



# Klimatilpasning

Fagnotat vedr. Elektrificering Aarhus-Lindholm

**Elektrificering og opgradering Aarhus H-Lindholm**

banedanmark



**Godkendt dato**

30.09.2016

**Godkendt af**

Charlotte Møller

**Senest revideret dato**

07.07.2016

**Senest revideret af**

Gry Schwarz

**banedanmark** Klimatilpasning**Banedanmark**Anlægsudvikling  
Amerika Plads 15  
2100 København Ø  
[www.bane.dk](http://www.bane.dk)**SWECO**

# Klimatilpasning

	<b>Indhold</b>	<b>Side</b>
<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Ikke-teknisk resumé</b>	<b>5</b>
2.1	Klimatilpasning i anlægsfasen	6
2.2	Klimatilpasning i driftsfasen	6
<b>3</b>	<b>Lovgrundlag</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Baggrund og metode</b>	<b>9</b>
4.1	Baggrundsinformation om projektet	9
4.1.1	Eksisterende broer	9
4.1.2	Kommunale alternativer	12
4.1.3	Transformerstationer	13
4.2	Omfang	14
4.3	Fremtidige klimaændringer	14
4.4	Klimapåvirkning af baneanlæg	16
4.4.1	Nedbør	17
4.4.2	Havstigninger	18
4.4.3	Vandføring og vandstandsforhold i vandløb	18
4.4.4	Grundvand	19
4.4.5	Øget vindpåvirkning	19
4.4.6	Stigende temperaturer	20
<b>5</b>	<b>0-alternativet</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Eksisterende forhold</b>	<b>22</b>
6.1	Eksisterende planer og programmer	23
<b>7</b>	<b>Konsekvenser og afværge-foranstaltninger i anlægsfasen</b>	<b>26</b>
7.1	Klimatilpasning i anlægsfasen	26
<b>8</b>	<b>Konsekvenser og afværge-foranstaltninger i driftsfasen</b>	<b>27</b>
8.1	Klimatilpasning ift. driftsfasen	27
8.2	Afværgeforanstaltninger i driftsfasen	31
8.2.1	Elektrificering	31
8.3	Konsekvensvurderinger for driftsfasen	33
<b>9</b>	<b>Kumulative effekter</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne</b>	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>Referencer</b>	<b>36</b>

# 1 Indledning

Som led i et større elektrificeringsprogram for det danske jernbanenet er det besluttet at elektrificere strækningen Aarhus - Lindholm nord for Aalborg.

Elektrificeringen af størstedelen af det statslige jernbanenet vil medvirke til at skabe rammerne for en mere moderne jernbane med en effektiv og miljøvenlig jernbanedrift samt en mere pålidelig og attraktiv togbetjening. Elektrificeringen af Aarhus - Lindholm bidrager til et sammenhængende elektrificeret jernbanenet, der kan betjenes med moderne eldrevne tog til gavn for miljø og klima.

Elektrificering af strækningen Aarhus - Lindholm indebærer, at der skal etableres kørestrømsanlæg på den ca. 145 km lange dobbeltsporede banestrækning. Det betyder, at der skal opsættes master langs jernbanen, og at banen skal udstyres med kørestrømsledninger over sporene. For at gøre plads til kørestrømsledningerne er det nødvendigt at have en vis frihøjde under broerne, hvilket betyder at en række broer skal ændres.

Fagnotatet beskriver påvirkningerne på miljøet i forhold til klimatilpasning i hhv. anlægsfasen og når elektrificering af strækningen mellem Aarhus og Lindholm er gennemført. Dette sammenholdes med 0-alternativet som beskriver situationen i 2030, hvis projektet ikke gennemføres. Derudover beskrives de afværgeforanstaltninger, der skal iværksættes i forbindelse med elektrificering af strækningen Aarhus - Lindholm.

Fagnotatet vil sammen med en række andre fagnotater indgå som baggrundsmateriale til en samlet VVM-redegørelse for elektrificering og opgradering af strækningen Aarhus H - Lindholm. VVM-redegørelsen har til formål at skabe et overblik over projekternes konsekvenser for miljøet.

## 2 Ikke-teknisk resumé

I dette fagnotat er forhold vedrørende klimatilpasninger vurderet ud fra eksisterende informationer og rapporter. Baseret på IPCC<sup>1</sup> og DMI's klimaprognose for det 21. århundrede er der foretaget en vurdering af konsekvenser ift. Klimatilpasning for elektrificeringen af banen mellem Aarhus - Lindholm.

DMI's klimaprognose beskriver ændringer i:

- Nedbørsforhold
- Vandstandsforhold i havet
- Vandføring og vandstandsforhold i søer og vandløb
- Grundvandsstand
- Vindforhold
- Temperaturforhold

Det vurderes, at de væsentligste klimafaktorer med henblik på påvirkning af banen er nedbør, skybrud og oversvømmelser. Der er derfor fokus på afvandingen i forbindelse med klimatilpasning af strækningen Aarhus-Lindholm.

Den undersøgte strækning forløber igennem seks kommuner. Kommunerne har i forbindelse med kommunernes klimatilpasningsplaner udpeget risikoområder.

Ud fra en analyse af udpegede risikoområder for oversvømmelser og skybrud kan der udpeges særlige risikoområder, hvor der kan forventes oversvømmelser i forbindelse med skybrud.

Der er foretaget en analyse af afløbsløse lavninger (bluespot) på strækningen, med fokus på planlagte sporsænkninger og der er udpeget fem planlagte sporsænkninger der falder sammen med afløbsløse lavninger (blue spots).

De udpegede risikoområder og sammenfald mellem bluespot og sporsænkninger resulterer i, at der her anbefales, at der ved dimensionering af afvandingen tages højde for, at der skal kunne føres større vandmængder i disse områder. Det vil sige, at der benyttes en høj klimafaktor<sup>2</sup> i beregningerne af afvandingens dimensionering.

---

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>2</sup> Klimafaktoren er et tal der påregnes som sikkerhed ved dimensionsberegninger. Højere faktor giver højere sikkerhed.

## 2.1 Klimatilpasning i anlægsfasen

---

Der er ikke beskrevet påvirkninger fra klimaændringer i anlægsfasen, idet påvirkningerne vurderes ud fra langtidsprognoser over 50-100 år.

## 2.2 Klimatilpasning i driftsfasen

---

Det vurderes, at vand på terrænen udgør en betydelig enkeltpåvirkning af banen ved elektrificering, idet der ved elektrificeringen er gennemført sporsænkninger nogle steder, hvor banen forløber under vejbroer. Ved vandløbskrydsninger kan det også forventes, at der som følge af øget nedbør og grundvandsstand kommer en øget vandføring.

Ca. 20 af de 35 vandløbskrydsninger er små eller af ukendt rørdimension, grundet den fremtidige vandføring og nedbørsforhold skal disse vandløb undersøges i den videre detailprojekteringsfase.

Banens længdeprofil sænkes op til ti steder på strækningen alt efter valg af løsning ved brosteder, hvor der undersøges flere løsninger. Disse nye lavpunkter på strækningen skal ved projektering af afvandingsanlæg sikres mod oversvømmelser.

Broer, der ændres på andre måder end sporsænkning i forbindelse med projektet, er ikke vurderet nærmere i dette notat, da vejafvandning ikke må tilsluttes banens interne afvandingsystem. Det forventes dog, at vejbroer vil blive afvandet ved opsamling langs kantsten på ramperne, og at regnvandsafledningen vil blive tilsluttet eksisterende vejafvandingsystemer med afløb til recipient eller kloak.

Især for Randers Kommune kan havniveaustigninger få en betydning i fremtiden, da der vil ske tilbagestuvning i Gudenåen, hvilket vil kunne påvirke de dele af strækningen, der ligger tæt op ad Gudenåen og ind mod Randers Fjord.

For andre dele af strækningen, der ligger tæt op ad åer med forbindelse til fjorde eller til Gudenåen, og dermed risiko for tilbagestuvning, bør den øgede vandstand indberegnes som en risikofaktor, når afvandingen af jernbanen detailprojekteres.

I forhold til stigning i vindhastighed eller hyppigere storme, er der, ifølge DMI og naturstyrelsen, fra IPCC<sup>3</sup> ikke meldt noget klart ud. Derfor anbefales det, at der tages udgangspunkt i at sikre banen mod storme svarende til nuværende status.

---

<sup>3</sup> IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Panelet udgiver, på baggrund af gennemgang af den videnskabelige litteratur, cirka hvert femte år en opsummering inden for forskning og viden omkring klimaændringer og virkningen deraf. Der er udgivet fem rapporter indtil videre. Den seneste i 2014.

I forhold til temperaturstigninger kan disse påvirke svellerne og skabe solkurver, hvilket er omfattet af Banedanmarks tekniske drifts løbende overvågning.

# 3 Lovgrundlag

Klimakonsekvensvurderinger af jernbaneanlæg er ikke omfattet af et egentligt lovgrundlag. Der foreligger for området en række retningslinjer og anbefalinger beskrevet i normer og strategier herunder:

- Regeringens Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark fra 2008 /1/
- Regeringen: Sådan håndterer vi skybrud og regnvand – handlingsplan for klimasikring af Danmark. December 2012 /2/
- Transportministeriets klimatilpasningsstrategi, 2010 /3/
- Banenorm BN1-11-1 om afvanding af sporareal /4/
- Banenorm BN3-12-2 om miljø og vandløbssager /5/
- Spildevandskomiteens skrifter om håndtering af regnvand 27 og 29, se /6/ og /7/
- Spildevandskomiteens Skrift 30: Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter /8/.

