

Samfundsøkonomiske beregninger for fastsættelse af serviceniveau for vandoplandet til Østbanetorvet

Teknisk Dokumentation

21. oktober 2024

Udarbejdet af:

EnviDan A/S

Søren Højmark Rasmussen

E-mail: shr@envidan.dk

Direkte tlf.: 26773765

Projektnavn: Østbanetorvet Fase 2

Projektnr.: 1223308-10

Kvalitetssikring: Martin Hyllegaard Madsen

Side 1 af 38

EnviDan

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	3
2.	Resume	3
3.	Vandoplandet	4
4.	Trin 1: Udarbejdelse af oversvømmelses- og værdikort	8
4.1	Oversvømmelseskortlægning.....	8
4.1.1	Ledningssystemets kapacitet	9
4.2	Værdikort.....	11
4.2.1	Enhedspriser	11
4.2.2	Enheder, datagrundlag	11
5.	Trin 2: Risikokortlægning.....	14
6.	Trin 3: Gennemsnitlig årlig skadesomkostning (EAD)	16
7.	Trin 4: Løsningstiltag og opgørelse af omkostninger.....	19
7.1	Løsningstiltag	19
7.2	Oversvømmelseskort og risikokort for klimatilpasset vandopland	27
8.	Trin 5: Opgørelse af gevinst ved klimatilpasning	34
9.	Trin 6: Beregning af netto nutidsværdi	35
10.	Følsomhedsanalyse	36
11.	Fortolkning af resultater og fastsættelse af serviceniveau	38

Bilagsliste

Bilag A: Kort som pdf-filer med lag, bemærk ikke alle lag er initialt synlige:

- A1 - Oversvømmelse Status, privat vand
- A2 - Oversvømmelse, Risiko, Status
- A3 - Værdikort
- A4 - Oversvømmelse, Risiko, Ter01-SN30
- A5 - Oversvømmelse, Risiko, Ter02-SN40
- A6 - Oversvømmelse, Risiko, Ter03-SN40

Bilag B: Løsningstiltag, forudsætninger og uddybning

1. Indledning

Denne rapport beskriver forudsætninger og beregningerne som ligger bag tillæg til Spildevandsplanen for fastsættelse af serviceniveau for tag- og overfladevand for vandoplandet til Østbanetorvet Aarhus.

Forudsætninger er fastsat i samarbejde mellem Aarhus Kommune, Aarhus Vand og EnviDan. Den anvendte metode er beskrevet i følgende dokumenter:

- Serviceniveaubekendtgørelse: BEK. nr. 2276 af 29/12/2020
- Vejledning om fastsættelse af serviceniveau for tag- og overfladevand efter den samfundsøkonomiske metode i serviceniveaubekendtgørelsen Bek. nr. 2276 af 29/12/20

2. Resume

I forbindelse med ønsket om at byforskønne og trafiksanere kvarteret omkring Østbanetorvet i det centrale Aarhus indtænkes klimatilpasning for at opnå synergieffekter efter Serviceniveaubekendtgørelsen.

Vandoplandet for Østbanetorvet er beskrevet ud fra de lokale topografiske forhold, samt mindre tilpasninger efter andre planlægningsmæssige grænser herunder kloakoplande eller arealanvendelse. Vandoplandet er baseret på oplandet til hovedstrømningsvejen langs Randersvej og Nørrebrogade, samt det topografiske opland til Østbanetorvet. Vandoplandet for Trøjborg nord for projektområdet forventes klimatilpasset på et senere tidspunkt, formentlig i forbindelse med den planlagte separering, og medtages derfor ikke.

Der er udarbejdet hydrodynamisk oversvømmelseskortlægning for status forhold og 3 plan-løsningsforslag ved beregningsmetoden som benyttes til skybrudsmodellering i Aarhus Kommune. Kapaciteten af ledningssystemet i området er verificeret ved modtaget 1D-model fra Aarhus Vand.

På baggrund af opdaterede 2024-skadesværdier for bygnings- og infrastrukturskader er der udarbejdet et værdikort. Værdikortet kobles med oversvømmelseskortene til en risikokortlægning og EAD-opgørelse for de undersøgte scenarier.

De undersøgte løsningstiltag er fundet i samarbejde med Aarhus Kommune og Aarhus Vand. De forventede anlægsudgifter for scenarierne er mellem 0 - 10 mio. kr. På denne baggrund er det valgt at undersøge to serviceniveauer T=30 og T=40, jf. trappemodellen i Serviceniveaubekendtgørelsen. For hvert af de 2 serviceniveauer er der opsat to forskellige løsningsforslag; et forslag hvor skybrudsvandet håndteres på terræn og et hvor det håndteres i rør. De undersøgte løsningsforslag er desuden analyseret for, at de på bygningsniveau ikke medvirker til forværring af eksisterende serviceniveau.

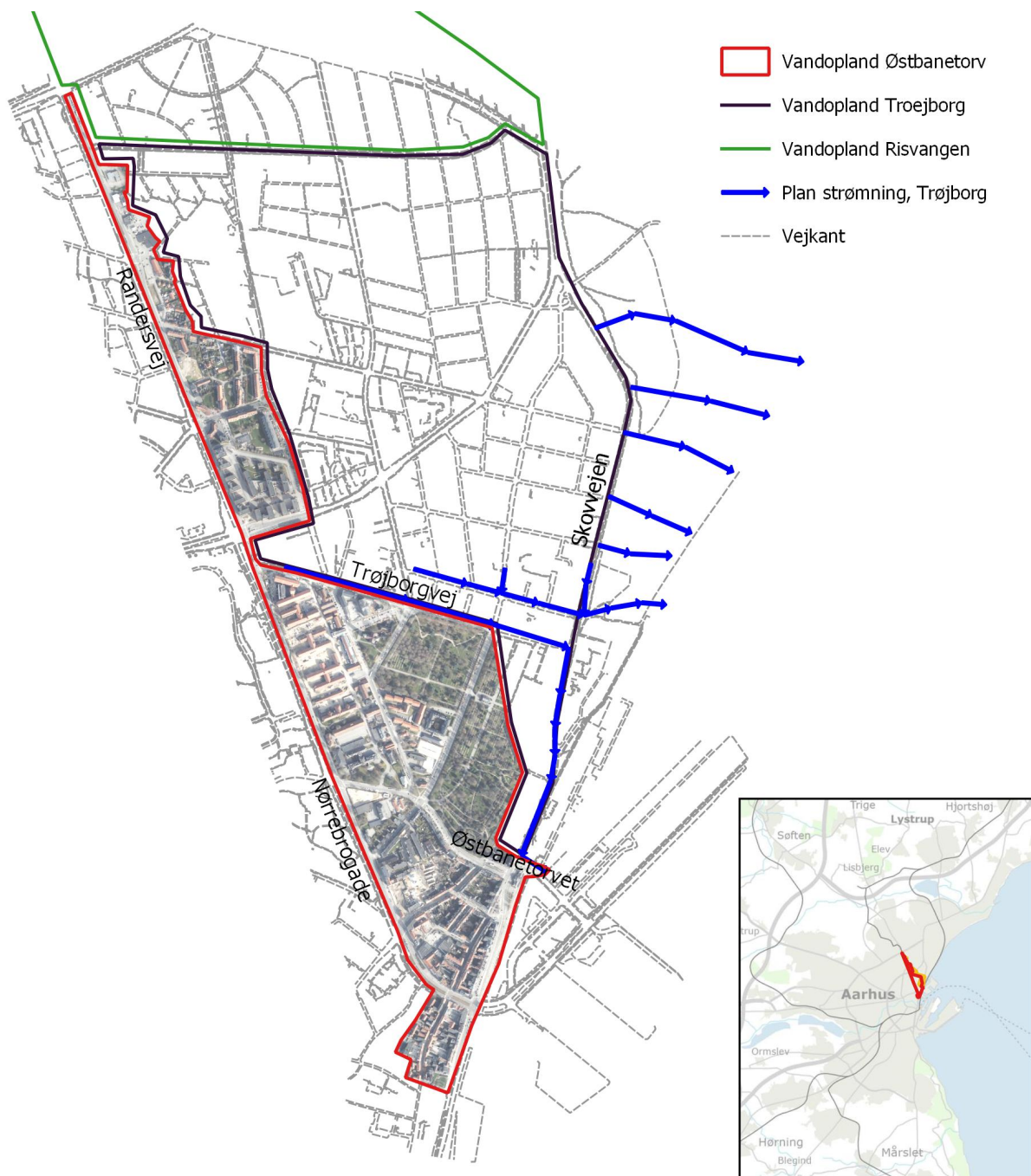
Ved CBA for de undersøgte løsningsforslag er scenariet "Ter3-SN40" fundet som det der giver den største samfundsøkonomiske gevinst på 3,4 mio. kr. Scenariet er baseret på tiltag på terræn til justering af strømningsveje, anlæg af åbne bassiner til forsinkelse samt enkelte rør og riste. Scenariet sikrer et serviceniveau på 40 år for vandopland Østbanetorvet.

3. Vandoplandet

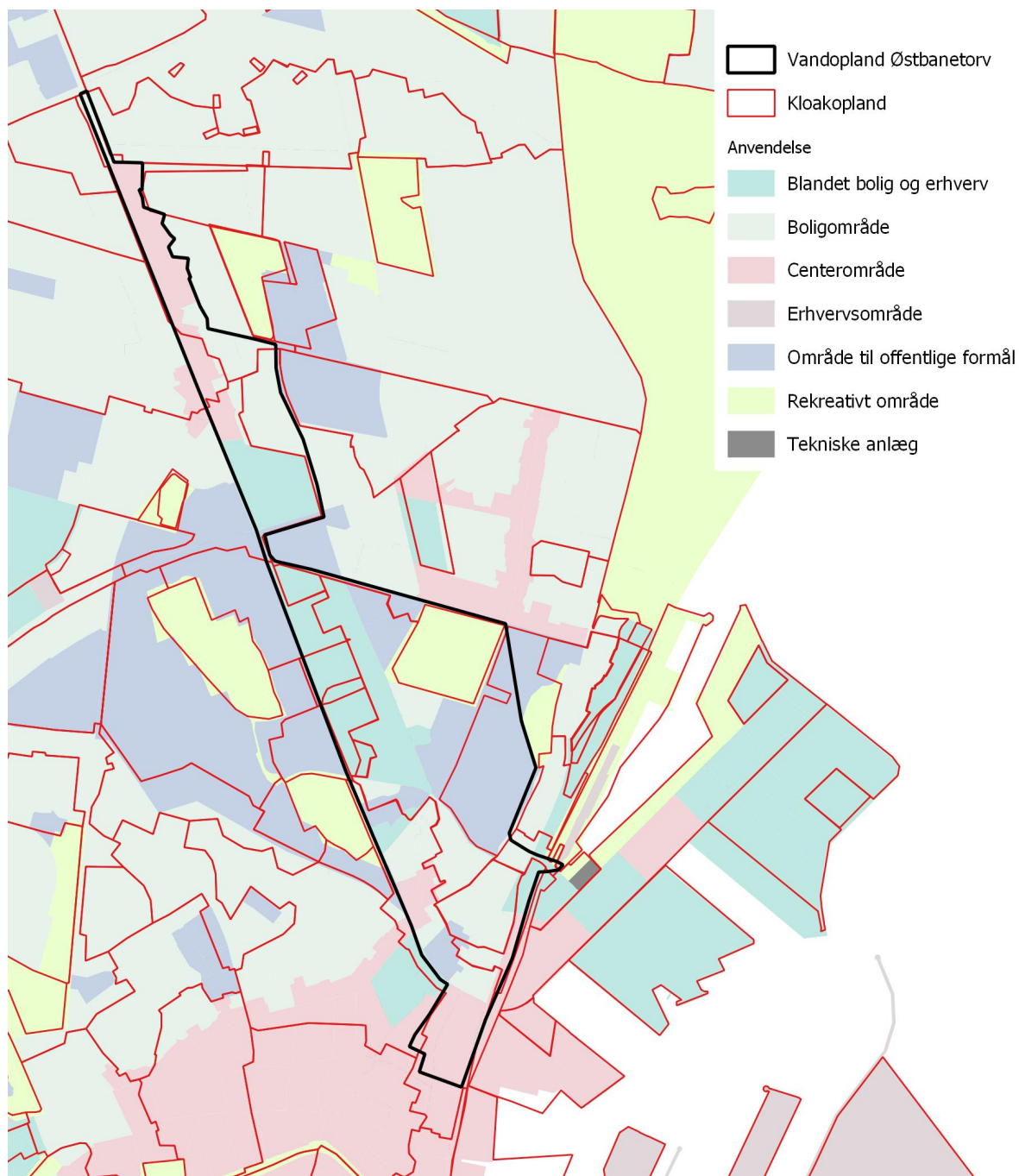
Oplandsafgrænsningen er baseret på strømninger på terræn ved en 100 års regnhændelse fra den kommunale kortlægning af oversvømmelser og strømningsveje. Østbanetorvet ligger mellem to større strømningsveje, Figur 3-1. Mod vest går en strømning ned ad Randersvej og Nørrebrogade til Nørreport. Mod øst er der strømning fra Risvang Allé ned ad Skovvejen. Øverst mod nord i det topografiske opland findes Risvangen. Risvangen er et område som tidligere er blevet klimatilpasset, og derfor kan håndtere skybrudsvand lokalt. Det øvrige opland er det valgt at opdele i to vandoplande; Østbanetorv og Trøjborg. Strømningen på Randersvej og Nørrebrogade vil kunne drejes ind ad Nørre Boulevard til Østbanetorvet, for herved at reducere skader ved Nørreport og Nørrebrogade. Området nord for Trøjborgvej strømmer hovedsagligt til Skovvejen. Der er planlagt at der udføres klimatiltag i fremtiden der vil ændre på strømningen fra Trøjborg, og aflede denne ud mod Aarhus Bugt, Figur 3-1. Trøjborgvej vil således i fremtiden udgøre et vandskel, så der ikke vil ske strømning herfra mod Østbanetorvet. Dette medfører, at når tiltagene i Trøjborg er implementeret, forventes det ikke at afledningen fra Østbanetorvet vil møde vand fra Trøjborg på Skovvejen. I den sydøstlige del af vandoplandet til Østbanetorvet er afgrænsningen ved den åbne kanal ved havnen.

Nord for Trøjborgvej findes et område langs Randersvej som har naturligt fald mod Randersvej, dette er derfor valgt at være en del af vandoplandet til Østbanetorvet. En stor del af dette område langs Randersvej er centerområde, Figur 3-2. Hvorimod det meste af Trøjborg vandoplandet er boligområde. Vandoplandet til Østbanetorvet er mere blandet erhverv, bolig og offentlige formål.

Topografisk, strømningsmæssigt og arealanvendelsesmæssig giver det derfor mening af definere et delområde af det totale topografiske opland til at hæve serviceniveauet. Vandoplandet for Østbanetorvet er ca. 70 ha. For den nordlige del langs Randersvej er der enkle mindre afvigelser fra den topografiske oplandsgrænse på steder hvor kloakoplands- eller arealanvendelsesgrænserne ligger tæt ved.



Figur 3-1. Vandopland, luftfoto, GeoDanmark 2021.



Figur 3-2. Vandopland, arealanvendelse og kloakoplande.

