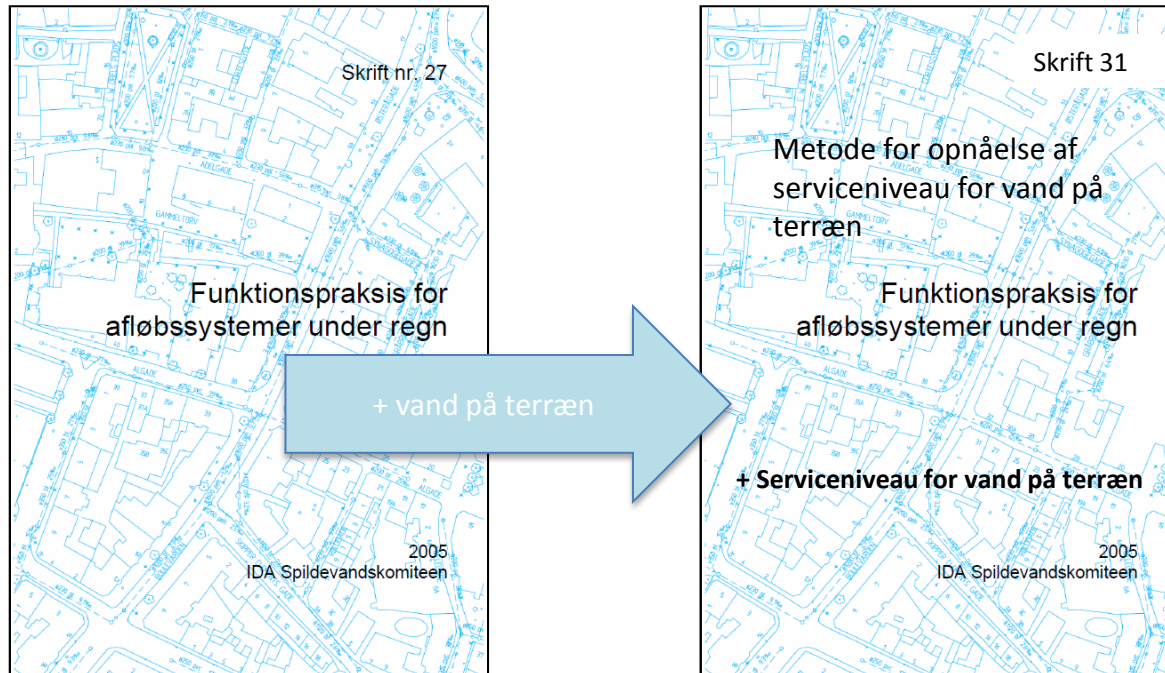


## EVA temamøde 23. juni 2016

### Metode til risikobaseret design af ekstrem regnvandsafstrømning (Funktionskrav for vand på terræn) med eksempler fra Greve, Glostrup og Helsingør



# Indhold

## Baggrund

- Spildevandskomiteens skrifter
- Oversvømmelserne
- Klimatilpasning i kommuneplanerne

## Funktionskrav for klimatilpasning og skybrud

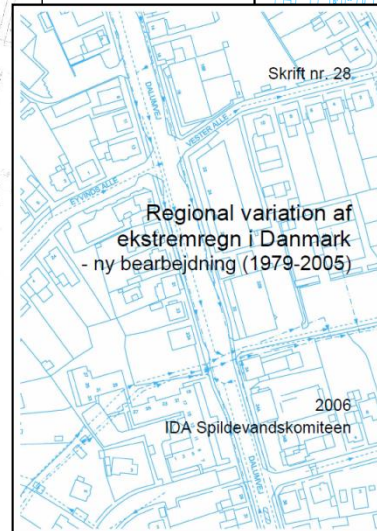
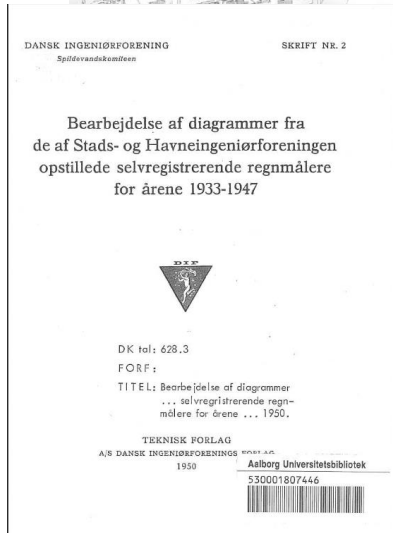
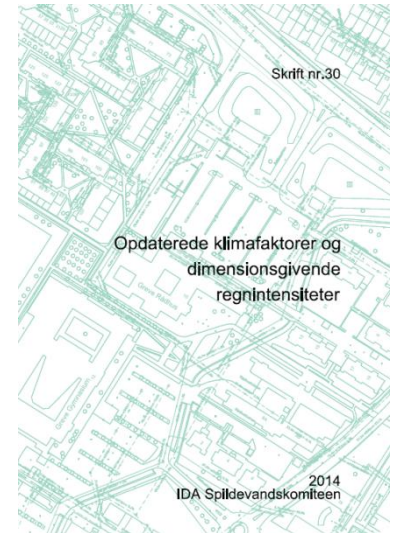
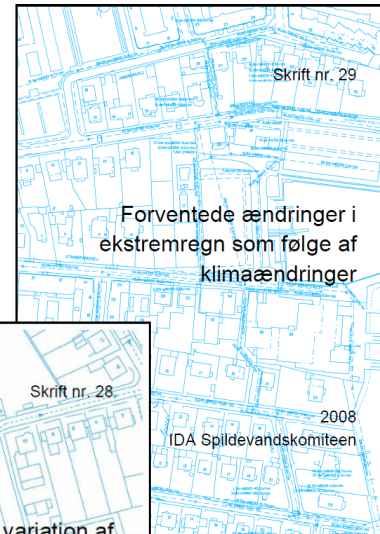
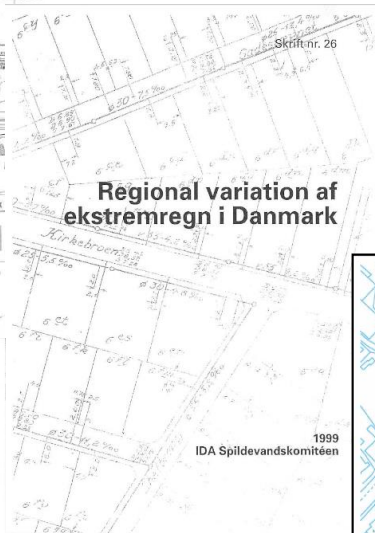
- Anbefalingerne
- Samfundsøkonomisk analyse
- Eksemplerne

# Spildevandskomité skrifter

Juristen:

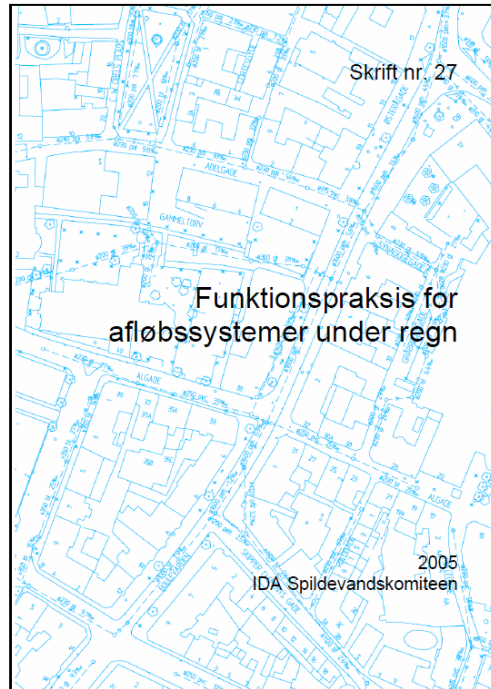
- Selvbestaltede ingeniører som skriver anbefalinger – men vi har ikke andet...
- ”Skrifterne er reelt blevet en afgørende faktor ved bedømmelsen af, om et spildevandsanlæg er korrekt dimensioneret og rækker ud over betydningen som *vejledning* ved dimensionering af spildevandsanlæg.”

# REGN skrifterne

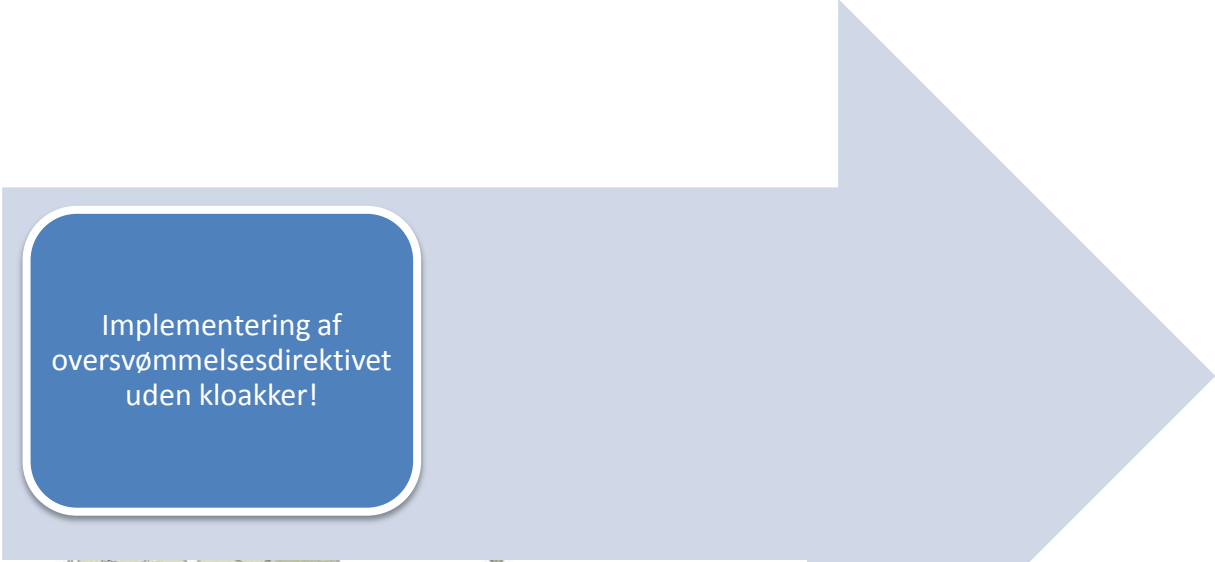


# Dimensionering af afstrømningssystemer

Skrift 16, 23 ...



