrelsen.

13:30 Debat om beregningsbekendtgørelsen om håndtering af højtstående grundvand

v. Toke Sloth Illeris, Formand for arbejdsgruppe om terrænnært grundvand under Spildevandskomiteen

Beregningsbekendtgørelsen om håndtering af højtstående grundvand er på vej, og skal derefter omsættes til praksis. Hvordan kan vi beregningsmæssigt bedst gribe opgaven an? Spildevandskomiteen v. Toke Sloth Illeris vil med udgangspunkt i beregningsbekendtgørelsen lægge op til debat om beregningsarbejdet.

14:10 Kaffepause

**14:30 Kystnære bydele med store udfordringer
– Erfaringer fra Dragør**

v. Rikke Rørvang og Louise Toft Anker, HOFOR

Hvordan kan en lavtliggende kystby sikres mod vand fra alle sider?
HOFOR deler ud af lokale erfaringer med måledata, modelberegninger,
løsningsforslag og prisoverslag, når terrænnært grundvand skal afledes.

15:00 Afrunding og afsluttende bemærkninger

v. Andreas Kvist Fredberg, EVA-udvalget

Vi samler trådene fra dagens oplæg og diskussioner og ser på,
hvordan de kan inspirere og styrke projekter på tværs af landet.

15:10 Tak for denne gang og kom godt hjem



Gør dit renseanlæg klar

*til de nye grænseværdier for lattergasemissioner fra
renseanlæg, som forventeligt træder i kraft i 2026*



Af: Jens Munk-Poulsen,
NIRAS



Af: Katrine Barnkob Blæsbjerg,
NIRAS

Ifølge en aftale mellem den daværende regering (Socialdemokratiet) og Venstre, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance og Alternativet om ”Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi”, som blevet vedtaget i 2020, skal der indføres grænseværdier for lattergasemissioner fra renseanlæg over 30.000 PE.

NIRAS og Krüger har derfor, for Miljøstyrelsen, udarbejdet en rapport, der gennemgår og foreslår mulige reguleringsmetoder til reduktion af lattergasemissioner fra danske renseanlæg med grænseværdier, som forventeligt træder i kraft i 2026. Målet er at reducere emissionerne med 50% fra renseanlæg med en kapacitet på 30.000 PE eller mere.

Hovedpunkter fra rapporten

Rapporten har analyseret forskellige typer af grænseværdier, herunder både absolutte og relative grænseværdier, og anbefalingen er implementeringen af en relativ grænseværdi, der tager højde for kvælstofindholdet i spildevandet ved renseanlæggets indløb.

Et af hovedpunkterne i rapporten er, at alle renseanlæg over 30.000 PE skal i gang med at måle og registrere deres udledning, således der kan opnås en repræsentativ baseline for udledning af lattergas til atmosfæren. Først når vi måler, kan vi få det sande billede af den danske lattergasemission, og først dér kan vi vide, hvor – og hvor meget – vi skal reducere for at nå målet.

Mange spildevandsselskaber har siden lovkravets vedtagelse i 2020 forberedt sig på en kommende regulering af lattergasudledning. Sammen med blandt andre os i NIRAS og Krüger har de gennemført målinger og testet mulige løsninger.



Viby Renseanlag Aarhus

Der er i rapporten redegjort for, at der findes løsninger på lattergasudfordringen, og her er særligt styring af de biologiske processer en kosteffektiv løsning, som kan implementeres hurtigt. Flere spildevandsselskaber har netop taget fat i styring og reguleringsoptimeringer til reduktion af lattergas og er årsagen til, at vi har kunnet komme så langt med viden om mulige reduktionsmuligheder inden en egentlig grænseværdi er implementeret.

For at kunne håndhæve grænseværdierne er det nødvendigt med præcise målinger af lattergasemissioner, og rapporten foreslår således anvendelse af processpecifikke online målinger, som frit kan vælges ud fra en liste over godkendte måleteknologier.

Overskuelige investeringer giver store gevinster – et case-eksempel fra Horsens

For at være på forkant med de kommende krav til reduktion af lattergasemissioner og samtidig forbedre rensegraderne, har Samn Forsyning, i samarbejde med NIRAS, installeret helt nye styringer på Centralrenseanlægget i Horsens.

Helt konkret er der udarbejdet anlægsspecifikke styringsstrategier og implementeret avancerede styringsalgoritmer, som optimerer den biologiske rensning af spildevand på renseanlægget. Dermed har Horsens Centralrenseanlæg fået en lattergasstyring i realtid, som sætter dem i stand til at overholde de forventede fremtidige krav.



Foto: Gitte Svarre Nabe Kristensen

Ingen nye systemer

De nye styringer er integrerede i de eksisterende PLC'ere på Horsens Centralrenseanlæg. I stedet for at introducere et nyt system til at håndtere onlinemålingen, er de nye styringer bygget i den eksisterende PLC på anlægget. Det gør løsningen mindre omkostningstung, og har samtidig den fordel, at det er nemt for driftspersonalet at få værdi af styringerne fra start, fordi brugergrænsefladerne er kendte, og metodikken i arbejdsflowet er det samme, som de er vant til.

De første resultater er gode

Styringerne på Horsens Centralrenseanlæg har været i drift siden marts 2024 og er testet over en periode, hvor fokus specifikt har været på at måle lattergasemissionerne. De første resultater viser en reduktion af lattergasemissionerne tæt på 60%, og selvom der kun er målt på emissionerne i en kortere periode er Niels Munthe, projektleder fra Samn Forsyning, optimistisk i forhold til at kunne overholde de nye grænseværdier i fremtiden: *"De data, vi har samlet sammen, er samlet i en periode, hvor der normalt dannes meget lattergas. Det indikerer en betydelig effekt af de implementerede styringer, og vi er derfor optimistiske."* fortæller Niels.

Der er ingen grund til ikke at gå forrest

Uanset hvilken reguleringsmetode Miljøstyrelsen vælger at implementere, er der ingen tvivl om, at rigtig mange danske renseanlæg skal finde nye metoder til lattergasreduktion, og der er faktisk ingen grund til at vente. Jo før styringsstrategierne optimeres, jo før reduceres lattergasemissionerne, hvilket i høj grad gavner miljøet – grænseværdier eller ej.

Sådan lever dit anlæg op til de nye grænseværdier

Bliver anbefalingerne i rapporten en realitet, er der en række tiltag, som allerede nu med fordel kan sættes i gang på de danske renseanlæg med en kapacitet på 30.000 PE eller over:

1. Etablering af måleudstyr:

Installation af processpecifikke sensorer til kontinuerlig måling af lattergasemissioner. Dette inkluderer både væskefase- og off-gas-sensorer.