Disse retningslinjer og anbefalinger danner grundlag for det foreliggende fagnotat om klimatilpasning ift. elektrificeringen af banestrækningen Aarhus-Lindholm med reference til IPCC ´s seneste forventninger til de globale klimaforandringer (AR5), og Naturstyrelsen og DMI ´s vurderinger af de forventede forhold for fremtidens klima i Danmark /9/10/.

I "Transportministeriets klimatilpasningsstrategi" fra 2010 /3/ anbefales det, at der i forbindelse med planlægning og udførelse af infrastrukturprojekter med en lang løbetid indtænkes, hvorvidt anlægget kan forberedes til det fremtidige klima. Det anbefales at basere sin klimatilpasning på de langsigtede scenarier for klimaændringer, såfremt det ikke er muligt eller økonomisk mest fordelagtigt at klimatilpasse løbende i løbet af anlæggets levetid.



# 4 Baggrund og metode

## 4.1 Baggrundsinformation om projektet

---

Elektrificeringen indebærer, at der skal opsættes køreledningsanlæg og tekniske bygninger, herunder forsyningsstationer og autotransformere, som forsyner togene med strøm, på hele den ca. 145 km lange strækning.

For at kunne etablere køreledningerne og gøre plads til den strømaftager, der er monteret på togene, kræves en vis frihøjde under broer. Ikke alle de eksisterende broer overholder kravet til frihøjde. Derfor skal 54 broer ændres, så der bliver plads til kørestrømsanlægget. Dette sker enten ved at hæve de eksisterende broer, rive broerne ned og etablere nye broer, sænke jernbanesporene eller at flytte jernbanesporene samt sporskifter. En del broer nedlægges permanent og erstattes ikke.

Yderligere planlægges der fem steder på strækningen anlæg af nye sti- eller vejbroer.

Broændringerne betyder, at tilstødende veje muligvis ændres og at dæmninger udvides. Banedanmarks grundløsning i forbindelse med vejombygning er som udgangspunkt en erstatning magen til den eksisterende løsning, men hvor vejanlægget bringes op til nutidig vejstandard.

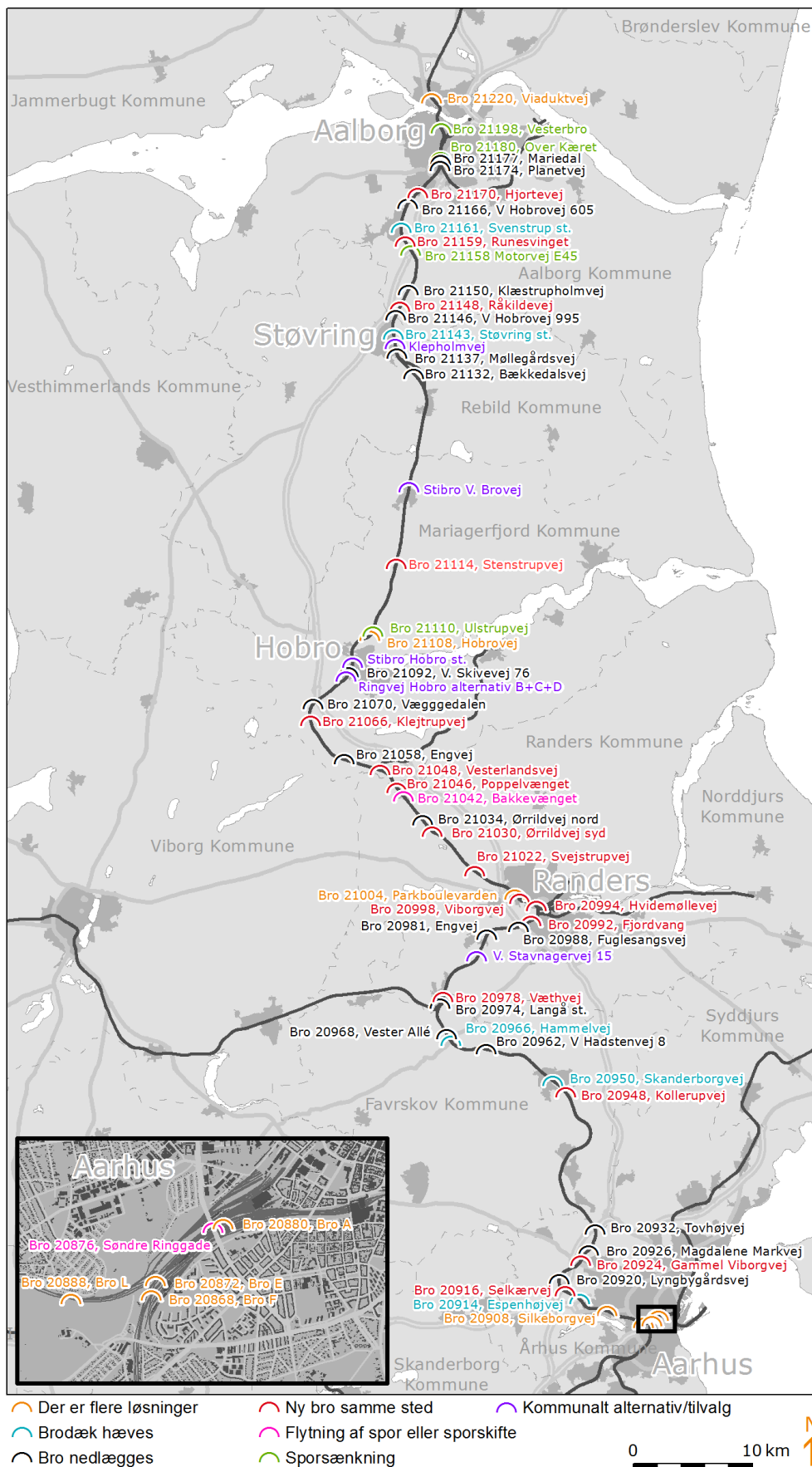
I forbindelse med projektet, vil de tilgrænsende arealer blive pålagt restriktioner i form af en eldriftsservitut /25/. Eldriftsservitutens minimumsafstande er henholdsvis 10 m, 14 m og 19 m (målt fra spormidte). Eldriftsservitutten vil bl.a. betyde, at bevoksning langs banen beskæres op til 10 meter fra spormidte.

Ændringen af broerne langs strækningen medfører, at der midlertidigt må inddrages områder omkring banen til arbejdsarealer i anlægsfasen. Det kan også blive nødvendigt med permanente ekspropriationer.

Nedenfor findes en overordnet beskrivelse af projektet. For en mere detaljeret gennemgang af anlægget henvises til fagnotat om anlægsbeskrivelsen /26/.

### 4.1.1 Eksisterende broer

Nedenfor er listet de broer, der berøres i forbindelse med elektrificeringen, og hvilke løsninger, der er undersøgt fordelt på de respektive kommuner. For en række broer er der undersøgt flere løsninger, og der træffes først senere afgørelse om den endelige løsning for disse.



**Figur 1: Oversigt over broændringer, sporsænkninger og kommunale alternativer i forbindelse med elektrificering af Aarhus-Lindholm.**

### Aarhus Kommune

I Aarhus Kommune ændres 12 broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
106+485	20868	Baneterræn, Bro F	Brohævning, Nye broer
106+580	20872	Baneterræn, Bro E	samme sted, Sporsænkning
107+220	20876	Søndre Ringgade	Sideflytning af spor
107+320	20880	Baneterræn, Bro A	Brohævning, Ny bro samme sted
111+150	20888	Baneterræn, Bro L	Brohævning, Ny bro samme sted, Sporsænkning
114+390	20908	Silkeborgvej	Ny bro samme sted, Sporsænkning
117+070	20914	Espenhøjvej	Brohævning
118+040	20916	Selkærvej	Ny bro samme sted
119+670	20920	L yngbygårdsvej	Nedlæggelse
122+180	20924	Gl. Viborgvej	Ny bro samme sted
123+280	20926	Magdalene Markvej	Nedlæggelse
125+210	20932	Tovhøjvej	Nedlæggelse

### Favrskov Kommune

I Favrskov Kommune ændres fem broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
139+710	20948	Kollerupvej	Ny stibro
141+170	20950	Skanderborgvej	Brohævning
147+650	20962	V. Hadstenvej 8	Nedlæggelse
150+890	20966	Hammelvej	Brohævning
151+340	20968	Vester Allé	Nedlæggelse

### Randers Kommune

I Randers Kommune ændres 13 broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
154+340	20974	Gangbro Langå St.	Nedlæggelse
154+840	20978	Væthvej	Ny bro samme sted
161+590	20981	Engvej	Nedlæggelse
164+440	20988	Fuglsangsvej	Nedlæggelse
165+620	20992	Fjordvang	Ny bro nyt sted
167+130	20994	Hvidemøllevej	Ny bro nyt sted
168+680	20998	Viborgvej	Ny bro nyt sted
169+230	21004	Parkboulevarden	Ny bro samme sted, Sporsænkning
173+170	21022	Svejstrupvej	Ny bro samme sted
178+150	21030	Ørrildvej Syd	Ny bro samme sted
179+380	21034	Ørrildvej Nord	Nedlæggelse
181+960	21042	Bakkevænget	Flytning af sporskifte
182+830	21046	Poppelvænget	Ny bro samme sted

### **Mariagerfjord Kommune**

I Mariagerfjord Kommune ændres otte broer som følge af elektrificeringen. Bro nr. 21114 ved Stenstrupvej miljøvurderes for løsningen ny bro i et separat notat.

