

FloodMan Light

Et værktøj til evaluering og sammenligning af bæredygtighed i klimatilpasningsprojekter.





Floodman Light

Abstract

Randers and Norddjurs municipality have both made climate change adaptations plans, as well as a risk management plan. These plans form the basis for the future work towards retaining the present level of high service when it comes to flood risk safety. The two involved municipalities are challenged due to their vulnerable location close to where Gudenåen meet the fjord and Kattegat, despite both of their current high service levels.

With the prospect of increasing water level in Randers fjord, more frequently storms and storm surge, and altered precipitation, it must be expected that the vulnerability will increase distinctively the next 30-80 years.

Sweco won the tendering in 2018, and in cooperation with Randers and Norddjurs municipality, they have come up with a solution based upon Sweco software. Swecos solution is to use the program FloodMan Light, which will participate in completing the cost-benefit analysis for a Tilt sluice. At the same time, this report will partly function as a manual to FloodMan Light and as a documentation for used data and assumptions.

FloodMan Light is a tool which helps you asses the sustainability of the given flood measures.

Two cost-benefit analysis were made, one for each of the involved municipalities. The calculations were made based upon two storm surge scenarios, were there are no measures against damages from a 100 years storm surges now in 2018 and a 100 years storm surge in 2118.

The risk decreasing action are the establishment of a tilt sluice. The sluice is assessed to cost around 2 billion DKR.

It is estimated that the cost for not establishing the Tilt sluice will be around 2,9-6,3 billion DKR for Randers municipality and 1,5-3,0 billion DKR for Norddjurs municipality. The cost for Randers municipality will be less than a third of the estimated cost, if the sluice is established, and a bit more than a third for Norddjurs municipality. In order for the investment in of new sluice to be negative, the calculations from Floodman Light estimates that the cost of the new sluice has to be more than 4-6 billion DKR.

INTRODUKTION / OPSUMERING / FORORD

Randers og Norddjurs Kommuner har begge udarbejdet gode klimatilpasningsplaner og en Risikostyringsplan, som danner grundlag for, at der kan arbejdes målrettet mod at fremtidssikre det nuværende høje serviceniveau i kommunerne, med generel lav oversvømmelsesrisiko. Når det er sagt, så ligger Randers, som flere andre østjyske byer, sårbart med Gudenåens møde med fjorden og senere Kattegat. Byen er på store strækninger vokset tættere på fjorden, og der er i dag ejendomme der endog ligger meget tæt på, hvilket ligeledes er tilfældet i Norddjurs Kommune.

Randers Fjord er kendetegnet ved den smukke dybe fjord, den smukke natur og det kuperede terræn. Som de fleste østjyske byer, har byerne ved fjorden også lavtliggende bydele nær Gudenåen og nær havnearealerne. De bynære områder omkring åen er sårbare for oversvømmelser ved langvarig regn, skybrud og stormfloder. Udsigten til stigende vandstand i Randers Fjord, hyppigere storme og stormfloder samt ændrede nedbørsmønstre mod mere vand om vinteren og hyppigere skybrud om sommeren, må forventes at øge denne sårbarhed markant de næste 30-80 år.

Oversvømmelsessikring af byerne ift. Gudenåen og Randers Fjord med en vippe-sluse udgør således rygraden og forudsætningen for hele klimatilpasningsindsatsen og målet om en mere resilient Randers by.

Sweco vand udbuddet i 2018, og har i tæt samarbejde med Randers og Norddjurs kommuner bygget en løsning, der tager udgangspunkt i Sweco software fra lignende projekter (nedskalaret, så det passer til den nærværende problemstilling). Processen frem mod valget af løsning har i høj grad været styret af de afholdte workshops, hvor kommunerne og Sweco har drøftet mulighederne/udfordringerne. Det resulterede i en iterativ proces, hvor det ikke har været muligt at indarbejde alle forslag, og hvor målet er blevet ændret hen ad vejen, men hvor der til gengæld er kommet et godt og overskueligt produkt ud af processen, grundet involveringen af projektpartnerne.

Arbejdet er forløbet fra januar 2018 til ultimo februar 2019.

I nærværende rapport beskrives Sweco's løsning, FloodMan Light, der vil være et vigtigt bidrag til jeres proces med at gennemføre cost-benefit beregninger for en vippe-sluse i Randers Fjord. Rapporten er ligeledes en dokumentation af de anvendte tal og antagelser, og til dels en manual til FloodMan Light.

Projekt: CBA LIFE Randers Fjord
Projektnummer: 30.6514.80
Projektleder: Peter Alfred

Dato: 07. marts, 2019
Udfærdiget af: Ole Heick
Kontrolleret af: Flemming Finsen og Benjamin Holm
Godkendt af: Peter Alfred

Indholdsfortegnelse

Side

1. Om værktøjet FloodMan Light	3
2. Resultater	4
3. Forudsætninger og data	6
3.1. Vandstandsstigning	6
3.2. Randers Fjord - Højvandsstatistik 2017	6
3.3. Dimensionsgivende vandstande	7
3.4. GIS-data og analyse	8
3.4.1. Bygninger	8
3.4.2. Natur	8
3.4.3. Veje	8
3.4.4. Jernbane/spor	8
3.4.5. Vindmøller	9
3.4.6. Hotspot	9
4. Beskrivelse af benyttede input parametre i Floodman Light	10
4.1. Projektinformationer	10
4.2. Reference data	11
4.3. Øvrige skadesomkostninger (hotspots)	11
4.4. Trafik	12
4.5. Tilpasningsomkostninger	12
4.6. Tilpasningsforanstaltninger	13
4.7. Øvrige økonomiske konsekvenser (benefits)	14
4.8. Økonomiske effekter - resultat	14
4.9. Miljø og sociale effekter	17
4.10. Bæredygtighed	19

BILAG 1 - Enhedspriser

- Enhedspriser

TEGNINGER

- TF1G_011 – Oversvømmede Bygninger
- TF1G_012 – Oversvømmede Veje
- TF1G_013 – Oversvømmede Jernbane
- TF1G_014 – Oversvømmede Vindmøller

1. OM VÆRKTØJET FLOODMAN LIGHT

FloodMan Light er et redskab til vurdering af oversvømmelsesforanstaltningers bæredygtighed.

Værktøjet blev udviklet af byen Göteborg og er integreret i byens hydrauliske model for analyse af risikoen for oversvømmelser, effekter og potentialet for tilpasning.

FloodMan er baseret på en multikriterieanalyse (MCA), hvor forskellige klimatilpasningers bæredygtighed kan evalueres og sammenlignes med hensyn til deres forventede økonomiske, sociale og miljømæssige konsekvenser. Den økonomiske analyse udføres i form af en snæver samfundsmæssig cost-benefit-analyse (CBA), hvor cost-benefit kvantificeres så langt det er muligt.

Programmet er forberedt til, at det er muligt at supplere den økonomiske analyse med en social og miljømæssig analyse, til at give et samlet billede af de potentielle foranstaltningers langsigtede bæredygtighed. Analysen udføres i overensstemmelse med de grundlæggende begreber for bæredygtighedsanalyse.

I denne version af FloodMan (FloodMan Light) er funktionaliteten begrænset, og værktøjet er kun beregnet til at give et overblik fra en forenklet analyse, da en mere tilbunds gående social- og miljømæssig analyse kræver et grundigt forarbejde i kommunerne, der ikke er en del af den udførte opgave.

Selve værktøjet er opbygget i et Excel-ark der er centreret omkring fanbladet *"FloodMan Start"*. Fra dette faneblad er der links til de forskellige skridt der skal tages og til sidst resultaterne.

Input parametre og data er i værktøjet markeret som felter med gul baggrund. Det er i disse felter der kan indtastes værdier som bruges i udregningerne og tal i hvide felter er ofte konstanter eller værdier udregnet fra tal i gule felter, se afsnit 4.

Som undtagelse fra dette er fanebladene *"Miljøeffekter"* og *"Sociale effekter"*, her er det muligt at ændre værdierne i kolonnerne *"effekter"* og *"virkninger"*.