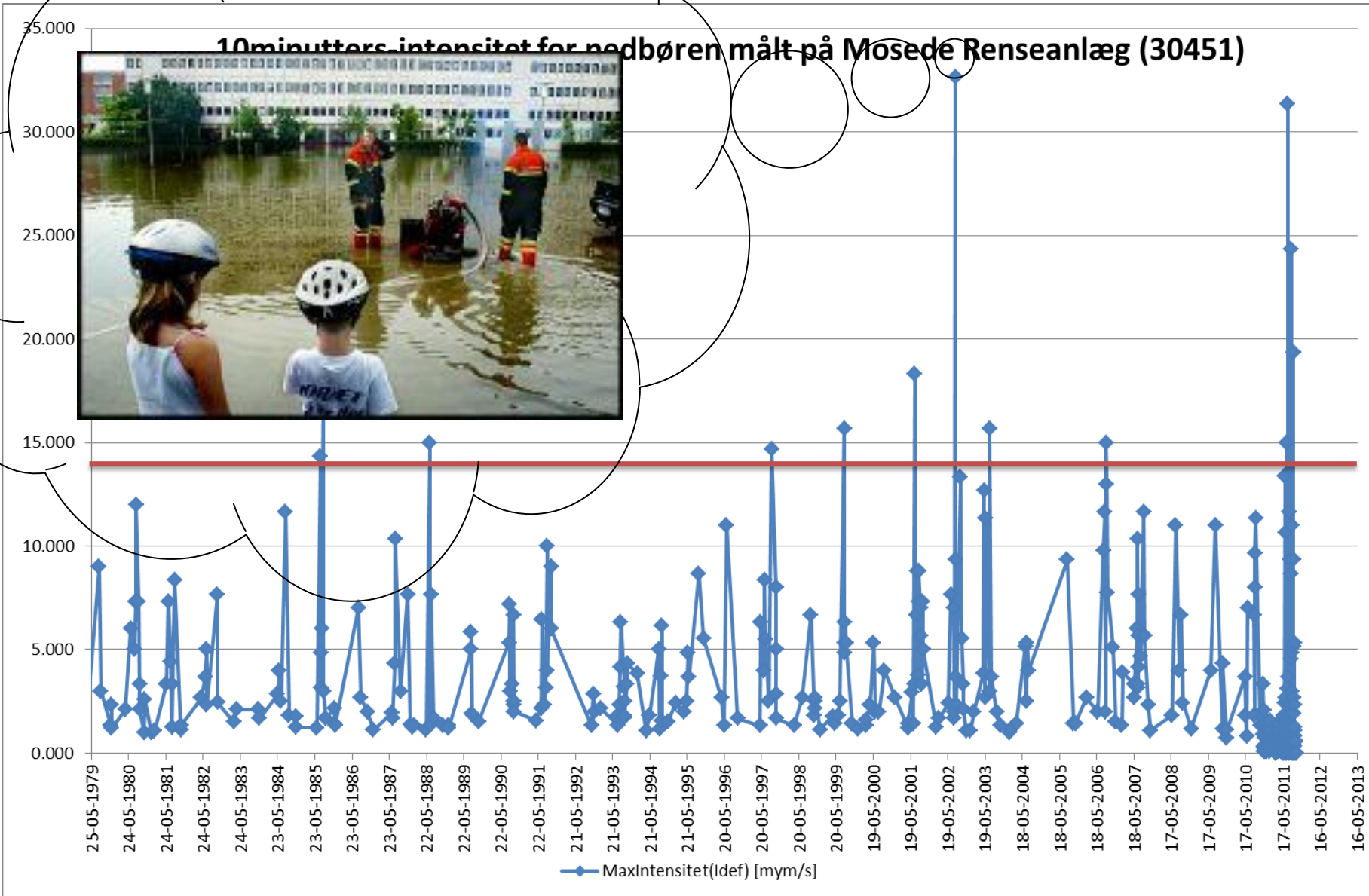
# 2007...



Vandløb, søer og hav  
10 områder involverer  
22 kommuner



### 10minutters-intensitet for nedbøren målt på Mosede Renseanlæg (30451)



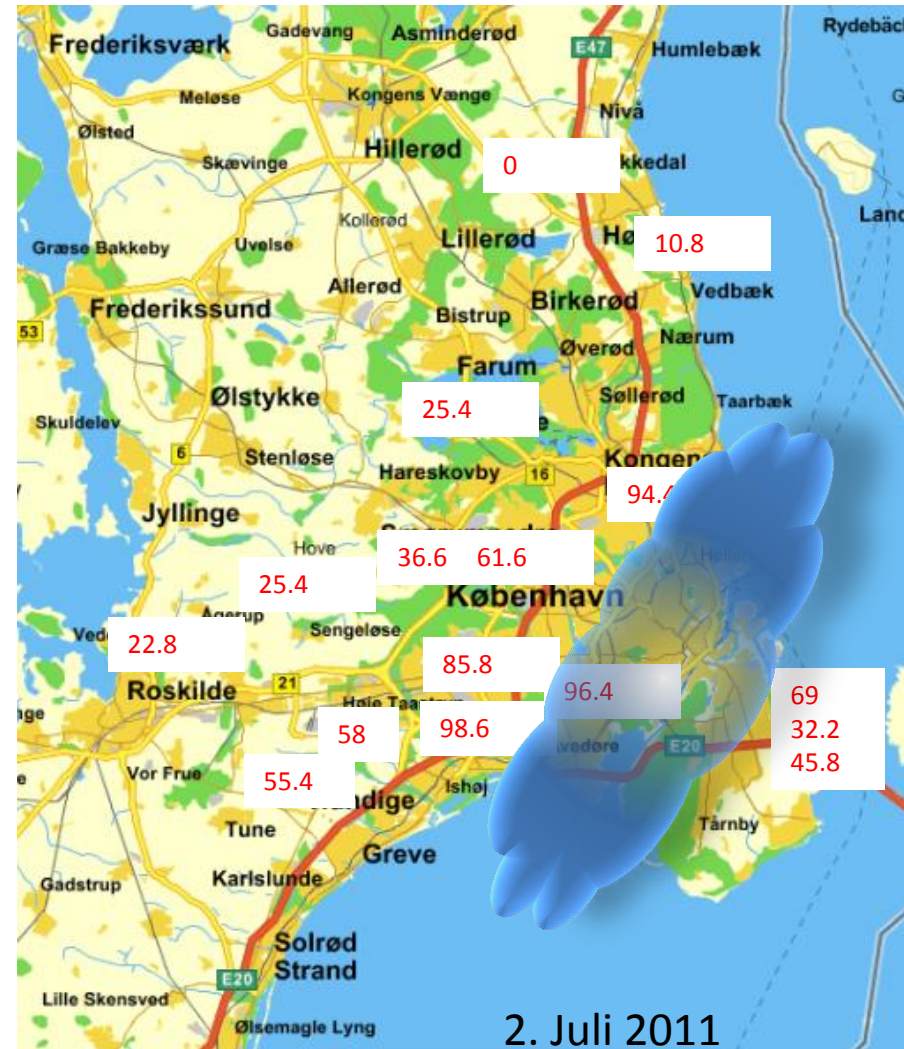
# Oversvømmelser 2006-2011





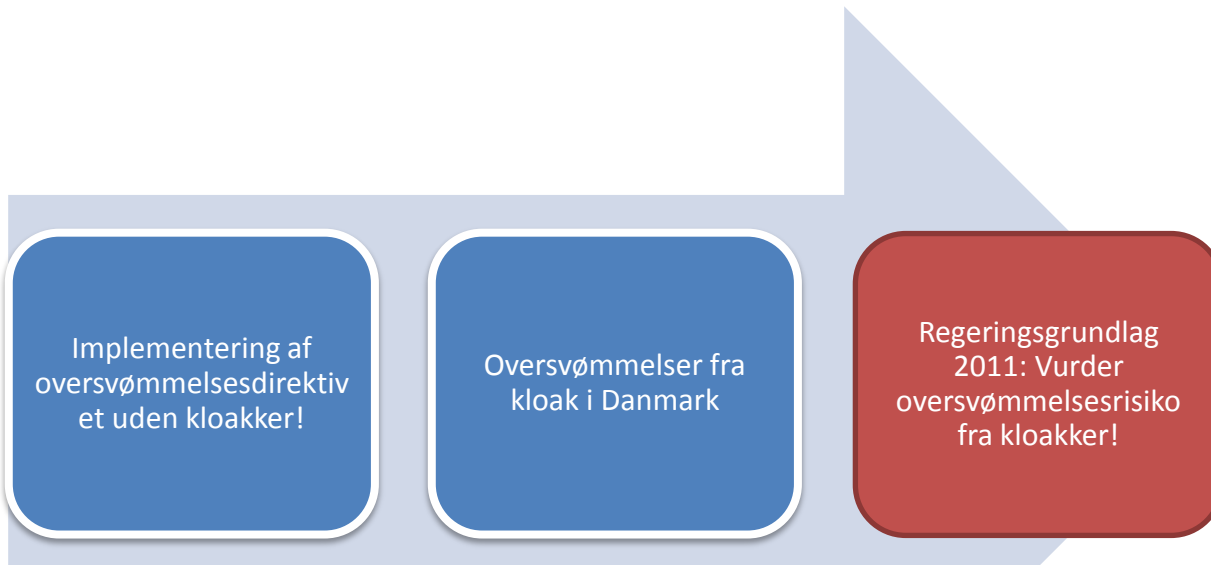
# Konsensus om hvorfor der sker oversvømmelser

- Mange "gode" forklaringer
  - Renovering af kloaker
  - For dårlig drift osv. osv.
- Nedbørene overholder ikke serviceniveauet:
  - Højintens regn (kloak)
  - Koblet regn (vandløb)



# Oversvømmelser København 2. juli 2011





Vandløb, søer og hav  
10 områder  
involverer  
22 kommuner





Regeringsgrundlag:

- Risikokort
- Prioritering af klimatilpasning

Aftale mellem KL og staten om udarbejdelse af klimatilpasningsplaner inden udgangen af 2013

Aftale mellem KL og staten om at bruge 2.5 mia. spildevands KR, For at sætte gang i arbejdet

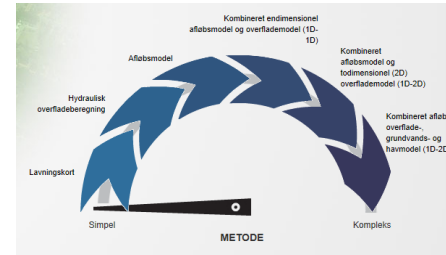
Kommune kan anmode forsyning om at udarbejde oversvømmelseskort

Klimalokalplaner

Præcisering af anvendelsen af takstmidler – ændring af lov om betalingsregler

# Klimatilpasning i kommuneplanerne

- ✓ Oversvømmelseskort
- ✓ Risikokort
- ✓ Prioritering af klimatilpasning
- Funktionskrav for klimatilpasning og skybrud

