

# Risikoanalyse af Ribe Kog

- basisår 2002



**Kystdirektoratet**  
Danish Coastal Authority



<b>Projekt</b>	Risikoanalyse af Ribe Kog - Basisår 2002
Startdato:	Juli 2002
Slutdato:	December 2005

<b>Projektgruppe:</b>	
Projektansvarlig (PA):	Per Sørensen
Projektleder (PL):	Holger Toxvig Madsen
Projektmedarbejdere (PM):	Laurits Michael Bernitt Holger Toxvig Madsen Irene Andersen

Timeregistrering	11524
Kontering	11524
Godkendt af	<i>Per Sørensen</i>
Nøgleord	Risiko, Sandsynlighed, Konsekvens, Skade, Skadeshypsograf, Vadehavets standardstormforløb, Overløb, Brud, Ribe Kog, Indre vandstand, Indbo, Biler, maskiner, Husdyr, offentlige anlæg, Driftstab
Distribution	Internet, Transport- og Energiministeriet, <a href="http://www.kyst.dk">www.kyst.dk</a> , Det Kongelige bibliotek



**Risikoanalyse af  
Ribe Kog**  
-basisår 2002

**Juni 2006**



# INDHOLD

<b>1 Indledning .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Forudsætninger og baggrund .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Risikoanalyse af Ribe Kog.....</b>	<b>7</b>
3.1 Stormflod og oversvømmelse .....	7
3.2 Skader som følge af oversvømmelse .....	11
3.3 Beregning af risiko .....	12
<b>4 Konklusion .....</b>	<b>15</b>
<b>5 Referencemateriale.....</b>	<b>16</b>
5.1 Datastruktur .....	16
5.2 Referencer .....	17

### Indledning

Nærværende risikoanalyse for Ribe kog er udarbejdet som en del af Kystdirektoratets (KDI) udviklingsprogram 2002-05, ref. /1/.

Formålet med projektet er at bestemme risikoen som følge af digebrud og oversvømmelse af området i og omkring Ribe, Ribe kog. Risikoen opgøres som produktet af sandsynlighed og konsekvens, ref. /2/. Konsekvenserne opgøres som tab af ejendomme, indbo, biler, maskiner, besætning, digeskader, offentlige anlæg, markskader og driftstab. Risikoen beregnes i kroner per år med basis i året 2002.

De indre vandstande og risikoen beregnes alene som resultat af digelinjens sammenbrud. De to brudmåder forskråningsbrud og hydraulisk bagskråningsbrud gennemanalyseres, idet det forudsættes at alle øvrige brudtyper kun bidrager ubetydeligt til risikoen i Ribe kog.

Tabene opgøres alene som materielle tab og driftstab, idet der er etableret beredskab til evakuering af personer og dermed forhindring af personskader, ref. /7/.