Universitetsbyen byfornyes pt., det forventes at udførelsen følger bygningsreglementet med terrænfald væk fra bygningerne som klimatilpasning. Derfor er terrænet i modellen tilpasset således at der er jævnt fald mod vejene, og hermed ingen skader fra oversvømmelser i delområdet, Figur 3-3. Skybrudsvandet håndteres derfor ikke i boligområdet, men forventes ledt til vejearealer, og skal derfor håndteres nedstrøms.



Figur 3-3. Tilpasset højdemodel for Universitetsbyen.

4. Trin 1: Udarbejdelse af oversvømmelses- og værdikort

4.1 Oversvømmelseskortlægning

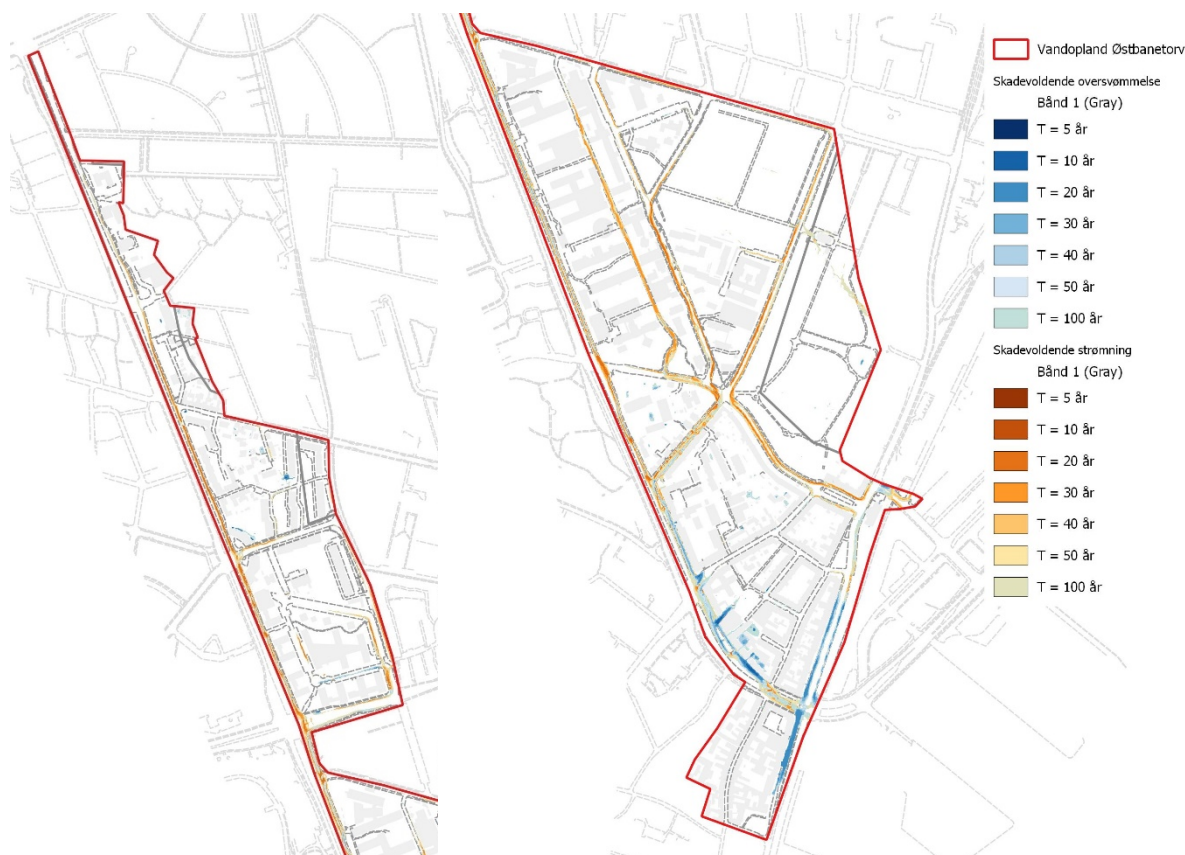
De beregnede hydrodynamiske oversvømmelseskort er lavet efter samme metodik som den Kommunale oversvømmelseskortlægning for Aarhus. Der er benyttet Mike 21 FM, som er en 2D-overflade-model, hvor afløbssystemets kapacitet er indlagt som en fast infiltration. Infiltrationskapaciteten er en gennemsnitsværdi fra tidligere følsomhedsanalyser, gennemført på ledningssystem i MIKE Urban 1D rørmodel. Formålet med følsomhedsanalysen er at fastsætte et fradrag som ledningssystemet kan "suge distribueret" under simuleringen. Infiltrationen for fælleskloakerede oplande i Trøjborg og ved Østbanetorvet er 10 um/s, for universitetsbyen er den sat til 15 um/s da det er et nyseparet område, endelig er den fastsat til 20 um/s for Risvangen som er et klimatilpasset område. Infiltrationen på grønne arealer er fastsat til 1 mm/min. Opløsningen på terrænmodellen i beregningerne er 80 x 80 cm.

Metoden baserer sig derfor på en fuldt dynamisk hydraulisk model til beregning af strømninger på terræn. Denne er koblet med rørmodel ved et fratræk fra befæstede flader, på samme måde som der foretages fratræk fra grønne arealer. Der laves desuden kontrolberegninger med rørmodel for at sikre den bedst mulige simulering af de faktiske forhold, se afsnit 4.1.1.

Der er anvendt CDS regn med gentagelsesperioderne: 5, 10, 20, 30, 40, 50, og 100.

Det er ikke alle skader det offentlige kan afhjælpe med tiltag. Regn som falder i private haver eller baggårde, og som giver anledning til skader på private bygninger uden at vandet har strømmet forbi offentligt areal, kan det offentlige ikke håndtere. Tiltag for dette "private" vand er på privat areal, hvorfor eventuelle tiltag skal udføres af de private. De private må gerne lede vandet til en offentlige vej, hvor forsyningen har mulighed for at håndtere vandet. Beregningsresultaterne er gennemgået for strømninger på hhv. offentlige og private arealer, porte er desuden tilføjet terrænmodellen. Oversvømmelser på private arealer, der alene er opstået fra vand der afstrømmer fra private marktrikler, er taget ud af oversvømmelseskortene. Dette er valgt efter en gennemgang af beregningsresultatet der viser at der ikke findes betydende mængder af vand på privat areal. Oversvømmelseskortene til analysen indeholder således kun oversvømmelser som det offentlig har ansvar for og kan gøre noget ved. Der anvendes samme visning af oversvømmelser i status- og planscenarierne. På bilagstegning A1 ses en optegning af de områder med skader som skyldes regn som er faldet på private arealer, samt skader pga. identificerede fejl i højdemodellen. Disse områder udtages som nævnt fra skadesberegningen, så analysen kun foretages på skader som er reelle og relevante ift. offentligt areal.

Fra beregningerne fås maksimale vanddybde og strømning på terræn, Figur 4-1. Figuren viser den først beregnede gentagelsesperiode hvor hhv. dybden og strømmingen kommer over de kritiske skadevoldende størrelser, hhv. 10 cm og 25 l/s/m. Der skal være 3 eller flere skadevoldende beregningsceller pr. bygning før bygningen bliver skadet.



Figur 4-1. Status oversvømmelseskort. Tv. nordlige delområde og Th. sydlig (ses i stort format på Bilag A1).

4.1.1 Ledningssystemets kapacitet

For at verificere den antagne ledningskapacitet på 10 $\mu\text{m/s}$ er rørmodellen kørt med CDS regn med 20 års gentagelsesperiode, hvor al nedbør over 10 $\mu\text{m/s}$ er fjernet. Brønde i modellen er sat til "spilling", hvilket betyder at hvis vandet i brønde stuver op vil det løbe af på overfalden og dermed forsvinde fra modellen. Beregningen viser hvor kloakken ikke kan håndtere 10 $\mu\text{m/s}$. For disse brønde summeres vandmængden fra spilling gennem simuleringen, hvilket er den yderlige mængde der bør tages højde for i oversvømmelseskortlægningen, Figur 4-2. Simuleringen viste særligt én opstuvning på 39 m^3 på Nørrebrogade. Dette vand vil i virkeligheden strømme ned ad Nørrebrogade til Nørreport, hvor 2D overfladeberegningen ligeledes viser oversvømmelse. Ved Nørreport er der en større regnvandsledning. I modellen er der indlagt overløb fra fællesbrønden med opstuvning til regnvandsledningen (blå pil på figuren), hvorved opstuvningen helt forsvinder. Dette sker da beregningen viser, at regnvandsledningen har ledig kapacitet når den belastes med op til 10 $\mu\text{m/s}$. Samlet har ledningssystemet i vandoplandet til Østbanetorvet derfor en kapacitet på 10 $\mu\text{m/s}$. Der er ikke andre væsentlige opstuvninger indenfor vandoplandet.



Figur 4-2. Kloakkens kapacitet, opstuvningsvolumen ved antaget 10 m μ /s.

4.2 Værdikort

4.2.1 Enhedspriser

Der tages udgangspunkt i de nationale skadesværdier, Tabel 4-1. Det er valgt ikke at skelne mellem bygninger med og uden kældere, alle bygninger antages uden kældere. Dette er gjort ud fra lighedsprincip og usikkerhed om hvorvidt hver enkel bygning bliver påvirket i kælder, stueplan eller måske begge steder.

De nationale værdier er enheden for "erhverv og offentlig" pris pr. virksomhed. Det er valgt at benytte enhedsværdi på 2.095 kr./m² (pris-år 2021). Dermed vægtes erhverv og offentlige bebyggelseskader efter bygningens størrelse. Enhedsprisen kommer fra Region Midts Coast2Coast-projekt.

Tabel 4-1. Nationale skadesværdier, prisår 2021.

Kategori	Forhold	Beskrivelse	Enhed	Pris
Bebyggelse	Privat	Oversvømmelse af kældere	kr./m ² kældere	578
Bebyggelse	Privat	Oversvømmelse af stueetage	kr./m ² stueetage	1.257
Bebyggelse	Erhverv og offentligt	Bygningsskade	kr./virksomhed	238.418
Bebyggelse	Erhverv og offentligt	Drifts-/produktionstab	kr./virksomhed	181.651
Bebyggelse	Erhverv og offentligt	Tab af løsøre	kr./virksomhed	153.268
Infrastruktur og trafik		Oprydning	kr./m ²	3

Tabel 4-2. Anvendte skadesværdier.

Kategori	Beskrivelse	Pris (år 2021)	Pris (år 2024)	Enhed
Bebyggelse	Privat, bolig	1.257	1.398	kr./m ²
Bebyggelse	Erhverv og offentligt	2.095	2.331	kr./m ²
Infrastruktur og trafik	Oprydning	3	3,34	kr./m ²

Enhedspriser er prisindex fremskrevet til 2024 (2021 = 7.260, 2023 = 8.077, indexfaktor 1,11, <https://www.statistikbanken.dk/PRIS8>).

4.2.2 Enheder, datagrundlag

Datagrundlag for "Bebyggelse" er GeoDanmark bygninger. Opdeling i "Privat" bolig og "Erhverv og offentligt" er på baggrund af BBR. Fra SCALGO Live kan GeoDanmark bygninger hentes med tilhørende BBR-oplysninger. I BBR findes oplysninger om anvendt areal til bolig og erhverv. Det antages at erhvervsarealet findes først i stueetagen, så hvis der er mere erhvervsareal end bygningens fodaftryk, da er hele bygningen erhverv. Hvis der er mindre, beregnes en arealvægtet enhedspris:

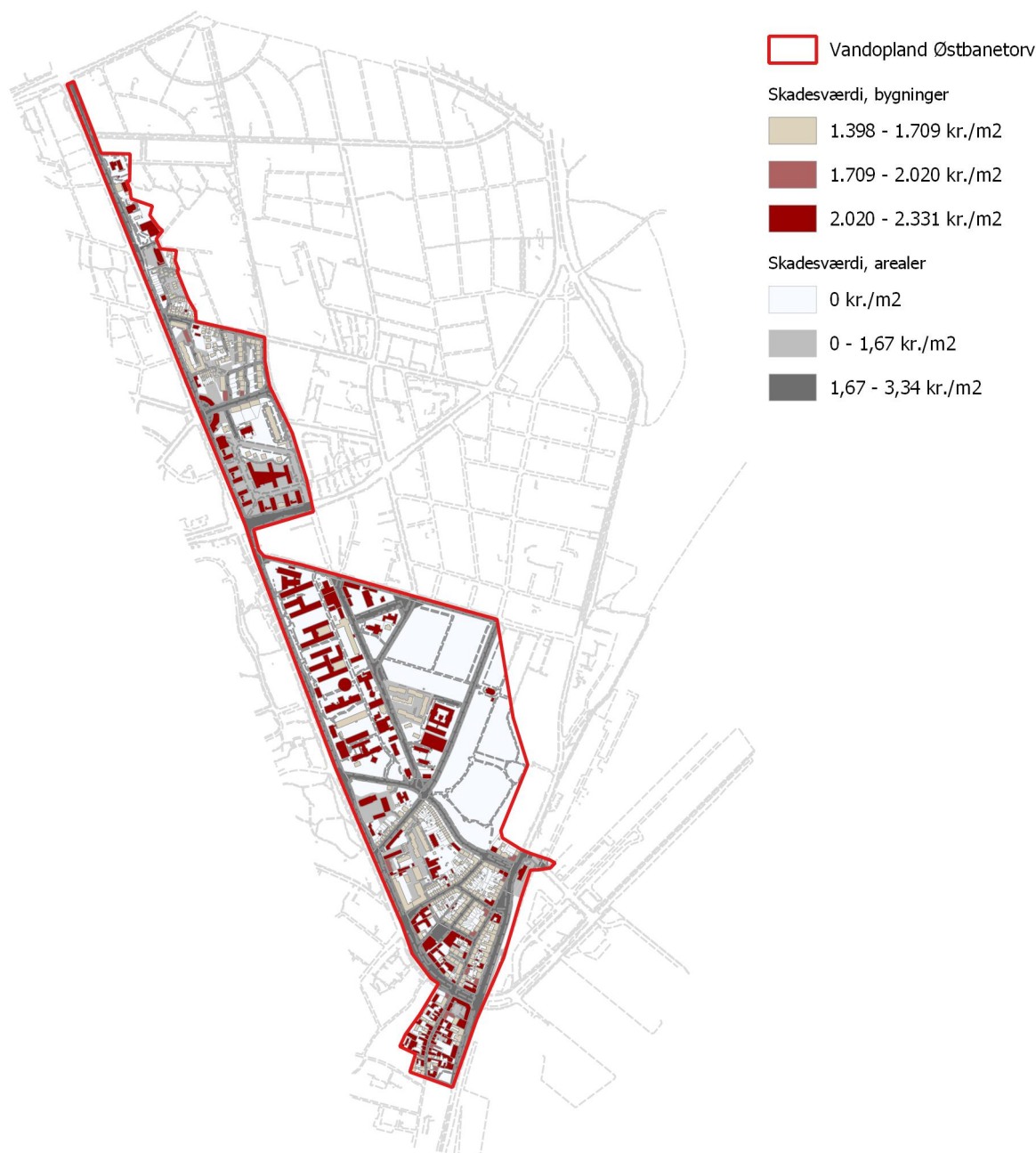
Vægtet enhedspris =

$$\frac{\text{Erhvervsareal}}{\text{fodaftrek}} * \text{erhvervenhedspris} + \frac{\text{fodaftrek} - \text{erhvervsareal}}{\text{fodaftrek}} * \text{privatenhedspris}$$