2. Udarbejdelse af driftsjournal:

Alle renseanlæg skal føre en driftsjournal for sensorerne, for at dokumentere vedligeholdelse og kalibrering af måleudstyret. Dette sikrer, at målingerne er nøjagtige og pålidelige.

3. Kontrol og validering af data:

De indsamlede data skal løbende kontrolleres og valideres for at sikre, at de er realistiske og repræsentative for emissionerne.

4. Beregning af emissionsfaktor:

Emissionsfaktoren skal beregnes som en procentdel af kvælstofindholdet i spildevandet ved renseanlæggets indløb. Dette kræver præcise målinger og korrekt beregning af emissionerne.

5. Udarbejdelse af handleplaner: Hvis emissionsfaktoren overstiger grænseværdien, skal renseanlæggene udarbejde og implementere handleplaner for at reducere emissionerne. Dette kan inkludere driftsoptimering og kapacitetsudvidelser.

Når komplekse valg bliver overskuelige

Multikriterieanalysen kan bruges som bro mellem faglighed og formidling



Af: Karoline Aarøe Petersen, kandidats-tuderende på Aalborg Universitet



Af: Nathalie Bech Birkelund, ingeniør hos Rambøll

Hvordan vælger vi den bedste løsning, når bæredygtighed, økonomi og realiserbarhed alle spiller ind og svarene ikke er entydige? Multikriterieanalyse kan bidrage til at træffe beslutninger og samtidig åbne for nye muligheder i både klimatilpasning, byudvikling og biodiversitet.

Når en kommune prioriterer investeringer i projekter, handler det sjældent kun om økonomi. En løsning skal også være teknisk mulig, klimavenlig og skabe værdi for borgere, samtidig med at den styrker biodiversiteten. Her er en multikriterieanalyse netop et værktøj, som kan overskueliggøre de modsatrettede interesser og tage flere parametre i betragtning. Multikriterieanalysen kan skabe overblik over de forskellige elementer, og hvor kompromisser kan give mest værdi.

Hvad er en GIS-baseret multikriterieanalyse?

En multikriterieanalyse bruges til at tage mange forskellige parametre i betragtning, når der skal tages en beslutning. En problemstilling kan være, at en kommune skal udpege områder til nedsivningsbassiner. I denne beslutningsproces er der mange parametre, som spiller ind. Parametrene kunne indbefatte: Terrænforhold, afstand til grundvandsspejlet, jordbundsforhold osv.

I en GIS-baseret multikriterieanalyse indhentes geografiske data for de enkelte parametre. Det kan være en højdemodel, jordbundskort og grundvandsspejl. Disse data behandles derefter i et GIS-program.

Der skal vælges et fokus for multikriterieanalysen. I det ovennævnte eksempel kunne det være: "Hvilket område er mest egnet til at etablere et nedsivningsbassin?". Herefter kan parametrene pointgives, vægtes og kombineres.

**Figur 2**

Illustrationen viser princippet for pointgivning, vægtning og sammenlægning af tre forskellige parametre. På figur a) og b) er der forskel på hvordan parametrene vægtes, og der ses en tydelig forskel på resultaterne.

Pointgivning og vægtning

For at få de forskellige parametre til at spille sammen, skal de tildeles point efter en selvvalgt pointskala. Pointskaalen kan for eksempel gå fra 0 til 10, hvor 10 betyder, at området er egnet til at anlægge nedslivningsbassiner, og 0 betyder, at området ikke er egnet.

Der kan spille mange parametre ind i en beslutningsproces, og nogle parametre har større indflydelse end andre. Parametrene kan derfor tildeles en vægtning i forhold til, hvor stor betydning de skal have for resultatet af multikriterieanalysen.

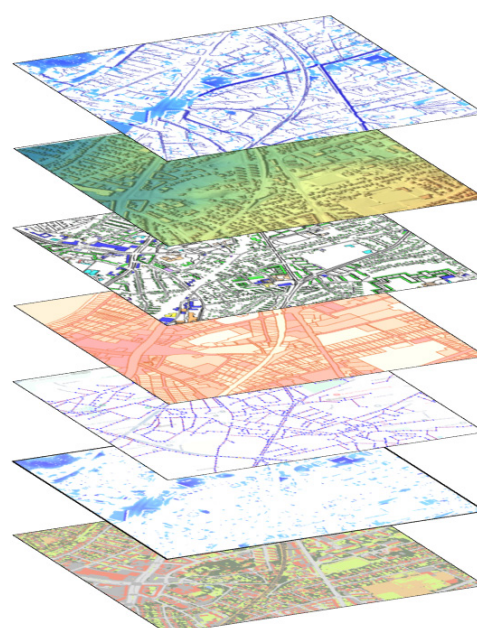
Resultatet af en multikriterieanalyse

Resultatet af en multikriterieanalyse er et samlet oversigtskort, hvor de områder, som har højest point og vægtning, vil træde frem. Oversigtskortet kan dermed være med til at give et overblik over et projektområde.

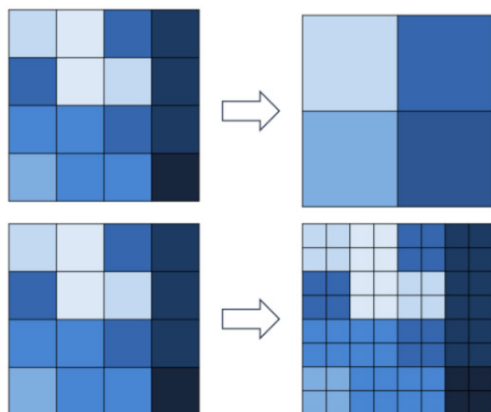
Hvad er vigtigt i en multikriterieanalyse?

Vælg ét fokus

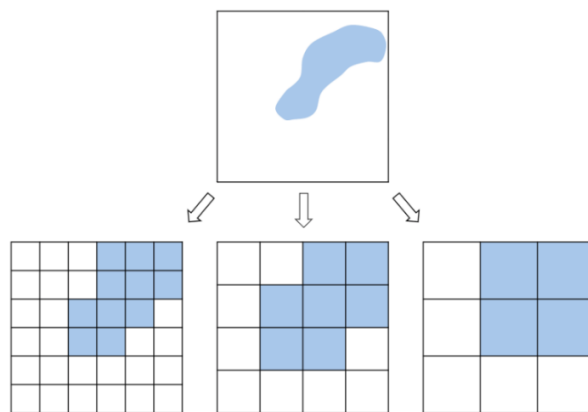
Når en multikriterieanalyse udarbejdes, er det vigtigt at vælge ét fokus, som parametrene pointgives og vægtes ud fra. Hvis formålet med analysen er for ukonkret, bliver det udfordrende at pointgive og vægte parametrene. Derudover er det også fordelagtigt at vælge et begrænset antal parametre, så analysen og resultatet forbliver overskuelige.