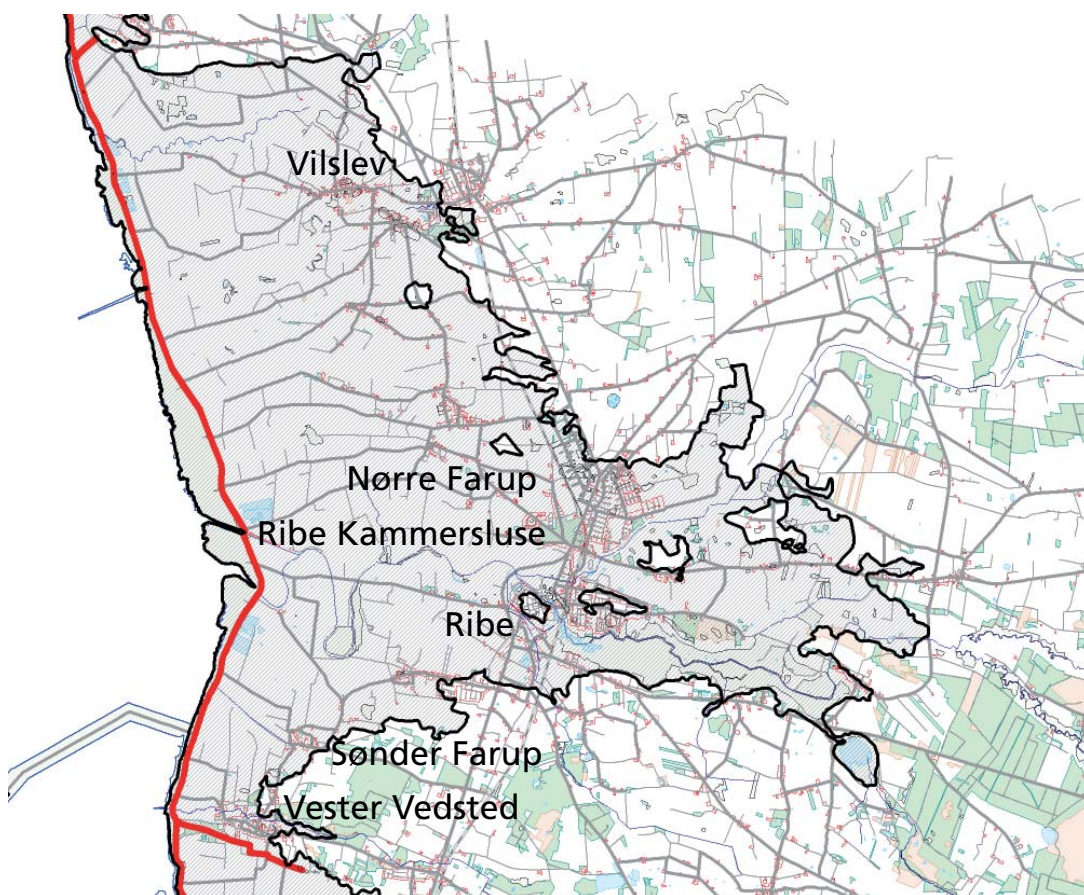
Lemvig, december 2005

Laurits Bernitt & Holger Toxvig Madsen



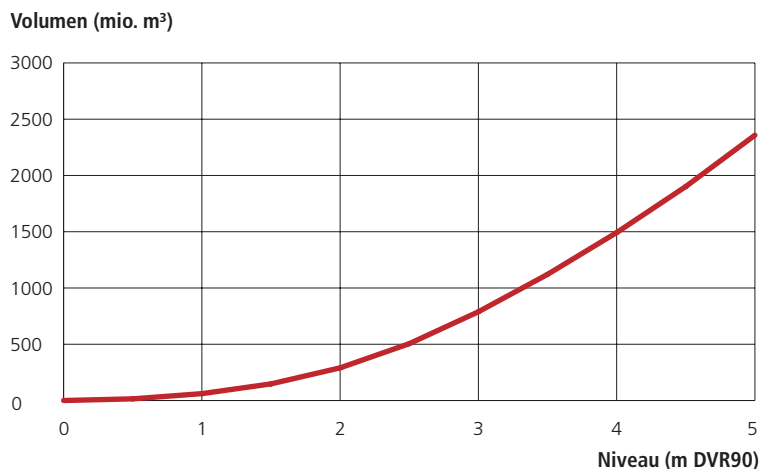
## Forudsætninger og baggrund

I Figur 2.1 er vist et oversigtskort for det digebeskyttede område omkring Ribe, Ribe kog. Området afgrænses ved højdekurven 5 m DVR90 og har et samlet areal på 97 km<sup>2</sup>, ref. /4/. Området bebos idag af ca. 7500 personer, og har en omfattende infrastruktur. Hovedparten af indbyggerne bor i hovedbyen Ribe, der har ekstraordinær kulturhistorisk værdi.



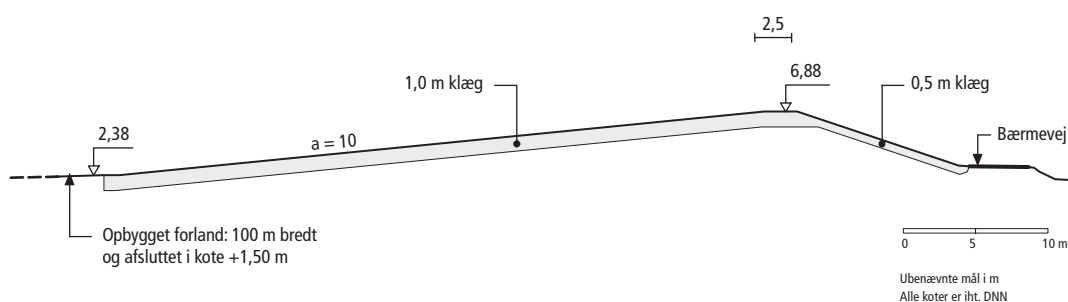
Figur 2.1 Det digebeskyttede område omkring Ribe, Ribe kog, med angivelse af digelinje og afgrænsning, ref. /3/

Hypsografen i Figur 2.2 udtrykker Ribe kogs magasin volumen som funktion af koten, ref./4/. Det fremgår f.eks. at et indre vandspej i kote +4,00 m DVR90 svarer til indløb af 150.000.000 m<sup>3</sup> vand. Hypsografen antages at kunne ekstrapoleres lineært til kote 8,00 m DVR90.



Figur 2.2 Magasinkapacitet af Ribe kog i tilfælde af digebrud, ref. /4/

Det første moderne havdige er anlagt i 1911 til 1914 og den seneste forstærkning er gennemført i 1978 til 1980, ref. /3/. Diget består af havdiget og søndre og nordre fløjdiger. Selve havdiget har en længde på 15277 m, ref. /3/. Digets principprofil er angivet i Figur 2.3. Kronen er 2,5 m bred og anlagt i kote 6,88 m DVR90. Forskråningen og kronen er beklædt med 1 m god klæg medens bagskråningen er beklædt med 0,5 m god klæg. Kvaliteten af klægslaget ansættes til 3, jf. ref. /2/ og /3/. Forskråningen er anlagt med anlæg 10 fra et opbygget forland i kote 2,38 m DVR90 og til kroneniveau. Bagskråningen er anlagt med anlæg 3. Digets kerne rummer det ældre havdige anlagt med spandkædemaskine og en formodet uensartet fordeling af materialer fra god klæg og til ren sand. I forbindelse med forstærkningen i 1978 til 1980 er kernen suppleret med indpumpet sand.