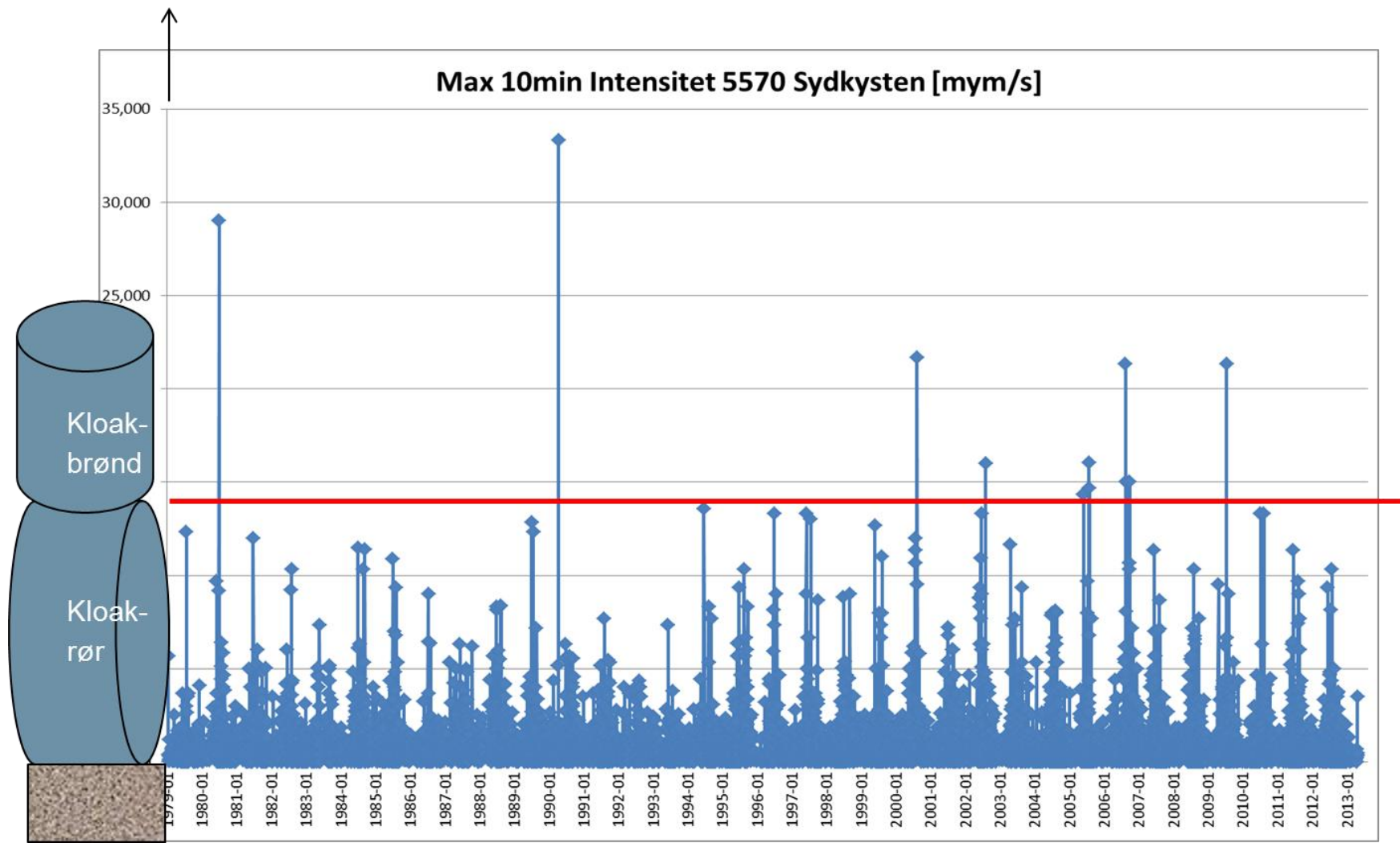




# Definitioner

- Klimatilpasning – bringe eksisterende kloaker til at leve op til Skrift 27 inklusive klimafaktorer fra skrift 30
- Skybrudssikring – reducere de skadevoldende oversvømmelser når serviceniveauet for kloak overskrides

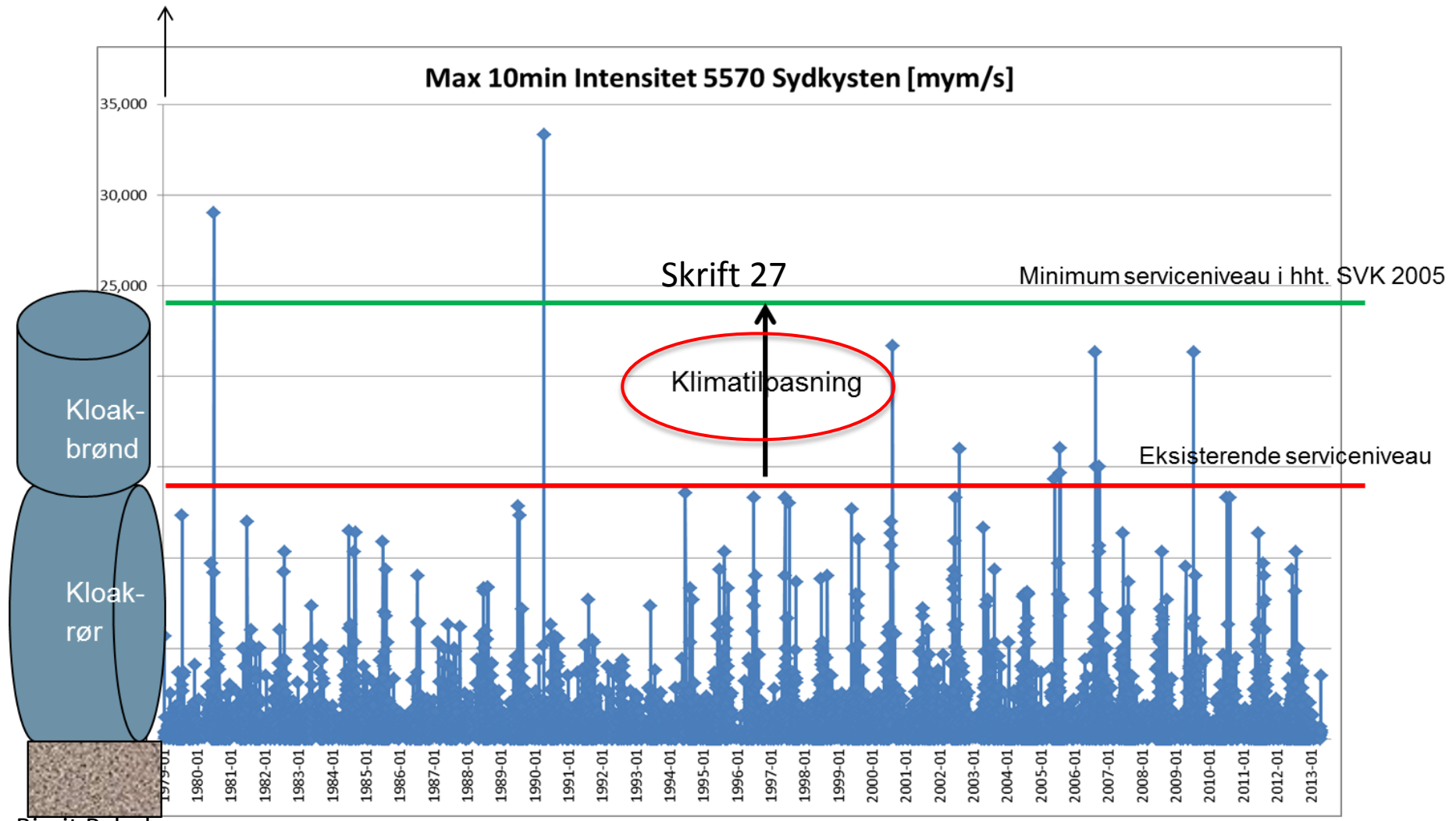
# Eksisterende serviceniveau



# Serviceniveau

Klimatilpasning

Max 10min Intensitet 5570 Sydkysten [mym/s]



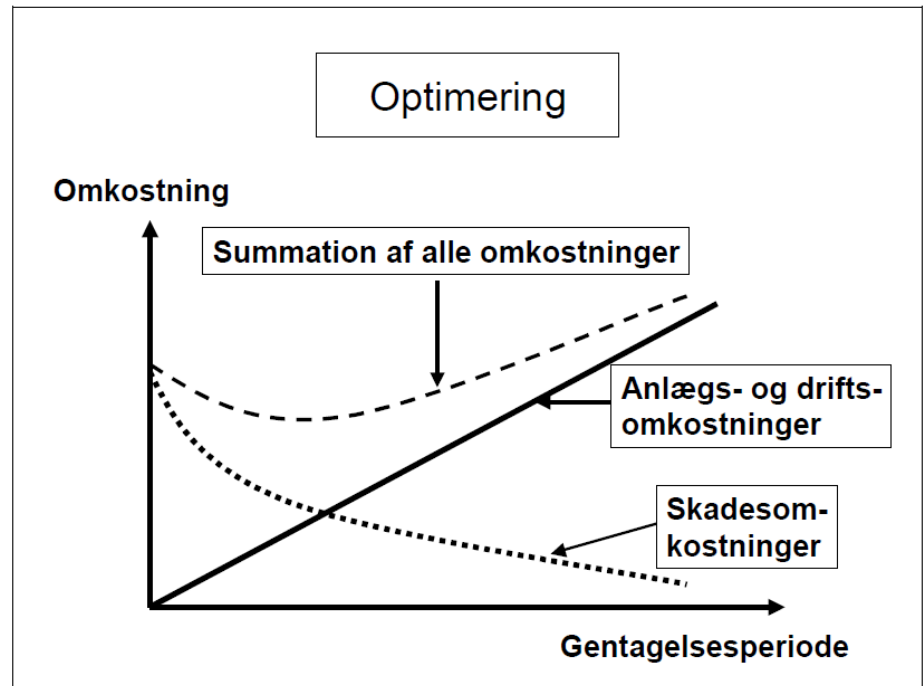
Birgit Paludan

# Dimensioneringspraksis for kloak (igangsat af DS/EN 752) 2005

Spildevandskomiteen under IDAs Skrift 27

- Optimer dimensioneringen af kloak i relation til økonomi

- Cost-benefit:
  - Hvad koster skader (risikokortet)
  - Hvad koster løsninger



Figur 2. Det grundlæggende princip for økonomisk optimering af forholdet mellem anlægsomkostninger og skadeomkostninger omregnet til en gennemsnitlig årlig omkostning som funktion af gentagelsesperiode.

men praksis blev...

## Maksimal opstuvning til terræn

- Regnvandssystemer hvert 5 år
- Fællessystemer hvert 10 år

Med klimafaktor!

**Gælder for nye anlæg eller anlæg som skal reoveres**

Skal det eksisterende system klimatilpasses? -

Kan det betale sig at bringe hele kloakfællesskabet i kommunen op til dette niveau?

**Tabel 1. Minimumsfunktionskrav angivet som tilladelig gentagelsesperiode, samt anbefalet værdi for fuld udnyttelse af rørkapacitet ved dimensionering med beregningsniveau 1.**

Arealanvendelse	Minimumsfunktionskrav. Gentagelsesperiode (år) for opstuvning til kritisk kote. Terræn.
Fælleskloakerede bolig- og erhvervsområder	10
Separatkloakerede bolig- og erhvervsområder	5

Ved dimensionering med beregningsniveau 1 anbefales det at anvende følgende værdier for fuld udnyttelse af rørkapacitet. Disse værdier skønnes for et normalt forekommende afløbssystem at svare til ovenstående minimumskrav.

Arealanvendelse	Anbefalet værdi af gentagelsesperiode for fuld udnyttelse af rørkapacitet. ved dimensionering med beregningsniveau 1.
Fælleskloakerede bolig- og erhvervsområder	2
Separatkloakerede bolig- og erhvervsområder	1



# Serviceniveau Beslutning



- Find balancen mellem nutidsværdier af skadesudgifter og løsningsomkostninger (inklusive drift osv.)
- Besluttet at klimatilpasse det eksisterende anlæg – det kan betale sig at klimatilpasse til det anbefalede niveau.
- Gælder for hele kommunen

# Når nedbøren overskrider serviceniveauet

- Men hvad så når vandet kommer ud af hullerne?
  - Hvem har ansvaret (beredskab)
  - Hvem skal betale
  - ....