Nærværende skrift er ikke en egentlig manual, da programmet er rimeligt selvføklarende, men mere end dokumentation af det gennemførte arbejde og de valg der er truffet.



2. RESULTATER

Der er i forbindelse med nærværende projekt udført to cost-benefit beregninger med Floodman Light værktøjet: En for Norddjurs Kommune og en for Randers Kommune.

Beregningerne er foretaget på stormflodsscenerier, hvor der ingen handling er mod at etablere en risikomindskende tiltag, som forhindre skader ved henholdsvis en 100 års stormflod i 2118 svarende til oversvømmelser i kote 3,00 m.

På baggrund af de to Floodman Light analyser og beregninger for de to kommuner Kan man vurdere resultaterne.

Planen er at det risikomindskende tiltag er etablering af en vippesluse der vurderes at koste ca. 2 mia. kr., jf. *"Kortlægning af oversvømmelsestruede arealer." tekniskrapport udarbejdet af Cowi for Randers Forsyning og Randers Kommune, november 2013*, som i nærværende beregning er fordelt ligeligt imellem de to kommuner.

Risikoomkostningerne for Randers Kommune ved ikke at udføre risikomindskende tiltag er i værktøjet estimeret til ca. 2,9-6,3 mia. kr., alt afhængigt af renten, og mindre end en trediedel ved at etablere en vippesluse i udløbet af Randers Fjord, over en 100-årig periode.

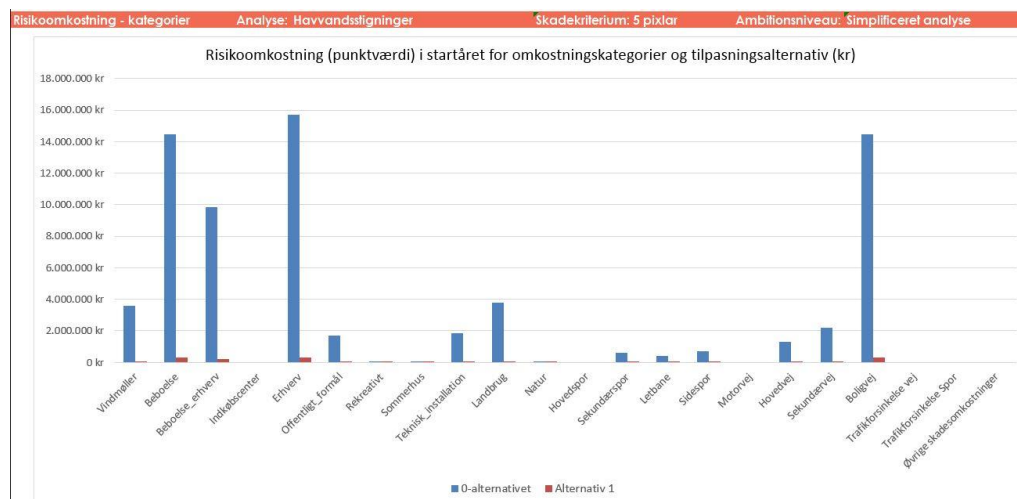
Det samme gør sig gældende for Norddjurs Kommune dog er risikoomkostningerne ved ikke at udføre risikomindskende tiltag kun henholdsvis 1,5-3,0 mia. kr. og cirka lidt over en trediedel ved at etablere en vippesluse i udløbet af Randers Fjord, over en 100-årig periode.

Table 2-1 – risikoomkostninger ved de to rentesatser i dag og ved etablering af risikomindskende tiltag (vippesluse).

Omkostning - over en 100-årig periode	0-alternativ [mia. kr.]	Omkostning ved etablering af vippesluse[mia. kr.]	Omkostningsreduktion [mia. kr.]
Norddjurs Kommune	1,5 – 3,0	0,7 – 0,8	0,8 – 2,2
Randers Kommune	2,9 – 6,3	1,1 – 1,4	1,8 – 4,7

Generelt viser data og omkostninger at de samlede risikoomkostninger er dobbelt så store for Randers Kommune end for Norddjurs Kommune.

Kigges der på fordelingen af risikoomkostninger, ses det både af Figur 2-1 og Figur 2-2, at for Randers Kommune og Norddjurs Kommune, at omkostningerne er størst i byområderne.



Figur 2-1 – Risikoomkostninger kategoriseret - Randers Kommune.

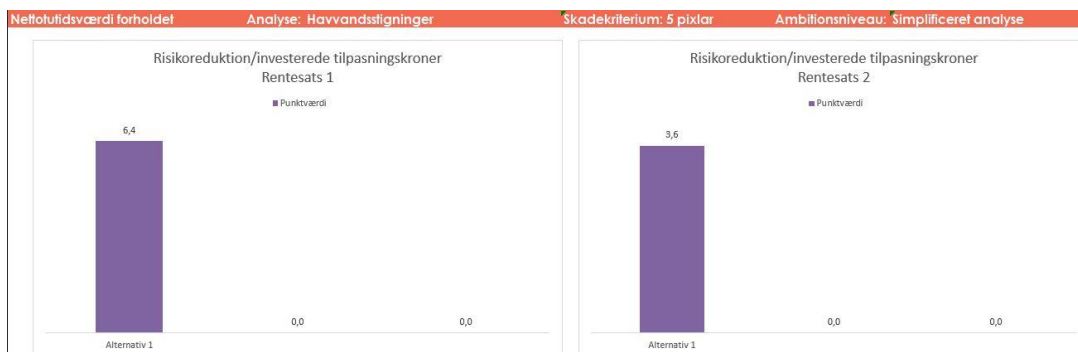


Figur 2-2 – Risikoomkostninger kategoriseret - Norddjurs Kommune.

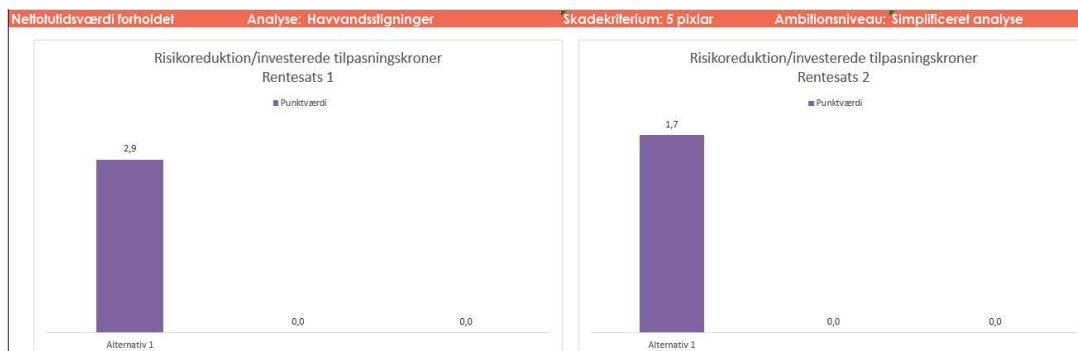
Der er taget den forudsætning i cost-benefit-analysen, at priserne for veje og spor er prisen for genopførelse. Dette er en vigtig pointe for f.eks. Boligveje som både for Randers Kommune og Norddjurs kommune viser sig som en stor omkostningsparameter.

Ved en samlet investering på ca. 2 mia. kr. for en ny vippe sluse i udløbet af Randers Fjord viser Floodman Light beregningen at forholdet mellem risikoomkostningsreduktionen og de faktiske investerede tilpasningskroner vil have et forhold 2-3 gange.

Beregningen estimerer således at prisen for en ny vippe sluse skal være oppe i nærheden 4-6 mia. kr. over en 100-årig periode før at investeringen vil være negativ.



Figur 2-3 – nettolutidsværdi forhold mellem risikoreduktionsomkostninger og de investerede tilpasningskroner (Randers Kommune).



Figur 2-4 – nettolutidsværdi forhold mellem risikoreduktionsomkostninger og de investerede tilpasningskroner (Norddjurs Kommune).