**Figur 1**

En GIS-baseret multikriterieanalyse kan kombinere flere forskellige geografiske data.

**Figur 3**

Cellestørrelsen og ændringen af denne har betydning for detaljeringsgraden af multikriterieanalysen. Den øverste figur viser, hvordan cellestørrelsen forstørres ved en generalisering af cellerne. Den nederste figur viser en formindskelse af cellestørrelsen.

**Figur 4**

Figuren illustrerer cellestørrelsens betydning for detaljegraden, når der konverteres mellem formater.

Point og vægtning

Der skal være bevidsthed omkring, hvad den valgte pointgivning og vægtning betyder for resultatet af analysen. En multikriterieanalyse er en subjektiv analyse, og den der udarbejder analysen kan i nogen grad påvirke resultatet gennem valg af point og vægtning. Det er derfor vigtigt undervejs at undersøge betydningen af valgene. Det kan gøres ved at lave en følsomhedsanalyse, hvor pointgivning og vægtning ændres for én parameter ad gangen. Det vil give et billede af betydningen af pointgivning og vægtning.

Kend datagrundlaget

I udarbejdelsen af multikriterieanalysen er det vigtigt at kende det datagrundlag, som anvendes. Eventuelle usikkerheder i dataen skal tages med i overvejelserne, når resultatet af analysen bruges. Derudover kan datagrundlaget have forskellig detaljeringsgrad, og her er det vigtigt, at resultatet af analysen ikke virker mere detaljeret end selve datagrundlaget.

GIS-baseret multikriterieanalyse af byområde i Aarhus

Vores afgangsprøve på Aarhus Universitet omhandler netop en GIS-baseret multikriterieanalyse, og hvordan analysemetoden kan anvendes til at bestemme et byområdes egnethed i forhold til etablering af Nature-based Solutions. I projektet brugte vi altså multikriterieanalysen til at udpege mindre områder inden for projektafgrænsningen, som er særligt egnet til for eksempel etablering af regnvandsbassiner, regnbæde og nedslivningsområder.

Først udvalgte vi en række parametre, som vi mente havde relevans for områdets egnethed til etablering af Nature-based Solutions. Parametrene, som vi besluttede skulle danne grundlag for resultatet af analysen, var §3-beskyttede naturtyper, Befæstelsesgrad, Ejersforhold og Topografi herunder lavninger og hældning af terræn. Vi indhentede geografiske data for de forskellige parametre fra SCALGO Live.

Egnethed			
Parameter	Vægtning	Element	Point
§3-beskyttede naturtyper	20%	§3-beskyttet område	1
		Nærliggende område	3
		Ikke §3-beskyttet område	10
Befæstelsesgrad	15%	Vand	0
		Bygning	0
		Befæstet vej	1
		Ubefæstet vej	6
		Øvrigt ubefæstet	6
		Høj vegetation	9
		Bar jord	10
		Lav vegetation	10
Ejerforhold	35%	Privatpersoner eller interessentskab	1
		Privat andelsboligforening	2
		Forening, legat eller selvejende	3
		Alment boligselskab	3
		Aktie-, anpart- eller andet selskab (undtagen interessentskab)	3
		Staten	8
		Region Midtjylland	9
		Aarhus kommune	10
Topografi – lavninger	15%	Volumen < 2 m ³	0
		Volumen 2 – 100 m ³	7
		Volumen > 100 m ³	10
Topografi – hældning	15%	Stejlt terræn: > 50 ‰	0
		Moderat hældning: 1 – 50 ‰	10
		Fladt terræn: 0 – 1 ‰	10

Figur 5

Oversigt over pointgivning og vægtning af de parametre, som beskriver projektområdet egnethed i forhold til Nature-based Solutions.

Vi gav parametrene point efter en pointskala fra 0 til 10, hvor 0 er uegnet, og 10 er egnet. For eksempel baserede vi pointgivningen af parameteren *Befæstelsesgrad* på områdets evne til at nedsive samt området tilgængelighed i forhold til at implementere Nature-based Solutions. Arealer med græs og lav beplantning fik dermed høje point, hvorimod asfalterede områder og områder med høj beplantning fik lave point.

Derefter vægtede vi parametrene ud fra, hvor stor betydning vi vurderede, de burde have for resultatet. Vi vurderede, at *Ejerforhold* og *§3-beskyttede naturtyper* skulle vægte højt i forhold til områdets egnethed, da parametrene er fastlagt ved lovgivning, og eventuelle ændringer kræver tilladelser fra myndigheder. Derfor vægtede vi *Ejerforhold* og *§3-beskyttede naturtyper* højere end *Befæstelsesgrad* og *Topografi*, da de sidstnævnte forhold nemmere kan ændres ved terrænregulering eller ændring af belægning.

Den samlede pointgivning og vægtning af parametrene kan ses på figur 5, og resultatet af analysen kan ses på figur 6.

På figur 6 kan det ses, at nogle områder er mørkere og dermed har højere point end andre. Disse områder er mere egnede til etablering af Nature-based Solutions baseret på de anvendte parametre.

Vi brugte en stor del af vores afgangsprøve på at undersøge betydningen af de valg, vi tog i forhold til pointgivning og vægtning. Derudover diskuterede vi fordele og ulemper ved metoden, og hvad multikriterieanalysen kan bidrage med i et projekt. Vi erfarede, at multikriterieanalysen fungerede godt som screeningsværktøj, som kan udpege områder, hvor Nature-based Solutions kan implementeres.

Et værktøj til dialog

Igennem multikriterieanalysen udarbejdes der et oversigtskort, som bruges til at visualisere mulighederne i et større område. Oversigtskortet kan også fungere som et dialogredskab i de videre projektfaser. Kort og visualiseringer giver et solidt udgangspunkt for både borgere, politikere og fagfolk til at diskutere konsekvenserne af forskellige valg. Dermed kan multikriterieanalysen både være med til at indtænke projektets bæredygtighed, økonomi og realiserbarhed samt bidrage til at skabe gennemsigtighed og inddragelse af interessenter. Når borgere kan se, hvorfor en løsning vælges frem for en anden, bliver beslutningerne lettere at acceptere – også selvom det indebærer kompromiser.