<b>Km</b>	<b>Bro nr.</b>	<b>Vejnavn/sted</b>	<b>Undersøgte løsninger</b>
184+990	21048	Vesterlandsvej	Ny bro samme sted
188+120	21058	Engvej	Nedlæggelse
192+610	21066	Klejtrupvej	Ny bro samme sted
194+140	21070	Væggedalen	Nedlæggelse
198+190	21092	V. Skivevej 76	Nedlæggelse
202+160	21108	Hobrovej	Brohævning, Ny bro samme sted
202+570	21110	Ulstrupvej	Sporsænkning

### **Rebild Kommune**

I Rebild Kommune ændres tre broer som følge af elektrificeringen.

<b>Km</b>	<b>Bro nr.</b>	<b>Vejnavn/sted</b>	<b>Undersøgte løsninger</b>
225+270	21132	Bækkedalsvej	Nedlæggelse
227+800	21137	Møllegårdsvej	Nedlæggelse
229+470	21143	Støvring St.	Brohævning

### **Aalborg Kommune**

I Aalborg Kommune ændres 13 broer som følge af elektrificeringen.

<b>Km</b>	<b>Bro nr.</b>	<b>Vejnavn</b>	<b>Undersøgte løsninger</b>
231+090	21146	V. Hobrovej 995	Nedlæggelse
231+910	21148	Råkildevej	Ny bro samme sted
233+450	21150	Klæstrupholm	Nedlæggelse
237+100	21158	Motorvej E45	Sporsænkning
238+000	21159	Runesvinget	Ny stibro
239+210	21161	Svenstrup St.	Brohævning
241+330	21166	V. Hobrovej 605	Nedlæggelse
242+560	21170	Hjortevej	Ny stibro
245+510	21174	Planetvej	Nedlæggelse
246+020	21177	Mariedal	Nedlæggelse
246+160	21180	Over Kæret	Sporsænkning
248+810	21198	Vesterbro	Sporsænkning
251+730	21220	Viaduktvej	Ny bro samme sted, Sporsænkning

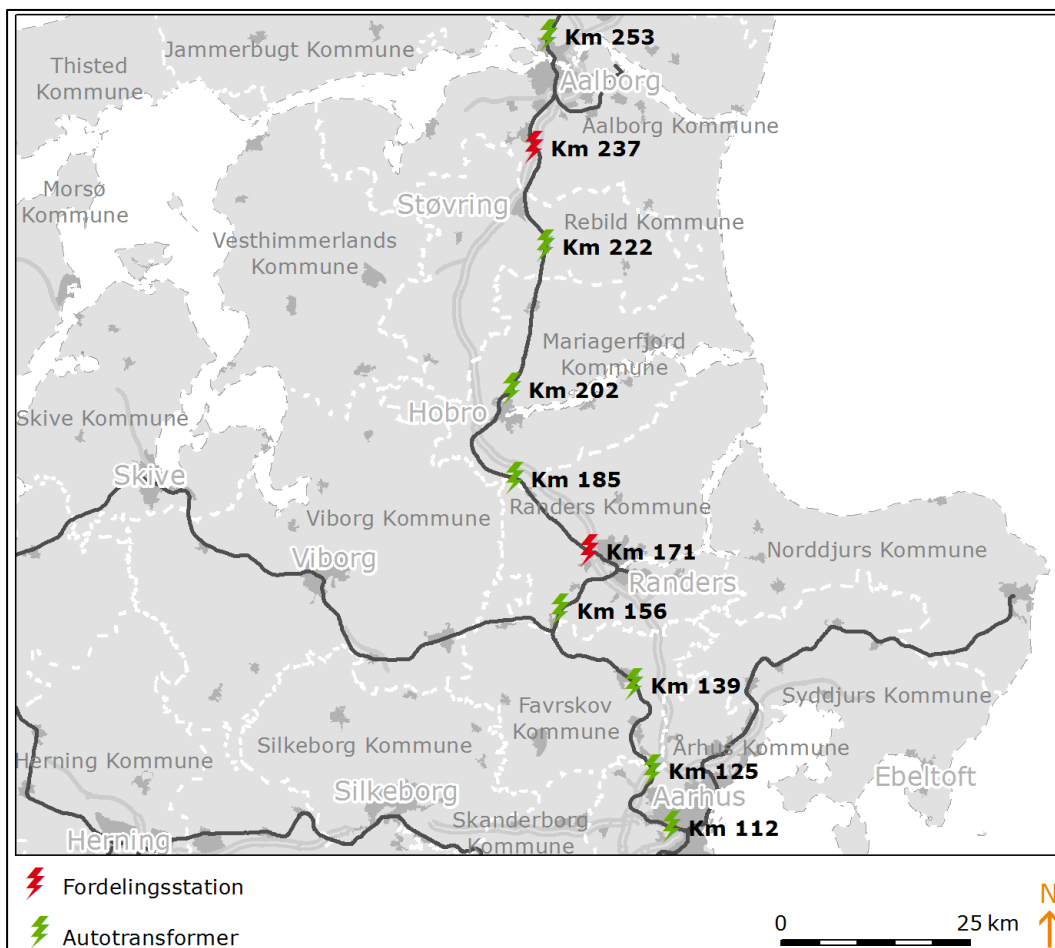
#### **4.1.2 Kommunale alternativer**

I Randers, Rebild og Mariagerfjord kommuner har kommunalbestyrelserne foreslået anlæg af nedenstående alternative vej- og stibroer med kommunal medfinansiering i forbindelse med elektrificering af strækningen Aarhus-Lindholm.

Km	Kommune	Vejnavn/sted	Beskrivelse
159+400	Randers	V. Stavnagervej 15	Ny stibro som erstatning for overkørsel 333
197+700	Mariagerfjord	Ringvej, Hobro	Ny bro (tre varianter B, C og D)
198+900	Mariagerfjord	Stibro Hobro St.	Ny stibro
208+670	Mariagerfjord	21114, Stenstrupvej	Nedlæggelse
215+050	Mariagerfjord	Stibrovej v. Brovej	Ny stibro
228+500	Rebild	Klepholmvej	Ny bro

#### 4.1.3 Transformerstationer

Til forsyning af det nye køreledningsanlæg etableres der forsyningsstationer og autotransformere. For både forsyningsstationer samt autotransformere etableres der en adgangsvej fra det eksisterende offentlige vejnet til bygningerne, der har en størrelse på ca. 6x12x4m. Placeringen fremgår af Figur 2.



**Figur 2: Forsyningsstationer og autotransformere på strækningen Aarhus-Lindholm**

## 4.2 Omfang

---

Med udgangspunkt i anlægsbeskrivelsen for Elektrificering Aarhus – Lindholm er der foretaget en konsekvensvurdering af påvirkninger af banens anlæg og drift i forhold til fremtidige klimaændringer.

Vurderingen er foretaget ved at der identificeres områder, hvor klimatilpasning vil være særligt relevante. Der er derfor ikke foretaget en vurdering efter vurderingskriterierne ubetydelig, mindre, moderat og væsentlig, som det er gjort i andre fagnotater til denne VVM.

Som udgangspunkt for beskrivelsen af de forventede ændringer i det fremtidige klima, har Danmarks meteorologiske institut (DMI) og Naturstyrelsen analyseret den seneste rapport fra Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) og vurderet hvilken indflydelse de globale klimaforandringer kan få på danske forhold.

## 4.3 Fremtidige klimaændringer

---

I dette afsnit beskrives de forventede klimaændringer som Naturstyrelsen og DMI har vurderet for danske forhold /9/12/. Med udgangspunkt i de modellerede klimaændringer kan der tages forbehold og baneanlæg og andre infrastruktur anlæg kan sikres således at de er robuste i fremtidens klima.

Klimaets påvirkning har betydning for planlægning af nye baneanlæg og ændringer af eksisterende anlæg.

For at kunne modellere sig frem til hvordan klimaet vil se ud i fremtiden har IPCC udarbejdet forskellige scenarier for hvordan verden potentielt vil udvikle sig. Scenarierne forholder sig blandt andet til socioøkonomiske forhold, befolkningsvækst og hvilken type energi der er dominerende. IPCC har opstillet fire mulige klimascenarier (RCP<sup>4</sup>), der er navngivet efter strålingspåvirkningen (i W/m<sup>2</sup>) som følge af drivhusgasser i atmosfæren. De fire scenarier kaldes RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 og RCP8.5, se Tabel 1.

---

<sup>4</sup> Representative Concentration Pathways

**Tabel 1: Klimascenarier/RCP /9/**

Scenarie	Forcing	Drivhusgaskoncentration	Global opvarmning i 2081-2100
<b>RCP8.5</b>	Over 8,5 W/m <sup>2</sup> i 2100	Over 1370 ppm CO <sub>2</sub> -ækvivalent i 2100	+3,7 °C
<b>RCP6.0</b>	ca. 6 W/m <sup>2</sup> ved stabilisering efter 2100	Ca. 850 ppm CO <sub>2</sub> ækvivalent ved stabilisering efter 2100	+2,2°C
<b>RCP4.5</b>	ca. 4,5 W/m <sup>2</sup> ved stabilisering efter 2100	Ca. 650 ppm CO <sub>2</sub> ækvivalent ved stabilisering efter 2100	+1,8 °C
<b>RCP2.6</b>	Topper ved 2,6 W/m <sup>2</sup> før 2100 og aftager derefter	Topper ved ca. 490 ppm CO <sub>2</sub> ækvivalent før 2100 og aftager derefter	+1,0 °C

DMI og Naturstyrelsen har på baggrund af den 5. hovedrapport fra IPCC beskrevet konsekvenserne af klimaudviklingen i Danmark for perioden indtil år 2100. Generelt kan der fremhæves følgende hovedkonklusioner baseret på den 5. rapport:

#### *Mere regn*

Generelt får vi mere regn, især om vinteren og mindre om sommeren (Tabel 2). Om sommeren får vi både tørkeperioder og kraftigere regnskyl.