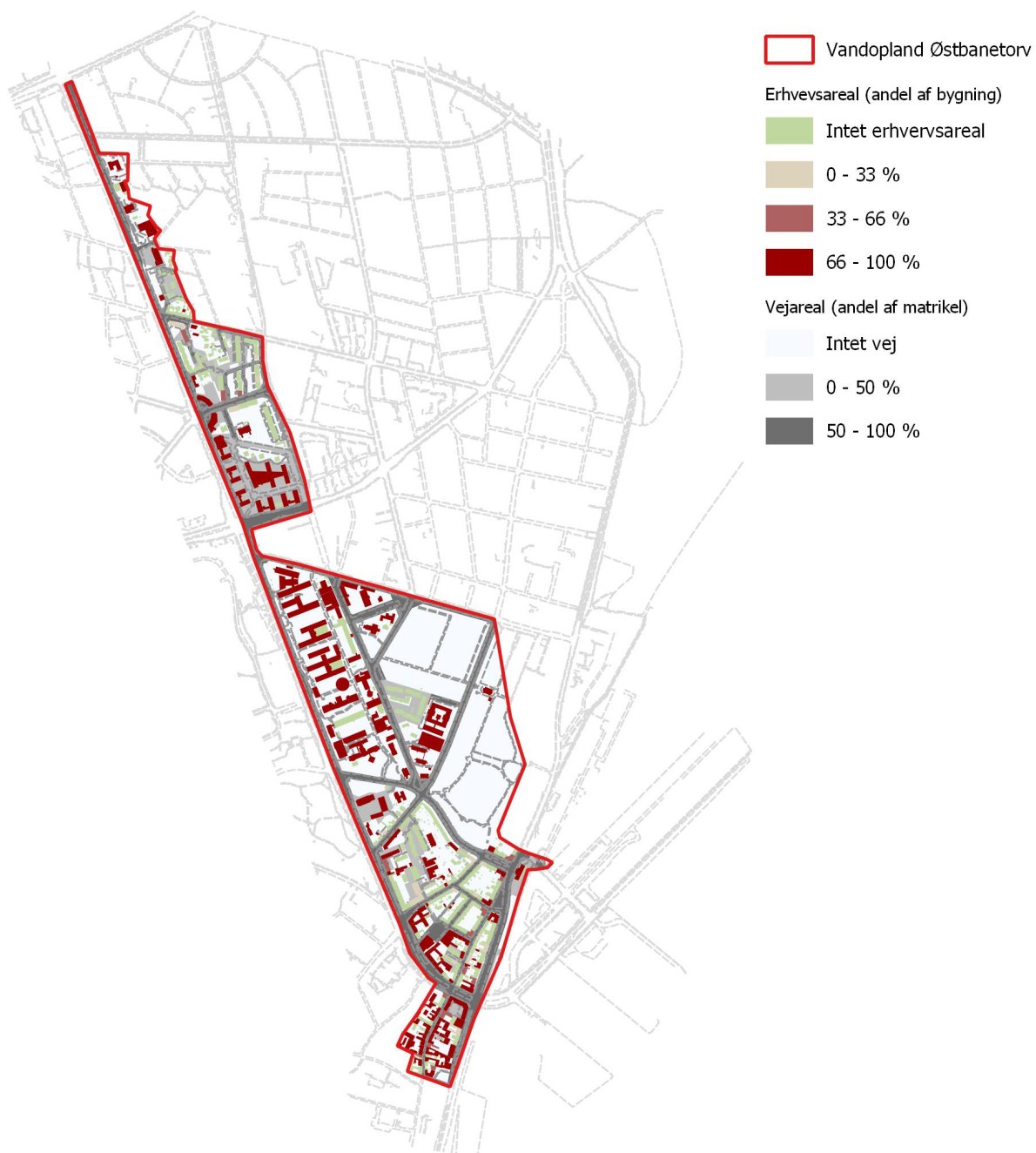
Denne metode er valgt frem for BBR anvendelseskode. Anvendelseskoden er hovedanvendelsen for bygningen. Det betyder at en bygning med erhverv i stueetagen og flere etager beboelse oven over

vil få anvendelseskode som beboelse. I værdikortet er det væsentlig hvad der findes i stueetagen. For området omkring Østbanetorvet findes der etageejendomme med butikker eller andet erhverv stueetagen, og beboelse i etagerne over. Bygninger uden BBR-oplysninger sættes til enhedspris som "Privat" beboelse.

Datagrundlag for "Infrastruktur og trafik" er matrikelkortet. For hvert jordstykke i matrikelkortet er der angivet et registreret vejareal. Vejareal i forhold til jordstykkets areal anvendes til at beregne en vægtet enhedspris, vejareal har enhedsprisen 3 kr./m² og øvrige ingen pris. Figur 4-3 viser værdikort med vægtede enhedspriser. Figur 4-4 viser andel for hhv. erhvervsarealer og vejarealer.



Figur 4-3. Værdikort, prisindex fremskrevet til år 2024. Skadesværdierne er arealvægtet efter hhv. bygningens andel af erhvervsareal og matriklernes vejareal (ses i stort format på Bilag A3).

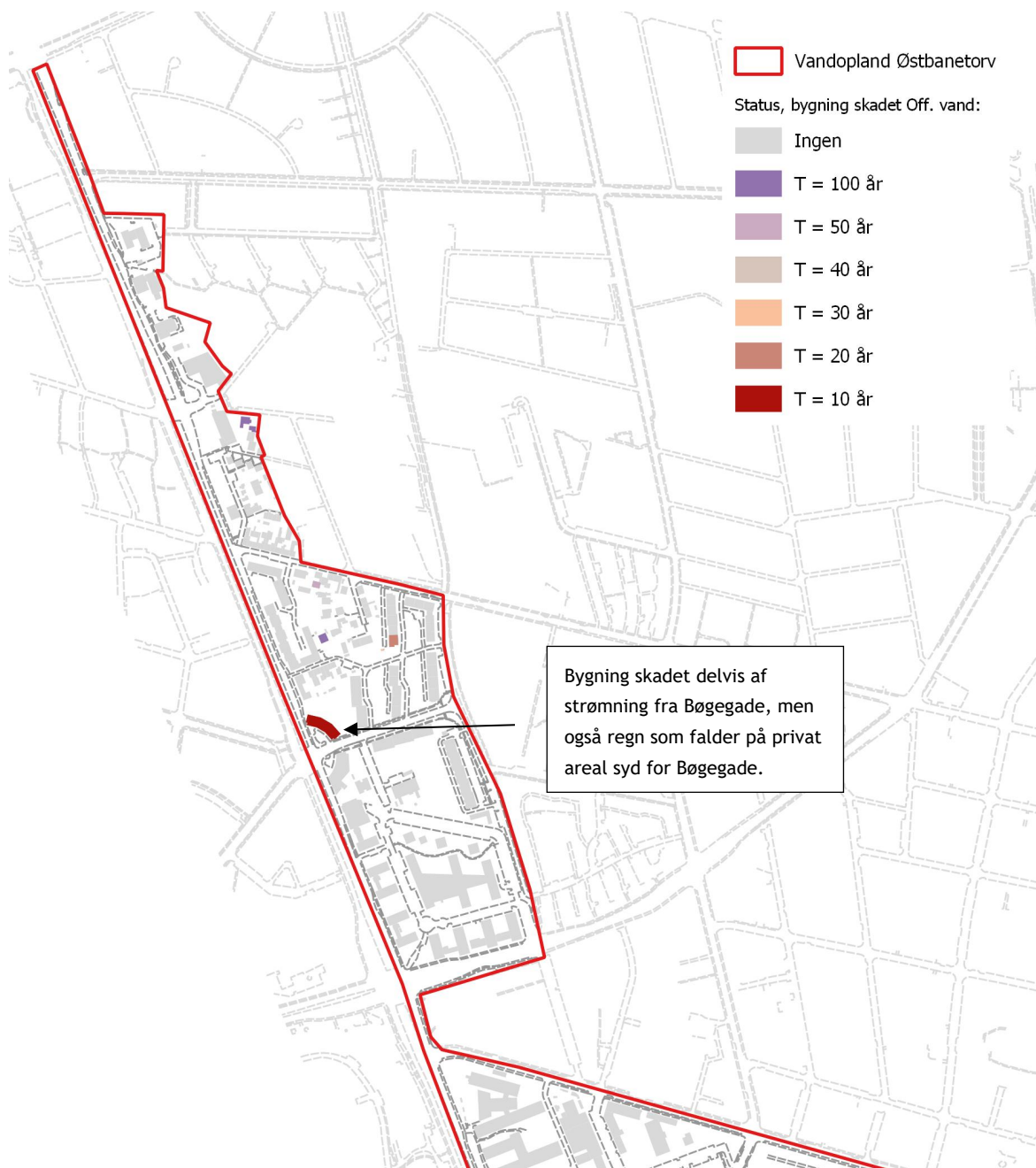


Figur 4-4. Andel af erhvevsarealer for bygninger og andel af vejareal for matrikler (ses i stort format på Bilag A3).

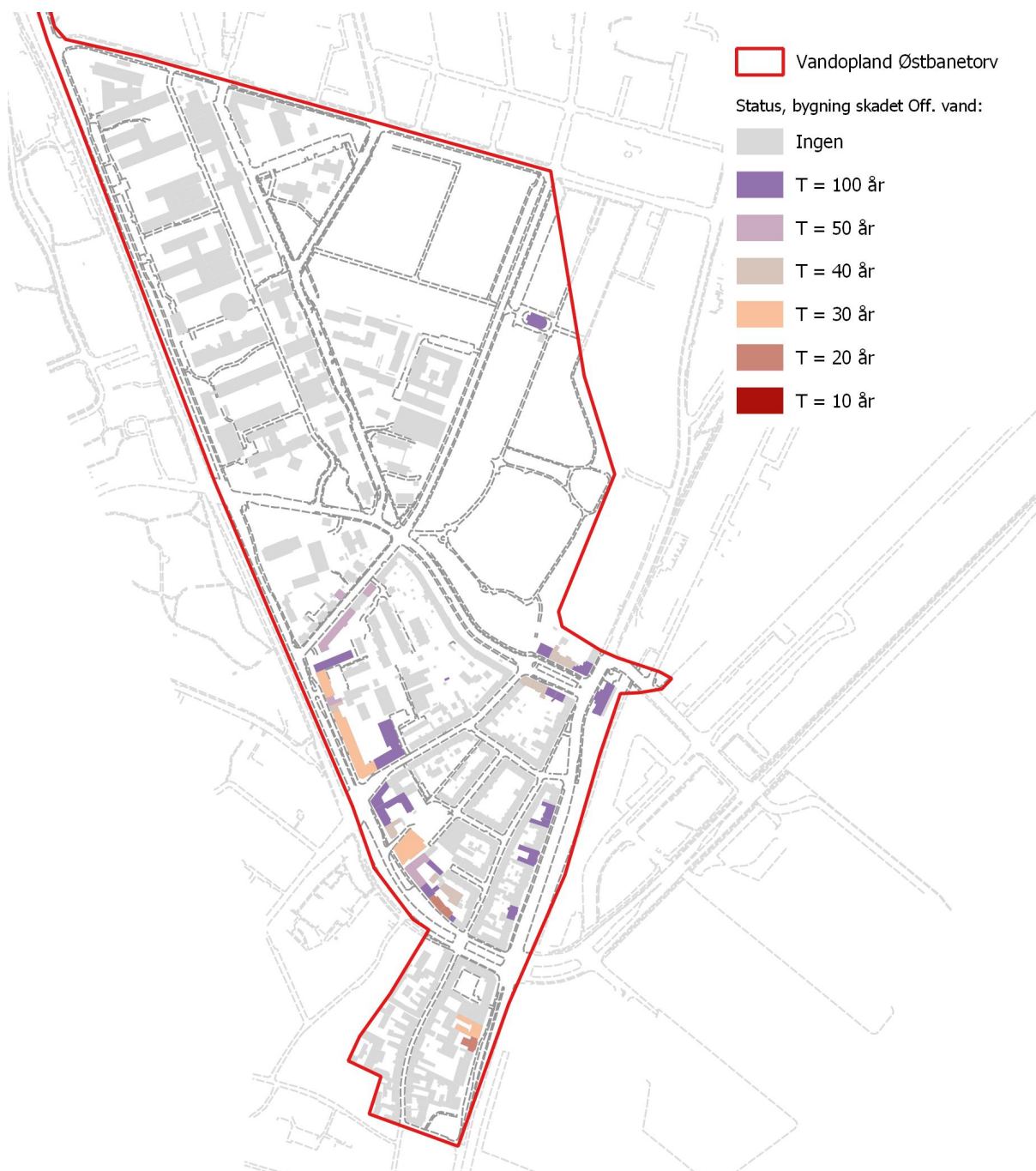
5. Trin 2: Risikokortlægning

Risikokortet kombinerer oversvømmelseskortene for alle beregnede gentagelsesperioder med værdikortet. For at give et overblik over kritiske gentagelsesperioder, er der lavet et kort med den laveste gentagelsesperiode som giver anledning til skade på hver bygning, Figur 5-1 og Figur 5-2. Risikokortet viser kun skader fra vand fra offentlige arealer, som det offentlige kan afhjælpe.

På Figur 5-1 er udpeget én bygning som skades af en oversvømmelse hvortil der tilstrømmer vand fra både offentligt- og privat areal. Denne bygning vil derfor kun delvist kunne klimasikres ved offentlige klimatiltag, tiltaget fremgår i afsnit 7. Dog ser det ud til pr. september 2024 at Bøgegade på dette stykke er privat, hvorfor tiltaget muligvis helt kan udgå.



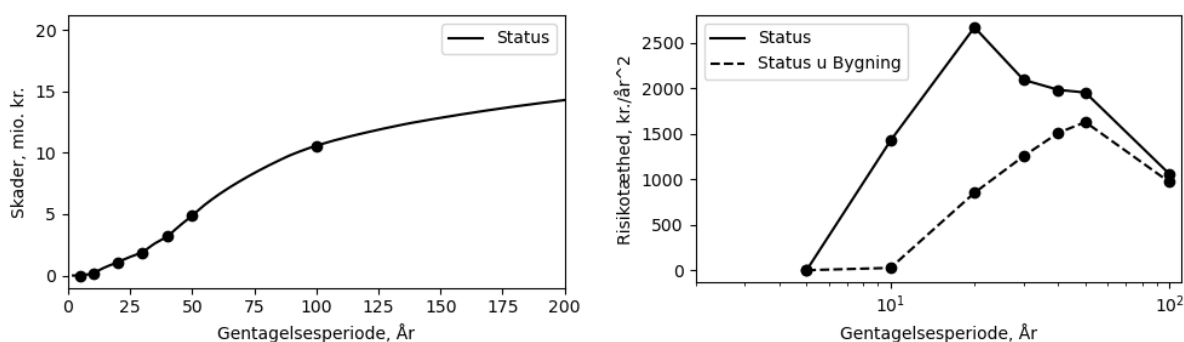
Figur 5-1. Laveste gentagelsesperiode som bygningen skades ved af vand fra offentlige arealer, nordlige delområde (ses i stort format på Bilag A2).