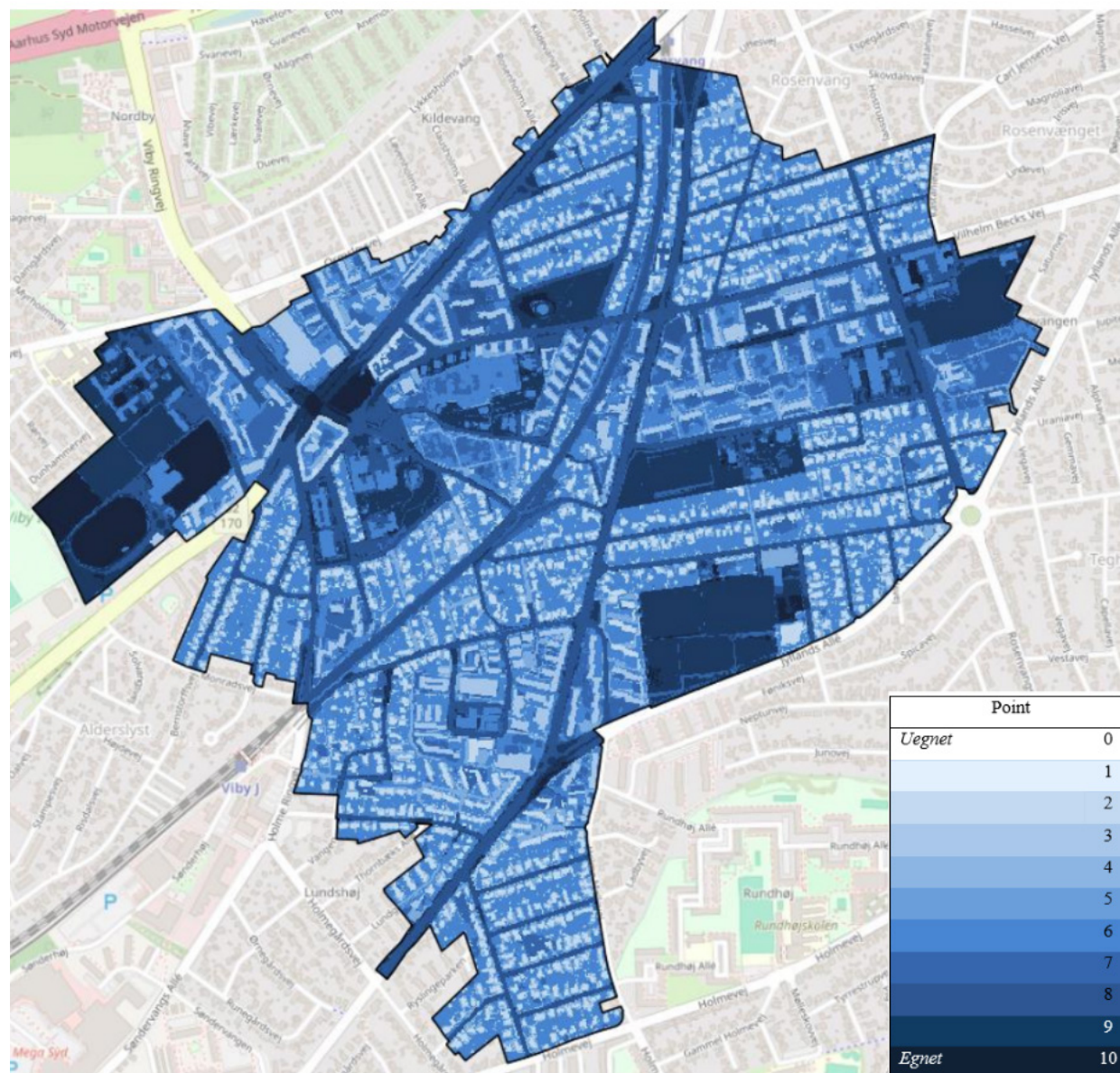
Potentialet fremadrettet

Metoden er fleksibel, og analysen kan udbygges med nye parametre. Dermed kan multikriterieanalysen bruges til at skabe en forståelse på tværs af fagområder.

Der er tre centrale gevinster ved metoden:

1. Overblik i komplekse beslutninger – når mange parametre spiller ind.
2. Mere kvalificeret dialog – mellem borgere, politikere og fagfolk.
3. Flexibilitet – kan tilpasses et bredt spænd af fokuspunkter.

Multikriterieanalysen giver ikke ét entydigt svar, og den bygger på subjektive vurderinger. Det er dog også en stor styrke ved multikriterieanalysen, at det netop er muligt at til- og fravælge parametre samt bestemme pointgivning og vægtning efter det valgte fokus. Multikriterieanalysen er et dynamisk værktøj, der har et stort potentiale som screeningsværktøj og i indledende projektfaser.

**Figur 6**

Resultatet af en GIS-baseret multikriterieanalyse, som viser et byområdes egnethed i forhold til etablering af Nature-based Solutions. Til bestemmelse af den samlede egnethed indgår parametrene §3-beskyttede naturtyper, Befæstelsesgrad, Ejerforhold og Topografi herunder lavninger og hældning.

Indflydelse af IDF-kurve parametrisering på dimensionering af regnvandsbassiner



Af: Dan Rosbjerg, Institut for Miljø- og Ressourceteknologi, DTU

Indledning

I Rosbjerg (2021) blev det antaget, at Spildevandskomitéens (SVK) tre-parameter parametrisering af IDF-kurver (Intensity-Duration-Frequency) svarede til den af Keifer & Chu (1957) foreslåede. Den i SVK's regneark benyttede parametrisering er imidlertid jf. Madsen (2002) anderledes, og det er nedenfor illustreret, hvilken betydning dette har for dimensionering af regnvandsbassiner. Den eksponentielle to-parameter parametrisering er også medtaget til sammenligning, ligesom betydningen af at benytte et fast afløbstal er sammenlignet med bassin-udløb fra et lineært reservoir. I eksemplificeringen er der benyttet regndata fra Odense.