**Tabel 2: Nedbørsændringer i Danmark (% ændring) /9/**

Nedbør [%]	RCP2.6	RCP8.5
<b>Årlig</b>	1,5 (±4,6)	6,9 (±6,1)
<b>Vinter</b>	3,1 (±7,9)	18 (±12)
<b>Forår</b>	3,7 (±11,1)	10,7 (±12,6)
<b>Sommer</b>	-0,5(±9,6)	-16,6 (±21)
<b>Efterår</b>	0,8 (±7,2)	10,2 (±10,9)

#### *Mildere vintre*

Vintrene vil blive mildere og fugtigere.

#### *Varmere somre*

Somrene bliver varmere og tørrere, og der kan komme flere og længere hedeølger (se Tabel 3).

**Tabel 3: Temperaturændringer for Danmark (°C) /9/**

Temperatur [°C]	RCP2.6	RCP8.5
<b>Årlig</b>	1,2 (±0,5)	3,7 (±1,0)
<b>Vinter</b>	1,2 (±0,7)	3,7 (±0,9)
<b>Forår</b>	1,2 (±0,5)	3,2 (±0,8)
<b>Sommer</b>	1,2 (±0,8)	4,0 (±1,5)
<b>Efterår</b>	1,3 (±0,6)	4,0 (±1,1)

#### *Højere grundvandsstand*

Øget vinternedbør og tørrere somre vil påvirke grundvandsdannelsen i hver sin retning. Beregninger fra flere klimamodeller har vist at det er usikkert om grundvandsdannelsen bliver øget eller reduceret i det fremtidige klima. Ifølge kort på klimatilpasning.dk modelleres der en stigning i grundvandsstanden i Nordøstjylland på 0-2 m (A1B<sup>5</sup> middelscenarie, middel klimamodel) /14/.

Mellem Hobro og Støvring (km 200+000-224+250) forventes der en stigning på 1-2 m. På resten af strækningen forventes 0-1 m stigning i grundvandsniveauet i det primære grundvandsmagasin indtil år 2021-2050. Det nuværende grundvandsspejl konstateres i >20 m u.t. og stigningen forventes derfor ikke at have indflydelse på jernbanen.

#### *Havniveaustigninger*

Dimensionen af havniveaustigninger er svær at fastsætte. Problemet med at vurdere omfanget af de fremtidige havniveaustigninger er, at et stigende havniveau afhænger af afsmeltning af sne og is (samt vandets temperatur), og at estimering af isafsmeltning er forbundet med stor usikkerhed. Havniveaustigninger vurderes i værste fald at komme op på omkring 70 cm i Danmark i det 21. århundrede. DMI har vurderet en øvre grænse for det 21. århundrede på 1,2 m.

#### *Mere vind*

Der er i IPCC's femte rapport ikke nogen klar tendens, der viser hvordan fremtidens vindmønster vil være. DMI har registreret, at orkaner og orkanagtige storme er blevet hyppigere (DMI). Der forudsiges en stigning i stormstyrken, men ikke nødvendigvis en stigning i antallet af storme. Fremtidige forventninger til vindforhold er dårligere bestemt end de øvrige forhold (DMI).

## **4.4 Klimapåvirkning af baneanlæg**

---

Elektrificering af Aarhus - Lindholm, med tilhørende sporsænkninger, vurderes at blive påvirket af de forventede klimaforandringer, der vedrører øgede vandmængder. Broflytninger og brohævninger berøres ikke af de forventede klimaforandringer. De langsigtede klimascenarier er dækkende for banekonstruktionens designlevetid. Sporbærende broer har en designlevetid på 120 år, mens designlevetiden for andre byggekonstruktioner er 100 år.

---

<sup>5</sup> A1B er et af scenarierne fra IPCC's tidligere rapporter. For perioden 2021-2050 er det på grund af det hidtidige udslip og naturlige variationer i klimasystemet i praksis umuligt at skelne mellem de forskellige scenarier. A1B kan derfor repræsentere alle scenarierne i denne periode (også de nye scenarier). I perioden efter 2050 vil scenarie A1B kunne sammenlignes med en mellemtig mellem de nye scenarier RCP6.0 og RCP8.5.



Med udgangspunkt i Trafikstyrelsens klimakonsekvensvurdering af den nye bane København-Ringsted **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**/ er der på tilsvarende vis for Elektrificering af Aarhus - Lindholm foretaget en analyse af følgende klimapåvirkninger:

- Nedbørsforhold
- Vandstandsforhold i havet
- Vandføring og vandstandsforhold i søer og vandløb
- Grundvandsstand
- Vindforhold
- Temperaturforhold

Ovenstående klimavariabel vil blive vurderet i forhold til omfang, hyppighed, sandsynlighed og konsekvens. For Elektrificering af Aarhus - Lindholm vil de økonomiske aspekter blive belyst i detailfasen.

I Banedanmarks plan for klimatilpasning i Banedanmark /13/ er konsekvenserne for tre udvalgte klimafaktorer vurderet i nedenstående Tabel 4.

**Tabel 4: Effekter og konsekvenser af de tre klimafaktorer der er udgangspunktet i Banedanmarks plan for klimatilpasning.**

Klimafaktor	Effekt	Konsekvens
<b>1. Nedbør</b>	Øget nedbør	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oversvømmelse</li> <li>• Brud i baneskråninger</li> <li>• Lavere regularitet og sikkerhed</li> </ul>
<b>2. Vind</b>	Storm/kraftige lavtrykspassager	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Væltede træer, og nedfaldne køreledninger</li> <li>• Stop i togdrift, og materielle skader</li> <li>• Lavere regularitet</li> </ul>
<b>3. Temperatur</b>	Stigende temperatur/oftere hedebløgere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solkurver</li> <li>• Dårlig komfort, påvirkning af arbejdsforhold og øget behov for køling</li> <li>• Lavere regularitet og sikkerhed</li> </ul>

Det afgørende spørgsmål i overvejelserne om de økonomiske aspekter er, om klimaforandringerne forventede påvirkning er af en størrelsesorden, der medfører særlige krav til anlæggets udformning - eller om klimatilpasningen skal løses ved en gradvis tilpasning i løbet af anlæggets levetid.

#### **4.4.1 Nedbør**

Med klimaændringerne følger øget årlig nedbør og hyppigere forekomster af kraftig nedbør, som de eksisterende afvandingssystemer ikke er dimensioneret til.

Det undersøges gennem en kortlægning hvilke påvirkninger, der kan medføre ændrede afstrømningsmønstre i forbindelse med ombygning af broer. Ved sænkning af spor ved passage af broer vil flere dele af banestrækningen ligge i udgravning, som vil kunne medføre oversvømmelse ved kraftige

nedbørshændelser. I forhold til ekstremregn og den øgede forekomst af regnhændelser foretages der en analyse af topografien i områderne omkring banen for at vurdere risikoen for oversvømmelse.

Placeringen af banetekniske installationer og konstruktioner skal ligeledes indgå i en analyse af klimaændringernes forventede påvirkninger. De eksakte afvandingsforhold er ikke belyst i dette notat, men det vil blive gjort under detailprojekteringen.

Analyserne foretages på baggrund af Blue Spot-kortlægningen udført for hele Danmark, som er tilgængelig på Naturstyrelsens hjemmeside /12/. Kortlægningen udpeger de aktuelt mest sårbare områder, hvor overfladevand potentielt vil kunne medføre oversvømmelser.

"Blue Spots" kort er en digitalisering af afløbsløse lavninger. Denne lidt forenkede metode tager ikke hensyn til banens eksisterende afvandingsystem, herunder om der er drænedede områder eller nedsivning. Naturlige lavninger udgør således ikke altid en risiko for oversvømmelse, men "blue spots" kort giver en indikation af potentielle problemområder.

#### **4.4.2 Havstigninger**

Som følge af stigende temperaturer og afsmeltning af sne og is forventes globale havstigninger såvel som havstigninger i havene omkring Danmark.

Danmark er et af de fem lande i EU, der står til de højeste skadesomkostninger ved havniveaustigninger relativt til bruttonationalproduktet. Dette er blandt andet på grund af Danmarks mange kyststrækninger.

Banestrækningen Aarhus-Lindholm forløber igennem Randers kommune, hvor områderne langs Randers Fjord og Gudenåen ved Randers by, med baggrund i EU's oversvømmelsesdirektiv, er blevet udpeget som et af ti særligt oversvømmelsestruede områder i Danmark.

Ved en havniveaustigning på eksempelvis 0,7 m, oversvømmes flere steder på banestrækningen ved Randers by mellem km 162+000 og 164+000 /12/.

I forhold til de dele af strækningen, der ikke er direkte påvirket af havniveaustigninger, vil der her skulle afledes til et højere niveau, og der kan forekomme tilbagestuvning i vandløb, der leder ud til havet.