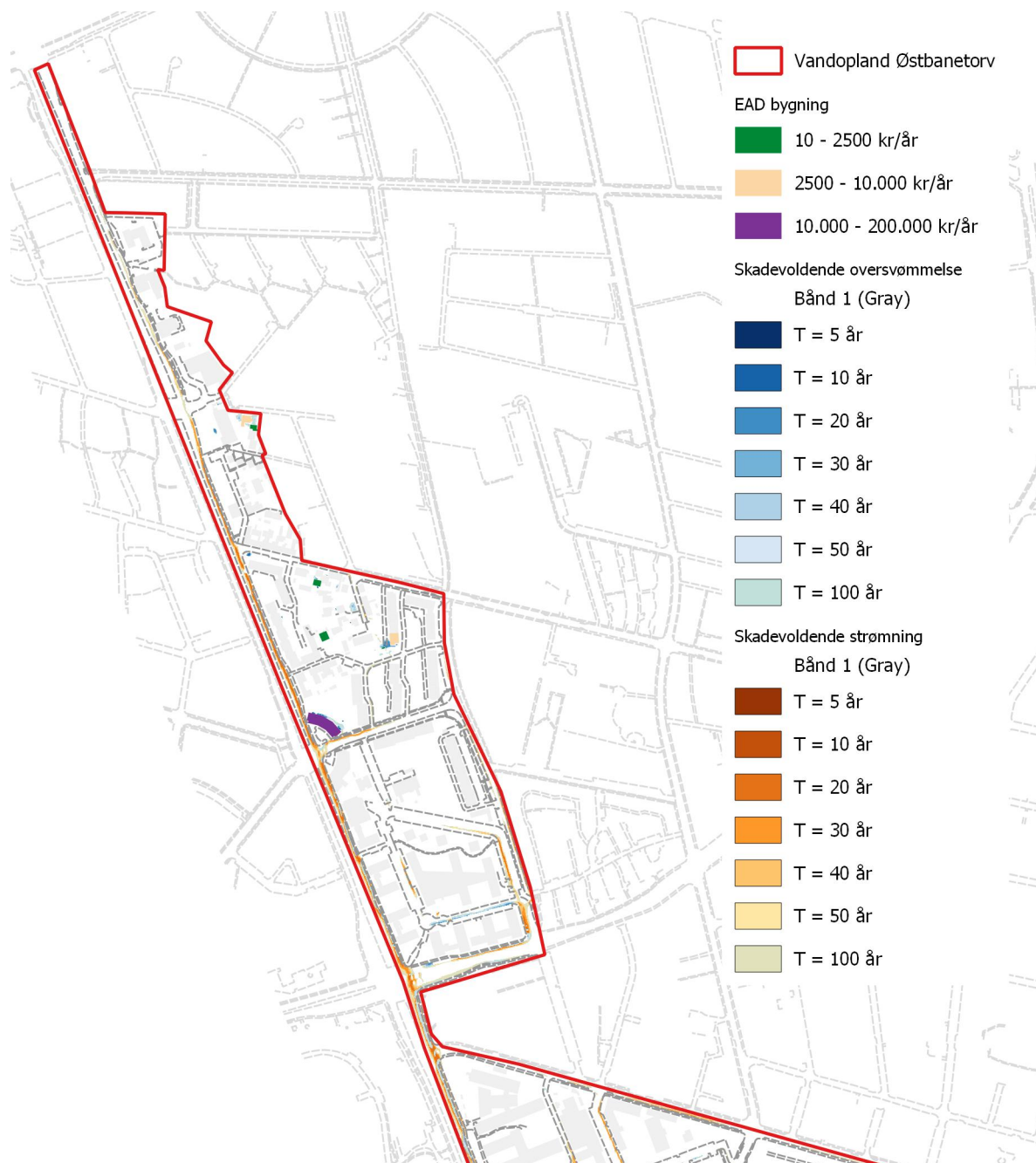
Figur 5-2. Laveste gentagelsesperiode som bygningen skades ved af vand fra offentlige arealer, sydlige delområde (ses i stort format på Bilag A2).

6. Trin 3: Gennemsnitlig årlig skadesomkostning (EAD)

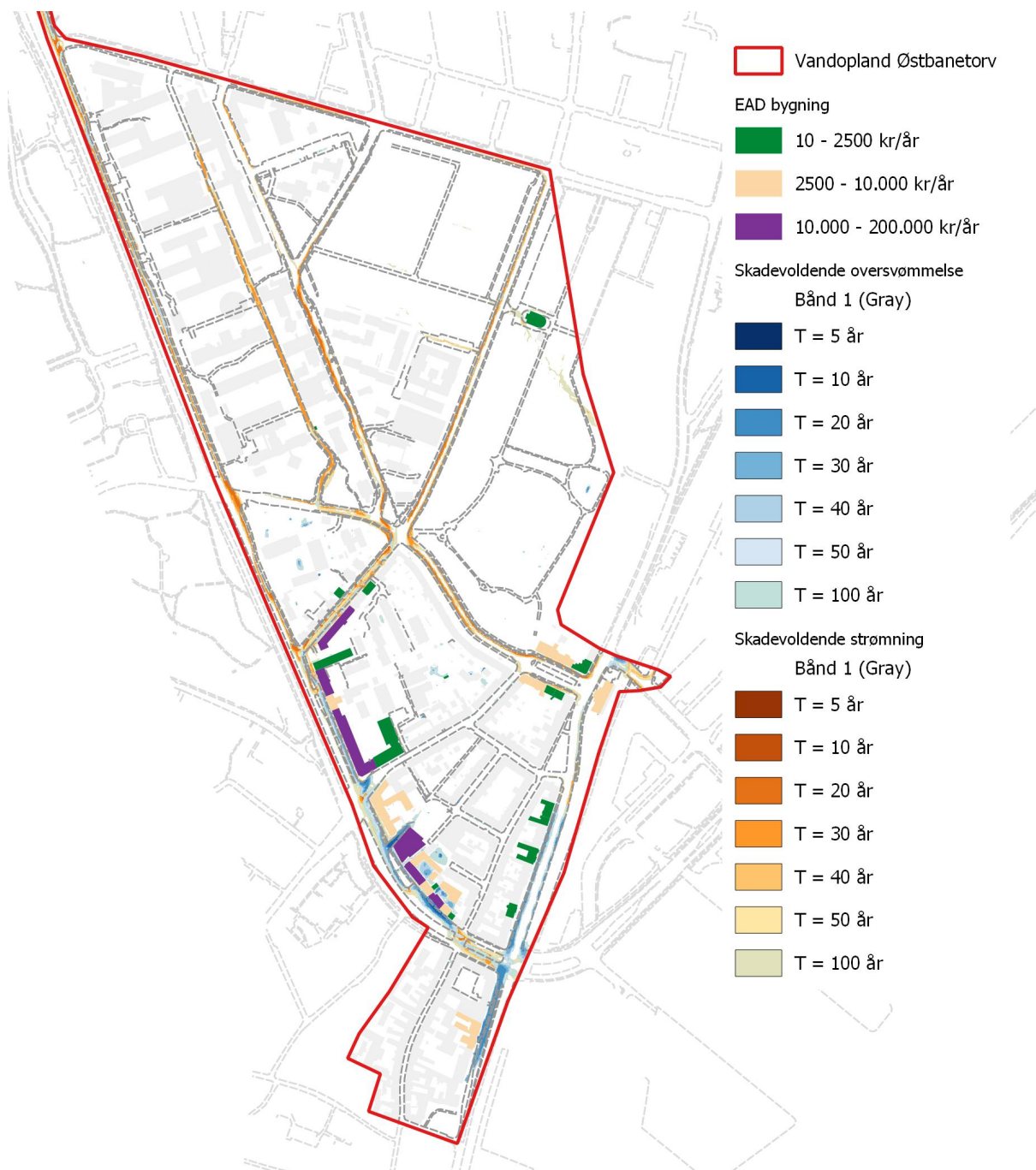
Skadesomkostningerne for hver bygning og for matrikel med skadet vejareal opgøres for hver gentagelsesperiode. Summen af skader for hver gentagelsesperiode giver skadeskurven og risikotæthedskurven for vandoplandet, Figur 6-1. Der er kun medtaget bygninger som er skadet af vand fra offentlige arealer. Risikotæthedskurven er vist med og uden den ene bygning i det nordlige delområde som delvis er skadet af vand fra offentlige areal, da den har stor indflydelse. Risikokort med EAD kan ses på Figur 6-3. Skader på vejarealer udgør under 5 % af de samlede skadesomkostninger.



Figur 6-1. Skadesomkostningskurven (venstre) og risikotæthedskurven (højre) for statussituationen. Bygningen i nord som delvis er skadet af vand fra offentligt areal, er fjernet på risikotæthedskurve "Status u Bygning".



Figur 6-2. Risikokort, EAD på bygninger, samt skadevoldende oversvømmelser og strømninger, nordlige delområde (ses i stort format på Bilag A2).



Figur 6-3. Risikokort, EAD på bygninger, samt skadevoldende oversvømmelser og strømninger, sydlige delområde (ses i stort format på Bilag A2).

7. Trin 4: Løsningstiltag og opgørelse af omkostninger

7.1 Løsningstiltag

De undersøgte løsningstiltag er fundet i samarbejde med Aarhus Kommune og Aarhus Vand. De forventede anlægsudgifter for scenarierne var mellem 0 - 10 mio. kr. og arbejdet med løsningstiltag har bekræftet forventningerne. På denne baggrund er det valgt at undersøge to serviceniveauer, jf. trappemodellen i Serviceniveaubekendtgørelsen for antal serviceniveauer der bør undersøges.

Der er blevet lavet en indledende screening af status skader, samt skønnet effekt af potentielle løsningstiltag. Der blev her skitseret nogle nøgletiltag, som mindst ville kunne håndtere hændelser omkring 20 - 30 års gentagelsesperiode. Det er tilmed heromkring at risikotæthedskurven peaker, alt efter hvordan vandoplandet præcist defineres, samt efter opsætning af opgørelsen af privat/offentligt vand. Uanset hvad, vil tiltag til en bestemt gentagelsesperiode altid have en vis effekt på højere gentagelsesperioder. På baggrund af screeningen blev der startet med at undersøge tiltag til lavere gentagelsesperioder (20 - 30 år).

Arbejdet med løsningstiltag vil altid være en iterativ proces. Antallet af iterationer vil afhænge af vandoplandet, herunder hvor kompleks det kan være at gennemskue effekten af de tiltag som implementeres. I dette arbejde er der startet med at undersøge tiltag til serviceniveau (SN) på 30 års gentagelsesperiode og primært terrænbaseret (Ter) tiltag. Først undersøgte iteration som afrapporteres kaldes derfor "Ter1-SN30". Tiltagene er indarbejdet i højdemodellen til den hydrodynamiske model (HD). Det tilrettede terræn blev herefter overført til HD-modellens beregningsgrid, og der blev gennemført beregninger for alle gentagelsesperioder. Nogle tiltag har givet anledning til forværringer af skader på andre bygninger. I Aarhus Kommune tillades det ikke at tiltag giver anledning til forværringer skader andre steder. I efterfølgende iteration laves derfor supplerende tiltag, for at undgå disse forværringer. HD-beregningen vil vise om tiltagene har den ønskede effekt. I de økonomiske beregninger medtages disse supplerende tiltag i forrige iteration, hvis de er nødvendige, så scenarierne sammenlignes på lige fod.

Alle løsningsforslagene er baseret på at skybrudsvandet ledes fra Nørrebrogade via Nørre Boulevard og Østboulevarden over Østbanetorvet til havnen. Formålet med dette er at reducere skaderne ved Nørreport.

Første undersøgte plan scenarie "Ter1-SN30", har kun få bygninger hvor skaderne starter ved en gentagelsesperiode på 40 år. Derfor var blev det valgt at forsøge at skærpe implementeringen af terræntiltagene, for at kunne håndtere en lidt større gentagelsesperiode (40 år). Desuden forsøges det at skifte strategi fra tilbageholdelse i bassiner til videreførelse i vejprofilerne. Dette andet planscenarie-iteration benævnes "Ter2-SN40".

Den tredje planscenarie kaldes "Ter3-SN40". Det tager udgangspunkt i de skærpede tiltag, særligt omkring at få drejet vandet fra Nørrebrogade via Nørre Boulevard til Østbanetorvet, hvorved bygningerne ved Nørreport er sikret op til gentagelsesperiode på 40 år. Bassinerne genindføres i scenariet da disse reducerer mængden af vand som strømmer videre fra Østbanetorvet mod havnen, og samtidigt er billigere end vejprofileringen. Der laves derudover tiltag som styrer vandet helt frem til havnen, for at sikre at der ikke sker forværringer på bygninger udenfor vandoplandet.

Igennem de tre planscenarier er der undersøgt to serviceniveauer (SN=30 år og SN=40 år) for hvordan skybrud kan håndteres på terræn.

Det skønnes for dyrt at forsøge at undgå skader på Nørrebrogade til højere gentagelsesperiode, når der samtidigt skal bevares en positiv nettogevinst, da dette vil kræve større tiltag på strømmingen ned over Østbanetorvet. Derfor er der ikke undersøgt yderligere højere gentagelsesperioder for serviceniveauer.

For hvert af de 2 serviceniveauer er der opsat to forskellige løsningsforslag; et forslag hvor skybrudsvandet håndteres på terræn og et hvor det håndteres i rør.