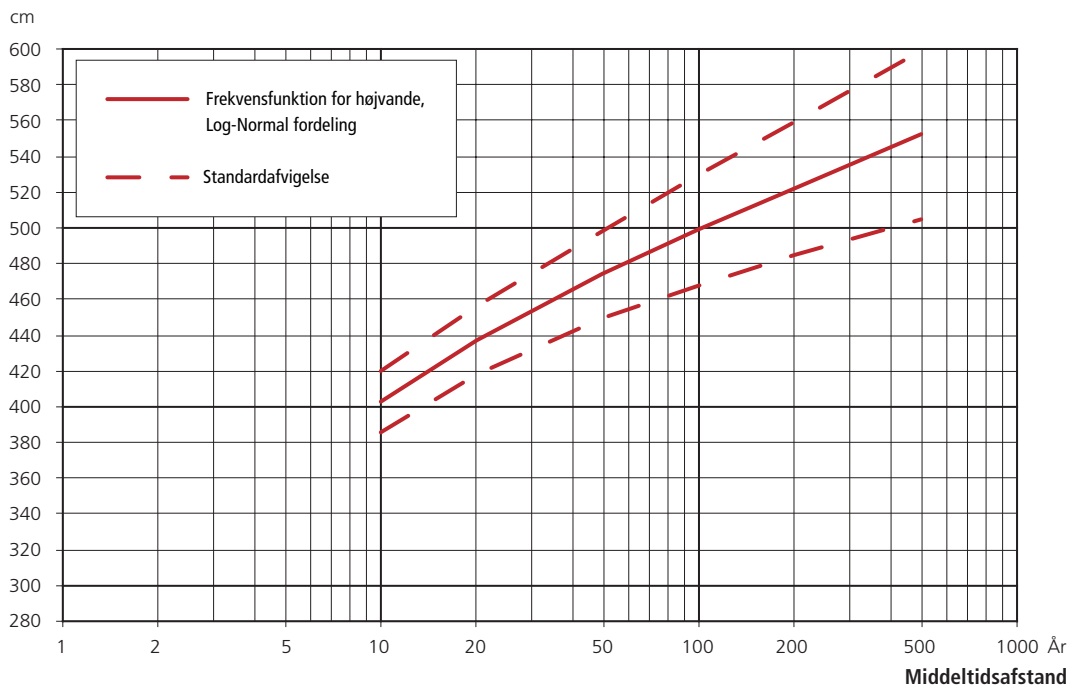


Figur 2.3 Principprofil for Ribe havdige, med angivelse af kronekote, anlæg og klægslag, ref. /3/.

Vadehavet ud for Ribe er et havområde præget af et kraftigt tidevand og meget høje stormfloder. Ekstremvandstandsstatistikken ved Ribe Kammerluse er angivet i Figur 2.4. Vandstandens hyppighed er karakteriseret ved den såkaldte middeltidsafstand. Middeltidsafstanden udtrykker hvor mange år, der i middel hengår mellem at den pågældende vandstand nås eller overskrides. Station Ribe har landets højeste 100 års vandstand på 499 (cm DVR90), ref. /5/. Med fordelingsparametrene i ref. /5/ er gentagelsesperioden for en vilkårlig ekstremvandstand fastlagt.

Ekstremvandstandsstatistikken for Ribe er bestemt under hensyntagen til det middelvandspejl, der herskede i 1990. Stationen er påvirket af en historisk relativ vandstandsstigning på 12 cm i perioden 1891 og til 1990, ref. /5/. Denne vandstandsstigning forudsættes at fortsætte i perioden 1990 og til 2002, som er basisår for risikoanalysen.

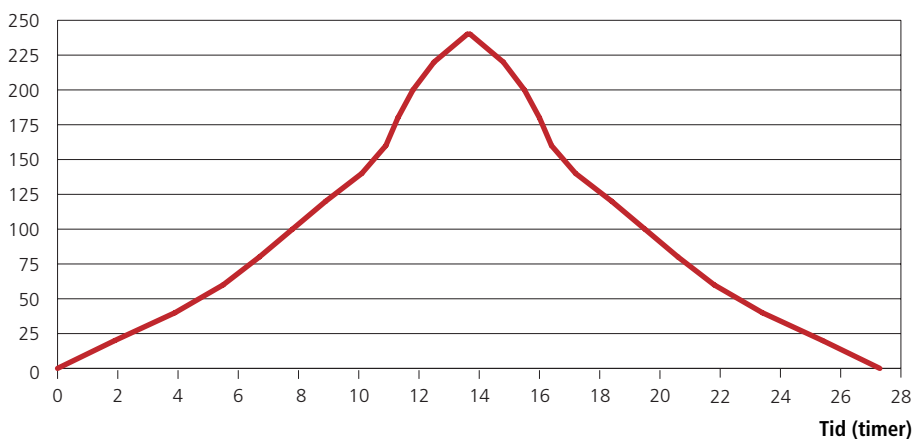
#### Vandstand i forhold til DVR90



Figur 2.4 Ekstremvandstandsstatistik for Ribe Kammersluse, ref. /5/.

For at kunne beregne bølgebelastningen på forskrånningen og for at kunne bestemme såvel digebruddets udvikling som det indre vandspejl i kogen, er det nødvendigt at kende vandspejlførløbets tidslige udvikling omkring ekstremvandstanden. Til denne brug er der bestemt et standardstormforløb baseret på de 5 største storme registreret på vandstandsmålerne i Højer, Ballum, Ribe og Esbjerg. Vandspejlsforløbet er illustreret i Figur 2.5 og tabelleret i Tabel 1. Varighederne i Tabel 1 udtrykker hvor længe, vandstanden overskrider forskellige niveauer under maksimalvandstanden.

#### Vandstand relativ til udgangsniveau (cm)



Figur 2.5 Vadehavets standardstormforløb baseret på de fem største storme registreret på vandstandsmålerne i Højer, Ballum, Ribe og Esbjerg.



Vandstands niveau under maks. vandstand (cm)	Varighed middel (timer)	Spredning (timer)
0	0.03	0.11
-20	2.29	1.24
-40	3.63	2.36
-60	4.62	3.15
-80	5.46	3.69
-100	7.15	5.05
-120	9.55	6.46
-140	11.64	7.36
-160	13.92	8.28
-180	16.26	9.83
-200	19.48	11.52
-220	23.47	12.48
-240	27.32	12.52

Tabel 1 Vadehavets standardstormforløb baseret på de fem største storme registreret på vandstandsmålerne i Højer, Ballum, Ribe og Esbjerg.