3. FORUDSÆTNINGER OG DATA

Floodman Light tager udgangspunkt i konsekvenserne ved stormflod med efterfølgende oversvømmelser af terræn på baggrund af en 100-årshændelse i dag (2018) og en 100-årshændelse om 100 år (2118). Dermed benyttes en tidshorison i beregningerne på 100 år.

Nærværende cost-benefit-analyse omhandler en Stormflodsanalyse i Randers Fjord og er udarbejdet på baggrund af data om havvandsstigninger udtrukket fra værktøjet Scalgo Live (2018).

I Stormflodsanalysen er der benyttet statistiske middelvandstande og forventede fremtidige havvandstandsstigninger, som er taget fra, DMI, Højvandsstatistikker (2017) udarbejdet af Kystdirektoratet.

Stormflodsanalysen er beregnet på baggrund af en hydrologisk tilpasset terrænmodel. Beregningen tager ikke højde for den tid, det tager vandet at bevæge sig ind over land, men viser kun den maksimale udbredelse. Det antages at der ikke sker digebrud og at sluser er lukkede m.v.

Den højeste vandstand er sammensat dels af den eksisterende vandstandsstatistik, lokale landhævninger og vandstandsstigninger som følge af klimæændringer.

3.1. Vandstandsstigning

DMI vurderer, på baggrund af den hidtidige forskning, at klimæændringerne kan få havniveauet omkring Danmark til at stige til mellem 0,1 og 1,2 meter i dette århundrede (DMI's øvre bud).

På nuværende videnskabelige grundlag kan DMI ikke angive en øvre grænse for vandstandsstigninger langs de danske kyster. DMI anbefaler derfor, at muligheden for endnu højere stigninger inddrages i risikovurderingerne.

DMI's bedste bud på vandstandsstigninger de næste 100 år i meter i de indre danske farvande, hvilket indbefatter Randers Fjord, er på ca. 1,20 m, jf. *Danmarks Klimacenter (DKC) rapport nr. 6 2014, "Fremtidige klimaforandringer i Danmark – DMI."*¹.

3.2. Randers Fjord - Højvandsstatistik 2017

Vandstanden måles løbende på ca. 67 lokaliteter i Danmark og den seneste Højvandsstatistik er fra 2017.

Kystdirektoratet udarbejder på dette grundlag statistikker over hvor tit en statistik højvandstand optræder.

Når middelvandstanden i havet stiger, kan den maksimale vandstand ved stormflod forventes at vokse nogenlunde tilsvarende eller hurtigere.

Det bedste bud på vandstanden ved en 50 års hændelse i fremtiden er vandstanden i dag plus den forventede havstigning korrigeret for landhævning og vind.

Andre lokale forhold som tidevand kan dog også påvirke fremtidige stormflods-vandstande.

I de indre danske farvande forventes den maksimale vandstand ved ekstreme stormflodssituationer at blive øget med 0,3 -1,5 m i dette århundrede.

Den generelle vandstandsstigning korrigeres for landhævning kombineret med et bidrag fra øget vind på 0,3 m.

Vinden betyder mindre og forventes maksimalt et øget bidrag på 0,05-0,10 m.

Randers Fjord har udløb til Kattegat. For Randers Fjord er benyttet målestationen Randers Havn (St. nr. 32).

¹ https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/DKC/2014/Klimaforandringer_dmi.pdf

Statistikken fra Randers Havn estimerer ekstremvandstande for 1, 20, 50 og 100 års gentagelsehyppighed, jf. Tabel 3-1.

Tabel 3-1 – Hovedparametre i Floodman Light tidshorisont og rentesats

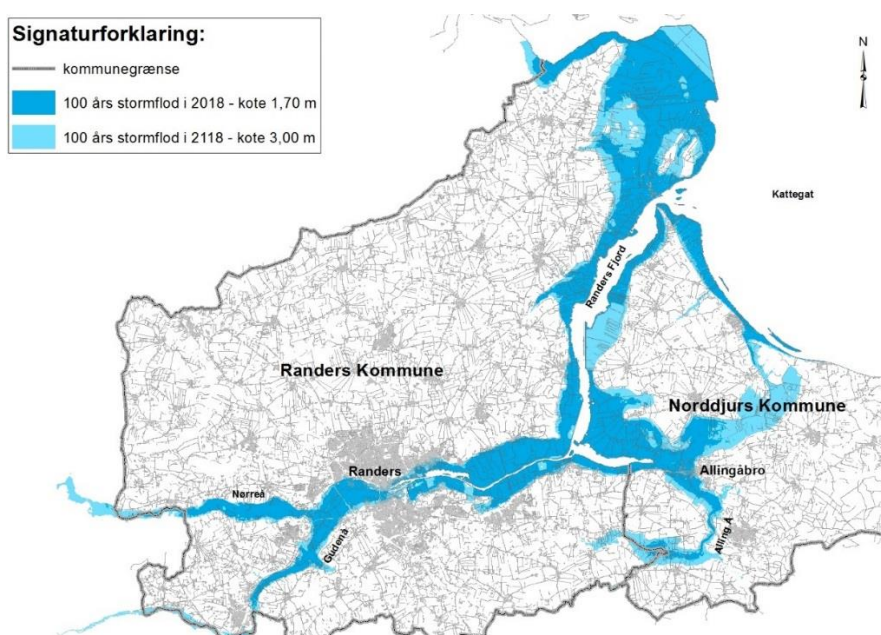
Gentagelsesperiode	Statistiske middelvandstande [m]
1 år	1,21
20 år	1,59
50 år	1,66
100 år	1,71

3.3. Dimensionsgivende vandstande

På baggrund af de konsekvenser som eventuelle klimaændringer og stormflodshændelser vil have af effekt på Randers Fjord og kyststrækningerne ud mod Kattegat, er højvandstande ved en 100 års stormflods i år 2018 og år 2118, jf. Tabel 3-2.

Tabel 3-2 – Estimerede vandstande ved en 100 års stormflodshændelse i 2018 og i 2118

100 års gentagelsesperiode	År 2018	År 2118
Stormflod	+ 1,7 m	+ 1,7 m
Klimabidrag, DMI	-	+ 1,2 m
Landhævning	-	-(0,0) m
Vindbidrag ved stormflod	-	+ 0,1 m
Stormflod vandstand	+ 1,7 m	+ 3,0 m



Figur 3-1 – Stormflod af Randers Fjord ved en 100-årshændelse i 2018 (1,70 m) og i 2118 (3,00 m).

3.4. GIS-data og analyse

På baggrund af stormflodshændelserne er der udført en GIS analyse som beskriver oversvømmelser af henholdsvis bygninger, diverse arealanvendelser og infrastrukturen i Norddjurs Kommune og Randers Kommune.

Formålet med denne analyse er at vurdere omfanget af skader ved de to stormflodshændelser. Efterfølgende kan disse skader så prissættes og de økonomiske fordele ved etablering af et risikomindskende tiltag, som en vippe-luse, vurderes.

Data er baseret på Kortforsyningens FOT-data samt oplysninger fra Norddjurs Kommunes og Randers Kommunes Kommunerammeplaner.

3.4.1. Bygninger

Bygninger er differentieret på baggrund af kommunerammeplanerne med følgende typer:

- Beboelse
- Beboelse og let erhverv
- Indkøbscenter
- Erhverv
- Offentlige formål
- Rekreative område
- Sommerhuse
- Tekniske anlæg

Bygninger opgjort arealmæssigt [m²], hvor stort et areal der bliver oversvømmet ved henholdsvis en 100 år stormflodshændelse i 2018 og i 2118.

3.4.2. Natur

Arealer uden for byområderne er differentieret på baggrund af kommunerammeplanerne med følgende typer:

- Landbrug
- Skov

Arealerne er opgjort arealmæssigt [m²], hvor stort et areal der bliver oversvømmet ved henholdsvis en 100 år stormflodshændelse i 2018 og i 2118.

3.4.3. Veje

Veje er differentieret med følgende typer:

- Motorvej
- Hovedvej
- Sekundærvej
- Boligvej

vejene er opgjort længdemæssigt [m], hvor meget der bliver oversvømmet ved henholdsvis en 100 år stormflodshændelse i 2018 og i 2118.