Aktivt beredskab



# Kan det betale sig at gøre mere aktivt?

- "Passivt beredskab" – byens overflader indrettes til afstrømning
- "Skybrudssikring"

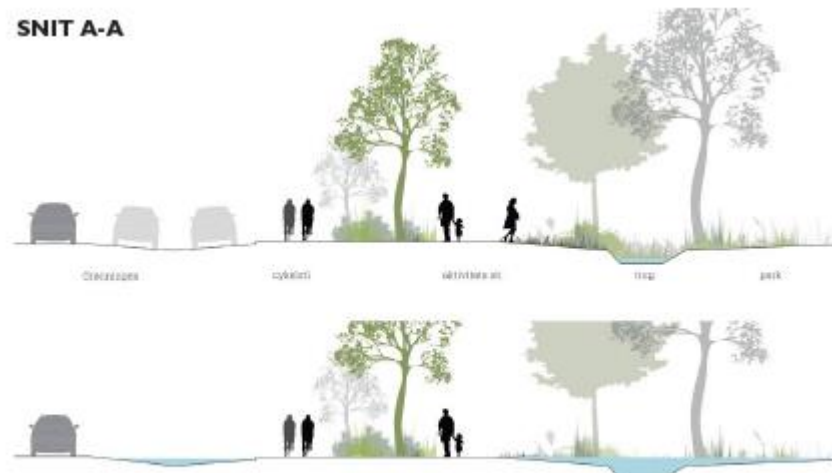
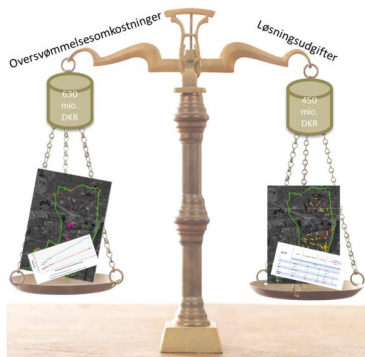


Fig. 7 Snit A-A viser, hvordan Grønningen kan se ud i en hverdagsituation (øverst) og i en ekstremregns-situation (nederst).

*Fra konkretisering af skybrudsplan indre by (www.kk.dk)*

# Fordi vi kan!

- Oversvømmelser har betydet udvikling af metoder til oversvømmelsesberegninger, skadessætninger og løsningsomkostninger.



- 
- Alle kommuner har impl. ktp i KP
  - Risikokort og prioritering
- Klimatilpasningsprojekter i hele DK
  - Hensigtsmæssigt at vi gør det samme.

Flere har allerede anvendt cost-benefit- metoder til beslutning om skybrudsplanlægning.



Aftale mellem KL og staten om udarbejdelse af klimatilpasningsplaner inden udgangen af 2013

# Nyt skrift med arbejdstitlen ”Funktionskrav for vand på terræn”



Metodebeskrivelse af hvordan man etablerer et grundlag for beslutning af funktionskrav for vand på terræn – så vi ”gør det samme”

Fortsat minimum-serviceniveau defineret som defineret i skrift 27.

Supplement – funktionskrav for vandstanden på terræn beregnet ved en samfundsøkonomisk optimering



# Organisering

- DANVA
- KL
- Spildevandskomiteens Regnudvalg  
(metodebeskrivelse og input)
- (Naturstyrelsen (behov for ændret lovgivning,  
grænseflader til andre statslige organisering))

# Skriftets indhold

Anbefaling af:

- Metode til beregning af oversvømmelser (der henvises til klimakogebogen)
- Metode til beregning af skadesrisiko
- Anvendelse af samfundsøkonomiske analyser til beslutning af funktionskrav for vand på terræn

# Skybrudstilpasning



10 cm

intensitet 5570 Sydkysten [mym/s]

Beredskab/Skybrudssikring

Find dette niveau med hjælp fra SKRIFT 31

Minimum serviceniveau i hht. SVK 2005

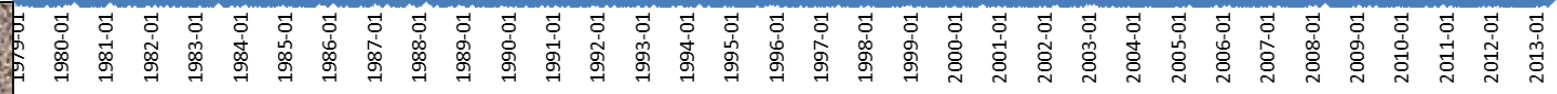
Klimatilpasning

Eksisterende serviceniveau



Kloakbrønd

Kloakrør



# Anbefalinger til metoder som skal støtte beslutninger om dette funktionskrav – på tre måder

## Kommunalt

- A. Funktionskrav for vand på terræn defineres på samme måde som funktionskrav for afløbssystemer. Funktionskravet kan f.eks. være fastlagt ud fra en overordnet analyse af hele kommunens risiko i forbindelse med oversvømmelse – gælder for hele kommunen
  - F.eks. 10 cm vand på terræn én gang hvert 100. år
- B. Funktionskrav for vand på terræn, som er defineret ud fra risikobaseret dimensionering – kan give forskellige gentagelsesperioder for forskellige arealanvendelser (hvor stor må den årlige skade være) f.eks.:
  - max 5 cm vanddybde på terræn hvert 10000. år for hospitaler og UNESCO verdensarvsliste
  - max 10 cm vanddybde på terræn hvert 100. år i boligområder
  - max 20 cm vanddybde på terræn hvert 30. år i kolonihaver

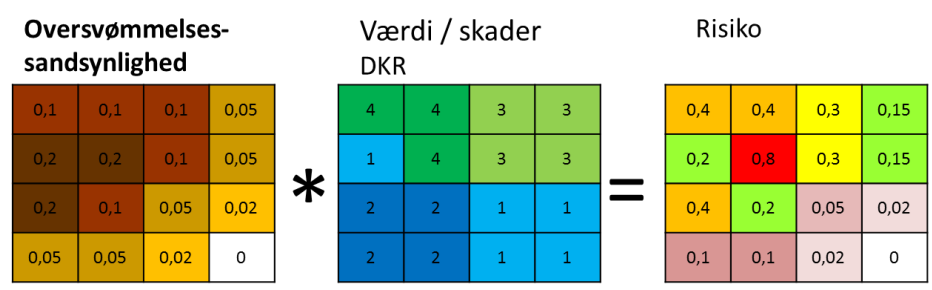
## Lokalt (lokal skærpelse af serviceniveau)

- C. Funktionskrav er angivet i form af minimale gentagelsesperioder for skadevoldende hændelser suppleret med lokale funktionskrav defineret ud fra et ønske om samfundsøkonomisk optimering, f.eks.: **Ud over Skrift 27 anvendes økonomisk optimering ved klimatilpasning af deloplande. For hvert delopland anvendes et funktionskrav baseret på hvad der kan betale sig (samfundsøkonomisk analyse CBA)**
  - Minimum som i skrift 27 & Balance mellem skadesreduktion og omkostning til tiltag for at opnå skadesreduktionen i et specifikt område

# Forudsætning for alle metoder

## Samfundsøkonomisk analyse

- Beregning af årlig skadesrisiko (kr/år)
  - Beregning af oversvømmelseskort
  - Skadesværdisætning