Bølgeforholdene umiddelbart foran diget er ikke målt, men belyst ved stationære vindsimuleringer med Dansk Hydraulisk Instituts MIKE21 NSW-model, ref. /6/. På denne baggrund er der etableret nedenstående relationer for den signifikante bølgehøjde  $H_{m0}$  og middelbølgeperioden  $T_m$  som funktion af de høje vandstande. Peak bølgeperioden  $T_p$  antages relateret til middelbølgeperioden ved relation (3).

$$H_{m0,Ribe} = 0.332 \eta - 0.195 \quad (\eta > 3.68 \text{ m DVR90}) \quad (1)$$

$$T_{m,Ribe} = 1.424 H_{m0} + 1.745 \quad (2)$$

Hvor  $\eta$  betegner vandstanden.

$$T_{p,Ribe} = 1.2 T_{m,Ribe} \quad (3)$$

### Risikoanalyse af Ribe Kog

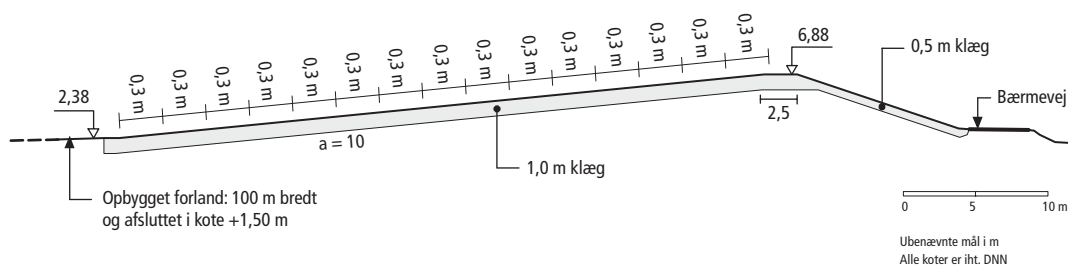
Principperne og de nødvendige modeller for at gennemføre en risikoanalyse er beskrevet i "Risikoanalyse af digebeskyttede områder", ref. /2/. Risikoen bestemmes som integralet af de indre vandspejls sandsynligheder og skadeshypsografen. Skadeshypsografen udtrykker skadernes monetære omfang som funktion af koten på det indre vandspejl. Risikoberegningen falder derfor i to dele, dels en kortlægning af de indre vandspejls sandsynligheder og dels en værdisætning af skadesomfanget som funktion af de indre vandspejl. Sluttelig integreres sandsynligheder og konsekvenser til en risiko. Risikoen beregnes som en monetær værdi udtrykt i kroner per år og med basis i året 2002.

#### 3.1 Stormflod og oversvømmelse

Stormflodernes ekstremvandstande og forløb foran Ribe dige er beskrevet i Kapitel 2. De ydre vandstandes sandsynligheder og varigheder er derfor kendt. Ved successivt at forøge de ydre vandstands niveauer og benytte modellerne for bølgeoverløb, forskråningsbrud, kerneerosion, bagskråningsbrud og brududvikling, som beskrevet i "Risikoanalyse af digebeskyttede områder", ref. /2/, kan de indre vandspejlsniveauer bestemmes og tillægges en middeltidsafstand.

Ribe diges konstruktive egenskaber er beskrevet i Kapitel 2.

Analysen af forskråningsbrud gennemføres i henhold til principperne opstillet i ref. /2/. Forskrånningen analyseres for alle ydre vandspejl op til et niveau svarende til, at der optræder hydraulisk bagskråningsbrud, ref. /2/. Forskrånningen opdeles i 0,3 m højdeklasser jvf. Figur 3.1, og der påsættes bølgelaste svarende til klassernes middelvandstands niveauer, jf. ref. /2/. Vandstandenes varigheder bestemmes i henhold til Vadehavets standardstormforløb, fastlagt i Kapitel 2.



Figur 3.1 Ribbe dige analyseres for forskråningsbrud ved at opdele forskrånningen i 0,3 m højdeklasser og påsætte bølgeste svarende til klassernes middelvandstands niveau og med varigheder i henhold til standardstormforløbet for Vadehavsområdet.

De nærmere beregninger af forskråningsbruddet er dokumenteret i regnearket Gennemlokning\_kerneerosion\_Ribe.xls, afsnit 5.1. Ved en ydre vandstand på 5.25 m DVR90 optræder der netop en gennemlokning af den 15,3 km lange forskrånning. Denne gennemlokning slås på faldende vand og forårsager derfor ingen kerneerosion. Ved en ydre vandstand på 6.46 m DVR90 optræder der massivt hydraulisk bagskråningsbrud som følge af bølgeoverløb større end  $0,06 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ . Ved en vandstand på 6.46 m DVR90 forventes der i alt at optræde 3 gennemlokninger af forskrånningen på Ribbe dige. Dette reflekterer digets store styrke dels som følge af klægslagetets kvalitet og tykkelse og dels som følge af forskrånningens flade anlæg.

For at en gennemlokning kan udvikle sig til et egentligt digebrud skal hele kernen gennemroderes. Ved en ydre maksimalvandstand på 6.0 m DVR90 etableres den første gennemlokning ved vandstanden 5.8 m DVR90 og med centerniveau i kote 5.23 m DVR90, se Figur 3.1. Det efterfølgende skår har bundkote i niveauet 4.07 m DVR90. Skåret vil derfor være påvirket af vandstand og bølger i 9 timer i henhold til standardstormforløbet, Figur 2.5. En stor del af tiden er skåret imidlertid beliggende så langt under vandspejlet, at bølgerne ikke har nogen erosiv effekt. Skåret siges at være druknet og erosionen genoptages først på faldende vand. Gennemlokning og kerneerosion fører til en samlet dybde af skåret på 17 m, se regneark Gennemlokning\_kerneerosion\_Ribe.xls, afsnit 5.1. Et skår med denne dybde og i dette niveau er dog stadig betydeligt mindre end den samlede vidde af diget på 39 m.

Generelt vil alle ydre vandspejl op til vandstanden 6.46 m DVR90 kun føre til få skår og ingen tilfælde af gennemerosion af kernen. Der foreligger derfor ingen beregningsmæssig risiko fra brudmåden forskråningsbrud på Ribbe dige.