Tre forskellige parametriseringer af IDF-kurven

Betegnes regnvarigheden t_r , kan den eksponentielle (EXP) to-parameter model skrives

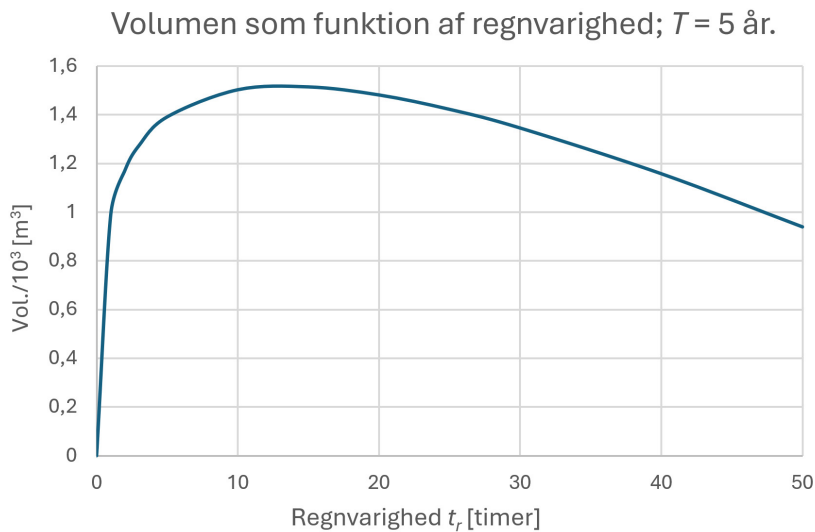
$$i = \delta t_r^{-\gamma} \quad (1)$$

hvor i er regnintensiteten svarende til en given gentagelsesperiode, og de to parametre er δ og γ .

Keifer og Chu's (K&C) tre-parameter model er

$$i = \frac{a}{t_r^b + c} \quad (2)$$

hvor a , b og c er de tre parametre (Keifer & Chu, 1957).



Figur 1
Volumen som funktion af regnvarighed,
Odense; SVK-parametrisering;
 $T = 5$ år; $F = 5$ ha;
Afløbstal $q = 0.2 \mu\text{m/s} = 2 \text{ l/(s ha)}$.

SVK's tre-parameter parametrisering (Madsen, 2002), et specialtilfælde af en fire-parameter parametrisering (Koutsoyiannis et al., 1998), er

$$i = \alpha(t_r + \theta)^{-\nu} \quad (3)$$

hvor α , θ og ν er de tre parametre. For $\theta = 0$ fremkommer den eksponentielle to-parametermodel.

I alle modellerne skal t_r indsættes i min. Parametrene γ , b , c , θ og ν er ubenævnte, mens dimensionen for δ , a og α er bestemmende for enheden af intensiteten. For alle modellerne gælder, at parameterværdierne varierer med gentagelsesperioden T . Parameterværdien for α , der ligesom parameterværdier for θ og ν kan aflæses i SVK's regneark, svarer til, at intensiteten får enheden $\mu\text{m/s}$, hvor $1 \mu\text{m/s} = 10 \text{ l/(s ha)}$.

Kritisk regnvarighed

For en vilkårlig regnvarighed t_r , et konstant afløbstal q og en konstant regnintensitet i bestemt ved en IDF-kurve er det specifikke volumen

$$V^* = \frac{V}{F} = (i - q) t_r \quad (4)$$

hvor V er reservoirvoluminet og F er oplandsarealet. Den kritiske regnvarighed τ_r er den varighed, der leder til det maksimale bassinvolumen, dvs. maksimum på kurven i figur 1, som eksempelvis er beregnet med SVK-modellen.

Den findes ved at indsætte et udtryk for IDF-kurven i ligning (4), differentiere mht. t_r og sætte udtrykket lig med 0.

Med den eksponentielle IDF-kurve fås

$$\tau_r = \left[\frac{\alpha(1-\gamma)}{q} \right]^{1/\gamma} \quad (5)$$

For K&C modellen kan τ_r beregnes analytisk som angivet i Rosbjerg (2021).

For SVK-modellen må τ_r bestemmes ved iteration, fx med Newton-Raphson iteration eller ved benyttelse af Solver-funktionen i Excel.

Newton-Raphson iteration

Lign. (3) indsættes i lign. (4). Der differentieres mht. t_r og differentialkvotienten sættes lig med 0, hvoraf

$$\frac{q}{\alpha}(t_r + \theta)^v + \frac{vt_r}{t_r + \theta} - 1 = f(t_r) = 0 \quad (6)$$

Herefter beregnes successivt

$$t_{r,j+1} = t_{r,j} - \frac{f(t_{r,j})}{f'(t_{r,j})} = t_{r,j} - \frac{\frac{q}{\alpha}(t_{r,j} + \theta)^v + \frac{vt_{r,j}}{t_{r,j} + \theta} - 1}{\frac{qv}{\alpha}(t_{r,j} + \theta)^{v-1} + \frac{\theta v}{(t_{r,j} + \theta)^2}} \quad (7)$$

hvorved den kritiske regnvarighed τ_r fremkommer som roden i lign. (6).

Anvendelse af Solver-funktionen i Excel

Med lign. (6) som objektiv-funktion og med t_r som variabel findes roden τ_r umiddelbart.

Sammenligning af IDF kurver

Med udgangspunkt i SVK-parametrene som bestemt i SVK-regnearket er de tre IDF-kurver sammenlignet i figur 2. Parametrene for K&C- og EXP-modellerne er tilnærmet beregnet vha. Appendix A og B.

Det ses, at kurverne falder sammen for store værdier af regnvarigheden t_r , og at både SVK og K&C krummer for små værdier af t_r . Bemærk at der er anvendt log-skala på begge akserne. SVK-kurven har den største krumning, hvilket svarer bedst til observerede regndata. Spørgsmålet er imidlertid, hvilken betydning dette har for bassin-dimensioneringen.

Sammenligning af volumenkurver

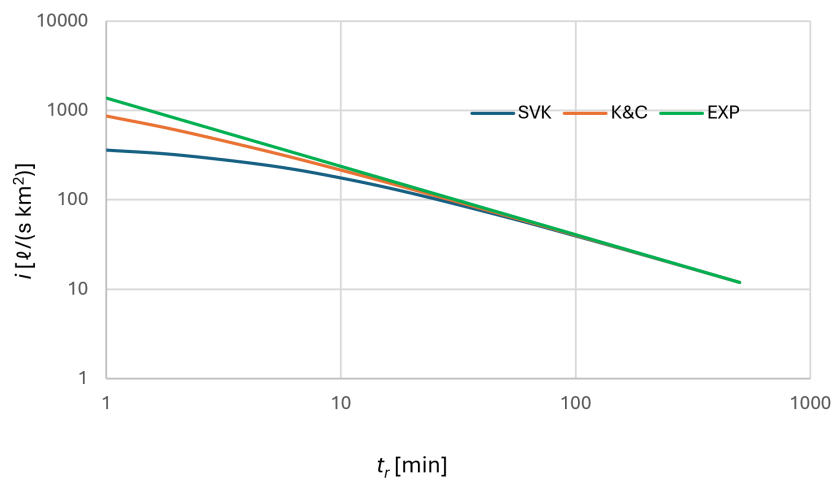
Når den kritiske varighed τ_r er bestemt for en række forskellige værdier af afløbstallet q , kan volumenkurven beregnes ved indsættelse i lign. (4) og optegnes, se figur 3.