3.4.4. Jernbane/spor

Jernbane og fremtidig letbane er differentieret med følgende typer:

- Hovedspor
- Sekundærspor
- Sidespor

- Letbane

Sporene er opgjort længdemæssigt [m], hvor meget der bliver oversvømmet ved henholdsvis en 100 år stormflodshændelse i 2018 og i 2118.

3.4.5. Vindmøller

Vindmøller er defineret ud fra et punkt, som er værdisat og er derfor opgjort på baggrund af, hvor mange der bliver oversvømmet ved henholdsvis en 100 år stormflodshændelse i 2018 og i 2118.

3.4.6. Hotspot

Hotspot er bygninger og tekniske installationer, som er særligt problematiske at få oversvømmet. Det kunne f.eks. være Randers sygehus, der dog ligger højt så det nok ikke vil blive oversvømmet fra fjordens side.

Der er i nærværende projekt ikke på nuværende tidspunkt udpeget nogle hotspots af hverken Randers Kommune eller Norddjurs Kommune. Floodman Light er dog forberedt på at dette kan tilføjes efterfølgende.

4. BESKRIVELSE AF BENYTTED E INPUT PARAMETRE I FLOODMAN LIGHT

Input parametre og data er i værktøjet markeret som felter med gul baggrund. Det er i disse felter der kan indtastes værdier som bruges i udregningerne.

Tal i hvide felter er ofte konstanter eller værdier udregnet fra tal i gule felter. Som undtagelse fra dette er fanebladene "Miljøeffekter" og "Sociale effekter", her er det muligt at ændre værdierne i kolonnerne "effekter" og "virkninger".

Der er herunder lavet en gennemgang af de forskellige input parametre, som benyttet i ovenstående udregninger. Overskrifterne følger navnet på de forskellige faneblade.

4.1. Projektinformationer

I fanebladet "Projektinformationer" angives generelle oplysninger om selve projektet, og vil danne baggrund for Cost-benefit-analyse.

Projekt navn		
C2CC		
Handlingsalternativ		Analysere handling?
0-alternativet	Ingen handling	Ja
Alternativ 1	Sluse	Ja
Alternativ 2	Alternativ 2 - regnes ikke	Nej
Alternativ 3	Alternativ 3 - regnes ikke	Nej
Tidshorizont og diskontering		
Startår	2018	
Slutår	2118	
Tidshorizont (år)	100	
Rentesats 1	2	
Rentesats 2	4	

Figur 4-1 – Fanebladet for Projektinfo

Først konkretiseres hvilke handlingsalternativer analysen skal omhandle med udgangspunkt i dag – ingen handling (0-alternativet).

Derefter bestemmes tidshorizonten for projekttiltag og hvilken rente der skal benyttes analysen.

I denne version af Floodman Light benyttes en tidshorizont på 100 år for oversvømmelseskonsekvenser startende i dag (2018) og konsekvensen om 100 år (2118).

Tabel 4-1 – Hovedparametre i Floodman Light tidshorizont og rentesats

Parameter	Beskrivelse	Indsat værdi		Oprindelse
Årstal	Angivelse af analysens start år og slut år som benyttes bestemmelse af analysens tidshorizont.	2018 / 2118		-
Rentesatser	Der benyttes to forskellige rentesatser i Floodman Light	År	Rente	<i>Diskonteringsrente taget fra finansministeriet, dokumentationsnotat, 12.11.2018</i>
		0-35	2	
		36-70	3	
		>70	4	

Det er valgt i nærværende cost-benefit-analyse, at analysen kun omhandler et alternativ, etableringen af en vippepluse i Randers Fjord.

4.2. Reference data

Fanebladet "Reference data" indeholder oplysninger om skader forårsaget ved en 100-årshændelse, både i dag (2018) og i fremtiden (2118). Dataene i dette faneblad er resultatet af GIS-analysen beskrevet i afsnit 3.4.

Skaderne er opdelt i hovedkategorierne: bygninger, arealanvendelse uden for byområder, veje og jernbane.

Gentagelsesperiode (år)	Analyse niveau?	Startår: 2018						Slutår: 2118					
		Spor		Bygninger		Vej		Spor		Bygninger		Vej	
		Type	Længde (m)	Type	Areal (m ²)	Type	Længde (m)	Type	Længde (m)	Type	Areal (m ²)	Type	Længde (m)
100	Ja	Hovedspor	0	Vindmøller	27	Motorvej	0	Hovedspor	0	Vindmøller	30	Motorvej	9828
100		Sekundærspor	2189	Beboelse	92.574	Hovedvej	2434	Sekundærspor	17448	Beboelse	233.516	Hovedvej	12129
100		Letbane	1393	Beboelse_erhverv	43.525	Sekundærvej	8690	Letbane	8423	Beboelse_erhverv	134.408	Sekundærvej	29895
100		Sidespor	2547	Indkabscenter	0	Boligvej	56890	Sidespor	8684	Indkabscenter	28.947	Boligvej	295604
100				Erhverv	52.965					Erhverv	306.251		
100				Offentligt_formål	7.300					Offentligt_formål	49.474		
100				Rekreativt	37.414					Rekreativt	56.767		
100				Sommerhus	432					Sommerhus	4.486		
100				Teknisk_installation	2.788					Teknisk_installation	8.778		
100				Landbrug	89.449.874					Landbrug	118.092.393		
100				Natur	4.045.895					Natur	9.486.435		

Figur 4-2 – Fanebladet for Reference data

Selve prissætningen af skaderne indsættes i fanebladet "Enhedspriser", jf. bilag 1.

I nærværende cost-benefit-analyse er den gennemsnitlige omkostning for afbrydelse af fremstillings- og produktionsindustri, tab af indtjening ved afbrydelse i salg af varer og tjenesteydelser samt tab af løssøre som følge af oversvømmelse er ikke medtaget i beregningerne.

Ligeledes forudsættes det at priserne for veje og spor er prisen for genopførelse. Dette er en vigtig pointe for det der hedder skadesfunktionen, altså oversvømmes én meter vej så skal denne genopføres.

4.3. Øvrige skadesomkostninger (hotspots)

Fanebladet "Øvrige skadesomkostninger" kan de skadesomkostninger lægges ind, som kan opstå udover de virkninger som er dækket af standardværdierne (enhedspriser), som anvendes til de skadesposter, for hvilke de findes. Disse omkostninger er dem der også kan kategoriseret som "Hotspot".

Eksempler på omkostninger som kan tilføjes her, er omkostninger forårsaget af skade på store bygninger eller aktiviteter, som ikke kan estimeres med en standardværdi.

Andre eksempler er skadeomkostninger for socialt vigtige funktioner, såsom hospitaler eller strømforsyning. Der indtastes omkostninger for 100 års-hændelsen.

Øvrige skadesomkostninger	
0-alternativet	Ingen handling
Omkostningspost	Forventede værdi (kr)
Skader på bygninger	
Skader på anlæg/faciliteter	
Skader på samfundsvigtige aktiviteter	
Hospital/sygehus	
Plejehjem	
Elforsyning	
Andre vitale aktiviteter	
Skader på anden aktivitet 1	
Skader på anden aktivitet 2	
Skader på anden aktivitet 3	
Sum	0 kr

Figur 4-3 – Fanebladet for Øvrige skadesomkostninger

I nærværende cost-benefit-analyse er der ikke indsat værdier i fanebladet "Øvrige skadesomkostninger".