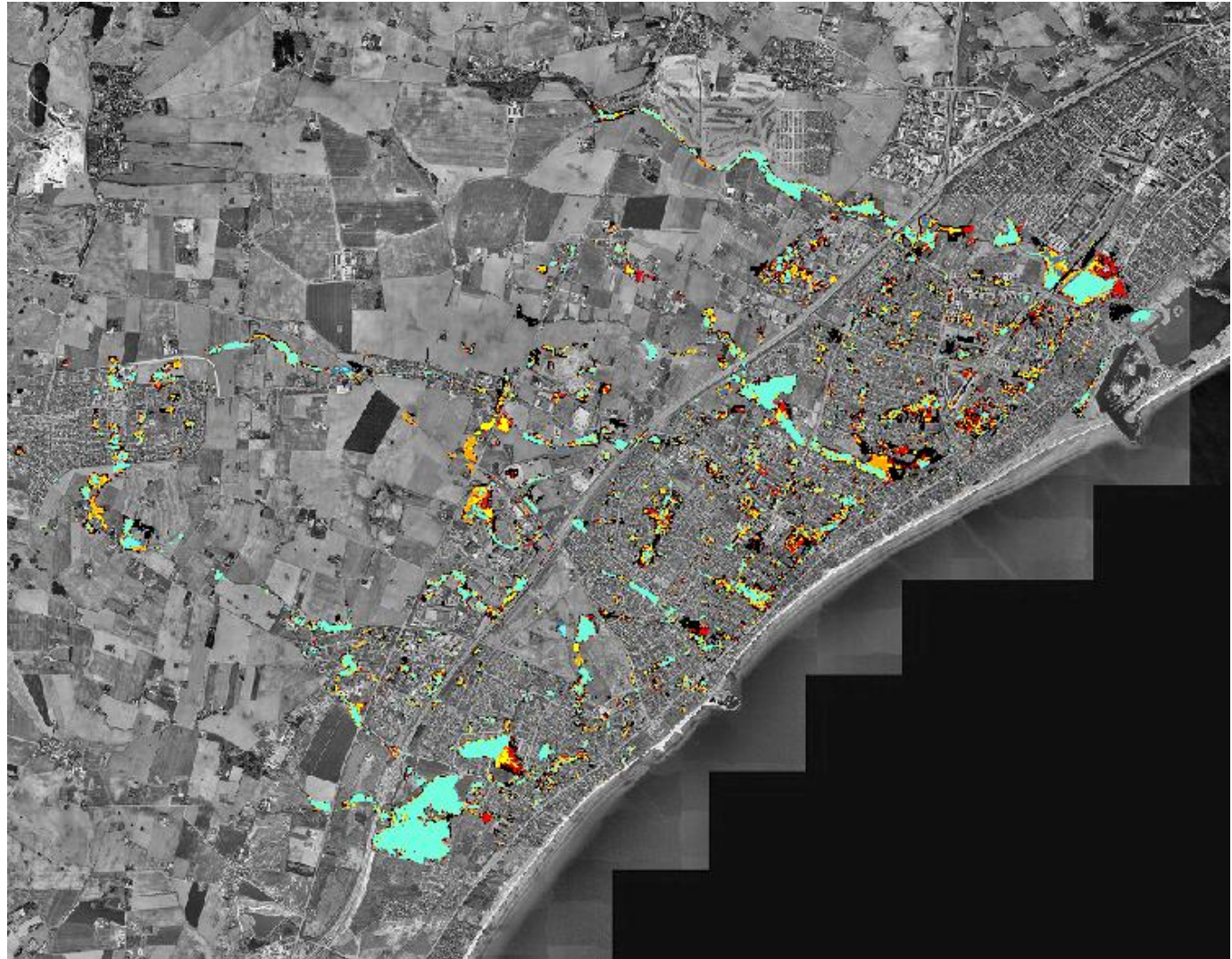
- Beregn løsningsomkostninger



# Etablering af oversvømmelseskort

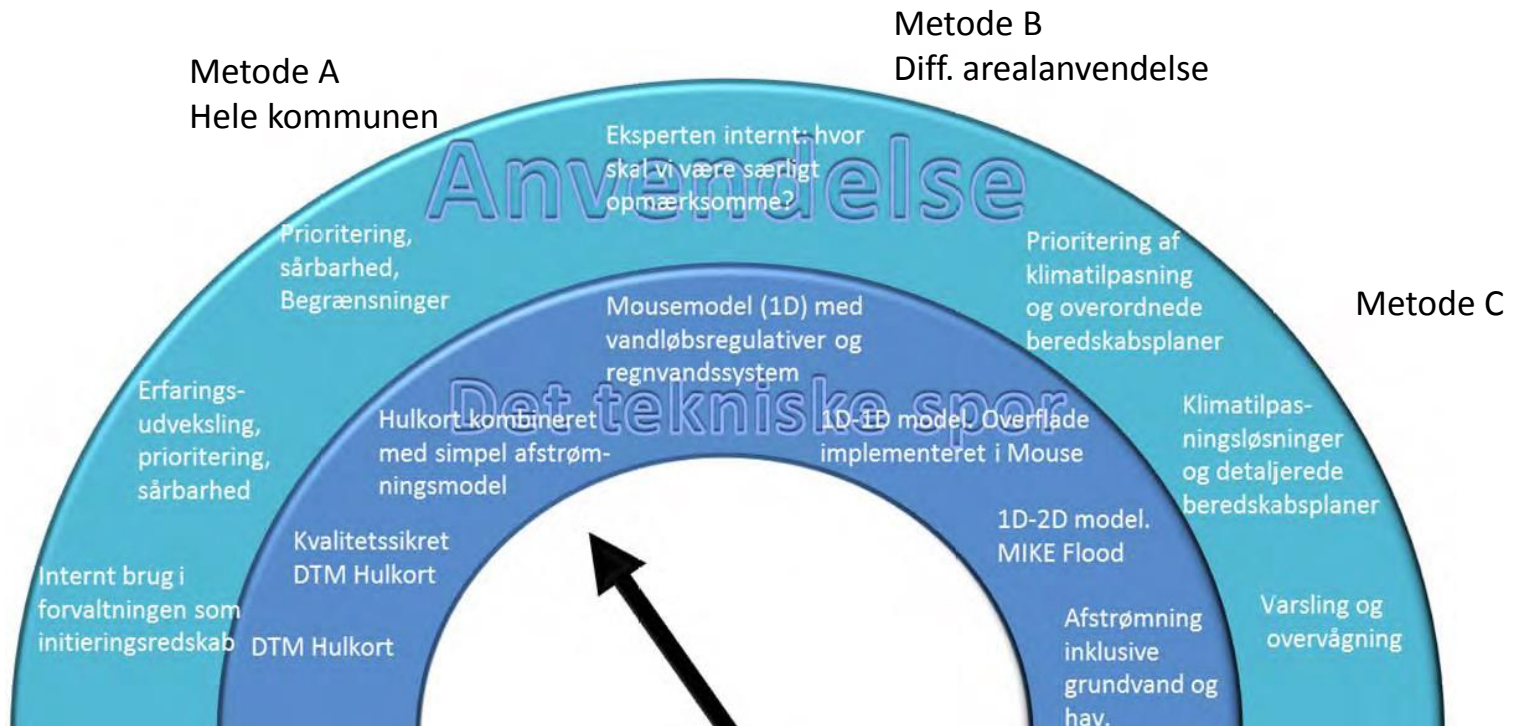
Fra klimatilpasningsplanen:

- 5, 10, 20 50 100 og 1000 år, fremskrevet til 2100.
- Klimatilpasningsanlæg som er implementeret er med dvs. udvidelse af bi-ledninger er ikke med
- Der er kørt med fuld befæstelse for at vise "worst case" (det er "relativt rigtigt")



# Etablering af oversvømmelseskort

- Metode afhænger af detaljeringsniveau: A grov og C detaljeret

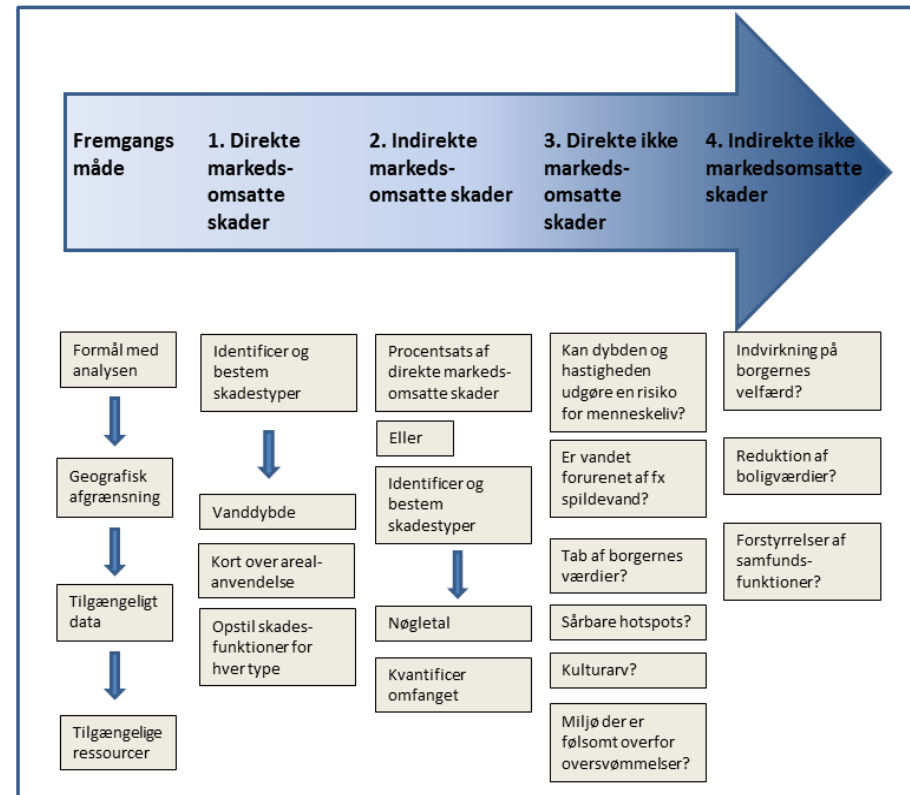


# Skadesværdisætning

- Screening af nødvendige skadesværdier – hvad er vigtigt i det aktuelle tilfælde på det aktuelle niveau?
- I praksis f.eks. brug bygnings-skader som minimum. Tag mere med hvis det skal være mere nøjagtigt...

## Fastsætning af skadesværdier:

- Klimatilpasningsplaner
- CRES
- Brug af Forsikring og Pensions skadesværdier (f.eks. Greve og KBH)



### KFT projekt 2012

”Methodological framework, analytical tool and database for the assessment of climate change impacts, adaptation and vulnerability in Denmark”

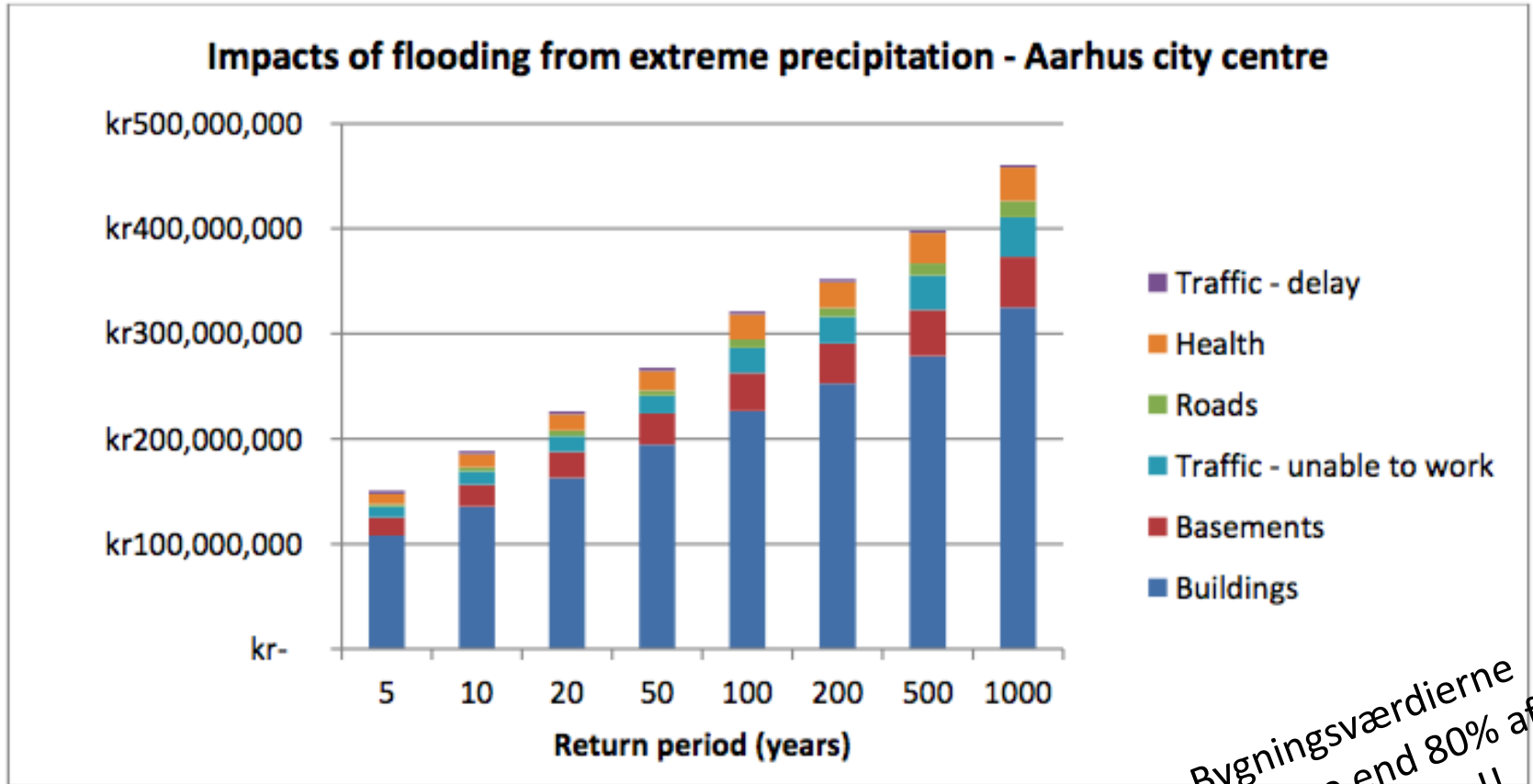


Figure 13: Cost summary – Impacts of flooding in Aarhus city centre from extreme precipitation with return periods of 5-1000 years.

Bygningsværdierne er mere end 80% af skadesværdien!!