Det ses, at der meget begrænset forskel på volumenkurverne ved anvendelse af de tre forskellige IDF-kurver. For store værdier af afløbstallet leder EXP-modellen til et lidt større dimensionsgivende volumen end SVK-modellen ($\approx 15\%$), da intense korttidshændelser er dimensionsgivende for store afløbstal, og EXP-modellen her har de største intensiteter. K&C modellen giver værdier midt imellem.

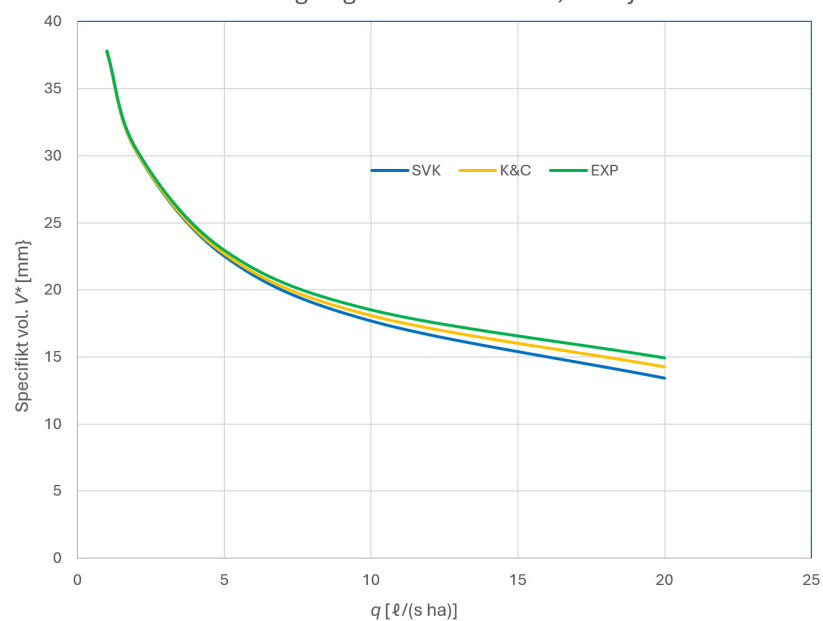
Sammenligning med et lineært reservoir

Det dimensionsgivende volumen bestemt med et fast afløbstal blev i Rosbjerg (2021) sammenlignet med det maksimale volumen i lineært reservoir, hvor udløbet er proportionalt med reservoirindholdet, og hvor det maksimale udløb svarede til afløbstallet. Forskellen i det dimensionsgivende specifikke volumen er vist i figur 4.

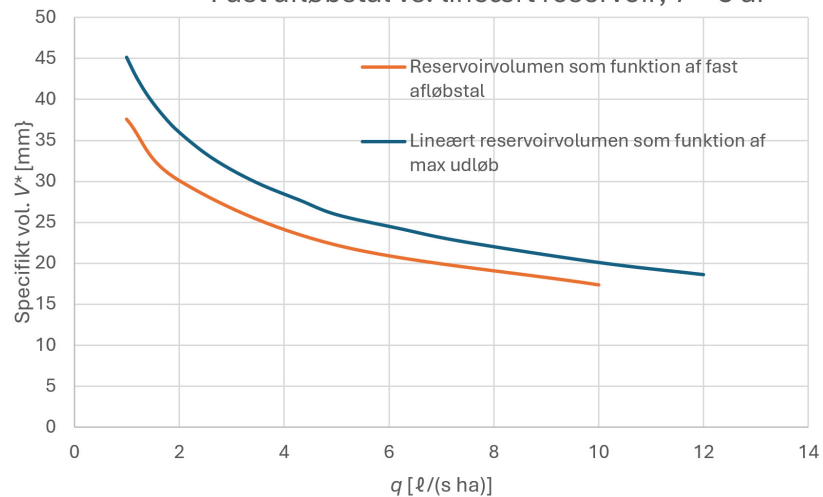
Det ses, at hvis afløbet er gradvist aftagende svarende til udløbet fra et lineært reservoir med maksimal udstrømning som ovenfor angivet, vil det dimensionsgivende volumen blive omtrent 20% større, lidt aftagende for voksende afløbstal.

Sammenligning af IDF-kurver; $T = 5$ år**Figur 2**

Sammenligning af IDF-parametriseringer.
Afløbstal $q = 0.2 \text{ mm/s} = 2 \text{ l/(s ha)}$.

Sammenligning af volumenkurver; $T = 5$ years**Figur 3**

Sammenligning af volumenkurver; specifikt volumen som funktion af afløbstallet.

Fast afløbstal vs. lineært reservoir; $T = 5$ år**Figur 4**

Sammenligning af reservoir-dimensionering med henholdsvis fast afløbstal og udløb fra et lineært reservoir, der har max afløb lig med afløbstallet.

Konklusion

Det er fundet, at valg af parametrisering af IDF-kurven har begrænset betydning for dimensionering af et regnvandsbassin. Der er kun en lille forskel mellem anvendelse af henholdsvis en to-parameter eksponentiel model og de to tre-parameter modeller for IDF-kurven, K&C-modellen (Keifer & Chu, 1957) og SVK's model (Madsen, 2002). Forskellen mellem dimensionering med anvendelse af et fast afløbstal og dimensionering under antagelse af udløb fra et lineært reservoir ses også at være relativt begrænset.

Referencer

Keifer, C. J. & Chu, H. H. (1957) Synthetic storm pattern for drainage design. *Proceedings ASCE, Journal of the Hydraulics Division*, **83** (4), 1-25.

Koutsoyiannis, D., Kozonis, D. & Manetas, A. (1998) A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships, *Journal of Hydrology* **206**, 118-135.

Madsen, H. (2002) Regneark til bestemmelse af CDS-regn, Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet.

Rosbjerg, D. (2021) Bassindimensionering med regnrækker, *EVA-Bladet* **34**(1), 20-27.