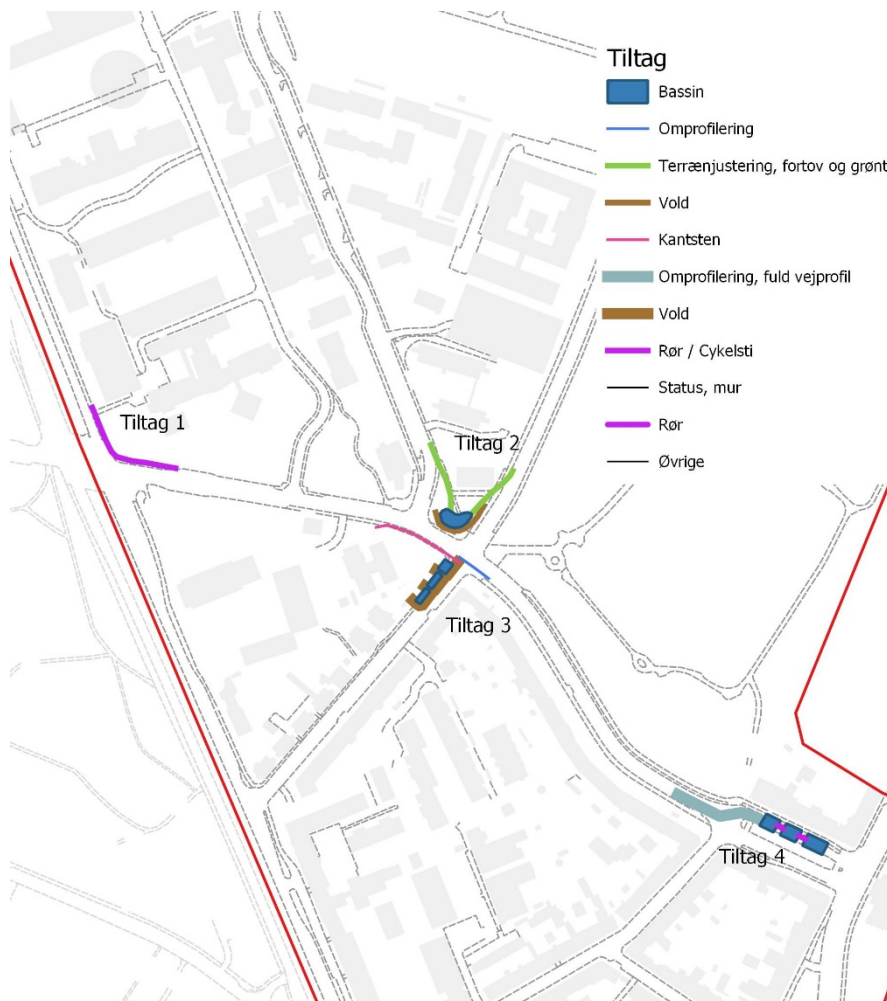
De primære tiltag i løsningsforslagene er:

- Ter1-SN30:
 - Vand fra Nørrebrogade drejes ned ad Nørre Boulevard ved at yderside af vejbane og cykelsti omprofileres
 - Bassiner ved Kirkegårdsvej
 - Bassiner og profilering på Østbanetorvet
- Ter2-SN40:
 - Vand fra Nørrebrogade drejes ned ad Nørre Boulevard ved riste og rør for at kunne fange strømning på hele vejbanen i nordgående regning.
 - Vejprofilering ved Kirkegårdsvej til Østboulevarden
 - Omprofilering af vej og fortov på Østbanetorvet
 - Styring af strømning fra Østbanetorvet til havnen, rabatter og vejbumper
- Ter3-SN40:
 - Vand fra Nørrebrogade drejes ned ad Nørre Boulevarder riste og rør for at kunne fange strømning på hele vejbanen i nordgående regning.
 - Bassiner ved Kirkegårdsvej
 - Bassiner, vejprofilering og fortov på Østbanetorvet
 - Styring af strømning fra Østbanetorvet til havnen ved rabatter og vejbumper
- Rør-SN30:
 - Rør fra Nørrebrogade ned ad Nørre Boulevard og Østbanetorvet til havnen
- Rør-SN40:
 - Rør fra Nørrebrogade ned ad Nørre Boulevard og Østbanetorvet til havnen

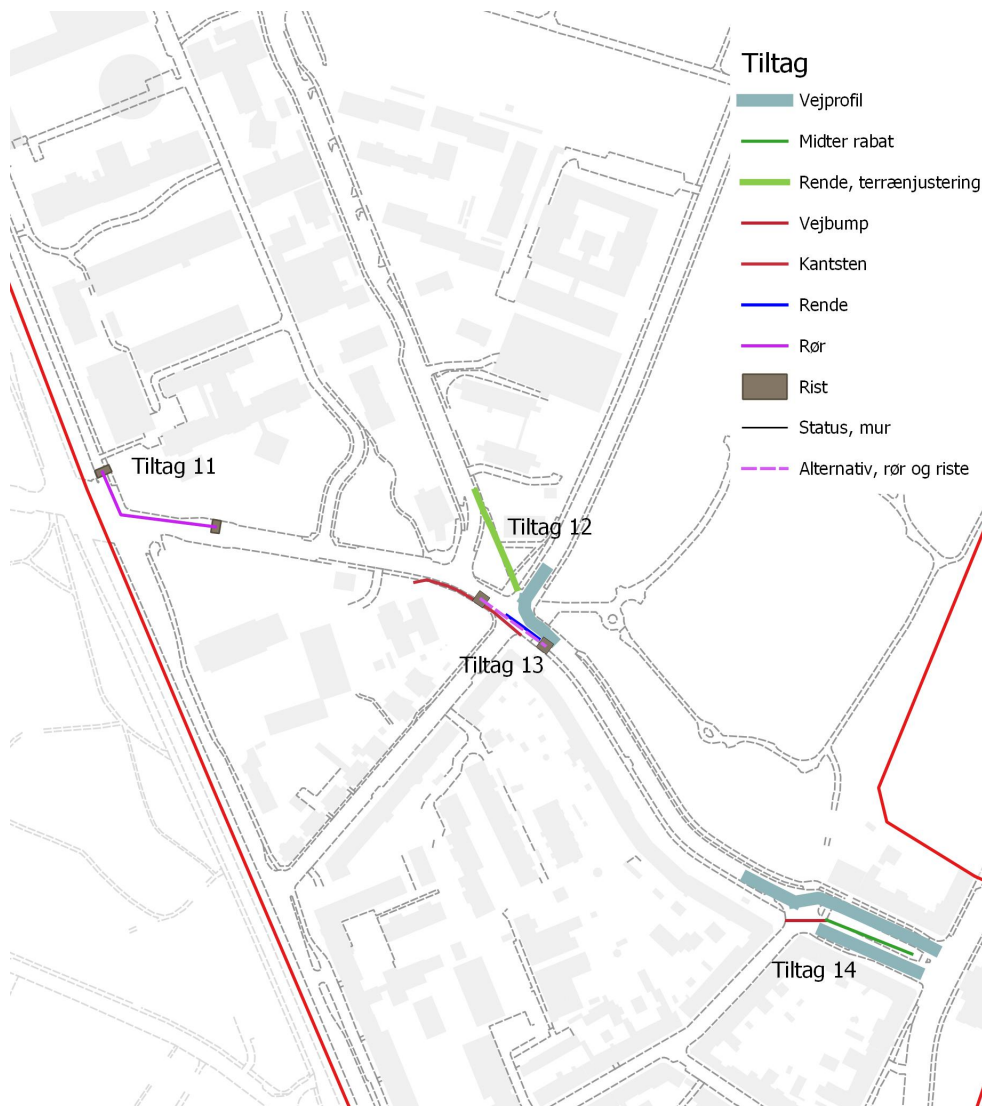
I den nordlige del af vandoplandet er der mindre indgreb med grøn grøft, rende og kantsten, som er medtaget i alle løsningsscenarier.

Figur 7-1 viser tiltagene for "Ter1-SN30" fra Nørrebrogade til Østbanetorvet. Figur 7-2 viser tiltagene for "Ter2-SN40". I planscenarie "Ter3-SN40" kombineres løsningsforslagene. Herudover er det i dette scenarie tilføjet tiltag som styrer strømningen ved høje gentagelsesperioder ned gennem Østbanetorvet til havnen, Figur 7-3.

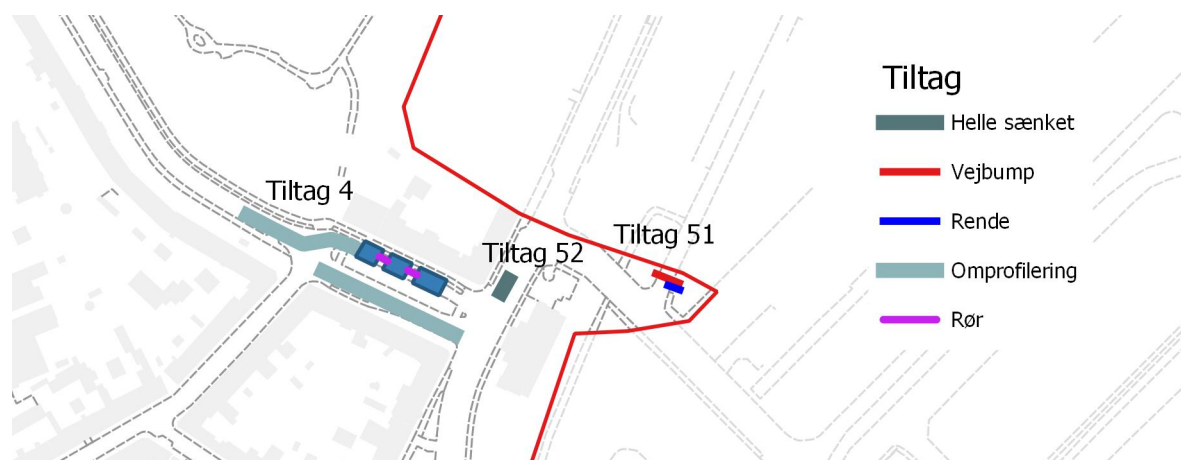
Der er udarbejdet en nærmere beskrivelse af løsningstiltagene i Bilag B.



Figur 7-1. Tiltag nr. 1-4 på Nørre boulevard og Østbanetorvet, medtaget i planscenarie Ter1-SN30.

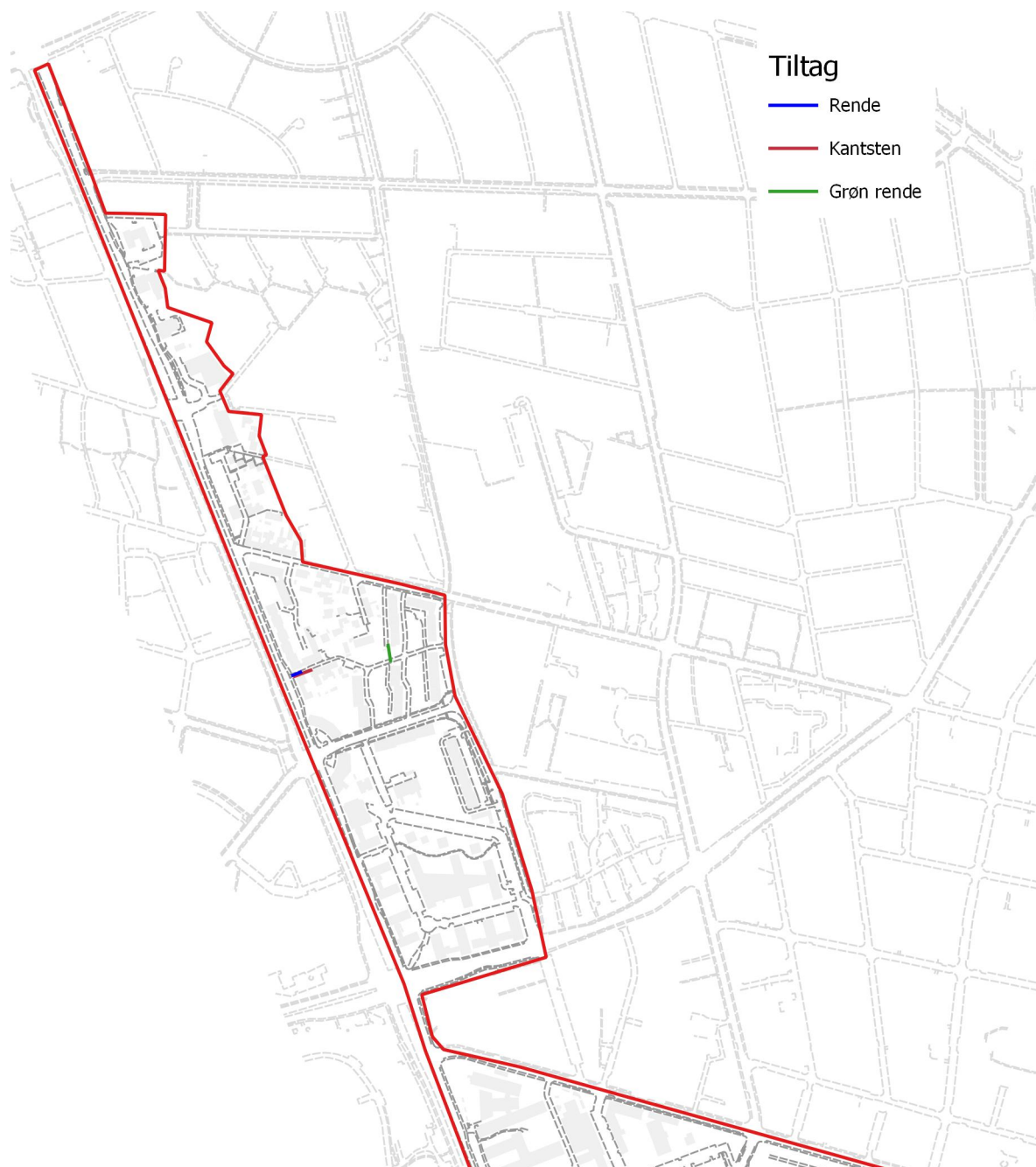


Figur 7-2. Tiltag nr. 11-14 på Nørre boulevard og Østbanetorvet, som modelleret i terrænmodellen i planscenarie Ter2-SN40.



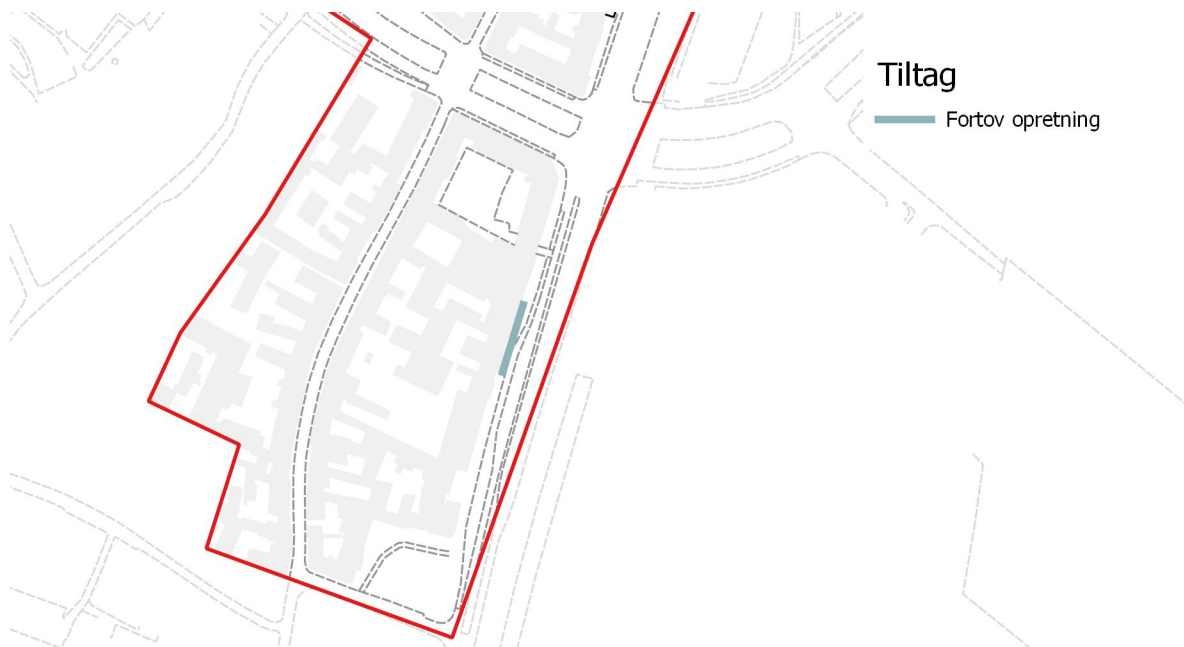
Figur 7-3. Tiltag nr. 51 og 51 som styre strømning fra Østbanetorvet til havnen, medtaget i planscenarie Ter3-SN40.

I den nordlige del af projektområdet skal der etableres et par mindre tiltag for at overholde det hævede serviceniveau, Figur 7-4. Generelt er der få skader i området, og de der er skyldes hovedsageligt privat vand.