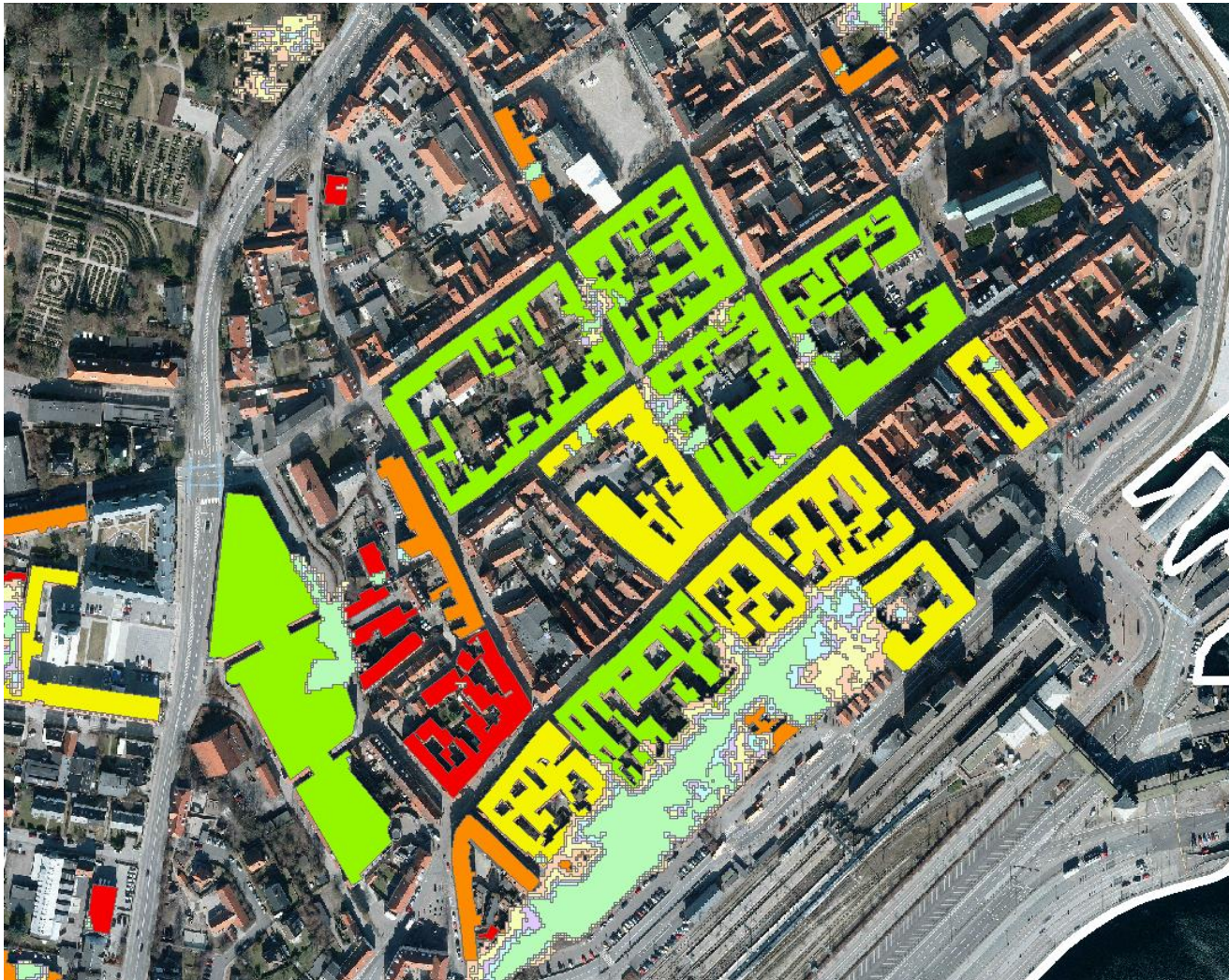
# Skadesværdisætning

<b>Skadesopgørelse på veje</b>	
Oversvømmelse af veje	30 kr./m <sup>2</sup>
Primærveje, ventetid	200 kr./m <sup>2</sup>
Sekundærveje, ventetid	100 kr./m <sup>2</sup>
<b>Skadesværdi, private ejendomme</b>	
Oversvømmelse af kælder	2.000 kr./m <sup>2</sup>
Oversvømmelse af stueplan indtil 10 cm over gulv	4.200 kr./m <sup>2</sup>
Oversvømmelse af stueplan, over 10 cm over gulv	16.000 kr./m <sup>2</sup>
<b>Skadesværdi, Erhvervsbygninger</b>	
Oversvømmet erhvervsbygning	1.100 kr./m <sup>2</sup>

Over: 20 cm (sokkelkote) – meget ofte brugt i klimatilpasningsplanerne!

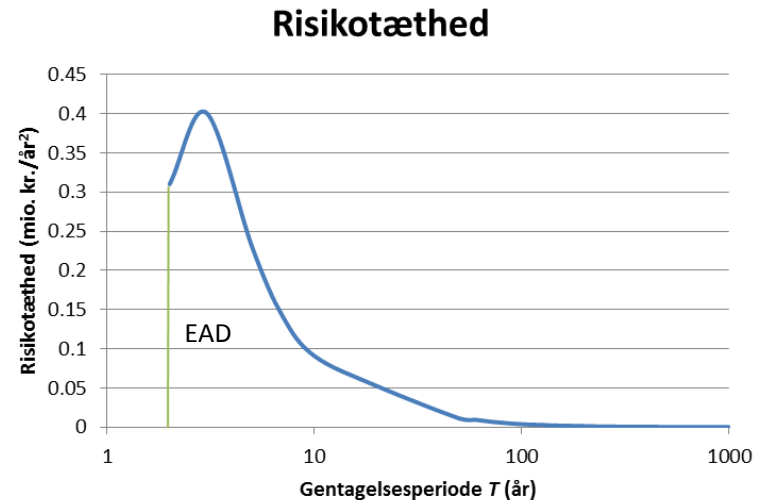
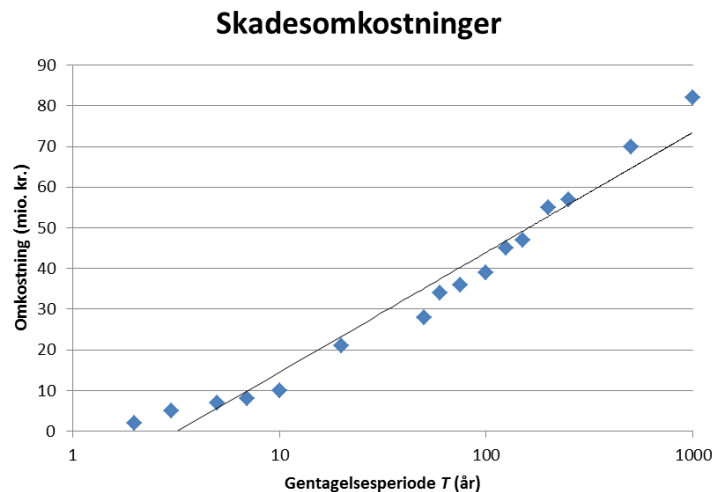


Bygnings-skade > 100.000 kr/år  
Bygninger der kun berøre "lidt" sættes til 10 %  
Fejl i højdemodel: skade = 0



# Beregn risiko for de(t) aktuelle område

- Summer skadesomkostninger for hver gentagelsesperiode
- Beregn risikotætheden (for det opland som er aktuelt – det hele (A) eller delopland(e) (B&C))
- Integrer risikotætheden = gennemsnitlig årlig skadesomkostning (EAD)



# Det andet ben i cost-benefit analyserne er: Find løsninger

- Traditionelle – rør og pumper
- Overfladeløsninger
- Lokale løsninger
- Separatkloak
- Trestrengsystem
- Osv. Osv.



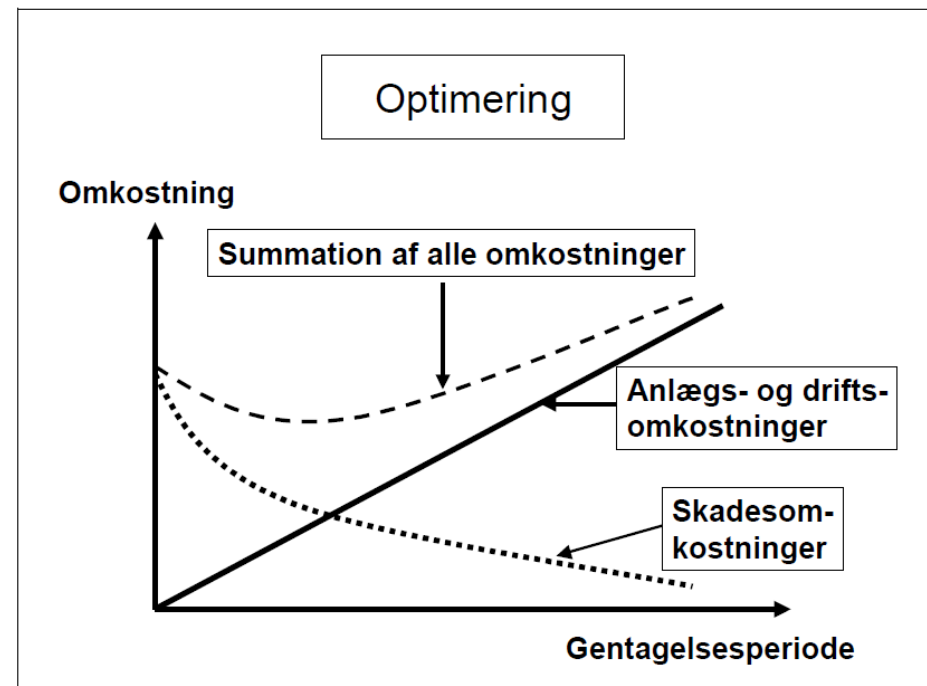
# Find funktionskrav:

## Den ideelle situation: Optimering

- Hvad koster skader (risikokortet)
- Hvad koster løsninger

Find optimal skadesreduktion og tiltag for hver gentagelsesperiode!

Det kræver mange beregninger:  
for hver gentagelsesperiode er der  
et væld af løsninger!



Figur 2. Det grundlæggende princip for økonomisk optimering af forholdet mellem anlægsomkostninger og skadeomkostninger omregnet til en gennemsnitlig årlig omkostning som funktion af gentagelsesperiode.



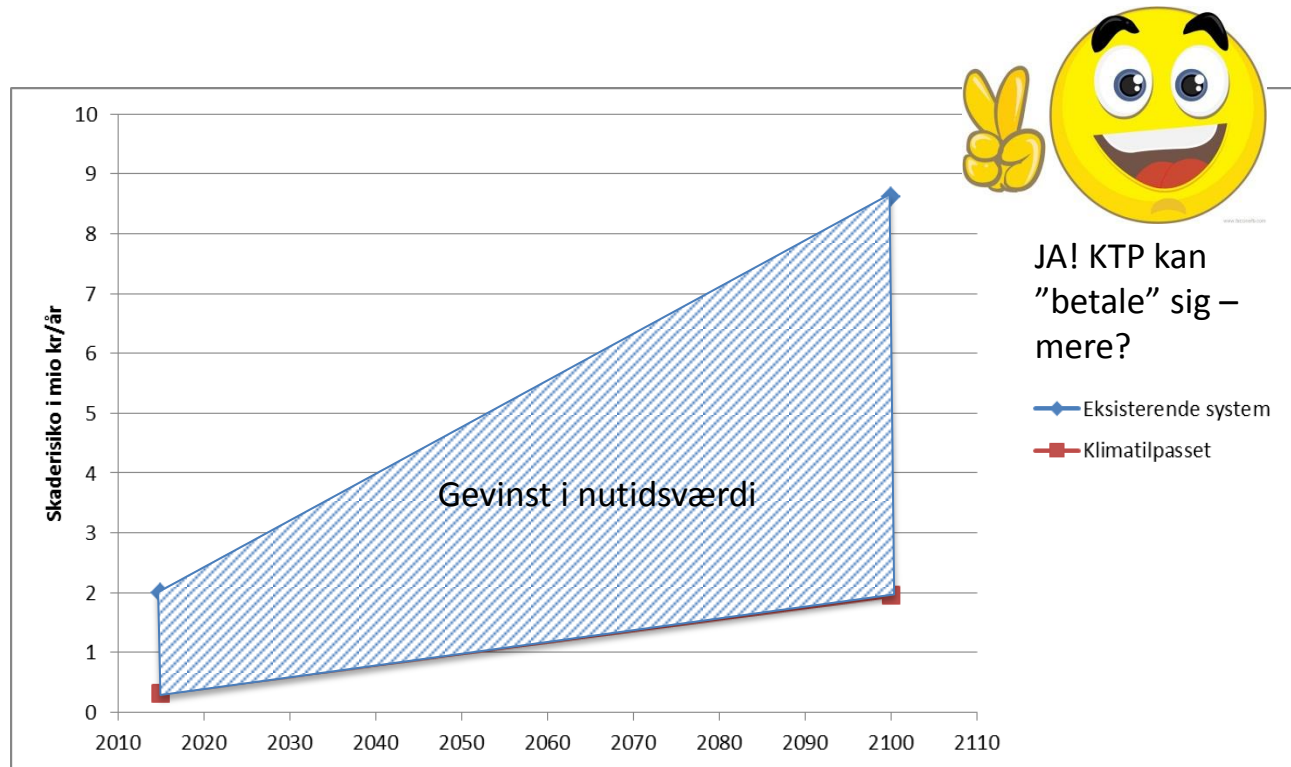
# I praksis – begræns ”løsningsmængden”

- Skadesrisiko for eksisterende niveau
- Find løsninger for forskellige udvalgte gentagelsesperioder (f.eks.  $T=10/5$  år (KTP) og  $T=100$  år) med valgte løsningstyper
- Beregn de resulterende skadesrisikoniveauer
- Kan det betale sig?