De første indre vandspejl i Ribbe kog genereres ved bølgeoverløb. Ved at integrere overløbsmængderne for stormfloder af forskellig højde, kan de indre vandspejlsniveauer bestemmes ud fra Ribbe kogs hypsograf, Figur 2.2. I Tabel 2 er resultatet af disse beregninger gengivet for 5 ydre ekstremvandstande med bølgeoverløbsrater fra 1 til  $57 \text{ l/s}/\text{m}$ . Stormfloderne er karakteriseret ved den ydre ekstremvandstand og vandstandens middeltidsafstand baseret på ekstremstatistikken for Ribbe Kammersluse, ref. /5/. Indvandsproblemer i form af afstrømning fra områdets åer er der bortset fra i denne sammenhæng.

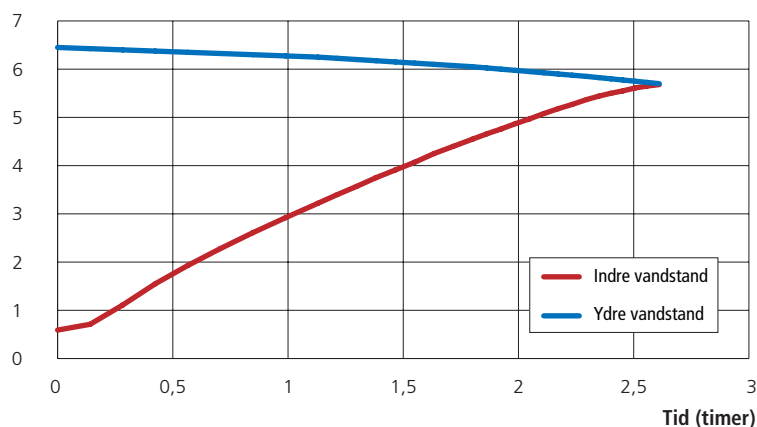
Ydre vandstand (m DVR90)	Middeltidsafstand (år)	Maksimal overløbsrate (m <sup>3</sup> /s/m)	Overløbsmængde (m <sup>3</sup> )	Indre vandstand (m DVR90)
5,75	1.000	0,0002	11.000	0,00
5,95	2.083	0,001	69.000	0,02
6,15	4.167	0,006	370.000	0,16
6,25	6.000	0,013	825.000	0,35
6,35	8.667	0,028	1.770.000	0,53
6,45	12.500	0,057	3.690.000	0,77

Tabel 2 Ydre og indre vandspejl i Ribe kog som følge af bølgeoverløb, detailberegninger se Indre\_vandspejl\_Ribe.xls, afsnit 5.1.

Ved den ydre vandstand 6,46 m DVR90 optræder der, som tidligere nævnt, massivt hydraulisk bagskråningsbrud i Ribe dige, som følge af at overløbsmængden når det kritiske niveau 0,06 m<sup>3</sup>/s/m, ref. /2/. Herefter forventes diget at gå i talrige brud som følge af overløb. På baggrund af erfaringerne med Juvre dige under stormfloden 3. december 1999, ref. /2/, forventes det, at der udvikles 34 egentlige brudsteder i det 15,3 km lange dige.

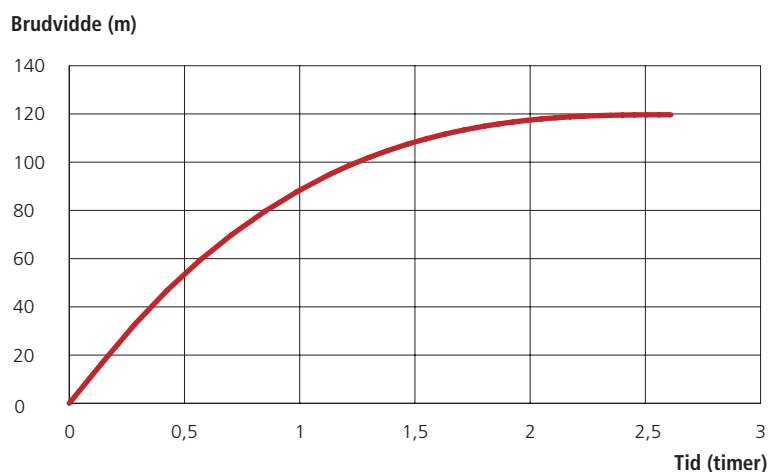
Det ældre Ribe dige fra 1911- 1914 er anlagt på samme vis som Rejsby dige. Brudmodellen for Rejsby dige, ref. /2/, antages derfor også at være gyldig for Ribe dige. Under indtryk af den høje ydre vandstand bliver sammenbrudsprocessen meget voldsom. I Figur 3.2 er den tidlige udvikling af ydre og indre vandspejl, fra det kritiske overløb optræder ved vandstanden 6.46 m DVR90, og ind til indre og ydre vandspejl når samme niveau, afbildet. Brudprocessen er meget voldsom og i løbet af godt 2½ timer strømmer der 300 mio. (m<sup>3</sup>) vand ind. Indre vandspejl når op i niveau 5.69 m DVR90.

Vandstand (m DVR90)



Figur 3.2 Udviklingen i indre og ydre vandspejl fra kritisk overløb og til ydre og indre vandspejl når samme niveau i Ribe kog, ref. Indre\_vandspejl\_rev.xls, afsnit 5.1.

Når ydre og indre vandstand når samme niveau, og erosionen ophører, er brudvidden i de enkelte brudsteder nået op på 120 m. I Figur 3.3 er brudviddens tidlige udvikling afbildet. Samlet vurderes at 4,1 km digelinje, svarende til godt 25 % af Ribe dige, nedbrydes ved en ydre ekstremvandstand på 6.46 m DVR90. Den indre maksimalvandstand beregnes at nå op på 5.69 m DVR90, jf. Figur 3.2 og beregningen Indre\_vandspejl\_Ribe\_rev.xls, afsnit 5.1.