Metodekatalog					
	Investeringsomkostning		Driftsomkostning	Levetid	Geninvestering
	kr/enhet	enhed	kr/enhet/år	år	%
Skybrudsveje					
Skybrudsvej, 100 års regn med 10 cm dybde	0	m	0	40	100%
Grøn vej med regnbed, overløb til skybrudsvej	0	m	0	20	100%
Stor skybrudsvej > 5000 ÅDT	0	m	0	50	100%
Lille skybrudsvej < 5000 ÅDT	0	m	0	50	100%
Terrænløsninger					
Overflade løsning (Åbent bassin i beton)	0	m3	0	75	100%
Grøn løsning (Åbent bassin i jord, grønt)	0	m3	0	50	50%
Forsinkelse på eksisterende plads	0	m3	0	50	100%
Skybrudstunnel					
Skybrudstunnel 2 m diameter	0	m	0	50	100%
Skybrudstunnel 3 m diameter	0	m	0	50	100%
Lukket bassin					
Lukket bassin uden rensning, < 1000 m³	0	m3	0	50	100%
Lukket bassin med rensning, 500-1000 m³	0	m3	0	75	100%
Lukket bassin med rensning, 1000-3000 m³	0	m3	0	75	100%
Lukket bassin med rensning, 5000-10000 m³	0	m3	0	75	100%
Lukket bassin med rensning, > 10.000 m³	0	m3	0	75	100%
Regulering					
Dæmning i beton, 1 m højde	0	m	0	50	100%
Afledningsrender					
Rende, bundbredde 1 m, dybde 0,2 m, bredde på top 3m	0	m	0	100	100%
Rende, bundbredde 1 m, dybde 0,4 m, bredde på top 5m	0	m	0	100	100%
Rende, bundbredde 2 m, dybde 0,4 m, bredde på top 6m	0	m	0	100	100%
Vandvej på naturligtgrund					
Vandvej, bundbredde 0,5 m, dybde 1 m	0	km	0	100	100%
Vandvej, bundbredde 0,5 m, dybde 2 m	0	km	0	100	100%
Vandvej, bundbredde 1 m, dybde 1 m	0	km	0	100	100%
Vandvej, bundbredde 1 m, dybde 2 m	0	km	0	100	100%
Øvrige foranstaltninger					
Kontrolleret oversvømmelse af mark eller andet.					
Kombination med traditionelle løsninger såsom pumpestationer og ledninger.					
Trafikforstyrrelser under anlægsperiode					
Yderligere omkostninger til geotekiske foranstaltninger					
Ekstra omkostninger til konstruktion					
Andre handlinger (Sluse)	1.000.000.000	Stk.	0	100	50%

Figur 4-5 – Fanebladet for tilpasningsomkostninger

4.6. Tilpasningsforanstaltninger

Fanebladet "Tilpasningsforanstaltninger" indtastes hvornår tilpasningen, her en vippesluse, forventes etableret (gennemført) samt hvilken effekt tilpasningen/løsningen har.

Desuden kan der angives en forventet reduktion af de trafikforstyrrelser for hver type infrastruktur der forventes med den eventuelle tilpasning.

I nærværende cost-benefit-analyse er der ikke vurderet på reduktionen af trafikale forstyrrelser og omkostninger der vil være ved en oversvømmelse, da der ikke er indsat værdier i fanebladet "Trafik".

Der er dog som standardværdi angivet 100 %, da det forventes at en vippesluse potentielt vil forhindre alle trafik forstyrrelser.

Alternativ 1 - Sluse		
Tilpasningen/foranstaltningen gennemføres i år (Du indtaster dette i fanen "Tilpasningsomkostninger")	20	
Tilpasningens effekt baseret på gentagelsesperiode Angiv til og med hvilken gentagelsesperiode, som tilpasningen forventes at beskytte mod oversvømmelser. Angiv dette for både startår og slutår.	Startår	Slutår
	000	000
Reduktion af trafikforstyrrelser (%) Angiv en forventet reduktion af trafikforstyrrelser for hver type infrastruktur. Angives som i hvilken grad tilpasningen kan forventes at reducere trafikforstyrrelser i forhold til den dimensiongivende hændelse.		Forventet værdi
	Vej	100%
	Letbane	100%
	Tog	100%
Dimensionsgivende hændelse (gentagelsesperiode, år)	100	

Figur 4-6 – Fanebladet for tilpasningsforanstaltninger

4.7. Øvrige økonomiske konsekvenser (benefits)

Fanebladet "Øvrige økonomiske konsekvenser" indtastes økonomiske konsekvenser af tilpasningen, som ikke er dækket af reducerede risikoomkostninger (benefit). Der indtastes positive konsekvenser (benefits) med positive værdier og negative konsekvenser (Cost) med negative værdier i kolonnen "Forventes værdi".

Der er i tabellen angivet eksempler på øvrige økonomiske fordele med tilhørende kommentarer, men det er også muligt selv at indtaste økonomiske fordele.

Øvrige økonomiske konsekvenser	Alternativ 1 - Sluse					
	År		Antal	Forventet værdi (kr) pr. enhed	Nutidsværdi R1 (kr)	Nutidsværdi R2 (kr)
	Fra	Til og med				
Ændring af jordværdi	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Adgang til økosystemtjenester						
Rekreativt	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Vandbehandling	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Andre tjenester						
Støj	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Luftkvalitet	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Kulturelle værdier	0	0	0	0 kr		
Sundhedsmæssige fordele	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Øvrige konsekvenser						
Konsekvens 1	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Konsekvens 2	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Konsekvens 3	0	0	0	0 kr	0 kr	0 kr
Sum					0 kr	0 kr

Figur 4-7 – Fanebladet for øvrige økonomiske konsekvenser

I nærværende cost-benefit-analyse er der ikke indsat værdier i fanebladet "Øvrige økon. kons."

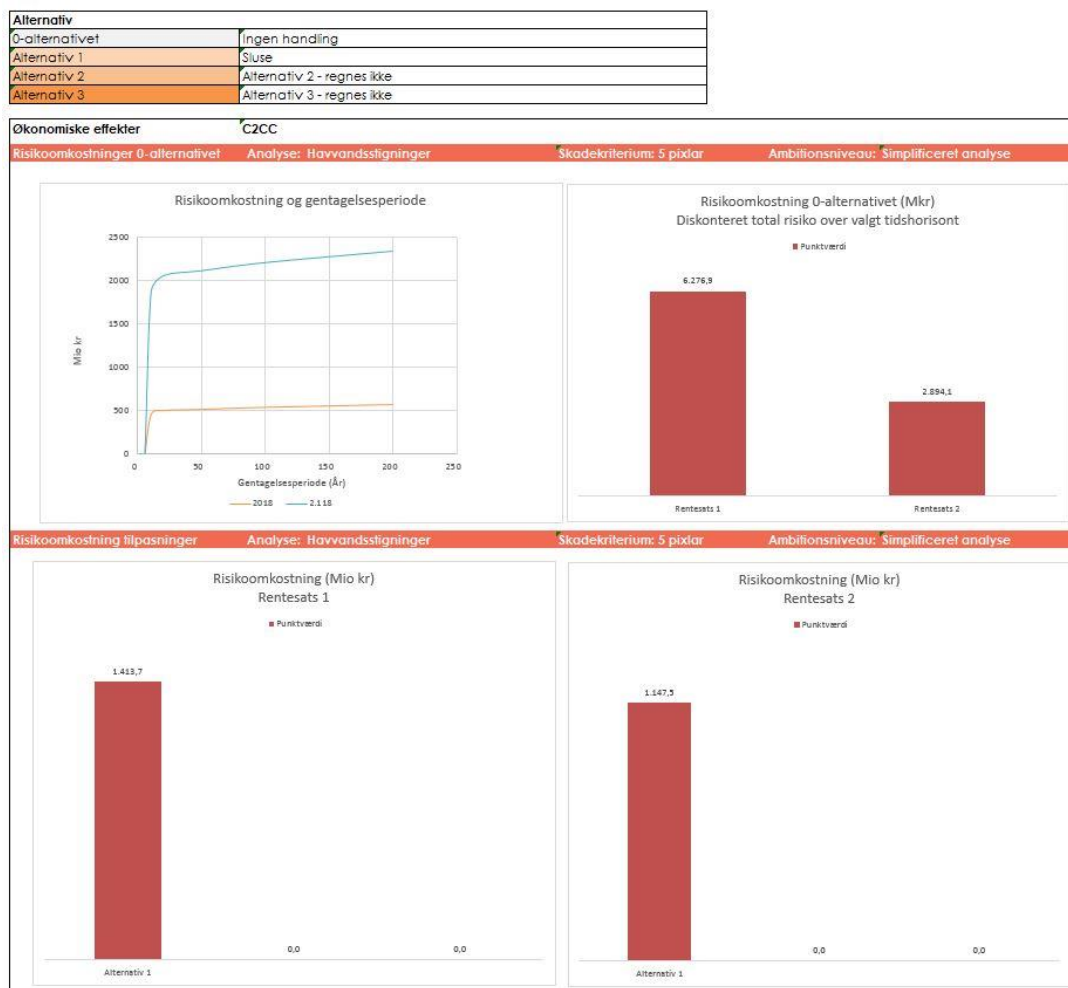
4.8. Økonomiske effekter - resultat

Fanebladene "Økonomisk effekter - resultat" vises resultater og mellemregninger fra cost-benefit-analyse.