#### **4.4.3 Vandføring og vandstandsforhold i vandløb**

Som følge af den forventede stigning i nedbør kan der forventes en øget vandføring og en stigning i vandstanden i vandløb. Vandløbskrydsninger, hvor et vandløb krydser banen, er potentielle flaskehalse for vandløbene og kan potentielt medføre erosion af dæmningen. Der er derfor opmærksomhed omkring dimensioneringen af vandløbskrydsningerne og afvandingen i forbindelse med vandløbskrydsninger, således at de er eller bliver klimatilpassede.

Der er 35 lokaliteter på strækningen, hvor jernbanen krydser væsentlige vandløb<sup>6</sup>, samt i alt ca. 25 km langsgående vandløb inden for undersøgelsesområdet.

Der forventes en øget vandføring på minimum 30% som følge af fremtidige klimaforandringer. Nogle vandløbskrydsninger er rørlagte og dimensionerne er ikke altid kendte eller synlige.

Vurderingen af behov for klimatilpasning af de 35 vandløbskrydsninger vil ikke blive foretaget her. Dette fagnotat beskæftiger sig med de ændringer, der foretages i forbindelse med elektrificering af jernbanen, hvilket indebærer enkelte delstrækninger, oftest indbefattende sporsænkninger, der foretages for at give plads til kørestrømsanlægget.

#### **4.4.4 Grundvand**

På grund af den grundvandsdominerede hydrologi i Danmark vil oversvømmelser på lokal skala i Danmark ofte være grundvandsbetingede.

Såfremt grundvandsspejlet hæves, vurderes dette ikke at have umiddelbare negative konsekvenser for det banetekniske anlæg, selvom der i yderste konsekvens vil kunne ske indsvivning af grundvand til banens interne afvandingssystem, hvor banen afvandes ved dræn eller grøfter. Højere grundvandsstand vil således kunne bidrage til større belastning af eksisterende dræn og grøfter, hvorved det indirekte bliver en fremtidig klimabelastning for afvandingen.

Derudover vil ændrede grundvandsforhold primært have betydning over længere tidsperioder og det må forventes, at det er muligt gradvist at tilpasse sig disse ændringer, f.eks. ved udvidelse af dræn og grøfter. Forholdet behandles kun forbigående i det foreliggende fagnotat.

#### **4.4.5 Øget vindpåvirkning**

Ændrede vindforhold vil få betydning for konstruktioner, hvor vindlast er en del af dimensioneringsforudsætningerne. For jernbaneanlæg vil det gælde for eventuelle, støjskærme, køreledninger, master og mindre tekniske anlæg og lignende konstruktioner.

I december 1999 blev der under en orkan registreret middelvindhastigheder over 40 m/s med vindstød over 50 m/s /2/. Sådanne vindstød udgør en risiko for ikke at kunne opretholde regelmæssig togdrift. Øget vind vil endvidere kunne medføre øget stormfald af træer langs banestrækninger og have betydning for snefygning og andre blokeringer.

---

<sup>6</sup> Væsentlige vandløb vil sige vandløb der enten er omfattet af naturbeskyttelseslovens § 3 eller er målsat i Statens Vandplaner (se fagnotat: Natur og overfladevand)

Kørestrømsanlægget bør, ud fra en vurdering af den øgede hyppighed af kraftige storme, dimensioneres i overensstemmelse med forventningerne hertil. Eventuelle øgede udgifter i forbindelse med dimensioneringen bør efterfølgende sammenholdes med risikoen for øgede udgifter i forbindelse med fremtidige reparationer af anlægget ved stormskader.

Risikoen for at køreledninger nedrives som følge af stormfald bliver minimeret som en følge af el-driftsservitutten, se fagnotat om arealforhold og el-driftsservitut /15/, der foreskriver, at arealer indtil 10 m fra spormidte skal friholdes for vegetation. Ustabile træer og anden høj vegetation mere end 10 m fra banen, der ud fra en forstfaglig vurdering udgør en særlig risiko for at vælte ud over banen og kunne beskadige kørestrømsanlægget vil endvidere blive fjernet. Dertil kommer en række afstandskrav i forhold til ustabile konstruktioner såsom flagstænger mv. som vil kunne vælte i forbindelse med storm.

#### **4.4.6 Stigende temperaturer**

En konsekvens af de forventede højere temperaturer som følge af Klimaændringerne er øget risiko for driftsforstyrrelser pga. solkurver. En solkurve opstår på jernbaneskiner, når skinnerne på grund af sol og varme udvider sig så meget, at sveller og skærver ikke længere kan holde skinnerne på plads og kan i værste fald medføre afsporing af tog.

Solkurver er omfattet af Banedanmarks tekniske drifts løbende overvågning og behandles ikke yderligere i dette fagnotat.

## 5 0-alternativet

0-alternativet er situationen i 2030, hvor elektrificering ikke udføres. Der udføres heller ikke hastighedsopgradering af jernbanen på strækningen Aarhus -Hobro. Naboprojekter (Hastighedsopgradering Hobro-Aalborg, elektrificering og kapacitetsudvidelse af Aarhus H, projekter syd for Aarhus m.fl.) udføres fortsat.

Trafikmængden på strækningen i 0-alternativet er den samme som i projektalternativet (samme antal tog og samme toglængder). Togtrafikken drives i 0-alternativet udelukkende af diesel og ikke af en kombination af el og diesel. Samtidig køres trafikken med banens nuværende tilladte hastigheder mellem Aarhus og Hobro (uden hastighedsopgraderinger) og ad banens nuværende linjeføring (uden kurveudretninger).

## 6 Eksisterende forhold

Banestrækningen mellem Aarhus og Lindholm afvander i dag hovedsageligt via banegrøfter eller dræn, hvor vandet afledes til nærmeste recipient eller offentlig regnvandskloak. Den eksisterende banes afvandingsystem er ikke dimensioneret i forhold til fremtidige klimaændringer, men er dimensioneret ud fra Banenormerne: BN1-11-1 og BN3-12-2, der svarer til, at afvandingen lever op til servicekrav ved de nuværende klimaforhold.

Banen vil uden tilpasning være let til moderat sårbar i forhold til forventede øgede nedbørsmængder. Uden tilpasning vil banen blive mere og mere sårbar i takt med at afvandingen ikke er dimensioneret til de vandmængder banen udsættes for. Sårbarheden er størst, hvor banen er beliggende i kritisk afgravning, dvs. hvor banen udgør laveste punkt i forhold til det omgivende terræn, og hvor banen krydser vandløb eller passerer i nærheden af vandløb.

Banestrækningen Aarhus-Lindholm krydser to større vandområder: Limfjorden og Gudenåen. Banen ligger også tæt på enkelte mindre søer beliggende inden for undersøgelseskorridoren omkring banen.

Randers Fjord er af staten udpeget som risikoområde for oversvømmelse fra fjord og å. Områderne langs Randers Fjord og Gudenåen ved Randers by er for nyligt – med baggrund i EU's oversvømmelsesdirektiv – blevet udpeget som ét af ti særligt oversvømmelsestruede områder i Danmark. Gudenåen krydser blandt andet banen i et kritisk område sydvest for Randers ved km 162+000 til km 164+000.

Omkring Aalborg kan der være tilbagestuvning fra havstigninger, men den øvrige del af strækningen er ikke påvirket af havniveauet.

Med baggrund i naturkortlægningen (Fredericia – Lindholm) /16/ er der konstateret 35 vandløbskrydsninger på strækningen, hvoraf nogle vandløb krydses flere gange. Flere af vandløbskrydsningerne er rørlagte og rørdimensionen er ukendt. Flere af vandløbskrydsningerne er underdimensionerede i forhold til skybrud eller øget vandføring som følge af fremtidige klimaforandringer.

Der refereres i tidligere fagnotater om klimatilpasning (ex. Køge-Næstved) og på klimatilpasning.dk til en undersøgelse Banedanmark har lavet af 600 vandløbskrydsninger med henblik på risikovurdering ved ekstremnedbør. Der foreligger på nuværende tidspunkt ikke dokumentation for vurderingsgrundlag og metode og det anbefales derfor, at vandløbskrydsninger undersøges og klimatilpasses.

Kravene til vedligeholdelse af afvanding af spor er beskrevet i BN1-11-1, hvor det kræves, at sporafvandingen som minimum bliver inspiceret en gang om året. Der er ikke foretaget en besigtigelse af vedligeholdelsestilstanden på den eksisterende afvanding.

Som udgangspunkt vil dette fagnotat være baseret på, at grøfter og anden afvanding er dimensioneret efter gældende banenormer, og at vedligeholdelsestilstanden ligeledes lever op til gældende banenormer.

## 6.1 Eksisterende planer og programmer

---

I dette afsnit beskrives de enkelte kommuners udpegning af potentielle risikoområder som følge af klimaforandringer. Risikoområder er som regel udpeget i forbindelse med klimatilpasningsplaner er klimastrategier for kommunerne. Herudover har de enkelte kommuner vejledninger til, hvordan eksempelvis afvanding skal håndteres. Enkelte kommuner har ikke udpeget risikoområder.