Figur 3.3 Udviklingen i brudvidden i Ribe dige fra kritisk overløb optræder og til ydre og indre vandspejl når samme niveau og erosionen ophører, jf. *Indre\_vandspejl\_rev.xls*, afsnit 5.1.

Ved stormfloder højere end 6.46 m DVR 90 bliver sammenbrudsprocessen stadig voldsommere. I Tabel 3 er de resulterende indre maksimale vandstande som følge af hydraulisk bagskråningsbrud i Ribe dige angivet for ydre vandstande fra 6.46 til 6.85 m DVR90.

Ydre vandstand (m DVR90)	Middeltidsafstand (år)	Bølgeoverløb (mio. m <sup>3</sup> )	Totalt indløb (mio. m <sup>3</sup> )	Indre vandstand (m DVR90)
6,46	13.000	3,1	298	5,68
6,55	18.000	8,2	330	6,01
6,65	26.000	15,9	360	6,32
6,75	37.500	29,1	384	6,57
6,85	55.000	49	403	6,75

Tabel 3 Ydre og indre vandspejl i Ribe kog som følge af hydraulisk bagskråningsbrud, detailberegninger se *Indre\_vandspejl\_Ribe.xls*, afsnit 5.1.

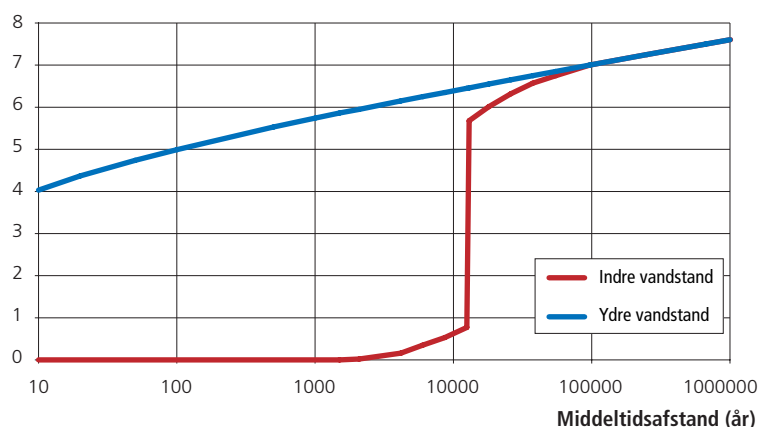
Bølgeoverløbets andel af den totale indstrømningsmængde stiger fra 1 til 12 % ved den ydre vandstand 6.85 m DVR90. Dette bidrag er dog omgærdet af en del usikkerhed idet bølgeoverløbsformlerne, Ref. /2/, er ekstrapoleret ud over deres normale gyldighedsområde.

På baggrund af Tabel 3 antages det at ydre og indre vandspejl er sammenfaldende for vandstande fra 7,0 m DVR og højere. Til sammenligning er digekronen beliggende i 6,88 m DVR90.

I Figur 3.4 er de ydre og de beregnede indre ekstremvandstande afbildet som funktion af middeltidsafstanden. På grund af de meget store middeltidsafstande er der anvendt en logaritmisk skala. De indledende indre vandstande er skabt ved bølgeoverløb. På grund af digets flade anlæg og kraftige klægslag forventes der kun ganske få skår og ingen deciderede forskråningsbrud. Når den ydre vandstand nærmer sig digets kronekote går Ribe dige i massivt hydraulisk bagskråningsbrud som følge af bølgeoverløbet. Vandet forventes efterfølgende at strømme ind gennem 34 individuelle brudsteder med en tilhørende omfattende nedbrydning af digelinjen til følge. Det indre vandspejl nærmer sig det ydre vandspejl på en influensagtig facon, som angivet i Figur 3.4. Ved ekstremvandstande

i niveau med digekronen ender det indre vandspejl med at være identisk med det ydre vandspejl.

#### Vandstand (m DVR90)



Figur 3.4 Middeltidsafstande for sammenhørende ydre og indre vandspejl i Ribe kog vurderet per 2002, Risiko\_Ribe.xls, afsnit 5.1.

Figur 3.4 afspejler også, at Ribe dige er et både meget solidt og højt dige, hvilket giver sig udslag i at ydre og indre vandspejl først for alvor begynder at konvergere ved vandstande med en middeltidsafstand omkring 13.000 år.

## 3.2 Skader som følge af oversvømmelse

Med udgangspunkt i det daværende Ministeriet for Offentlige Arbejders økonomiske analyse af digerne i vadehavsområdet, ref. /8/, og den offentlige ejendomsvurdering 2002, er der gennemført en opgørelse af de potentielle stormflodstab i Ribe kog.

Tabene opgøres indenfor kategorierne:

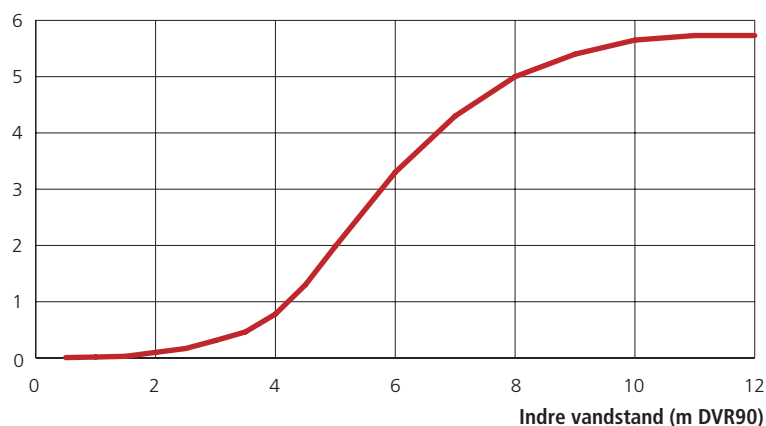
- Privat beboelse, indbo og biler
- Landbrugsejendom, indbo, maskiner, husdyr og biler
- Digeskader
- Offentlige anlæg
- Markskader
- Driftstab beboelsesejendomme
- Driftstab landbrug