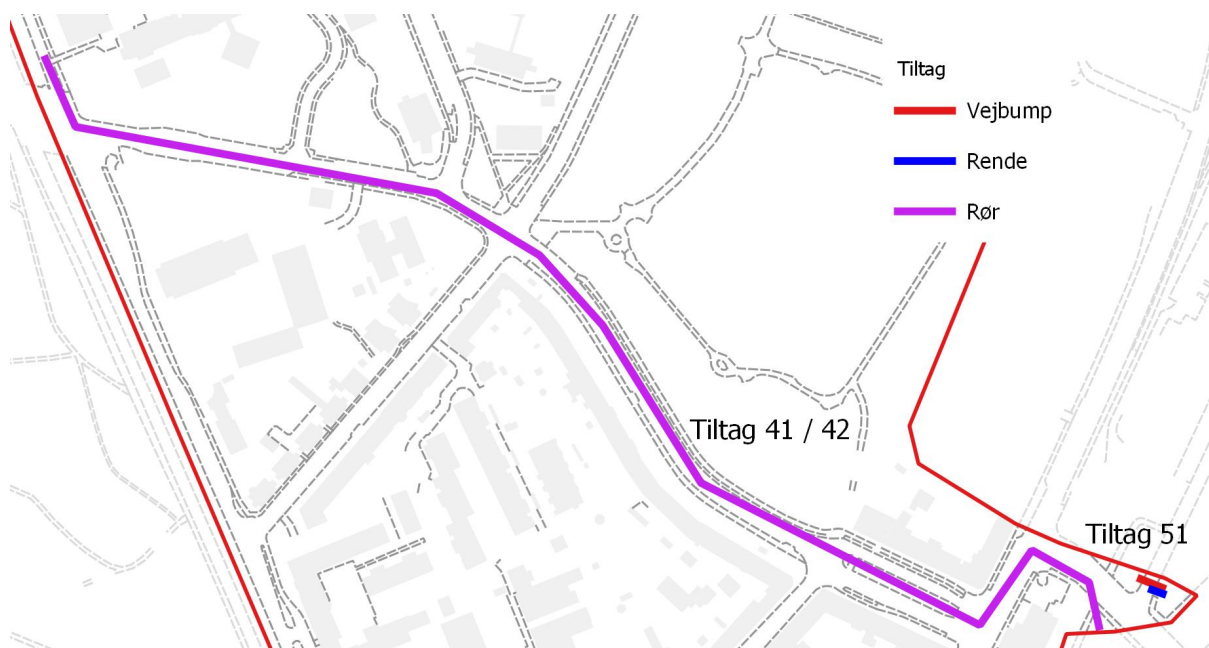
Figur 7-4. Tiltag nr. 21 og 22 i den nordlige del af vandoplandet, medtages i alle planscenarier.

Ved Kystvejen er muligvis behov for et supplerende tiltag, der er dog tvivl om skaderne skyldes en unøjagtighed i højdemodellen, hvilket bør undersøges nærmere inden evt. etablering, Figur 7-5.



Figur 7-5. Tiltag nr. 31 i den sydlige del af vandområdet, medtaget i alle planscenarier.

Alternativet til terrænløsninger er en rørløsning. Fra Nørrebrogade, ned gennem Nørre Boulevard og Østbanetorvet, til havnen etableres rør, Figur 7-6. Størrelsen af røret er bestemt ud fra strømning på terræn i scenarie Ter1-SN30 og Ter2-SN40 for hhv. scenarie Rør-SN30 og Rør-SN40. Der er ikke lavet særskilt hydrodynamisk beregning, i stedet er der antaget samme skadesreduktion som Ter1-SN30 og Ter2-SN40.



Figur 7-6. Rør som anvendes i tiltag nr. 41 og 42, medtaget i planscenarie Rør-SN30 og Rør-SN40.

Økonomioverslag for tiltagene fremgår af Tabel 7-1. Tiltag 1 på Nørrebrogade er listet med to alternativer hhv. vejprofil (1a) eller rør (1b). Tiltag 12 og 13 i krydset ved Kirkegårdsvej kan alternativt laves delvis som rørløsning, hvis vejprofilering bliver praktisk udfordrende ift. trafiksikkerhed mv., det vurderes at kunne holdes indenfor de samme tiltagsomkostninger. Tabel 7-2 giver en oversigt over hvilke tiltag der indgår i de forskellige planscenarier. I den iterative proces i arbejde med løsnings tiltag, som beskrevet i starten af afsnittet, er der tiltag som efter HD-beregningen er fundet nødvendige. Effekten af disse supplerende tiltag er dokumenteret i efterfølgende iteration med HD-beregning. I økonomiberegningen er alle de nødvendige tiltag medtaget i scenarierne. I Tabel 7-2 er der angivet om tiltaget er medtaget i HD-beregning og økonomi-beregningen, eller det kun er indgået økonomisk. For det endelig valgte serviceniveau scenarie, jf. afsnit 11, er alle tiltag medtaget i både HD- og økonomisk beregning.

Tabel 7-1. Tiltagsomkostninger (kr.) Placering af tiltag se Figur 7-1 - Figur 7-6. Rør som anvendes i tiltag nr. 41 og 42, medtaget i planscenarie Rør-SN30 og Rør-SN40.

Tiltag	Element	Etablering Kr.	Levetid År	Reinv. %	Drift Kr./år
1a*	Vejprofil, cykelsti og vejbane, 50 m, 20.000 kr/m	1.000.000	20	0	0
1b	Rist inkl. Ø600 brønd, 6 stk, 28.000 kr/stk	168.000	75	100	240
1b	Ledning (300 l/s), 50 m, 10.000 kr/m	500.000	75	100	1500
2	Jordbassin inkl. vold, 133 m3, 4000 kr/m3	532.000	50	100	3325
2	Justering af kantsten mv, 50 m, 1000 kr/m	50.000	20	100	1500
3	Jordbassin inkl. vold, 81 m3, 4000 kr/m3	324.000	50	100	2025
3	Vejprofil justering	50.000	20	0	0
3	Rist inkl. Ø600 brønd, 1 stk	28.000	75	100	40
3	Ledning (30 l/s), 5 m, 5000 kr/m	25.000	75	100	150
4	Jordbassin, 62 m3, 4000 kr/m3	372.000	50	100	1550
4	Ekstra omkostninger til omprofilering ift. kommunens projekt, Ekstra omk. 5000 kr/m, 75 m	375.000	20	0	Normal vej drift
4	Omprofilering af vejareal vest for Knudrisgade, 35 m, 30.000 kr/m	1.050.000	20	0	0
11	Ledning (600 l/s), inkl. 6 riste, 10.000 kr/m og 28.000 kr./rist	668.000	75	100	1500
11	Linjedræn opsamling, 12 m, 5000 kr/m	60.000	75	100	240
12	Rende, 66 m, 4000 kr/m	264.000	20	100	1650
12*	Vejprofil justering, 48 m, 20.000 kr/m	960.000	20	0	0
13	Rist inkl. Ø600 brønd, 6 stk, 28.000 kr/stk	168.000	75	100	240
13*	Ledning (600 l/s), 50 m, 10.000 kr/m	500.000	75	100	1500

14	Omprofilering af vejareal, vejbump, midterrabat, 115 m, 500 kr/m	385.000	20	0	Normal vej drift
14	Omprofilering, Skovvejen, 30.000 kr/m, 35 m	1.050.000	20	0	0
14	Omprofilering, vest for Knudrigsgade, 30.000 kr/m, 35 m	1.050.000	20	0	0
21	Grøft, 18 m, 4000 kr/m	72.000	20	100	450
22	Cykelsti profil el. rende, 12 m, 10.000 kr/m	120.000	20	0	0
22	Kantsten og fortov, 22 m, 5000 kr/m	110.000	20	0	0
31	Opret fortov, 32 m, 5000 kr/m	160.000	20	0	0
41	Ledning Ø400, 640 m, 6500 kr/m	4.160.000	75	100	19.200
42	Ledning Ø600, 640 m, 8000 kr/m	5.120.000	75	100	19.200
51	Vejbump, Fiskerivej	50.000	20	0	0
52	Helle sænkning	50.000	20	0	0

*Tiltag kan enten laves som rør eller vejprofilering.

Tabel 7-2. Oversigt over hvilke tiltag der er anvendt i planscenarierne. "X" hvor tiltag er medtaget i hydrodynamiske- og økonomiske-beregninger. "E" hvor tiltaget kun er medtaget økonomisk.

Tiltag	Element	Ter1- SN30	Ter2- SN40	Ter3- SN40	Rør- SN30	Rør- SN40
1a	Vejprofil, cykelsti og vejbane, 50 m, 20.000 kr/m					
1b	Rist inkl. Ø600 brønd, 6 stk, 28.000 kr/stk	X				
1b	Ledning (300 l/s), 50 m, 10.000 kr/m	X				
2	Jordbassin inkl. vold, 133 m ³ , 4000 kr/m ³	X		X		
2	Justering af kantsten mv, 50 m, 1000 kr/m	X		X		
3	Jordbassin inkl. vold, 81 m ³ , 4000 kr/m ³	X		X		
3	Vejprofil justering	X		X		
3	Rist inkl. Ø600 brønd, 1 stk	X		X		
3	Ledning (30 l/s), 5 m, 5000 kr/m	X		X		
4	Jordbassin, 62 m ³ , 4000 kr/m ³	X		X		
4	Ekstra omkostninger til omprofilering ift. kommunens projekt, Ekstra omk. 5000 kr/m, 75 m	X		X		
4	Omprofilering af vejareal vest for Knudrigsgade, 35 m, 30.000 kr/m	X		X		
11	Ledning Ø600, inkl. Riste		X	X		
11	Linjedræn opsamling, 12 m, 5000 kr/m		X	X		
12	Rende, 66 m, 4000 kr/m		X			
12	Vejprofil justering, 48 m, 20.000 kr/m		X			

13	Rist inkl. Ø600 brønd, 6 stk, 28.000 kr/stk	X				
13	Ledning (600 l/s), 50 m, 10.000 kr/m	X				
14	Omprofilering af vejareal, vejbum, midterrabat, 115 m, 500 kr/m	X				
14	Omprofilering, Skovvejen, 30.000 kr/m, 35 m	X				
14	Omprofilering, vest for Knudrigsgade, 30.000 kr/m, 35 m	X				
21	Grøft, 18 m, 4000 kr/m	E	X	X	E	E
22	Cykelsti profil el. rende, 12 m, 10.000 kr/m	E	X	X	E	E
22	Kantsten og fortov, 22 m, 5000 kr/m	E	X	X	E	E
31	Opret fortov, 32 m, 5000 kr/m	E	X	X	E	E
41	Ledning Ø400, 640 m, 6500 kr/m	E				
42	Ledning Ø600, 640 m, 8000 kr/m	E				
51	Vejbump, Fiskerivej	E	X			
52	Helle sænkning	E	X			

Enhedspriser: Enhedspriser fra Aarhus Vands tiltagskatalog for klimatilpasnings er anvendt, for særlige løsninger blev der estimeret særskilte enhedspriser.

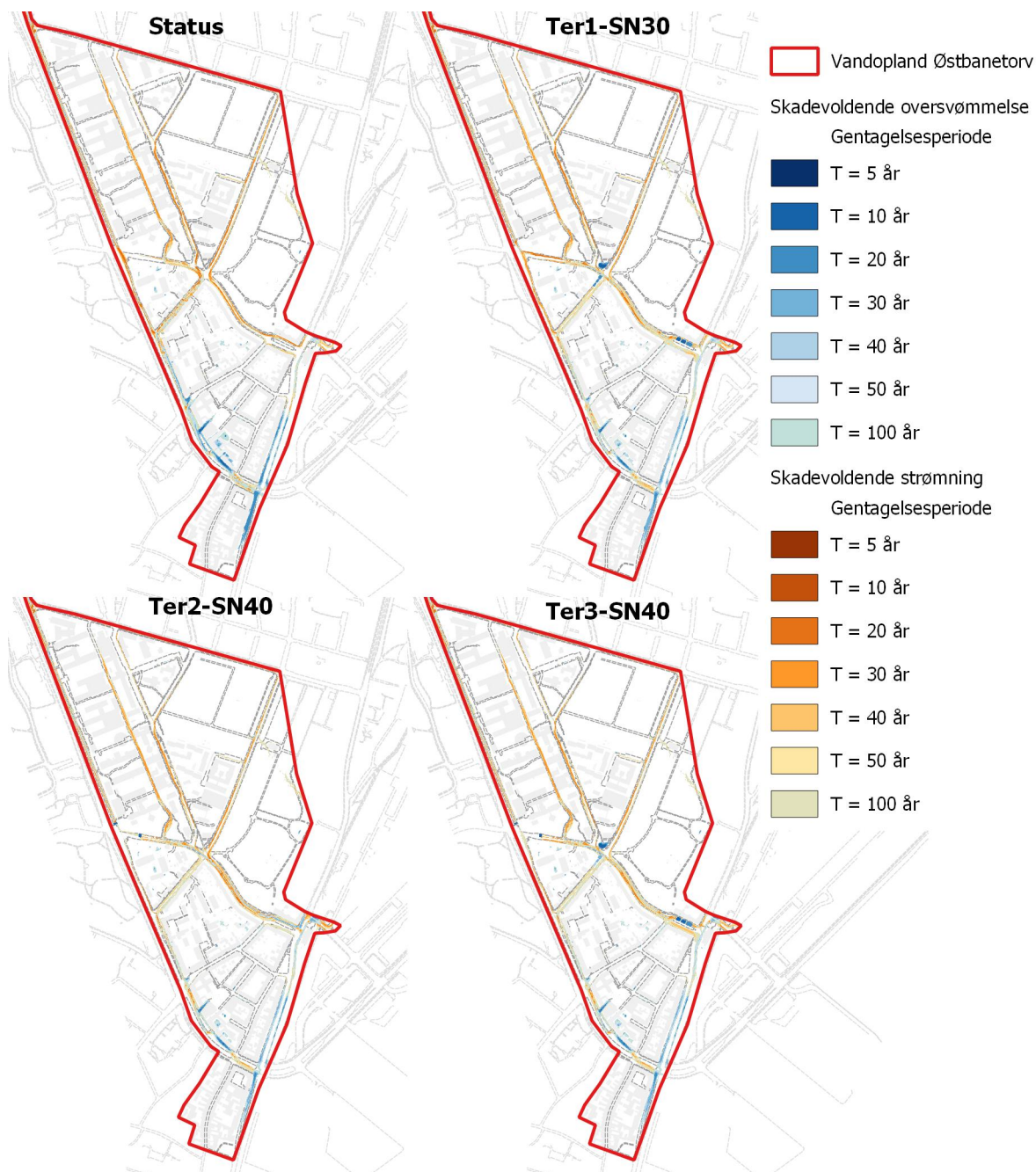
Driftsomkostninger: Løsningerne omfatter i stor grad terrænændringer i eksisterende vejanlæg, herunder hævede kantsten, hævede portoverkørsler og omprofilering af veje. Disse ændringer sker i arealer, der i forvejen driftes af kommunen, og derfor er der ingen driftsomkostninger tilknyttet disse tiltag.

Reinvestering: Der indregnes ikke omkostninger til reinvesteringer for fornyelse af slidlag, vedligeholdelse af portoverkørsler og fortov mv. da dette er kommunens ansvar, uanset om de er justeret på en måde der gør at de leder skybrudsvand.