Grafen øverst til venstre viser risikoomkostningen som funktion af gentagelsesperiode for 0-alternativet uden tiltag – både i dag og i fremtiden.

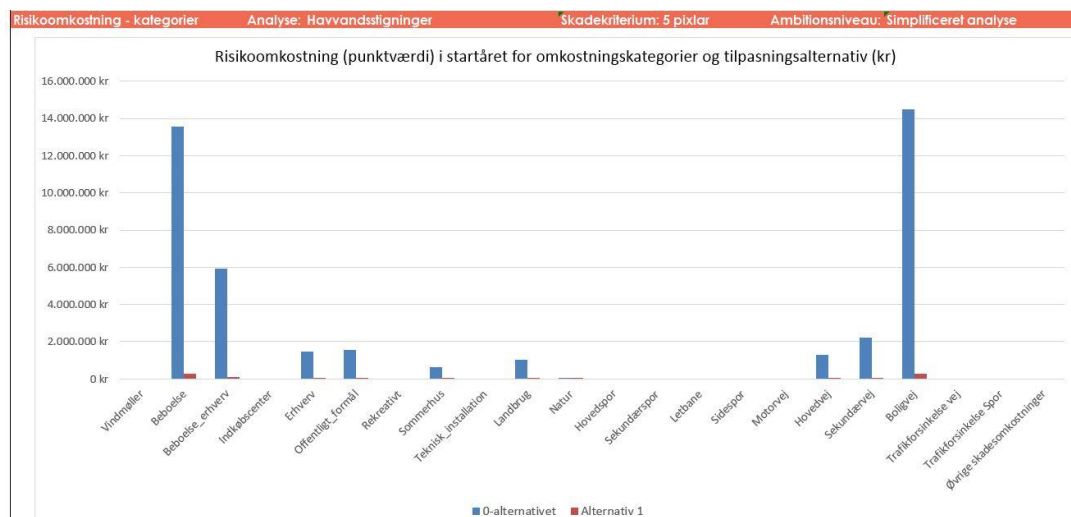
Til højre for denne graf vises risikoomkostningen for 0-alternativet uden tiltag ved de to forskellige rentesatser.

Under de to øverste grafer vises risikoomkostningerne for de forskellige alternative tilpasninger, ved henholdsvis rentesats 1 (til venstre) og rentesats 2 (til højre).



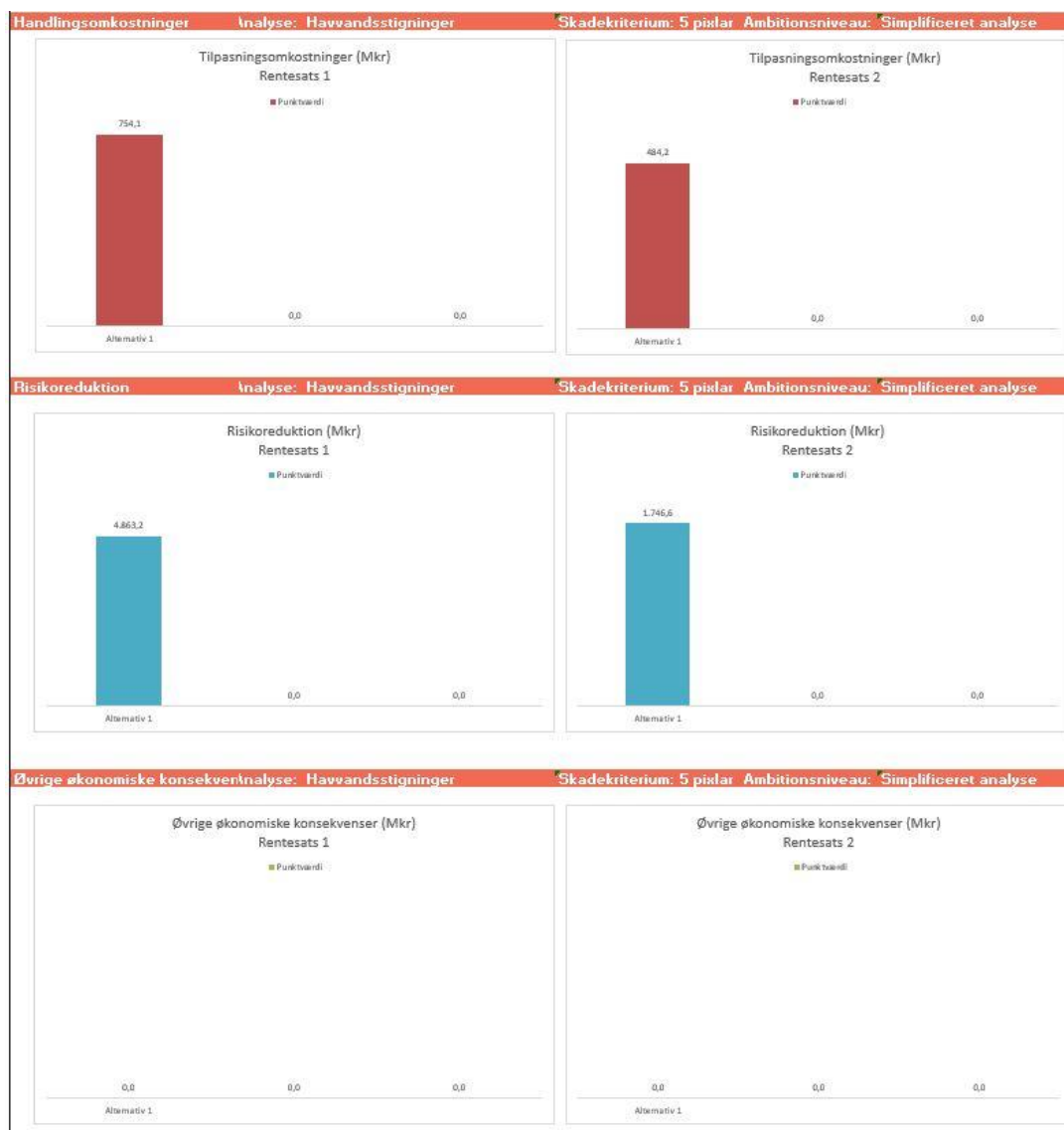
Figur 4-8 – Fanebladet for økonomiske effekt og resultat – risikoomkostning ved 0- alternativ og tilpasninger

Risikoomkostningerne er også differentieret på baggrund af den type opdeling der er forudsat og viser hvor risiko-omkostningen er størst.