På baggrund af en GIS (Geografisk Informations System) analyse af ejendomsdata fra Bygnings og Boligregistret 2002, ref. /4/, er ejendomsværdierne blevet fordelt i henhold til ejendommens sokkelkoter. Når en ejendom udsættes for oversvømmelse forudsættes den at blive skadet i forhold til hvor højt vandet står over sokkelen. Eksempelvis forudsættes en privat beboelse at blive 60 % skadet ved en overvandstand på 0,5 m og 100 % ved en overvandstand på 3,0 m.

I Figur 3.5 er summen af alle tabskategorier angivet som funktion af den indre vandstand for alle områder i Ribe kog beliggende under 5 m DVR90 højdekurven. Kurven betegnes en skadeshypsograf og udtrykker hvor store skader en given indre vandstand aktiverer. På grund af områdeafgrænsningen har skadesummerne en øvre grænse på ca 5,7 mia. DKK 2002. Privat beboelse og indbo udgør det dominerende bidrag med 4,1 mia. DKK 2002.

Skadeshypsografen i Figur 3.5 er dokumenteret i regnearket Skadeshypsograf\_Ribe\_final.xls, jvf. afsnit 5.1.

#### Skadesum (mia. DKK 2002)



Figur 3.5 Skadeshypsograf for Ribe kog baseret på ejendomsværdier som registreret i Bygnings- og boligregistret år 2002 og opgjort i henhold til Ministeriet for Offentlige Arbejders økonomiske analyse 1973, ref. 18/.

Immaterielle skader i form af erhvervsmæssig relokalisering, tabt arbejdsfortjeneste, tabt omsætning, tab af livskvalitet, miljømæssige tab og kulturelle tab er der set bort fra, idet de ikke har kunnet kvantificeres indenfor projektets ressourcer. Det er på forhånd klart, at der knytter sig overordentlig store nationale kulturelle værdier til Ribe by.

Under hensyntagen til at området er omfattet af et varslingsystem og procedurer for evakuering, ref. /7/, antages det at sandsynligheden for personskader er ubetydelig.

### 3.3 Beregning af risiko

Risikoen beregnes som integralet af oversvømmelsens sandsynligheder og konsekvenser, ref. /2/. Konsekvensen af de indre vandspejl er opgjort som en monetær værdi i år 2002 kroner i afsnit 3.2 og skadeshypsografen er afbildet i Figur 3.5. Det indre vandspejls middeltidsfordeling er bestemt i afsnit 3.1, og afbildet i Figur 3.4.

I Tabel 4 er det indre vandspejls middeltidsafstande sammenholdt med de aktiverede skadesummer. De enkelte risikobidrag fremgår af tabellen og den samlede risiko per år 2002 kan gøres op til ca. 290.000,- DKK/år for Ribe kog.

Indre vandstand (m DVR90)	Skade (mio. DKK 2002)	Middeltidsafstand (år)	Frekvens (1/år)	Risikobidrag (DKK 2002/år)
0,00	0	1.000	0,001	-
0,02	0,27	2.083	0,00048	27
0,16	2,29	4.167	0,00024	310
0,35	5,0	6.000	0,000167	268
0,53	7,7	8.667	0,000115	327
0,77	12,4	12.500	0,000080	356
5,68	2.879,0	13.000	0,000077	4.448
6,01	3.310,0	18.000	0,0000556	66.122
6,32	3.620,0	26.000	0,0000385	59.231
6,57	3.870,0	37.500	0,0000267	44.172
6,75	4.050,0	55.000	0,0000182	33.600
7,00	4.300,0	96.700	0,0000103	32.734
7,25	4.475,0	250.000	0,0000040	27.822
7,5	4.650,0	666.000	0,0000015	11.399
7,75	4.825,0	1.800.000	0,00000055	4.481
8,0	5.000,0	4.833.000	0,00000021	1.713
<b>Totale risiko</b>	-	-	-	<b>287.010</b>

Tabel 4 Skadesummer, sandsynligheder og resulterende risiko for sammenbrud af Ribe digelinje per år 2002, ref. Risiko\_Ribe.xls, afsnit 5.1.

Til illustration af Ribe diges beskedne risiko på 290.000,- DKK/år kan man beregne risikoen under forudsætning af, at der ikke lå noget dige. Dette svarer til at de ydre vandstande kan trænge uhindret ind i det digebeskyttede område. Herved bliver risikoen, beregnet efter de samme principper som ovenfor, på hele 414,6 mio. DKK/år, ref. Risiko\_Ribe.xls afsnit 5.1. Det nuværende Ribe dige er dermed ansvarlig for en årlig risikoreduktion på 414,3 mio. DKK/år. Dette afspejler de store værdier diget sikrer og det store samfundsmæssige anlægs- og driftspotential, der ligger i Ribe Kogs digesikring.

Opgørelsen af skadesummer, som konsekvens af et indre vandspejl, er helt afgørende for resultatet af en risikoanalyse. Nærværende analyse har alene taget udgangspunkt i den offentlige ejendomsvurdering 2002 af de digebeskyttede områder begrænset af højdekurven 5 m DVR90, se Figur 2.1. Skaderne omfatter privat beboelse, landbrugsejendomme, indbo, maskiner, biler, husdyr, digeskader, offentlige anlæg, markskader og driftstab i landbrug og beboelse. Der er set bort fra immaterielle skader i form af erhvervsmæssig relokalisering, tabt arbejdsfortjeneste, tabt omsætning, tab af livskvalitet, miljømæssige tab og kulturelle tab.