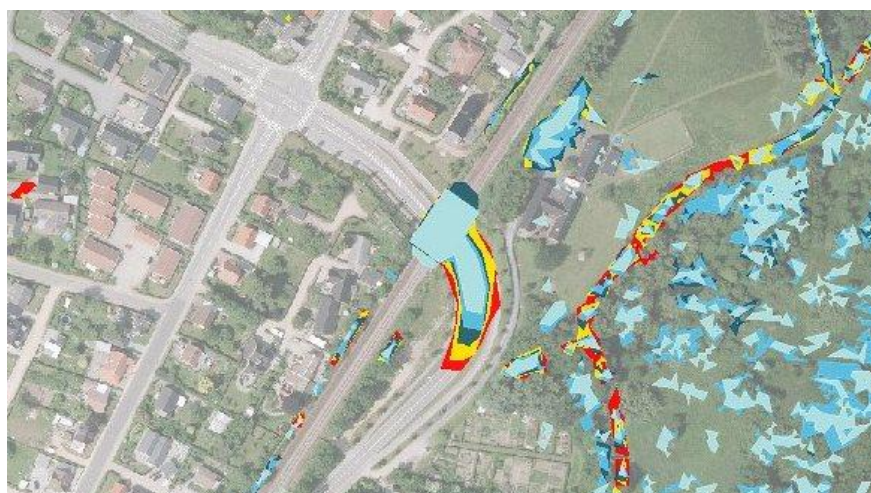
### Århus Kommune

I Aarhus Kommune er specielt fire områder udpeget som risikoområder: Havnen, Skejby vest, Vejby/Risskov og Vigtige veje.

Umiddelbart er der ingen af de udpegede risikoområder, der har berøring med jernbanen /17/.

### Favrskov Kommune

I risikovurderingen i Favrskov Kommunes klimatilpasningsplan, er der udpeget i alt otte prioriterede risikoområder, hvoraf et af områderne berører banestrækningen mellem Aarhus og Lindholm (Figur 3). Det drejer sig om underføringen af Ryelvej/Ledvogtervej under jernbanen. Det er vejen, der udgør et lavpunkt og således ikke jernbanen, der er i risiko for oversvømmelse.



**Figur 3: Oversvømmelseskort, underføring af Ledvogtervej/Ryelvej under banen, udpeget af Favrskov Kommune /17/.**

### Randers Kommune

Randers Kommune er af EU udpeget til at være særligt oversvømmelsestruet. Randers kommune har på denne baggrund udarbejdet en risikostyringsplan, hvori der er udpeget risikoområder for oversvømmelser fra havet /18/. I risikostyringsplanen er der udpeget risikoområder, der risikerer at blive

oversvømmet ved en stormflod der har styrke af en 100 års hændelse i år 2050.

Tre af risiko områderne berører jernbane og dæmning (Figur 4). Her kan der potentielt forventes oversvømmelse ved en 100 års stormflods hændelse.



**Figur 4: Tre risikoområder som udpeget af Randers Kommune. De udpegede delstrækninger: Km 166+000-167+000, km 162+000-164+000 og km 160+000-161+000.**

#### **Mariagerfjord Kommune**

Mariager Fjord Kommune har i 2011 udarbejdet en klimastrategi. Strategien beskriver, at der i de kystnære, fjordnære og lavereliggende engområder er risiko for oversvømmelser, hvis havniveauet stiger. Der er ikke udpeget områder, der berører jernbanen.

#### **Rebild Kommune**

Rebild Kommune har udarbejdet risikokort, hvor der udpeges risikoområder. Omkring (syd for) Støvring Station går oversvømmelsen ved en 100 års hændelse ind over banen /19/.

#### **Aalborg Kommune**

I Aalborg Kommunes klimastrategi /20/ er der udpeget seks geografiske fokusområder, der kan blive påvirket af fremtidige klimaændringer. Et af områderne berører jernbanen. Området er defineret som området omkring Øster Å. Vandet, der falder som regn i området, afvander til Øster Å, og der vil være tendens til oversvømmelser i ådalen. Planen udpeger også de



centrale havneområder, der ligger ud til Limfjorden, som risikoområder ved en stormflodshændelse med 2,42 m vandstandsstigning.  
De øvrige fire områder berører ikke jernbanen mellem Aarhus og Lindholm.

# 7 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen

## 7.1 Klimatilpasning i anlægsfasen

---

Klimaændringer sker over tid, hvorfor klimatilpasning ikke er relevant i forbindelse med anlægsfasen.

# 8 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i driftsfasen

## 8.1 Klimatilpasning ift. driftsfasen

---

I det følgende gennemgås behov for klimatilpasning i forhold til driftsfasen ved elektrificering af jernbanen Aarhus-Lindholm.

Klimaændringerne vil kunne medføre stigende grundvandsstand og ændring i grundvandstilførslen til banens interne afvandingssystem. Derudover vil et stigende grundvandsspejl kunne påvirke vandtætte konstruktioner etableret under grundvandsniveau.

De væsentligste påvirkninger ved de formodede klimaændringer forventes dog som følge af øgede nedbørsmængder. Særligt ved de sporsænkninger, der etableres ved elektrificeringen, kan der skabes nye lavninger (blue spot) eller udvidelse af eksisterende lavninger, er der behov for vurdering af klimatilpasningstiltag.

Der er planlagt op til ti sporsænkninger under eksisterende broer for at gøre plads til kørestrømsanlægget i forbindelse med elektrificeringen alt efter hvilken løsning, der vælges for de broer, hvor der undersøges flere løsninger.

Nedenstående tabel oplister de ti sporsænkninger, der umiddelbart vil have behov for klimatilpasning af den eksisterende afvanding, men som bør undersøges nærmere, da de muligvis er veldrænede eller af anden årsag ikke er i risiko.

**Tabel 5: De ti mulige sporsænkninger på strækningen.**

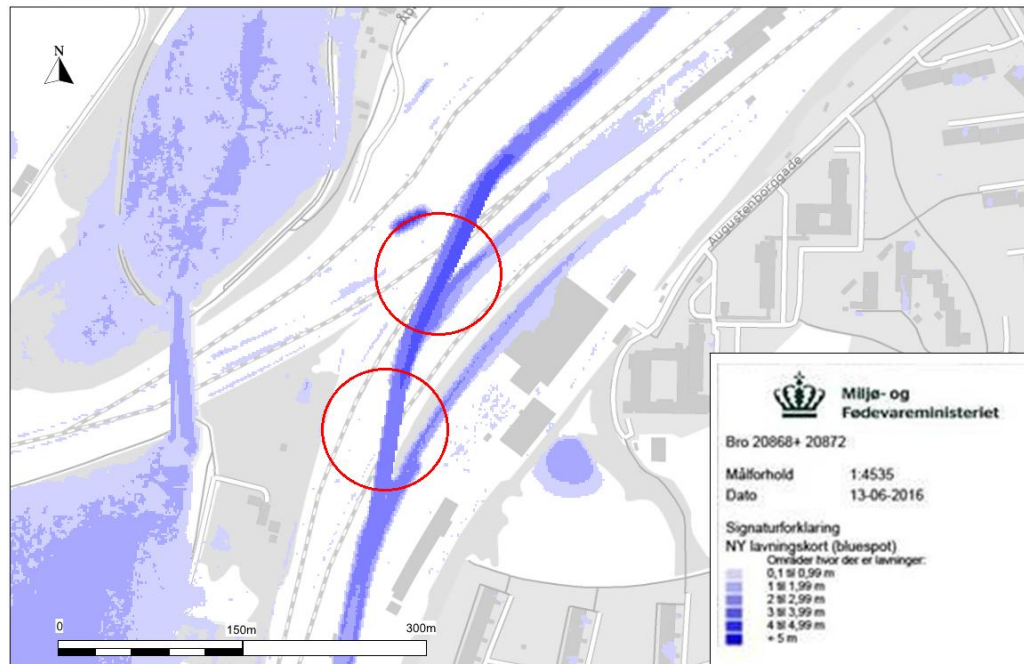
Kommune	Bronummer	Navn	Kilometrering
Aarhus	20868	Bro F	106+490
Aarhus	20872	Bro E	106+580
Aarhus	20888	Bro L	111+150
Aarhus	20908	Silkeborgvej	114+390
Randers	21004	Parkboulevarden	169+230
Mariagerfjord	21110	Ulstrupvej	202+570
Aalborg	21158	Motorvej E45	237+100
Aalborg	21180	Over Kæret	246+160
Aalborg	21198	Vesterbro	248+810
Aalborg	21220	Viaduktvej	251+730

### **Blue spot:**

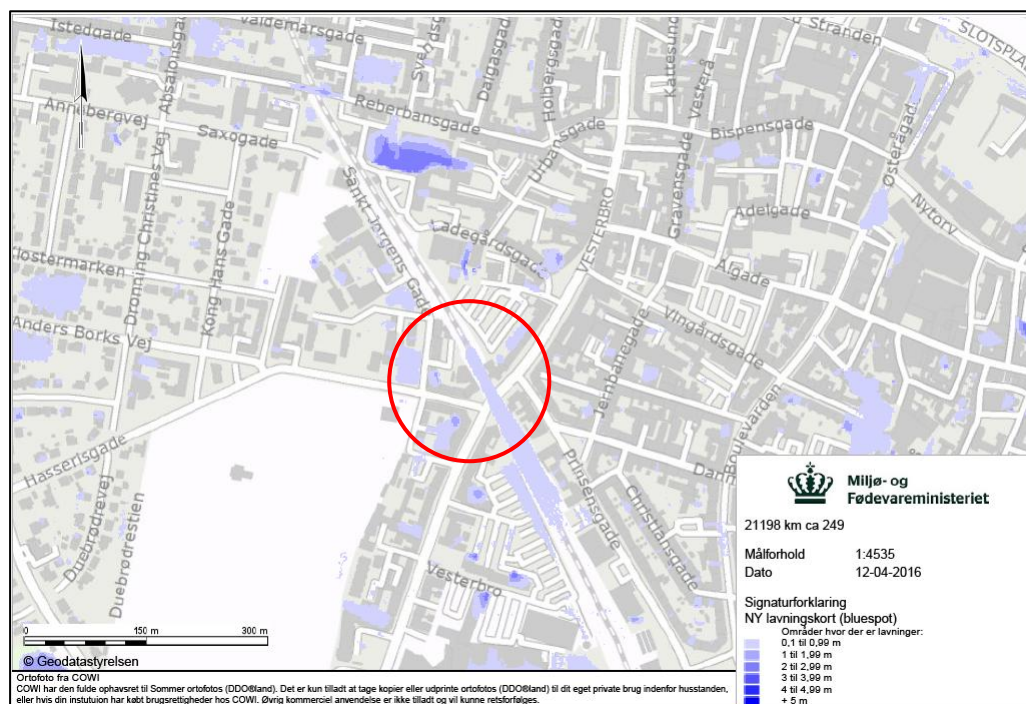
"Et 'blue spot' er et område i terrænet, der ikke har naturligt afløb. Blue spot-områder kan give problemer, når det regner kraftigt, fordi vandet ikke kan ledes væk og derfor bliver opstuvet på terrænet. Et blue spot-kort er en