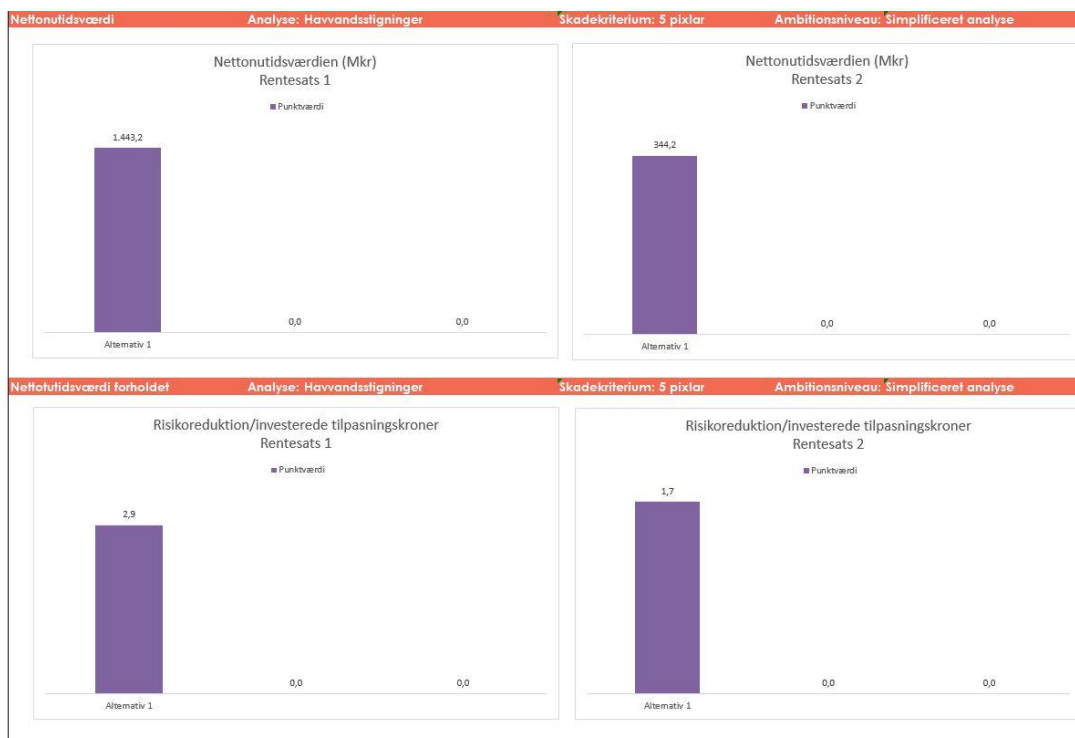
Figur 4-9 – Fanebladet for økonomiske effekt og resultat – risikoomkostning kategoribaseret

Derefter vises hvilke omkostninger der er ved en tilpasning og hvor meget risikoreduktionen (+/-) vil være ved den enkelte tilpasning.



Figur 4-10 – Fanebladet for økonomiske effekt og resultat – tilpasningsomkostninger og risikoreduktion

Til sidst vises hvad nutidsværdien af tilpasningen er i dag og forholdet mellem risiko og investeringen i her en vip-pekluse i udløbet af Randers Fjord.



Figur 4-11 – Fanebladet for økonomiske effekt og resultat – Forholdet mellem risiko og investeringen i tilpasningen

På den baggrund kan de økonomiske investeringer ved forskellige tilpasningsmuligheder vurderes og sammenlignes indbyrdes.

4.9. Miljø og sociale effekter

Fanebladene "Miljøeffekter" og "Sociale effekter" kan der vurderes på forskellige kriterier der vil have indvirkninger på vurderingen af den miljø og social mæssige bæredygtighed.

Miljøeffekter		C2CC		
Kriterie	Virkning 0 = Ikke relevant 10 = Meget vigtig	Effekter		
		Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Frisk Luft. Hvilken indvirkning på luftmiljøet af tilpasningen/foranstaltningen? fx emissioner af Sox, Nox og partikler. OBS! Drivhusgasser håndteres separat, se Ingen eutroficerings/Levende søer og vandløb/Balance i hav og levende kyst. Hvilke virkninger har tilpasningen/foranstaltningen på forudsætningerne for at fange partikler og næringsstoffer? Hvordan påvirkes levevilkårene for planter og dyr i vandløb, søer og hav?	10	Meget positiv	Ingen effekt	Ingen effekt
Naturressourcer. Hvilken indvirkning har tilpasningen/foranstaltningen på forbruget af begrænsede naturressourcer? For eksempel brugen af fossile brændstoffer eller brugen af nyproduceret sand og grus.	9	Positiv	Ingen effekt	Ingen effekt
Giftfri miljø. Hvilke effekter har tilpasningen/foranstaltningen på forurening af jord og vand? Hvilken produktion af ikke-genanvendeligt affald indebærer driften? For eksempel aflejring af forurenede masser.	8	Mindre positiv	Ingen effekt	Ingen effekt
Grundvand. Hvilke effekter har tilpasningen/foranstaltningen på grundvandskvaliteten eller dens betydning for økosystemer som bruger grundvand? Er potentialet for grundvandsdannelse positivt eller negativt påvirket?	7	Ingen effekt	Ingen effekt	Ingen effekt
Et rigt landbrugslandskab og levende vådområder. Hvilke effekter har tilpasningen/foranstaltningen på betingelserne for økosystemer i landbrugslandskabet og i vådområder?	6	Mindre negativ	Ingen effekt	Ingen effekt
Begrænsede klimapåvirkninger. Hvilke effekter har tilpasningen/foranstaltningen på udledningen af drivhusgasser som CO2, metan osv.	5	Negativ	Ingen effekt	Ingen effekt
	3	Meget negativ	Ingen effekt	Ingen effekt
Samlet vurdering		22	0	0

Figur 4-12 – Fanebladet for Miljøeffekter

Virkning		Effekter		
0 = Ikke relevant 10 = Meget vigtigt		Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Kriterie				
Identitet. Hvilke effekter har foranstaltningen på bymiljøet i området? Er bymiljøet godt taget hånd om, afspejler tilpasningen bymiljøets karakter og bidrager den øget eller reduceret tiltrækningskraft?	5	Meget positiv	Ingen effekt	Ingen effekt
Sammenhængene by. Hvad er effekten af tilpasningen/foranstaltningen på områdets sammenhæng? Er der nye lokaliteter/strukturen som binder byen sammen? Vil mulighederne for møder blive påvirket positivt eller negativt? Medfører tilpasningen en blanding af skala og variation?	4	Positiv	Ingen effekt	Ingen effekt
Rekreativ, interaktion, leg og læring. Hvilke rekreative effekter har tilpasningen/foranstaltningen? Kan tilpasningen medføre ændret rekreation i området eller dets omgivelser? Eller reduceres pladser til møder, spil, læring, kultur og sport? Hvordan påvirkes den oplattede tryghed af tilpasningen? Hvordan påvirkes orienterbarheden i området?	5	Mindre positiv	Ingen effekt	Ingen effekt
Sundhed og sikkerhed. Hvad er effekten på sundhed og sikkerhed? Er menneskers umiddelbare omgivelser påvirket af sundheds- eller ulykkesrisici på en positiv eller negativ måde? Er folk mere eller mindre udsat for ulykkesrisici som følge af tilpasningen? Kan tilpasningen medføre, at risikoen for kriminalitet øges eller formindskes? Kan tilpasningen få folk til at blive mere eller mindre udsat for farlige stoffer, såsom luftforurening?	4	Mindre negativ	Ingen effekt	Ingen effekt
Kulturmiljø. Hvilke effekter medfører tilpasningen på kulturmiljøet? Er steder eller genstande med høj kulturel værdi påvirket? Er arkeologiske genstande påvirket? Kan foranstaltningen betyde, at pladsens eller områdets kulturelle værdi øges eller falder?	5	Negativ	Ingen effekt	Ingen effekt
Hverdagsliv. Hvilke effekter medfører tilpasningen/foranstaltningen i menneskers hverdagsliv? Brydes eller forbedres kommunikationsveje? Vil det være lettere eller sværere for folk at udføre hverdagsopgaver så som at handle, udføre fritidsaktiviteter osv.?	4	Meget negativ	Ingen effekt	Ingen effekt
Samlet vurdering		27	0	0

Figur 4-13 – Fanebladet for Sociale effekter

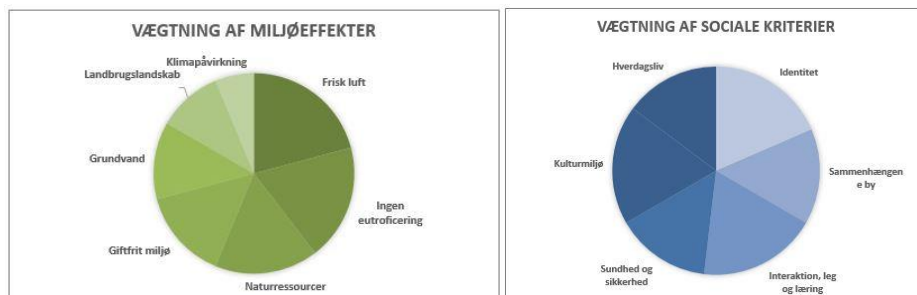
De forskellige effekter konkretiseres med en virkning fra ikke relevant til meget vigtig vurderet på baggrund af en værdi fra 1-10.