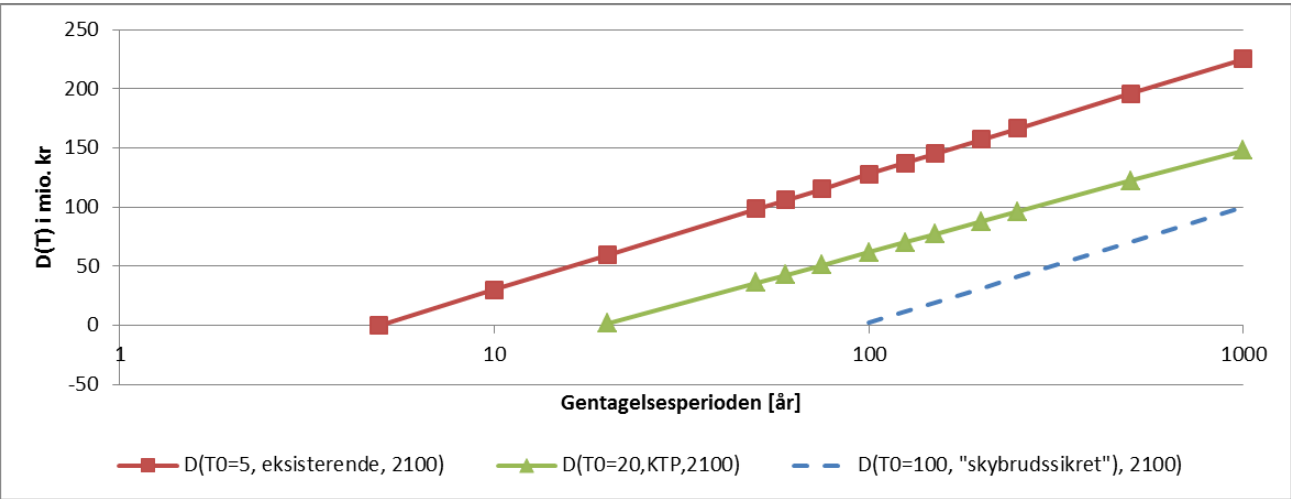
# Reduceret skadesrisiko ved klimatilpasning

- Skadesreduktion på  $S_{2015} = \int_0^{85} (S_{før} - S_{efter}) \cdot e^{-0.03t} dt = 98$  mio. kr.
- Omkostning til tiltag  $C_{2015} = 36 + \int_0^{85} 36 * 0.02 \cdot e^{-0.03t} dt = 58$  mio. kr.
- "Tilbagebetalingstid" (balance) på 32 år



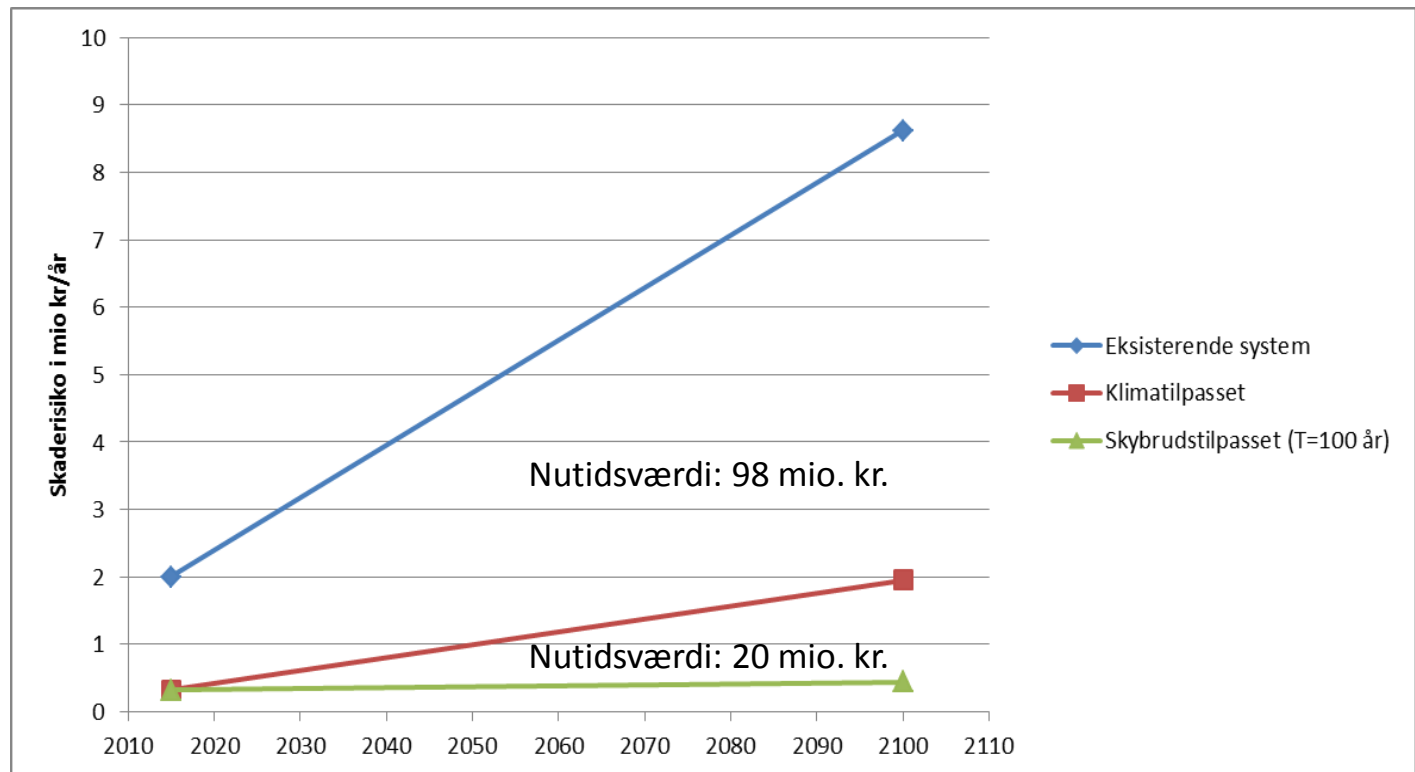
# Skybrudssikring

- Max. skade hvert 100. år – antag samme "skadesprofil"



# Test: kan skybrudssikring til 100 år betale sig?

- Beregn rest skadesrisiko for "skybrudssikring" til 100 år
- Ja hvis skybrudssikringen kan gennemføres for maksimalt 20 mio. kr., så kan det betale sig!



# Eksemplets magts er stor!

## Anbefalinger til metoder som skal støtte beslutninger om dette funktionskrav – på tre måder

### Kommunalt

- A. Funktionskrav for vand på terræn defineres på samme måde som funktionskrav for afløbssystemer. Funktionskravet kan f.eks. være fastlagt ud fra en overordnet analyse af hele kommunens risiko i forbindelse med oversvømmelse – gælder for hele kommunen
  - F.eks. 10 cm vand på terræn én gang hvert 100. år
- B. Funktionskrav for vand på terræn, som er defineret ud fra risikobaseret dimensionering – kan give forskellige gentagelsesperioder for forskellige arealanvendelser (hvor stor må den årlige skade være) f.eks.:
  - max 5 cm vanddybde på terræn hvert 10000. år for hospitaler og UNESCO verdensarvsliste
  - max 10 cm vanddybde på terræn hvert 100. år i boligområder
  - max 20 cm vanddybde på terræn hvert 30. år i kolonihaver

### Lokalt (lokal skærpelse af serviceniveau)

- C. Funktionskrav er angivet i form af minimale gentagelsesperioder for skadevoldende hændelser suppleret med lokale funktionskrav defineret ud fra et ønske om samfundsøkonomisk optimering, f.eks.: **Ud over Skrift 27 anvendes økonomisk optimering ved klimatilpasning af deloplande. For hvert delopland anvendes et funktionskrav baseret på hvad der kan betale sig (samfundsøkonomisk analyse CBA)**
  - Minimum som i skrift 27 & Balance mellem skadesreduktion og omkostning til tiltag for at opnå skadesreduktionen i et specifikt område

KBH

Helsingør

Århus,  
(Greve)

# Eksempel metode A

## Kilde: Københavns Skybrudsplan 2012

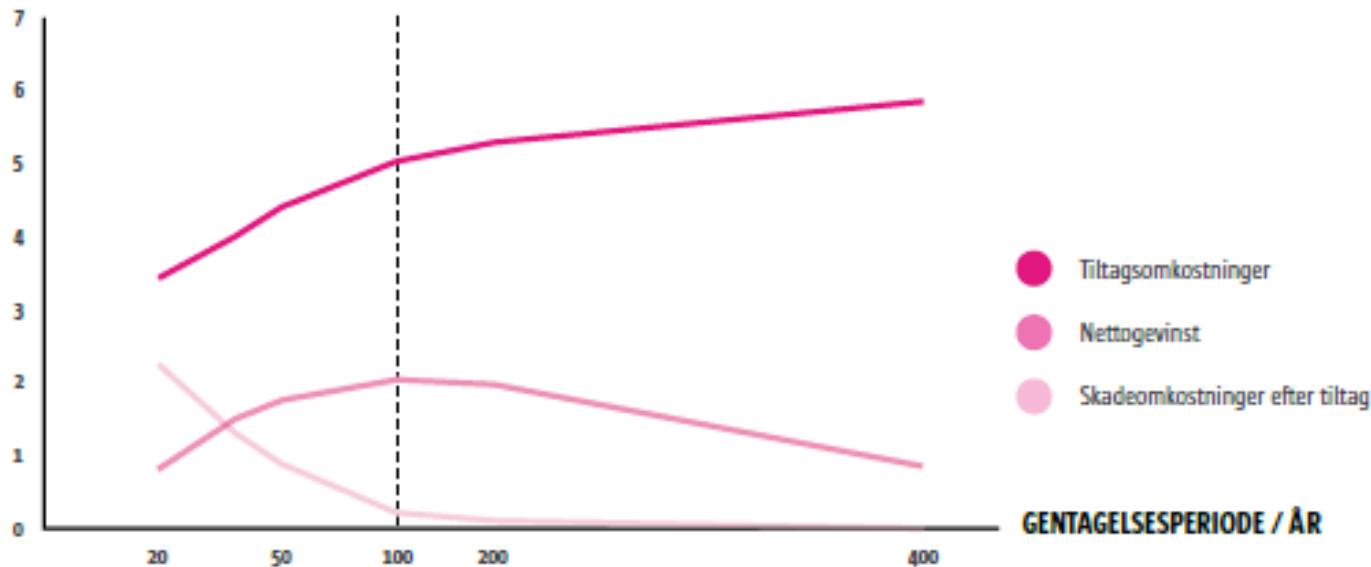
**PÅ DEN BAGGRUND ANBEFALER SKYBRUDSPLANEN DENNE RISIKODIMENSIONERING FREMFOR:**

- Hidtil: En gang hvert 10. år må opstuvet spildevand nå terrænniveau.
- I fremtiden: En gang hvert 10. år må opstuvet spildevand nå terrænniveau, og én gang hvert 100. år må det gennemsnitlige vandspejl overstige 10 cm over terræn, med undtagelse af steder, der specifikt er udpeget til opmagasinerings af overfladevand.

### GEVINDST VED SKYBRUDSSIKRING

FIGUR 1 // Nettogevinst ved skybrudssikring i Frederiksberg og Københavns Kommune. Beløbene er nutidsværdier over 100 år.

MIA KR.