Appendix A:

Tilnærmet beregning af K&C-parametre ud fra SVK-parametre og omvendt

Ved rækkeudvikling af SVK-parametriseringen fås

$$i = \alpha(t_r + \theta)^{-\nu} = \frac{\alpha}{(t_r + \theta)^\nu} = \frac{\alpha}{t_r^\nu \left(1 + \frac{\theta}{t_r}\right)^\nu} \cong \frac{\alpha}{t_r^\nu \left(1 + \frac{\nu\theta}{t_r}\right)} = \frac{\alpha}{t_r^\nu + \nu\theta t_r^{\nu-1}} \quad (A1)$$

Kendes SVK-parametrene, er det heraf muligt tilnærmet at bestemme K&C-parametrene

$$a = \alpha; \quad b = \nu; \quad c = h(t_r) = \nu\theta t_r^{\nu-1} \quad (A2)$$

Til estimation af c kan gennemsnittet over forskellige regnvarigheder (t_r) anvendes

$$c \cong \nu\theta \frac{1}{t_{r,2} - t_{r,1}} \int_{t_{r,1}}^{t_{r,2}} t_r^{\nu-1} dt_r = \theta \frac{t_{r,2}^\nu - t_{r,1}^\nu}{t_{r,2} - t_{r,1}} \quad (A3)$$

Omvendt, kendes K&C-parametrene, kan SVK-parametrene tilnærmet bestemmes som

$$\alpha = a; \quad \nu = b; \quad \theta = g(t_r) = \frac{c}{b} t_r^{1-b} \quad (A4)$$

Til estimation af θ kan gennemsnittet over forskellige regnvarigheder (t_r) anvendes

$$\theta \cong \frac{c}{b} \frac{1}{t_{r,2}-t_{r,1}} \int_{t_{r,1}}^{t_{r,2}} t_r^{1-b} dt_r = \frac{c}{b} \frac{t_{r,2}^{2-b} - t_{r,1}^{2-b}}{(2-b)(t_{r,2}-t_{r,1})} \quad (\text{A5})$$

I begge tilfælde kan man fx benytte $t_{r,2} = 7200$ min og $t_{r,1} = 1$ min.

Appendix B:

Sammenfald af IDF-kurverne for store værdier af t_r

$$\text{SVK:} \quad i \approx \frac{\alpha}{t_r^\nu} \quad (\text{B1})$$

$$\text{K\&C:} \quad i \approx \frac{a}{t_r^b} \quad (\text{B2})$$

$$\text{EXP:} \quad i = \frac{\delta}{t_r^\gamma} \quad (\text{B3})$$

Med $\alpha = a = \delta$ og $\nu = b = \gamma$ ses, at kurvene falder sammen for store værdier af t_r .

Tak

Forfatteren takker Sigrid Schødt Hansen, Rasmus Wiuff og Henrik Maden for kritisk gennemlæsning af manuskriptet.

Storkeengen:

Styrket samarbejde gav klimatilpasning på naturens præmisser



Af: Lisa Melgaard,
Vandmiljø Randers

I hjertet af Randers, hvor Vorup bydelen møder Gudenåen, er et ambitiøst klimatilpasningsprojekt blevet til virkelighed – projektet Storkeengen.

Storkeengen er ikke blot et teknisk anlæg – det er et levende bevis på, hvordan klimatilpasning, naturhensyn og rekreative værdier kan forenes og gå op i en højere sammenhæng. Det er også en fortælling om samarbejde, kompleksitet og viljen til at finde nye veje, når de gamle ikke længere slår til. Det er et projekt, hvor vi alle er blevet klogere undervejs, har lært en masse og det har krævet stor tålmodighed.

Et område i farezonen for oversvømmelse

Vorup er et område, hvor regnvand naturligt strømmer fra bakkerne ned mod det lavere liggende område ved Gudenåen. Kombinationen af stigende grundvand, hyppigere skybrud og risiko for stormflod har gjort området særligt sårbart. Derfor blev det nødvendigt at tænke nyt – og stort. Ikke kun i forhold til tekniske løsninger, men også i måden man samarbejder på tværs af fagligheder, myndigheder og interesser. Storkeengen, hvor vandet naturligt ender, er nemlig en dejlig §3 beskyttet eng.

Randers Fjord er et af 10 områder i Danmark, som kystdirektoratet har udpeget til at være i særligt stor risiko for skadevoldende oversvømmelser i tilfælde af en kraftig stormflod. Risikoen er også knyttet til Randers by, hvor de lavtliggende områder er særligt udsatte ved en kraftig stormflod.

Derudover ligger Storkeengen i den vestlige side af Kommunens store byudviklingsprojekt "Flodbyen Randers". Det har derfor været vigtigt også at tappe ind i den strategi med Storkeengs projektet, så byen får en samlet klimatilpasningsløsning – der fungerer.



Luftfoto over det færdige område.



Oversvømmelseskort, der illustrerer området ved en stormflod i år 2100.

Projektet i hovedtræk

Projektet Storkeengens opland er et 78 hektar stort område, hvoraf projektet fysisk omfatter 32 ha og består af:

- Et stort dige, der beskytter mod oversvømmelser fra Gudenåen
- Et mindre regnvandsbassin og nye grøfter
- En pumpestation til håndtering af regnvand
- Skybrudsveje i oplandet
- Rekreative tiltag som stier, solnedgangsbro og adgang via boardwalk til Vorup Enge.

Alt sammen placeret i et område, der er udpeget som §3-beskyttet natur – hvilket har stillet høje krav til både planlægning og respekt for omgivelserne.

Udfordringer undervejs – og løsninger i fællesskab

Projektet har været præget af en række komplekse udfordringer – fra ændringer i lovgivning og tekniske overraskelser til skiftende klimaforudsætninger og udbudsregler. Men netop her har samarbejdet og tålmodigheden vist sin styrke.



Underførslen til Vorup enge, der er direkte konsekvens af borgerinddragelse.

Overblik over udfordringer

Projektet ændredes fra medfinansieringsprojekt, til separatkloakeringsprojekt undervejs.

Projektet medførte ændringer i det projekt, der allerede var igangsat omkring separatkloakering af bydelen.

Renseløsningen for regnvandet fra Vorup-oplandet ændredes fra at løbe mod vest til at løbe mod syd, mens vi allerede var i gang med at separatkloakere området.

Da en §3-dispensation blev hjemvist, måtte projektet redesignes. Det krævede fleksibilitet og tæt dialog mellem myndigheder og rådgivere, og en vilje til at finde løsninger, der både tilgodeså natur og klimatilpasning. Renseløsninger på regnvandet skulle gentænkes. Der blev udarbejdet nyt projekt, og nyt spildevandsplanstillæg.