De meget sjældne ydre vandstande er beskrevet ved en statistisk model; ref. /5/. Hvis vandstandsdatagrundlaget på sigt ændrer sig markant, kan det forrykke risikoanalysens resultat væsentligt.

Stormflodernes forløb er tilnærmet ved et standardstormforløb for Vadehavsområdet og bølgeforholdene er relateret til vandstanden ved en stationær bølge model. Såfremt disse forudsætninger ændrer sig væsentligt



af f.eks. klimatiske årsager, vil det også forrykke risikoanalysens resultat.

Risikoen er henregnet til basisåret 2002. Middelvandstanden uden for Ribe dige stiger lidt hvert år, ref. /5/, hvorved risikoen ligeledes forøges lidt. Hvis der benyttes længere tidsperspektiver eller en driftshorisont af længere varighed bør man være opmærksom på denne effekt.

Risikoen inkluderer ikke bidrag fra sammenbrud af sluser og underføringer, men alene sammenbrud af det 15,3 km lange jorddige som følge af for- og bagskråningsbrud.

Da Ribe Kog er omfattet af et varslingsystem og procedurer for evakuering, ref. /7/, er sandsynligheden for personskader antaget ubetydelig.

### Konklusion

På baggrund af de seneste informationer vedrørende ekstremvandstandsstatistik, standardstormforløb, bølgedata, konstruktionsdata for Ribe dige, topografisk information og den offentlige ejendomsvurdering 2002 er risikoen som følge af Ribe diges sammenbrud bestemt. Den årlige risiko for de stormflodstruede områder under kote 5,00 m DVR90 er per år 2002 bestemt til blot 290.000,- DKK/år. Den beskedne risiko afspejler at Ribe dige er både solidt og højt.

Opgørelsen af skadesummer, som konsekvens af et indre vandspejl, er helt afgørende for resultatet af en risikoanalyse. Nærværende analyse har alene taget udgangspunkt i den offentlige ejendomsvurdering 2002. Skaderne omfatter privat beboelse, landbrugsejendomme, indbo, maskiner, biler, husdyr, digeskader, offentlige anlæg, markskader og driftstab i landbrug og beboelse. Der er set bort fra immaterielle skader i form af erhvervmæssig relokalisering, tabt arbejdsfortjeneste, tabt omsætning, tab af livskvalitet, miljømæssige tab og kulturelle tab.

Beregningen af risiko baserer sig på Kystdirektoratets nuværende erfaringsgrundlag med de Danske diger og brudtyperne for- og bagskråningsbrud, ref. /2/. Digelinjen indeholder en række sluser og underføringer. Risikoanalysen indeholder ingen risikobidrag som følge af disse konstruktioners sammenbrud, idet der ikke findes gennemprøvede metoder til beregning af indre vandspejl.

De meget sjældne ydre vandstande er beskrevet ved en statistisk model; ref. /5/. Hvis datagrundlaget ændrer sig markant, f.eks. af klimatiske årsager, kan det forrykke risikoanalysens resultat væsentligt.

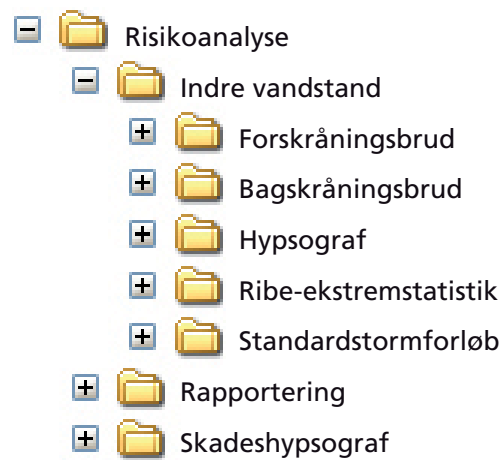
Da Ribe Kog er omfattet af et varslingsystem og procedurer for evakuering, ref. /7/, er sandsynligheden for personskader ubetydelig.



## Referencemateriale

### 5.1 Datastruktur

Risikoanalysens datamateriale, beregninger og analyser er samlet på vedlagte project CD. Data, beregninger og analyser er organiseret som MS Excel regneark, tekstfiler og grafik i datastrukturen i Figur 5.1.



Figur 5.1 Datastruktur for data og analyser der ligger til grund for "Risikoanalyse af Ribe kog".

## 5.2 Referencer

- /1/ Kystdirektoratet: Udviklingsprogram 2002 - 05, 2002.
- /2/ Kystdirektoratet: Risikoanalyse af digebeskyttede områder, Udviklingsprogram 2002 – 05, Laurits Bernitt, December 2005
- /3/ Kystinspektoratet: Digeoversigt Syd- og Sønderjylland, Februar 1997.
- /4/ COMRISK: Risk Assessment for the Wadden Sea, Subproject SP 7, Kystdirektoratet, Interreg III B North Sea Region Programme of the European Union, September 2004.
- /5/ Kystdirektoratet: Højvandsstatistikker 2002, 27. Februar 2003.
- /6/ Dansk Hydraulisk Institut: Bølgeforhold i Vadehavet, Oktober 1998.
- /7/ Kystdirektoratet: Det Syd- og Sønderjyske Stormflodsberedskab, Kystdirektoratets Instruks, Rev. September 2003.
- /8/ Ministeriet for Offentlige Arbejder: Forstærkning af havdigerne i Tønder og Ribe amter, Økonomisk vurdering, Udvalget vedr. sikkerhedsforanstaltninger mod stormflodsfaren ved havdigerne i Tønder og Ribe amter, Januar 1973.