7.2 Oversvømmelseskort og risikokort for klimatilpasset vandopland

Figur 7-7 viser oversvømmelseskort for beregnede planscenarier. Ligeledes viser Figur 7-8 de skadede bygninger, og Figur 7-9 viser EAD. Alle kort findes i stort format i Bilag A4, A5 og A6.

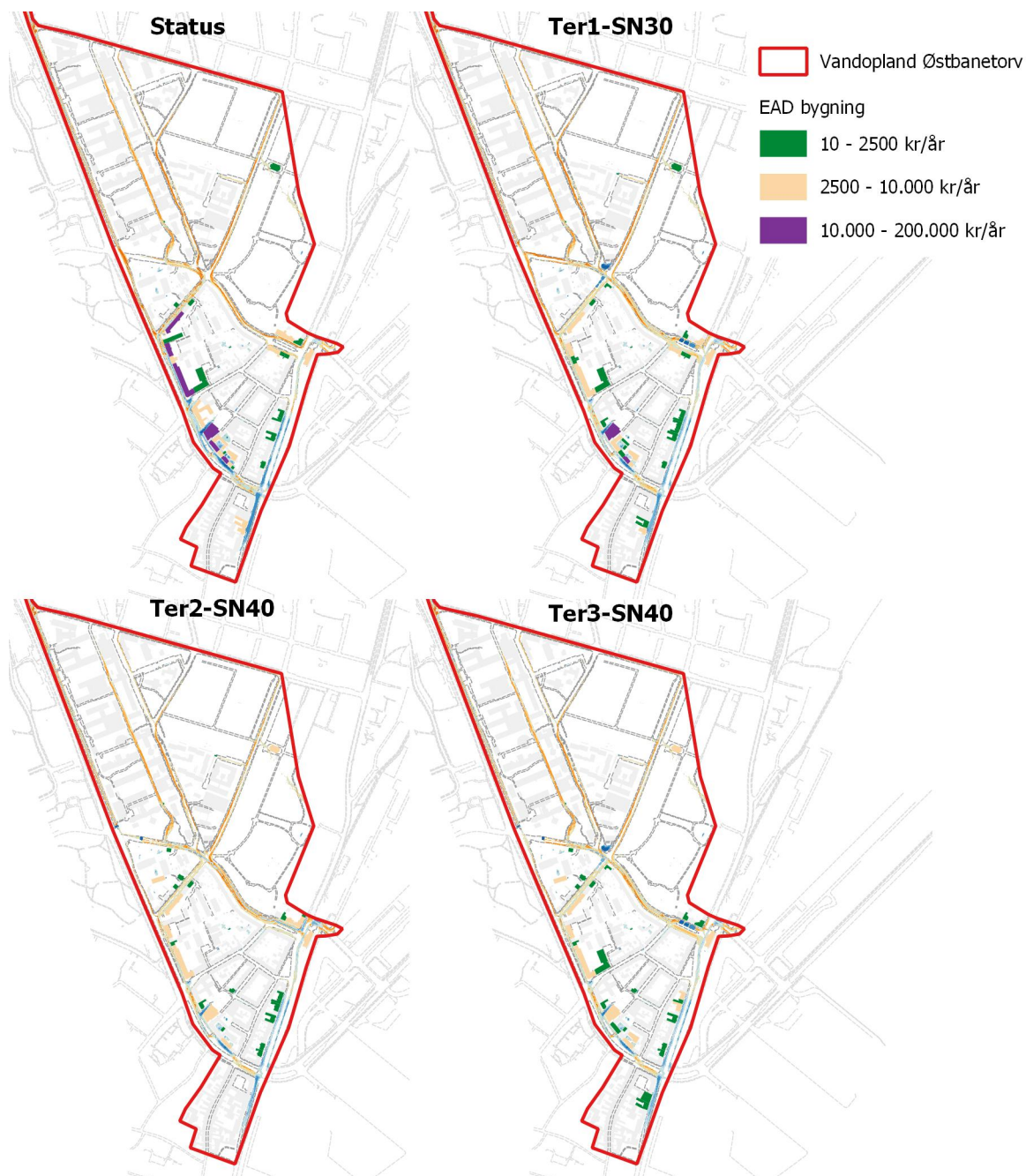
For planscenariet "Ter1-SN30" er der bygninger skadet som ikke har tiltag. Der er dog indlagt tiltag i "Ter2-SN40" og "Ter3-SN40" som afhjælper disse skader. For "Ter1-SN30" er disse tiltag medtaget i tiltagsøkonomien, da de er nødvendige for at opnå serviceniveauet. Tabel 7-2 giver en oversigt over hvilke tiltaget som er medtaget i HD-beregning eller det kun er indgået økonomisk. Oversvømmelseskortene og skader på bygningerne er et resultat fra HD-beregningerne, derfor ses kun effekten af de tiltag som er medtaget i HD-beregning.



Figur 7-7. Oversvømmelseskort for planscenarier for det sydlige delområde, øverst tv. Status, øverst th. Ter1-SN30, nederst, tv. Ter2-SN40 og nederst th. Ter3-SN40. For den nordlige del er der de samme løsningstiltag i alle planscenarier og derfor samme resulterende oversvømmelser. Oversvømmelseskort findes i stort format i bilag A4, A5 og A6.

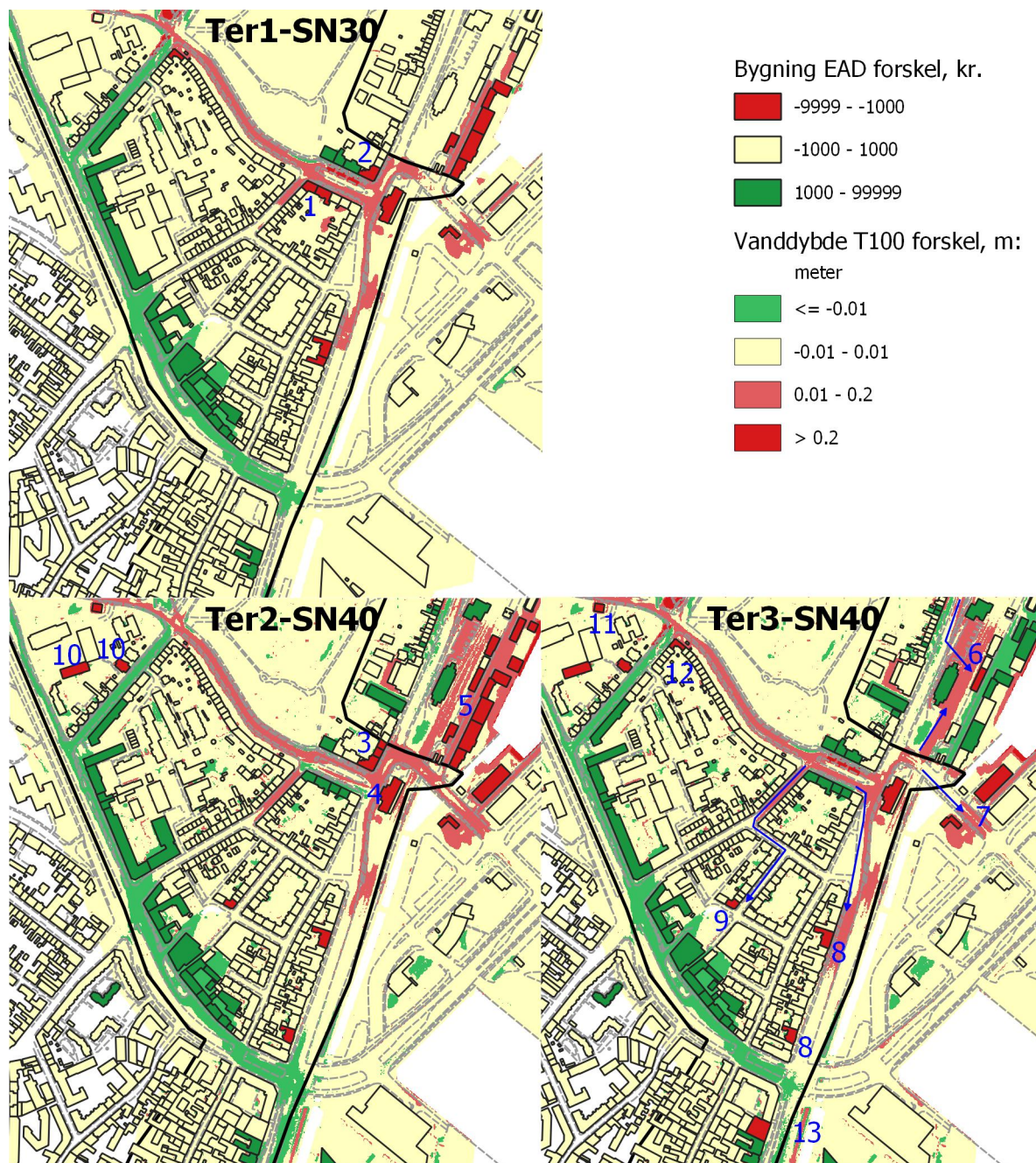


Figur 7-8. Laveste gentagelsesperiode hvor bygninger skades af vand fra offentlige arealer ved planscenarier for det sydlige delområde, øverst tv. Status, øverst th. Ter1-SN30, nederst tv. Ter2-SN40 og nederst th. Ter3-SN40. For den nordlige del er der de samme løsningstiltag i alle planscenarier og derfor samme resulterende skadede bygninger. Oversvømmelseskort findes i stort format i bilag A4, A5 og A6.



Figur 7-9. Risikokort, EAD ved planscenarier for det sydlige delområde, øverst tv. Status, øverst th. Ter1-SN30, nederst tv. Ter2-SN40 og nederst th. Ter3-SN40. For den nordlige del er der de samme løsnings tiltag i alle planscenarier og derfor samme resulterende risiko. Oversvømmelseskort findes i stort format i bilag A4, A5 og A6.

Figur 7-10 viser en EAD-sammenligning af de 3 planscenarier med status. I planscenarierne ændres hovedstrømningen ned af Nørrebrogade til Nørre Boulevard og Østbanetorvet. Dette giver risiko for forværring af skader da der nu ledes mere vand denne vej. Figur 7-10 viser også reduktion af bygningsskader (EAD) ved planscenarierne og tydeliggør forværringer. Det ses at mange bygninger langs Nørrebrogade har reduktion af skader. Der er bagatelgrænse på 1000 kr./år for forskel i EAD.



Figur 7-10. Reduktion af skader ved planscenarier. Forskel i EAD på bygninger og forskel i vanddybde mellem status og planscenarier for 100 års gentagelsesperiode.

I det følgende gennemgås de bygninger (røde, Figur 7-10) hvor der sket forværring, listet efter de blå tal på figuren. Med gennemgangen forsøges der at give et indblik i den iterative proces med at udvikle løsningstiltagen:

1. I planscenarie "Ter1-SN30" forværres skader på bygninger på sydsiden af Østbanetorvet. Bygningerne har i både status og planscenariet skader fra en gentagelsesperiode på 40 år, hvilket er over serviceniveau (30 år), men forværret hvorfor EAD er blevet større. Disse skader vil kunne afhjælpes med omprofilering af vej og fortove i forbindelse med Østbanetorv projektet. I plan "Ter2-SN40" og "Ter3-SN40" er der indlagt omprofilering ind i scenariet.

2. I planscenarie "Ter1-SN30" er det én bygning på hjørnet på nordsiden af Østbanetorvet som er forværret. Det forventes at omprofileringen af Østbanetorvet med opretning af fortovet vil kunne forhindre denne forværring. Tiltag er således økonomisk indeholdt i de øvrige tiltag, men upræcist implementeret i højdemodellen.
3. I planscenarie "Ter2-SN40" er der forværring på hjørnet på nordsiden af Østbanetorvet. Dette vil kunne afhjælpes ved at sænke midterhellen på Skovvejen, således at strømmingen bedre kan udnytte begge vejbaner. I planscenarie "Ter3-SN40" er der 4 m bred sænkning i midterhellen, svarende til et fodgængerfelt, hvilket er tilstrækkeligt til at undgå skaderne på bygningerne.
4. Bygningen for enden af Østbanetorvet på modsatte side af Kystvejen vises også med en forværring. Dog er der et større tagudhæng midt på facaden hvor der tilmed at et trin op til hoveddøren, derfor vurderes det at der reelt ikke være skader på denne bygning.
5. Strømningen ned af Nørre Boulevard over Østbanetorvet ender på havnen. Der ses forværret skader på Fiskerivej. For at undgå disse skader er der i planscenarie "Ter3-SN40" indlagt vejbumpe på tværs af Fiskerivej, samt udjævning/rende af fortovskant mod kanalen. Bemærk desuden at hvis/når klimatiltagene bliver implementeret i vandområde Trøjborg (se Figur 3-1) vil der ske en betydelig reduktion af skader langs Skovvejen og omkring havnen.
6. I planscenarie "Ter3-SN40" strømmer en mindre vandmængde via jernbanesporene fra Hjortholmsvej. Her mødes det af vand som har strømmet ned ad Skovvejen, udenfor vandområdet til Østbanetorvet og der ses forværring for én bygning. Strømningen ad Skovvejen forventes som nævnt at blive kraftig reduceret med tiltag i Trøjborg vandområdet. Således vil denne mindre vandmængde fra Hjortholmsvej ikke længere give anledning til forværring. Alternativt, bør udjævning/rende fra Fiskerivej gøres mere effektivt for at reducere vanddybden af strømningen på Hjortholmsvej.
7. Strømningen på Hjortholmsvej forsætter over broen og forværre skader på bygninger på den anden side. Der kan fx laves riste eller rende for at fange vandet og lede det til havnekanalen. Strømningen modtager også bidrag fra strømning ad Skovvejen fra Trøjborg vandområdet. Hvis strømningen ad Skovvej bliver væsentlig reduceret med tiltag i Trøjborg vandområdet, bliver yderligere tiltag formentlig overflødige.
8. Der ses enkle bygninger på Kystvejen mellem Østbanetorvet og Nørreport som har forværring. Dette er for regnhændelser med gentagelsesperiode på 100 år, og er derfor med en vis usikkerhed. Dette vil kunne afhjælpes med at forsøge at lede mest mulig vand på nordsiden af Østbanetorvet, således det strømmer af Skovvejen mod havnen. Alternativt hvis Kystvejen renoveres skal der være fald på fortov væk fra bygningerne, og vejbanen yderst mod havnen bør være lavest.
9. Forværringen af skader på denne bygning er for regnhændelser med gentagelsesperiode på 100 år og er derfor med en vis usikkerhed. Det forekommer ikke i planscenarie "Ter1-SN30", men kun i "Ter2-SN40" og "Ter3-SN40". Forværringen skyldes at der ved 100 år hændelsen strømmer lidt mere vand ind ad Knudrsgade fra Østbanetorvet. Dette vil formentlig kunne undgås ved omhyggelig vejprofilering eller lidt hævet kørefalder ind til Knudrsgade. Vejprofileringen er allerede en del af tiltagsøkonomien.
10. Forværringen af skader på bygningerne er for regnhændelser med gentagelsesperiode på 100 år, og er derfor med en vis usikkerhed. Disse skader stammer fra det lokale vand som falder på en kommunal matrikel. Oversvømmelserne er på bagsiden af bygningerne, og ikke i relation til ændret strømningsvej med løsningsstiltag.
11. Denne bygning har forværret skader ved en regnhændelse med gentagelsesperiode på 100 år. På Google-Street-view ses der anlægsarbejde ved bygningen. Muligvis kan der være behov for at oprette fortovskanten på en 25 m strækning, men det afhænger af effekten af de øvrige anlægsarbejder på vejstrækningen. Forventes løst ved vejprojektet for Nørre Boulevard.