digitalisering af disse afløbsløse lavninger. Den digitale analyse sker på baggrund af en højdemodel og parametre som lavningernes areal og dybde” (klimatilpasning.dk). I nærværende undersøgelse er der udført en overordnet vurdering af bluespot på strækningen ved hjælp af Geodatastyrelsens offentligt tilgængelige GIS-Kort: NY lavningskort (bluespot) /12/. Der er primært lagt vægt på, om de planlagte sporsænkninger ligger i områder, hvor der allerede befinder sig et bluespot.

Der er sammenfald mellem sporsænkning og bluespot ved bro nr. 20686 (Bro F), 20872 (Bro E) (Figur 5) og bro nr. nr. 21198 (Vesterbro) (se Figur 6: Blue spot ved bro nr.: 21198, Vesterbro.).



**Figur 5: Blue spot ved bro nr.: 20868 Bro F og 20872 Bro E.**



**Figur 6: Blue spot ved bro nr.: 21198, Vesterbro.**

Ved sporsænkningerne ved bro nr. 20888 (Bro L), 21180 (Over Kæret) og 21220 (Viaduktvej) løber der bluespots langs med banen. Ved de resterende sporsænkninger er der ikke bluespots i forbindelse med banen. I de tilfælde, hvor der allerede er et bluespot og det er planlagt at sænke sporet yderligere, skal der tages højde for udvidelse af den eksisterende afvanding med basis i kendskabet til fremtidige vandmængder.

### Vandløbskrydsninger:

Som følge af øget nedbør og øget grundvandsstand, forventes der en øget vandføring i de danske vandløb. En overbelastet vandløbskrydsning kan have konsekvenser for stabiliteten i banedæmningen. Derfor kan det være en fordel at vurdere og dimensionere vandløbskrydsninger efter de forventede fremtidige strømningshastigheder og vandmængder.

I forbindelse med naturkortlægning (Fredericia-Lindholm) er alle vandløbskrydsninger på strækningen undersøgt. Undersøgelsen er ikke lavet med henblik på fremtidige klimaændringer, men med henblik på resiliens<sup>7</sup> og faunapassage. På baggrund af foto og beskrivelse af vandløbskrydsningerne vurderes det, at ca. 20 af de 35 vandløbskrydsninger er små eller af ukendt rørdimensionering. Disse vandløb bør undersøges nærmere i detailprojekteringsfasen i forhold til fremtidig vandføring og nedbørsforhold. Specielt nævnes her den del af strækningen, der ligger i Østerådalene i Aalborg Kommune.

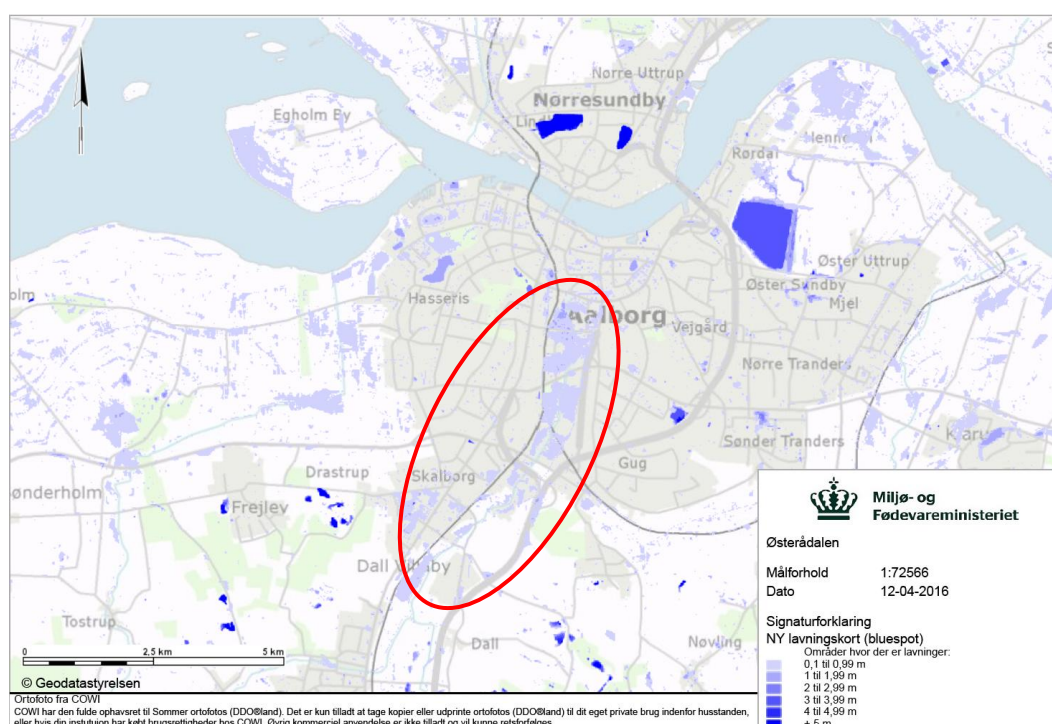
<sup>7</sup> Resiliens beskriver et vandløbs evne til at "vende tilbage" såfremt der sker en påvirkning af tilstanden. Dette kan også beskrives som modstandsdygtighed.

I forhold til havniveaustigninger og evt. tilbagestuvning i åer, er der forbindelse med kommunernes kortlægning, særligt udpeget fire områder med forbindelse til undersøgelses området for dette fagnotat, der sandsynligvis vil blive berørt.

I Randers Kommune er der udpeget tre strækninger, der er følsomme over for vandstandstigning i Gudenåen:

- Km 166+000-167+000
- Km 162+000-64+000
- Km 160+000-61+000.

Hertil kommer en fjerde strækning i Østerådalen, som er udpeget af Aalborg Kommune fra ca. km 239+500 til 246+000. Denne ses af Figur 7.



**Figur 7: Østerådalen, Aalborg Kommune.**

### Vind og temperatur:

Som følge af klimaændringer kan det fremtidige kørestrømsanlæg blive udsat for hyppigere tilfælde af kraftige storme, hvilket der tages højde i elektrificeringsprogrammet.

Ved elektrificering reduceres vegetationen inden for eldriftsservitutens område. Det indebærer, at træer i relativt tæt afstand til banen ryddes. Emnet behandles mere indgående i fagnotat om arealforhold /15/ og eldriftsservitut samt fagnotat om natur og overfladevand /21/.

En konsekvens af de forventede højere temperaturer som følge af Klimaændringerne er øget risiko for driftsforstyrrelser pga. solkurver. En solkurve opstår på jernbaneskiner, når skinnerne på grund af sol og varme

udvider sig så meget, at sveller og skærver ikke længere kan holde skinnerne på plads og kan i værste fald medføre afsporing af tog.

Solkurver er omfattet af Banedanmarks tekniske drifts løbende overvågning og behandles ikke yderligere i dette fagnotat.

### **Klimatilpasning ved 0-alternativet**

I forhold til den alternative situation, hvor banen ikke elektrificeres og der ikke udføres sporsænkninger, vil der stadig være behov for løbende klimatilpasning af afvandingen. Der vil med tiden være behov for øget afvanding, specielt af bluespot, der løber ind over banen. Der vil også være behov for at klimatilpasse i forhold til vind og temperatur uanset elektrificering.

## **8.2 Afværgeforanstaltninger i driftsfasen**

---

I dette afsnit beskrives afværgeforanstaltninger i driftsfasen for elektrificeringen. Dimensionering af afværgeforanstaltninger er baseret på dimensioneringskriterier fra policy notat for den nye bane København-Ringsted /22/.

De vigtigste tiltag for klimatilpasning bliver at justere afvandingen, så den er dimensioneret til at aflede de vandmængder, der forventes at blive forøget i fremtiden som følge af klimaændringerne.

### **8.2.1 Elektrificering**

Overordnet bør den nationale dimensioneringspraksis følges, som er opstillet i spildevandskomiteens (SVK) skrifter nr. 27 og 29 /6/9/. Heri anbefales det, at der som minimum benyttes beregningsniveau 2 for hydraulisk ukomplicerede systemer som her. Ved beregningsniveau 2 dokumenteres systemets hydrauliske kapacitet med en computermodel (Mike Urban eller tilsvarende) af afvandingssystemet.

Ved mere komplicerede systemer kan beregningsniveau 3 i Spildevandskomiteens skrift nr. 27 benyttes. Her anvendes historiske lokale regnserier.