# Eksemplets magts er stor!

## Anbefalinger til metoder som skal støtte beslutninger om dette funktionskrav – på tre måder

### Kommunalt

- A. Funktionskrav for vand på terræn defineres på samme måde som funktionskrav for afløbssystemer. Funktionskravet kan f.eks. være fastlagt ud fra en overordnet analyse af hele kommunens risiko i forbindelse med oversvømmelse – gælder for hele kommunen
  - F.eks. 10 cm vand på terræn én gang hvert 100. år
- B. Funktionskrav for vand på terræn, som er defineret ud fra risikobaseret dimensionering – kan give forskellige gentagelsesperioder for forskellige arealanvendelser (hvor stor må den årlige skade være) f.eks.:
  - max 5 cm vanddybde på terræn hvert 10000. år for hospitaler og UNESCO verdensarvsliste
  - max 10 cm vanddybde på terræn hvert 100. år i boligområder
  - max 20 cm vanddybde på terræn hvert 30. år i kolonihave

### Lokalt (lokal skærpelse af serviceniveau)

- C. Funktionskrav er angivet i form af minimale gentagelsesperioder for skadevoldende hændelser suppleret med lokale funktionskrav defineret ud fra et ønske om samfundsøkonomisk optimering, f.eks.: **Ud over Skrift 27 anvendes økonomisk optimering ved klimatilpasning af deloplande. For hvert delopland anvendes et funktionskrav baseret på hvad der kan betale sig (samfundsøkonomisk analyse CBA)**
  - Minimum som i skrift 27 & Balance mellem skadesreduktion og omkostning til tiltag for at opnå skadesreduktionen i et specifikt område

KBH

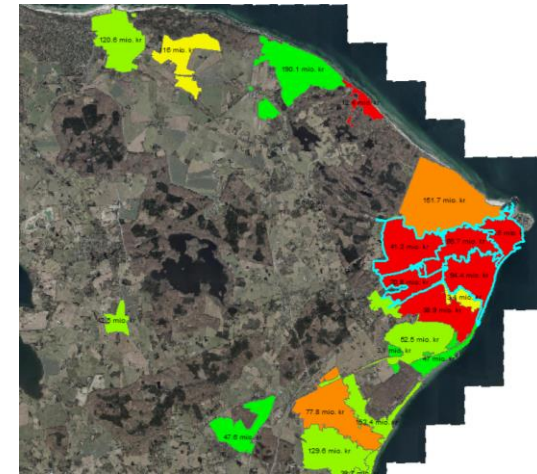
Helsingør

Århus,  
Greve

Helsingør Centrum bevaringsværdige bygninger og erhverv

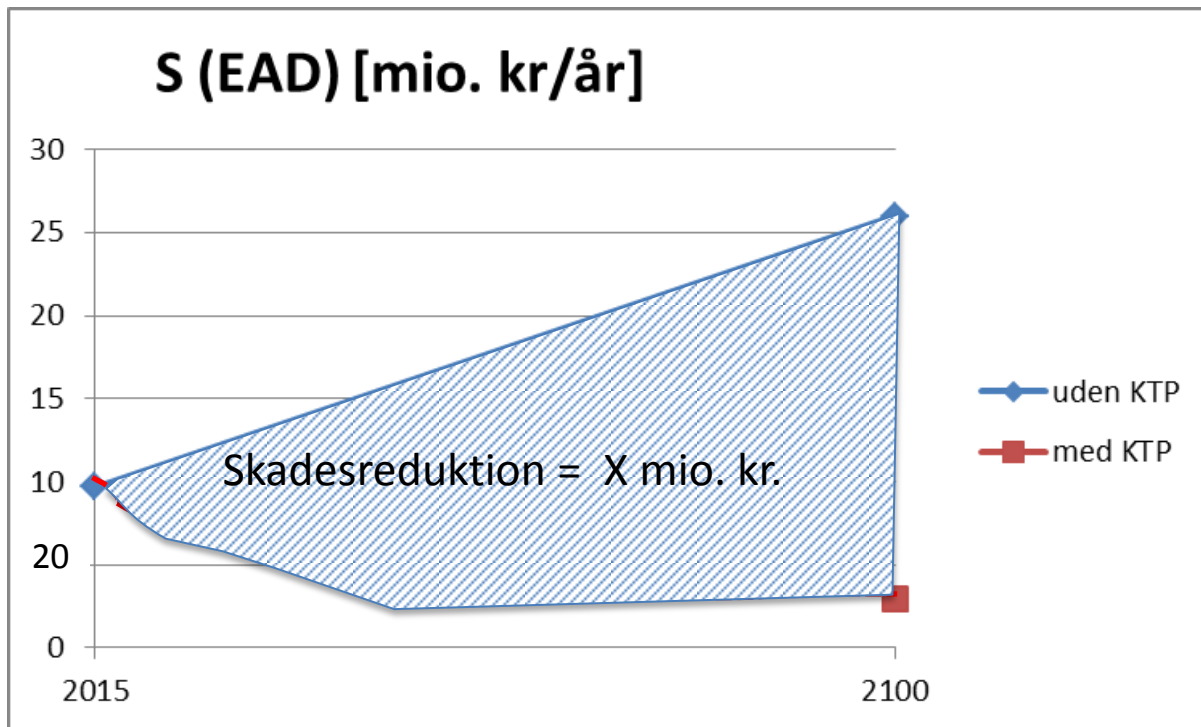
## Optimering i Helsingør Centrum – bevaringsværdige bygninger og erhverv

- Oversvømmelseskort
- Skadeskort
- ⇒ Risikokort
- Prioriter højrisikoområder
- Risiko for eksisterende forhold, fremtidige forhold uden klimatilpasning og fremtidige forhold med klimatilpasning



# Vurder om det kan betale sig

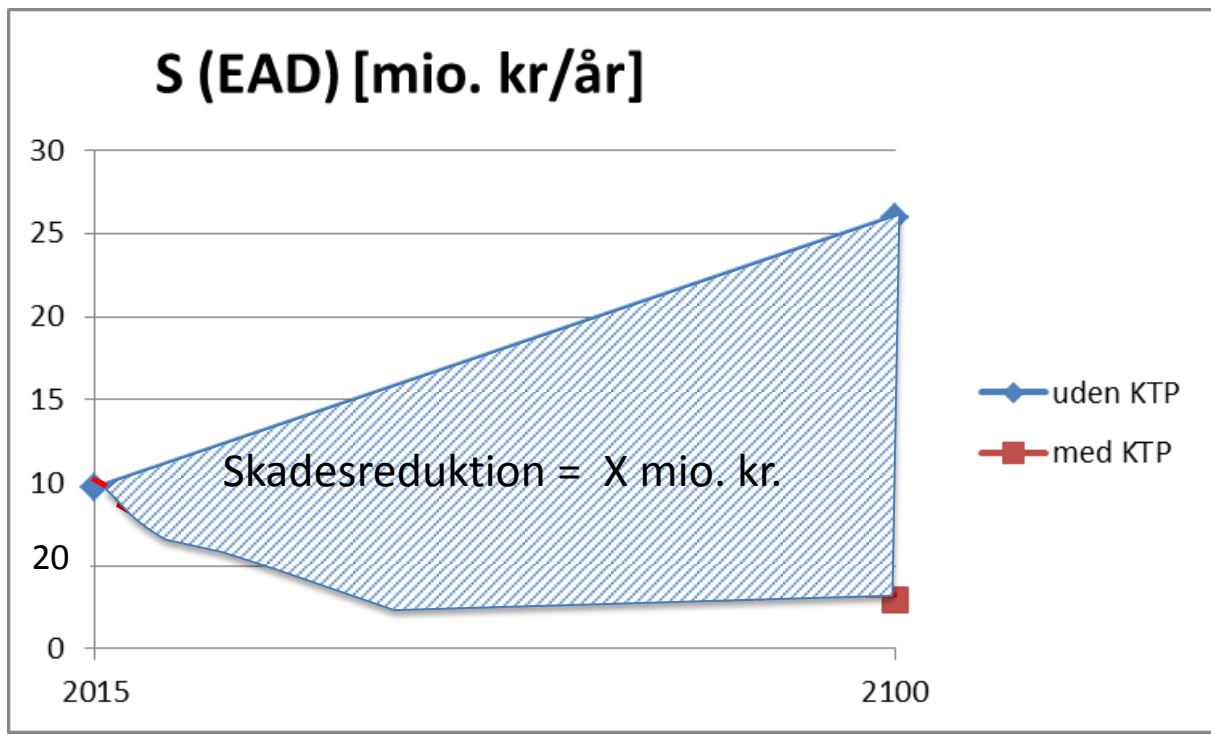
- Læg strategi for anlægsinvestering (pluk de lavthængende frugter) – beregn anlæg og drift i nutidsværdi
- Beregn nutidsværdi af skadesreduktion (diskonteringsrente 3%)



Traditionel løsning er meget dyr!  
 Analysen viser: at det "må koste" X mio. kr. svarende til Y mio. kr. i anlæg.  
 Traditionel løsning 477 mio. kr

# Optimer

- Find på mere effektive løsninger end de traditionelle! Billigere anlæg for samme skadesreduktion
- Skadesværdier for historisk centrum skal måske værdisættes højere (?)



Traditionel løsning er meget dyr!  
 Analysen viser: at det "må koste" X mio. kr. svarende til Y mio. kr. i anlæg.  
 Hvilket niveau kan man nå med den investering?  
Optimer løsninger.

# Eksemplets magts er stor!

## Anbefalinger til metoder som skal støtte beslutninger om dette funktionskrav – på tre måder

### Kommunalt

- A. Funktionskrav for vand på terræn defineres på samme måde som funktionskrav for afløbssystemer. Funktionskravet kan f.eks. være fastlagt ud fra en overordnet analyse af hele kommunens risiko i forbindelse med oversvømmelse – gælder for hele kommunen
  - F.eks. 10 cm vand på terræn én gang hvert 100. år
- B. Funktionskrav for vand på terræn, som er defineret ud fra risikobaseret dimensionering – kan give forskellige gentagelsesperioder for forskellige arealanvendelser (hvor stor må den årlige skade være) f.eks.:
  - max 5 cm vanddybde på terræn hvert 10000. år for hospitaler og UNESCO verdensarvsliste
  - max 10 cm vanddybde på terræn hvert 100. år i boligområder
  - max 20 cm vanddybde på terræn hvert 30. år i kolonihaver

### Lokalt (lokal skærpelse af serviceniveau)

- C. Funktionskrav er angivet i form af minimale gentagelsesperioder for skadevoldende hændelser suppleret med lokale funktionskrav defineret ud fra et ønske om samfundsøkonomisk optimering, f.eks.: **Ud over Skrift 27 anvendes økonomisk optimering ved klimatilpasning af deloplande. For hvert delopland anvendes et funktionskrav baseret på hvad der kan betale sig (samfundsøkonomisk analyse CBA)**
  - Minimum som i skrift 27 & Balance mellem skadesreduktion og omkostning til tiltag for at opnå skadesreduktionen i et specifikt område

KBH

Helsingør

Århus,  
Greve



# Metode C

- Klimatilpasning (skrift 27)
- Hvad kan så mere betale sig...

Birkedalen i Greve - Andreas

Århus - Gitte

Harrestrup Å - Helene

# Afslutning

- Skriftet skal skrives bedre og der skal tilføjes eksempler før det er godkendt
- Mange gode eksempler kommer til – regnudvalget vil forsøge at holde styr på nye eksempler som kan lægges i eksempel-katalog
- Kan I forestille jer at dette kan danne beslutningsgrundlag for klimatilpasning og skybrudssikring hos jer?