Flere tekniske benspænd, bl.a. uventede fund af gamle ledninger i betonkasser betød, at projektet måtte tilbage på tegnebrættet. Her blev samarbejdet med forsyningsselskaber og ingeniører afgørende for at finde nye, holdbare løsninger.

Klimafremskrivninger ændrede sig undervejs, og projektets levetid blev udvidet fra 2050 til 2100. Det krævede en ny tilgang til både dimensionering og planlægning – og en evne til at tænke langt i fællesskab.

Projektets størrelse førte til EU-udbud, men ved at opdele det i et eng- og et vejprojekt, kunne man navigere mere smidigt i udbudsreglerne og sikre fremdrift.



Rekreative tiltag og skybrudsvej.



Græssende køer med ny pumpestation i baggrunden.

Samarbejde som nøgle til merværdi

Storkeengen er et skoleeksempel på, hvordan tværfagligt samarbejde skaber merværdi. Randers Kommune og Vandmiljø Randers har arbejdet tæt sammen – ofte på nye måder – og har lært af hinandens vilkår og fagligheder. Udskiftninger i projektteamet undervejs har givet nye perspektiver, men også krævet en stærk fælles forståelse og dokumentation for at sikre kontinuitet. Det er netop i dette samarbejde, at projektets merværdi opstår: Ikke kun i form af tekniske løsninger, men i form af læring, relationer og en fælles forståelse for, hvordan vi bedst tilpasser os en ny virkelighed.

Borgernes stemme – og betydning

Fra starten har borgerinddragelse spillet en central rolle i projektet og der har været stor interesse – både positiv og kritisk. Henvendelser har spændt fra spørgsmål om muldjord og kantsten til bekymringer om støj og høj grundvandsstand. Det har krævet løbende dialog, tilpasning og specialløsninger – og har samtidig styrket projektets legitimitet og forankring i lokalsamfundet. De nye høje indkørsler har været et emne til dialog og er blevet løst on site, en ad gangen. Der er ingen tvivl om, at det har været en kæmpe arbejdsbyrde undervejs, både for Vandmiljø Randers, men også for vejkontoret i Randers Kommune. Men sammen, og sammen med grundejer og entreprenør, har vi løst udfordringerne i takt med, at vi er blevet opmærksomme på dem.

En ny virkelighed – og en ny måde at arbejde på

Storkeengen er nu en realitet – indviet og i drift. Et klimatilpasningsprojekt, der ikke blot beskytter mod vandmasserne, men også inviterer borgerne tættere på naturen. Det er et projekt, der viser, at klimatilpasning ikke kun handler om teknik – men også om natur, mennesker og samarbejde. Det er en ny måde at tænke klimatilpasning på. Og måske vigtigst af alt: en ny måde at arbejde sammen på. Borgerne og brugerne af området har fået så meget mere, end blot et teknisk anlæg – det er dét vi kalder merværdi.

Historien er dog ikke helt færdig endnu, for de bassiner, vi ikke fik lov at udføre i Storkeengen, skulle i stedet etableres længere mod vest. Dette område er i mellemtiden blevet til et §3 område, så nye dispensationer, undersøgelser og forventeligt påklage i miljøklagenævnet, venter forude.

EVA

studierejselegat

for studerende på de videregående uddannelsesinstitutioner

Studerer du indenfor det faglige område, som EVA-udvalget normalt dækker gennem temadage, og har du mod på at rejse ud i verden og hente ny viden med hjem til Danmark og videreformidle denne viden, så har du mulighed for at søge et EVA-studierejselegat.

Formål

- At medvirke til at studerende opsøger ny/nyeste viden indenfor EVA-udvalgets faglige interesseområder gennem deltagelse i seminarer, kurser på udenlandske universiteter, udstillinger, studieture, studie/praktikophold eller lignende.
- At dygtiggøre danske studerende og give dem international indsigt.
- At medvirke til at der bringes ny viden og inspiration med hjem til Danmark, og at denne formidles til EVA's medlemmer gennem et mundtligt indlæg på en EVA-temadag og/eller et skriftligt indlæg i EVA-bladet.





Vilkår

1. Legatet kan søges af danske studerende, som har gennemført mindst 2 år af en dansk videregående uddannelse og indenfor en EVA-relevant studieretning.
2. Ansøgeren skal være studiemedlem af IDA.
3. Legatet kan kun søges individuelt, dvs. af enkeltpersoner, og kan kun tildeles den samme person én gang.
4. Legatet kan tildeles til deltagelse i fagrelevant aktivitet, og legatet kan dække udgifter til:
 - a. Rejse på økonomiklasse
 - b. Hotel og ophold holdt indenfor statens dispositionsbeløb for det pågældende land
 - c. Deltagergebyr
 - d. Rejseforsikring
5. Ansøgning om legat fremsendes pr. mail til EVA-udvalget (evaudvalg@gmail.com). Ansøgningen skal indeholde en kort beskrivelse af aktiviteten, det faglige indhold og forventet udbytte heraf. Med ansøgningen skal budget, CV og udtalelse/anbefaling fra studiested vedlægges. Eventuelle spørgsmål kan rettes til EVA-udvalget. Deadline for ansøgninger er 1. feb. og 1. sep. Ansøgningerne vil blive behandlet på det efterfølgende bestyrelsesmøde.
6. EVA-udvalget afgør suverænt eventuelle tvivlsspørgsmål vedrørende opfyldelse af vilkår.
7. Legatet kan maksimalt være på DKK 20.000,-.
8. Alle ansøgninger besvares personligt direkte til ansøgeren, når afgørelsen er truffet.
9. Legatmodtageren fremsender umiddelbart efter aktiviteten en kort skriftlig redegørelse, indeholdende et kort resume af aktiviteten og en evaluering af udbyttet for legatmodtageren.
10. Et studierejselegat er som udgangspunkt skattefrit, men legatet indberettes til SKAT, hvilket betyder at legatmodtageren er pligtig til at gemme de nødvendige dokumenter/bilag til dokumentation af de afholdte udgifter.
11. På normalt næstkommende EVA-temadag efter endt aktivitet afholder legatmodtageren et fagligt indlæg, baseret på deltagelse i aktiviteten, og/eller leverer et skriftlig indlæg til det efterfølgende EVA-blad.
12. Der kan opstå krav om tilbagebetaling hvis rejsen ikke kan udføres – eller hvis aktiviteten afviger væsentlig fra godkendt ansøgning. I sådanne tilfælde kontakter legatmodtager EVA-udvalget så snart det bliver legatmodtager bekendt, at aktiviteten vil afvige i fht. det ansøgte.