Ved både beregningsniveau 2 og 3 anvendes sikkerhedsfaktorer, der sikrer, at de historiske nedbørsdata kan bruges ved design af anlæg, der udsættes for det fremtidige ændrede klima med kraftigere nedbør.

Sporsænkninger:

De eksisterende grøfter anvendes som bassinkapacitet, hvor der er behov. Forsinkelseskapacitet etableres for at reducere den fremtidige hydrauliske belastning af recipienter, svarende til den naturlige afstrømning på 1 l/s/ha **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**/. Nogle kommuner bl.a. Aarhus Kommune tillader, at afløbet for mindre oplande under 5 ha. kan sættes til min. 5 l/s /23/.

Ved sporsænkninger skal påregnes både det forøgede sænkingsvolumen og de fremtidige nedbørsmængder.

I forbindelse med detailprojekteringen af sporsænkningerne fastlægges behovet for etablering af vandtætte konstruktioner og opdriftssikringen af disse i forhold til den forventede højeste grundvandsstand i banens levetid.

Grøfter:

Oprensning af grøfter og kontrol af udløb og gennemløb skal være med til at afbøde de værste konsekvenser af kraftig nedbør. Banegrøfternes vandføringssevne kontrolberegnes ved dimensioneringen ved detailprojekteringsfasen.

Hvor det er muligt, etableres grøfter eller eksisterende grøfter udvides så vandføringskapacitet svarer til krav i banenormen BN1-11-1 /4/. Samtidig foretages klimasikring ved at dimensionere efter en indregnet klimafaktor som beskrevet i spildevandskomiteens skrifter (1,56.)

Som udgangspunkt regnes der ikke med nedsivning, når grøfter dimensioneres, da nedsivningsevnen ikke er statisk, men er afhængig af hvor længe det har regnet, og hvor vandmættet jorden er.

Vandløbskrydsninger:

Vandløbskrydsningerne anbefales, i policy for den nye bane København-Ringsted, at leve op til standard for vejdirektoratets designpraksis /24/**23**/ Aarhus Kommune, Miljøkontoret, Regnvandsbassiner og vandløb.

·  
Ifølge denne skal åbne og rørlagte vandløb, der krydser vejen (banen), beregnes for en afstrømning på minimum 3 l/s/ha. Ved små oplande foreslås muligheden for at dimensionere for en afstrømning på op til 10 l/s/ha. Hvor åbne vandløb føres under vejen (banen), ønsker vejdirektoratet, at den mindste indvendige dimension på underføringen er  $\geq \varnothing 500$  mm. Hvor rørlagte vandløb føres under veje (banen), ønskes en minimum indvendig dimension på  $\geq \varnothing 300$  mm. Åbne vandløb, der samtidig udgør en faunapassage og dimensioneres som åbent vandløb. /24/

Vandløbskrydsninger anbefales i policy notatet for den ny bane København – Ringsted, at blive beregnet for en gentagelsesperiode på T=50 år for oversvømmelser. Der tillægges en øget vandføring på 30%, hvor der ikke er nærliggende målestationer med detaljeret data /22/.

Blue spot:

Hvor der identificeres bluespot i forbindelse med underføringer af banen eller bane i afgravning bør bluespottet undersøges nærmere, da dette ikke nødvendigvis betyder, at der vil samles vand i lavningen. Bluespots kan være veldræned, enten fordi jorden er sandet og nedsivning af overfladevand sker uhindret eller på grund af tilstedeværelsen af markdræn eller anden etableret afvanding. I de tilfælde hvor der allerede er etableret dræn/afvanding, vil der ved øget nedbør blot ledes mere vand til drænet. I de tilfælde hvor dræn og



grøfter skal ændres i forbindelse med elektrificering og opgradering, skal der dimensioneres med passende klimafaktor.

Havniveau:

Hvor det er muligt bør der tages højde for tilbagestuvning fra havet i åer og fjorde. Både fra stormfloder og reelle havstigninger. DMI har vurderet den maximale øvre grænse for havniveaustigninger til 1,2 m, men ved stormfloder regner Aalborg Kommune med en vandstand i Limfjorden på op til 2,42 m.

I forhold til havniveaustigninger, vil afvanding af banen via dræn og grøfter være af stor betydning. Grøfterne kan dog have svært ved at afvande til et højere niveau. Den bedste klimasikring sker der hvor Banen forløber på dæmning, der er etableret højere end en potentiel højvandssituation.

Vind:

Dimensioneringen af kørestrømsanlægget skal overvejes i forhold til de fremtidige vindpåvirkninger. Beslutninger i forbindelse hermed foretages under Elektrificeringsprogrammet.

### **8.3 Konsekvensvurderinger for driftsfasen**

---

I forbindelse med en sporsænkning kan grøfter udvides til forsinkelse og opmagasinering af større vandmængder eller der kan etableres bassiner. Eksisterende regler omkring udledningshastigheder gældende for den enkelte kommune og udledningshastighed for den enkelte recipient skal overholdes. Udledningshastighed må forventes at være forskellige for de enkelte kommuner og recipienter.

Kontrol af vedligehold af grøfter skal være en del af et beredskabsprogram for afvandingen.

Indregning af passende klimafaktorer i dimensioneringen af den interne afvanding vil sikre en bedre håndtering af de øgede regnmængder i fremtiden.

## 9 Kumulative effekter

I forbindelse med et specifikt anlægsprojekt kan nogle påvirkninger vurderes at være mindre væsentlige, men hvis der foregår lignende påvirkninger fra andre nærliggende projekter, kan de måske tilsammen skabe en væsentlig miljøpåvirkning, den såkaldte kumulative effekt.

Sporfornyelsesprojektet mellem Langå og Hobro samt hastighedsopgradering på hele strækningen kan medføre kumulative effekter med elektrificeringen.

I forhold til klima, forventes ingen kumulative effekter i forhold til sporfornyelsen. Ved sporfornyelsen ændres ikke på behovet for afvanding eller væsentligt på koten af sporet og dermed ikke på risikoen for oversvømmelser af sporene.

I forbindelse med hastighedsopgraderingen gennemføres klimatilpasningen på de dele af strækningen, hvor der gennemføres ændringer af den eksisterende jernbane. Koordinering af eventuelle overlap mellem ovenstående projekter og elektrificeringsprojektet vil være en fordel.

Såfremt andre projekter medfører sporsænkninger, vil der kunne opstå kumulative effekter i form af større udbredelse af steder, hvor banen ligger lavt. I det omfang, at andre projekter sammen med elektrificeringen opfører nye konstruktioner, hvor afvandingen er bedre tilpasset følgerne af klimaændringerne i form af mere vand, vil der kunne opstå positive kumulative effekter.

# 10 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne

Der er ikke konstateret mangler i forbindelse med undersøgelsen.

# 11 Referencer

- /1/ Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark. Regeringen. 2008
- /2/ Sådan håndterer vi skybrud og regnvand – handlingsplan for klimasikring af Danmark. Regeringen. December 2012
- /3/ Transportministeriets klimatilpasningsstrategi, 2010
- /4/ Banedanmark, Banenorm BN1-11-1, Afvanding af sporarealer, 1. oktober 2006
- /5/ Banedanmark, Banenorm BN3-12-2, Vejledning til miljø- og vandløbssager i forbindelse med afvandingsanlæg, juli 2013
- /6/ IDA Spildevandskomiteen, Skrift nr. 27, Funktionspraksis for afløbssystemer under regn. 2004
- /7/ IDA Spildevandskomiteen, Skrift nr. 29, Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer. 2008
- /8/ IDA Spildevandskomiteen, Skrift nr. 30, Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter. 2014
- /9/ Fremtidige klimaforandringer i Danmark, Danmarks Klimacenter, Rapport nr. 6. 2014
- /10/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen, Analyse af IPCC delrapport 2 Effekter, klimatilpasning og sårbarhed - med særligt fokus på Danmark. 2014
- /11/ Klimakonsekvensvurdering Trin 2 – vurdering af afvandingsforhold og vandløb. Nybygnings- og 5. sporløsning. København – Ringsted projektet. 17. august 2009.
- /12/ Geodatastyrelsen, NY lavningskort (blue spot), juni 2016, Miljøgis.
- /13/ Klimatilpasning i Banedanmark – Servicedeklaration og Handlingsplan 2014-2020.
- /14/ klimatilpasning.dk
- /15/ Arealforhold Aarhus H - Lindholm. Fagnotat. Arealforhold. Banedanmark 2016.
- /16/ Natur og feltundersøgelser. Afrapportering. Fredericia – Aalborg (Lindholm). Banedanmark og Grontmij. 2015
- /17/ Favrskov Kommune, Klimatilpasningsplan
- /18/ Randers Kommune, Risikostyringsplan
- /19/ Rebild kommune, klimaplan
- /20/ Aalborg kommune, klimaplan
- /21/ Fagnotat natur og overfladevand, Aarhus-Lindholm, Sweco2016
- /22/ Policy for dimensioneringskriterier for afvanding af den nye bane København- Ringsted, Teknisk Notat, Grontmij, 2013

/23/ Aarhus Kommune, Miljøkontoret, Regnvandsbassiner og vandløb.

/24/ Vejdirektoratet: Vejkonstruktioner, Afvandringskonstruktioner, vejregelrådet. December 2009

/25/ Servitut om rådighedsbegrænsning i forbindelse med elektrificering af jernbaner. Version 10 31 2013. Banedanmark

/26/ Anlægsbeskrivelse. Fagnotat vedr. elektrificering Aarhus H – Lindholm. Banedanmark 2016