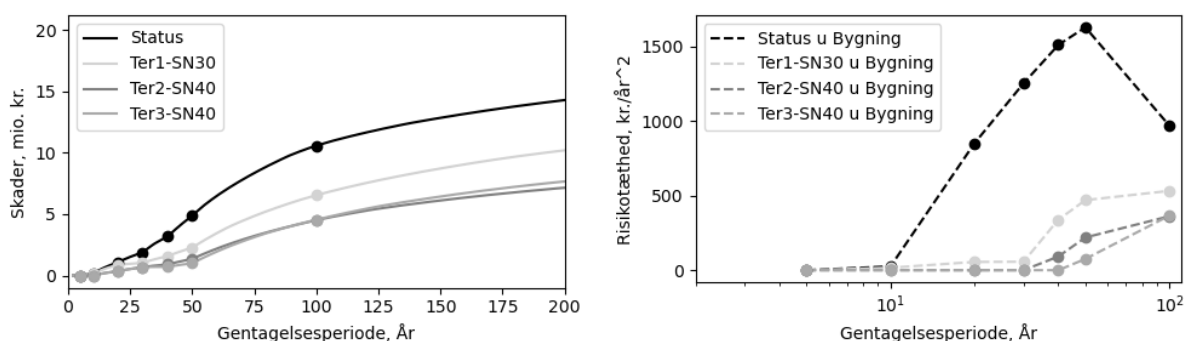
12. Denne bygning har forværring af skader ved regnhændelse med gentalgelsesperiode på 100 år, hvor der i status ikke er skader. Dette vil kunne afhjælpes med oprettelse af kantsten, hvilket formentlig alligevel vil ske i forbindelse med omlægning af vejkrydset.
13. Bygningen er nabo til tiltag 31. Tiltag 31 bør muligvis være lidt længere. Det er dog uvist om tiltag 31 er reel eller skyldes en opretning af unøjagtig højdemodel.

Denne gennemgang understrejer vigtigheden af omhyggelig planlægning og udførelse af vejprofilering og omlægning af Østbanetorvet. Både det at få ledet vand ind særligt i den nordlige vejbane og for at undgå strømninger ved større hændelser ned ad Knudrsgade og Kystvejen. Ligeledes at få styret strømningen sikkert fra Østbanetorvet til havnen, uden at det giver anledning til forværringer uden for vandområdet. Økonomisk har opmærksomheden på disse forværringer ingen større betydning, da de afhænger af nøjagtighed i detailprojekteringen. Yderligere er der sammenfald med Trøjborg vandområdet, hvor tiltag her vil kunne reducere og have synergier med tiltagene for en styret strømning til havnen. Det skal derfor overvejes i hvor høj grad disse tiltag omkring havnen er relevante at udføre nu, eller om det kan afventes at det håndteres ifm. Trøjborg vandområdes klimatilpasning.

8. Trin 5: Opgørelse af gevinst ved klimatilpasning

Før en beregning af gevinsten ved klimatilpasning som en nettonutidsværdi, er det nødvendigt at beregne klimaændringernes betydning for EAD'en over de 100 år, der analyseres på. Standard klimafaktorer fra Spildevandskomitéens Skrift 30 (fra 2015) er anvendt til fremskrivning af den gentagelsesperiode, som en beregnet skade vil have i fremtiden. Klimaændringerne betyder fx at en hændelse med en gentagelsesperiode på 20 år i 2015, vil i år 2050 være en gentagelsesperiode på 11 år og 7,5 år i år 2121. EAD for hvert år ud i fremtiden regnes, hvor der tages højde for klimaændringer. Forskellen mellem EAD'en på skader i status og serviceniveauer er gevinsten ved at klimatilpasse til det givet serviceniveau.

Ud fra risikokort og skadesbygning, jf. forrige afsnit, er der opstillet skadeskurver og risikotæthedskurver Figur 8-1. Det fremgår af figuren at de 3 planscenarier medfører reduktioner i skadesomkostningerne ved de undersøgte serviceniveauer, desuden ses den største risikotæthed i status ved en gentagelsesperiode på 50 år.



Figur 8-1. Skadesomkostningskurver (venstre) og risikotæthedskurver (højre) for de beregnede serviceniveauer.

9. Trin 6: Beregning af nettonutidsværdi

For hvert planscenarie opgøres omkostningerne til løsningstiltag, jf. Tabel 7-1 Tiltagsomkostninger, både for anlæg, drift og reinvestering, disse opgøres for hvert år ud i fremtiden. Ligeledes opgøres gevinster i form af reducerede skadesomkostninger (EAD). Tiltagsomkostningerne sammenholdes med gevinster og tilbagediskonteres til nutidsværdi, se

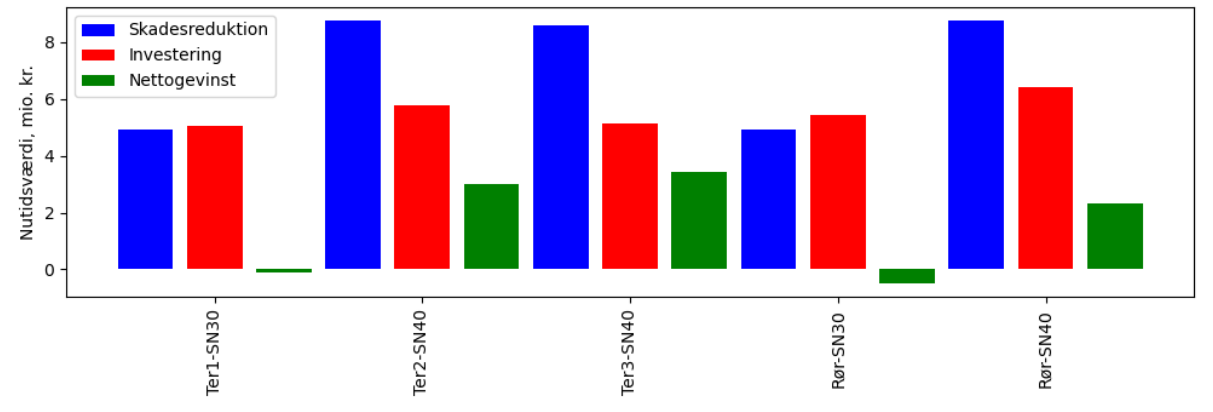
Tabel 9-1 og Figur 9-1. Som det fremgår, er løsningsscenarie Terræn3 serviceniveau til 40 årsgentagelsesperiode det med den højeste nettogevinst.

For planscenarier med rør er der antaget samme skadesreduktion som terrænsценарierne. Planscenarie Rør-SN30 har samme skadesreduktion som Ter1-SN30 og Rør-SN40 som Ter2-SN40.

Der er anvendt variabel diskonteringsrente, jf. finansministeriets anbefaling (<https://fm.dk/media/18371/dokumentationsnotat-forden-samfundsoekonomiske-diskonteringsrente-7-januar-2021.pdf>), på 3,5 % (0-35 år), 2,5 % (36-70 år) og 1,5 % (>70 år).

Tabel 9-1. Nutidsværdi (mio. kr.) for tiltagsomkostninger, gevinst og nettogevinst.

Planscenarie, Serviceniveau	Tiltagsomk.	Gevinst	Nettogevinst
Terræn1, SN30 år (Ter1-SN30)	5,0	4,9	-0,1
Terræn2, SN40 år (Ter2-SN40)	5,8	8,8	3,0
Terræn3, SN40 år (Ter3-SN40)	5,2	8,6	3,4
Rør, SN30 år (Rør-SN30)	5,4	4,9	-0,5
Rør, SN40 år (Rør-SN40)	6,4	8,8	2,4



Figur 9-1. Nutidsværdi (mio. kr.) for tiltagsomkostninger, gevinst og nettogevinst (fra

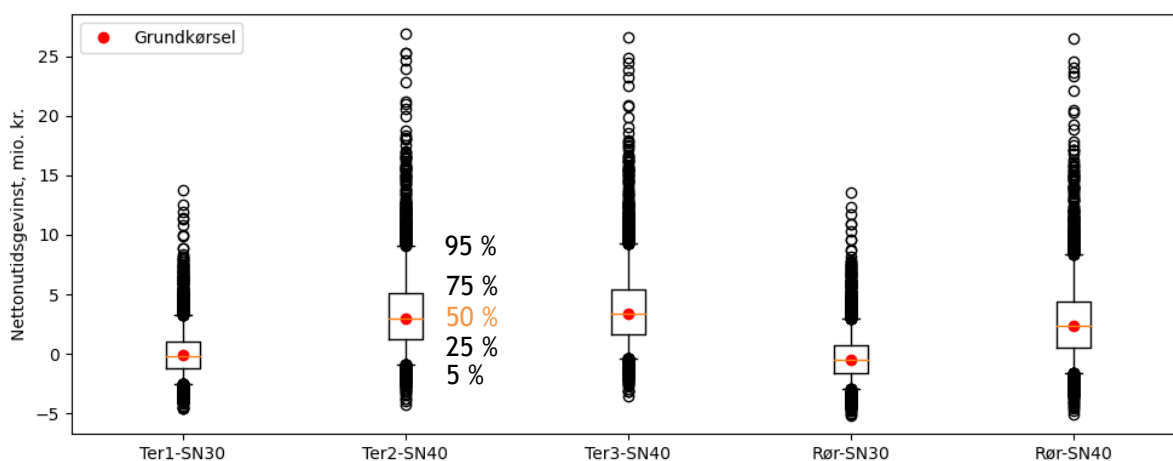
Tabel 9-1).

10. Følsomhedsanalyse

Der er udført to forskellige følsomhedsanalyser; Monte Carlo simulering der kan vise sandsynligheden for udfaldsrummet, og Robusthedsanalyse der viser betydningen af hver af de undersøgte parametre. Det er valgt at udføre følsomhedsanalyse på parametrene: diskonteringsrenten, investeringsomkostningen, driftsomkostningen, klimafaktorerne, skadesenhedsprisen, gentagelsesperioden for skaden og levetid på tiltag.

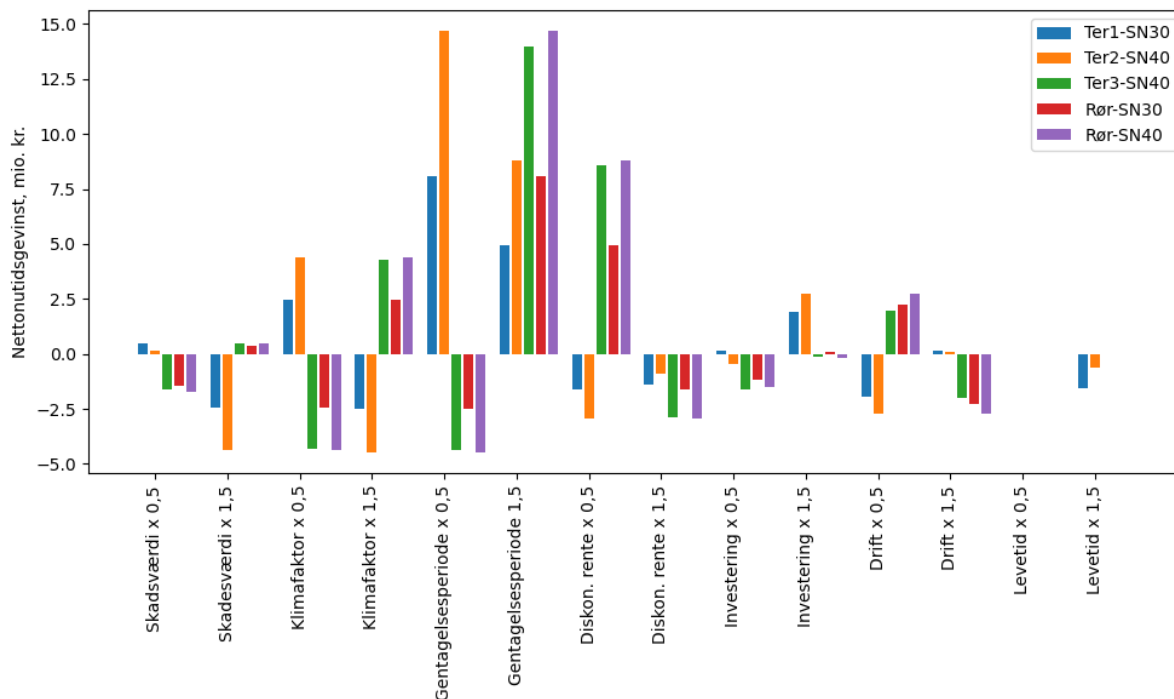
Udgangspunktet for Monte Carlo simuleringerne er, at usikkerheden for hver parameter er normalt fordelt omkring udgangspunktet med henholdsvis plus og minus 50 %. Fra disse normalfordelinger er der udvalgt tilfældige 5000 parametersæt, dog er der taget højde for krydskorrelation i udvælgelsen af parametersæt. For hvert serviceniveauscenarie er der 5000 simuleringer med forskellige parametersæt.

Spredningen i beregnet nettogevinst over Monte Carlo simuleringerne for hvert serviceniveauscenarie fremgår af Figur 10-1. Der er mere end 75 %, næsten 95 %, sandsynlighed for planscenarierne til serviceniveau på 40 år giver en positiv nettogevinst. For planscenarierne til serviceniveau på 30 år er næsten ligeligt fordelt mellem ca. plus 3 og minus 2 mio.



Figur 10-1. Spredning af nettogevinster. Boks-plot viser fordeling af beregnet nettogevinst. Halvdelen af beregningerne ligger indenfor boksen.

Robusthedsanalysen viser betydningen af de enkle parametre, Figur 10-2. Gentagelsesperiode og diskonteringsrente er dem som viser størst forskel i nettogevinst, hernæst klimafaktor.



Figur 10-2. Absolut forskel i nettogevinst ift. grundkørsel.

11. Fortolkning af resultater og fastsættelse af serviceniveau

Efter fastlæggelse af vandoplandet og efterfølgende gennemførelse af de seks trin i den samfundsøkonomiske metode, fastlagt i bekendtgørelsen, kan der samles op på resultaterne. Dette danner grundlag for en fastlæggelse af det serviceniveau for vandoplandet, der er det mest samfundsøkonomisk hensigtsmæssige, Tabel 11-1.

Tabel 11-1. Nettogevinst for undersøgte serviceniveau scenarier.

Serviceniveau	Tiltag	Nettogevinst
SN30 år	Ter1-SN30	-0,1
	Rør-SN30	-0,5
SN40 år	Ter2-SN40	3,0
	Ter3-SN40	3,4
	Rør-SN40	2,3

Serviceniveau for vandoplandet til Østbanetorvet skal fastsættes til en gentagelsesperiode på 40 år. Tiltagsomkostninger for valgte serviceniveauet på 40 år svarer til udgifter på op til 5,2 mio. kr. i nutidsværdi ved terrænløsningen.

Der er mulighed for at vælge et andet serviceniveau hvis forskellen i nettogevinsten er mindre en 5 % eller 10 % af nettogevinsten for det mest fordelagtige serviceniveau. Der er ingen af de andre undersøgte serviceniveauer der ligger indenfor denne forskel.