- 1 – ikke relevant
- 2-9 – vurdering derimellem, fra ikke relevant til meget vigtig
- 10 – meget vigtig

Derudover vurderes også selve effekten om den har en meget positiv effekt til meget negativ effekt.

- Meget positiv
- Positiv
- Lidt positiv
- Ingen effekt
- Lidt negativ
- Negativ
- Meget negativ

På den baggrund dannes et diagram der viser sammenhængen mellem de forskellige virkninger og effekter.



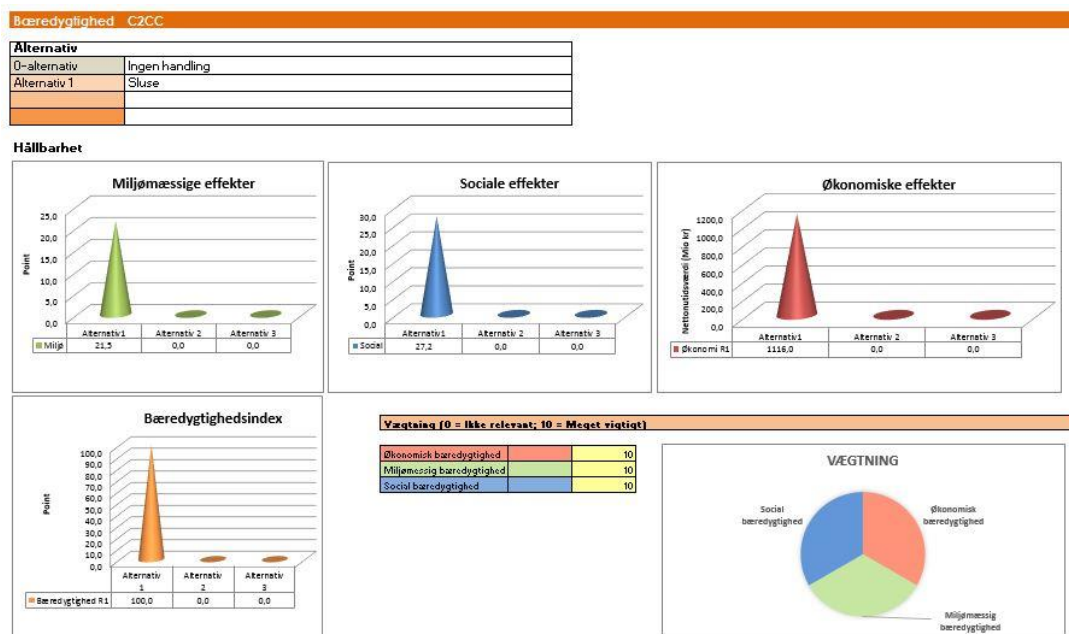
Figur 4-14 – Diagram for virkningen og effekten af de miljømæssige og sociale aspekter

I nærværende cost-benefit-analyse er der ikke vurderet på de miljø- og socialmæssige virkninger og effekter.

4.10. Bæredygtighed

Fanebladet "Bæredygtighed" samles de tre analyser: Miljømæssige effekter, Sociale effekter og Økonomiske effekter i en samlet bæredygtighedsanalyse.

Her er det muligt på baggrund af en vægtning imellem disse tre analyser at danne et bæredygtighedsindex, som så kunne bruges til sammenligning af de analyserede alternative tilpasninger/løsninger.



Figur 4-15 – Diagram for virkningen og effekten af de miljømæssige aspekter

I nærværende cost-benefit-analyser er der kun arbejdet med et alternativ (vippesluse) og det økonomiske aspekt, hvorfor der kun forekommer en værdi i bæredygtighedsindexet.

BILAG 1 - Enhedspriser

Der anvendes følgende enhedspriser til værdisætning af de værditemaer, der er vurderet i nærværende projekt og beskriver skadesomkostninger som følge af de konstaterede oversvømmelser.

Parameter	Beskrivelse	Indsat værdi	Oprindelse
Beboelse	Den gennemsnitlige skadesomkostning for almen beboelse	1.178 kr./m ²	PLASK*
Beboelse (erhverv)	Den gennemsnitlige skadesomkostning for blandet erhverv og beboelse	1.707 kr./m ²	Estimeret som et gennemsnit af beboelse og erhverv
Indkøbscenter	Den gennemsnitlige skadesomkostning for indkøbscentre	2.235 kr./m ²	PLASK* (erhverv)
Erhverv	Den gennemsnitlige skadesomkostning for erhvervsmaal	2.235 kr./m ²	PLASK*
Offentligt formål	Den gennemsnitlige skadesomkostning for bygninger med offentlige formål	1.768 kr./m ²	Estimeret som 1,5*beboelse
Rekreativt	Oprydning efter oversvømmelse af rekreative arealer (parker, offentlige arealer)	5 kr./m ²	Estimeret
Natur	Oprydning efter oversvømmelse af natur arealer (skove, græsarealer)	0,10 kr./ m ²	Ishøj klimatilpasningsplan
Landbrug	Potentielle skader på afgrøder og oprydning som følge af oversvømmelse	0,32 kr./m ²	PLASK*
Sommerhus	Den gennemsnitlige skadesomkostning for sommerhus ejendomme	589 kr./m ²	Estimeret som 0,5*beboelse
Teknisk installation		5000 kr./m ²	Estimeret
Vindmøller		1.000.000 kr./stk.	Estimeret
Hovedspor	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af jernbanespor	4.324 kr./m	Realdania, 2017**
Sekundærspor	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af jernbanespor	2162 kr./m	Estimeret som 0,5*hovedspor
Letbane	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af letbanespor	2162 kr./m	Estimeret som tilsvarende sekundærspor
Sidespor	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af sidespor	2162 kr./m	Estimeret som tilsvarende sekundærspor

Motorvej	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af motorvejsstrækning	4.045 kr./m	PLASK*
Hovedvej	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af hovedvej	4.045 kr./m	Estimeret som tilsvarende motorvej
Sekundærvej	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af sekundærvej	1916 kr./m	PLASK*
Boligvej	Omkostninger ved genopførsel og oprydning af boligvej	1916 kr./m	PLASK*

Parameter	Beskrivelse	Indsat værdi	Oprindelse
Forsinkelse bil privat/arbejde	Forsinkelse som konsekvens af lukkede veje	148 kr./time/person	PLASK*
Forsinkelse bil forretningskørsel	Forsinkelse som konsekvens af lukkede veje	681 kr./time/person	PLASK*
Forsinkelse kollektiv privat/arbejde	Forsinkelse som konsekvens af aflyste/forsinket kollektiv trafik	148 kr./time/person	PLASK*
Forsinkelse kollektiv forretningskørsel	Forsinkelse som konsekvens af aflyste/forsinket kollektiv trafik	681 kr./time/person	PLASK*
Forsinkelse godstung trafik	Forsinkelse som konsekvens af lukkede veje	8 kr./ton/time	PLASK*

**<https://www.klimatilpasning.dk/vaerktoejer/plask> **Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod, Realdania 2017*

TEGNINGER

Oversigtskort over oversvømmede bygninger, veje, jernbane og vindmøller ved en 100 års stormflodshændelse i henholdsvis år 2018 og år 2118.

TF1G_011 - Oversigtskort over oversvømmede bygninger

TF1G_012 - Oversigtskort over oversvømmede veje

TF1G_013 - Oversigtskort over oversvømmede Jernbane

TF1G_014 - Oversigtskort over oversvømmede Vindmøller