

MARTS 2024

**STRANDSTRÆDE 1 OG 3 FAXE LADEPLADS
ARNE NIELSEN & FAXEHUS EFTERSKOLE
MATRIKLERNE NR.7D, 6B & 5B**

**Projekt for kystbeskyttelse udfør de tre matrikler som skrænt-
fodsbeskyttelse.**

**NOTAT VEDR. EKSISTERENDE SITUATION EFTER STORMFLOD,
HYDROGRAFISKE FORHOLD OG DESIGN AF
KYSTSIKRINGSKONSTRUKTIONER**

RÅDGIVER:

**OLE JUUL KYSTTEKNIK
OLE JUUL JENSEN**

& JENS KIRKEGAARD





SKRÅFOTO AF STRANDSTRÆDE 1 OG 3

MARTS 2024

**STRANDSTRÆDE 1 OG 3 FAXE LADEPLADSKAJ
ARNE NIELSEN & FAXEHUS EFTERSKOLE
MATRIKLERNE NR. 7D, 6B & 5B**

**Projekt for kystbeskyttelse udfør de to matrikler skræntfodsbe-
skyttelse mm**

**NOTAT VEDR. EKSISTERENDE SITUATION EFTER STORMFLOD,
HYDROGRAFISKE FORHOLD OG DESIGN AF
KYSTSIKRINGSKONSTRUKTIONER**

Ole Juul Kystteknik
civ. ing. Ole juul jensen
Lillevangsvej 39
3520 Farum
Mail: olejuuljensen2022@gmail.com
mobil: 40181402

civ. ing. Jens Kirkegaard
Krokusvænget 8
2970 Hørsholm
Mail: jkirkegaard@mail.dk
Mobil: 40568222

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
2	07.03.2024	notat	øjj	jk	øjj

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Eksisterende forhold	8
2.1	Matrikel Strandstræde 1, ejer, Arne Nielsen	8
2.2	Faxehus Efterskole	11
2.3	Vanddybder, vandstand og bølger & generelle fællesdata	17
3	Udvikling af koncepter for kystbeskyttelseskonstruktioner	25
3.1	Udvikling af projekt	25
4	Dimensionering og design af kystbeskyttelseskonstruktioner	26
4.1	Strandstræde 1, Arne Nielsen	26
4.2	Strandstræde 3, Faxehus Efterskole	31
5	Sedimenttransport og Projektets indvirkning på nabostrækninger	35
5.1	Kystens karakter	35
5.2	Kysten ud for Faxehus og Strandstræde	35
5.3	Kysten nord for projektstrækningen	35
5.4	Kysten syd for projektstrækningen	36
6	Oversvømmelse fra Krusebækken	38

1 Indledning

Dette notat er udarbejdet for tre matrikler, hvoraf de to matrikler tilhører Faxehus Efterskole, Strandstræde 3 og lige nord herfor Arne Nielsen, Strandstræde 1 og omhandler en præsentation af den eksisterende situation efter stormfloden d 20-21 oktober 2023, hydrografiske og designmæssige aspekter for kystsikringskonstruktioner. Faxehus Efterskole har to matrikler, hvoraf skolen er beliggende på den nordlige, mens den sydlige er en mindre skov, der benyttes til diverse fritidsaktiviteter. Notatet er en integreret del af ansøgning om reparation og opgradering af eksisterende kystbeskyttelse på de to matrikler. Ejer af nr. 1 er Arne Nielsen og nr. 3 er Faxehus Efterskole. Det er udarbejdet af rådgivere: Ole Juul Kystteknik ved civ. ing. Ole Juul Jensen og civ. ing. Jens Kirkegaard. Kyststrækningen udfør de tre matrikler ses på Figur 1-1. Der er sket stor beskadigelse under stormfloden d. 20-21 okt. 2023.



Figur 1-1 Luftfoto af de to matrikler ved Strandstræde 1 og Faxehus Strandstræde 3. Kryds er ved nr. 1 og Faxehus Efterskole den store bygning lige syd herfor

2 Eksisterende forhold

2.1 Matrikel Strandstræde 1, ejer, Arne Nielsen

Matriklen Strandstræde 1, med 63 m længde af grunden ud mod stranden, fik udført kystbeskyttelse i 2004 efter godkendelse fra Kystdirektoratet, se detaljer senere. Beskyttelsen bestod af en skræntfodsbeskyttelse med relativt store sten op til kote +2,0 m; og herover var kystskrænten bevokset op i haven, som det ses på Figur 2-1.



Figur 2-1 Haven mellem huset og kystskrænten inden stormfloden 20-21 okt. 2023



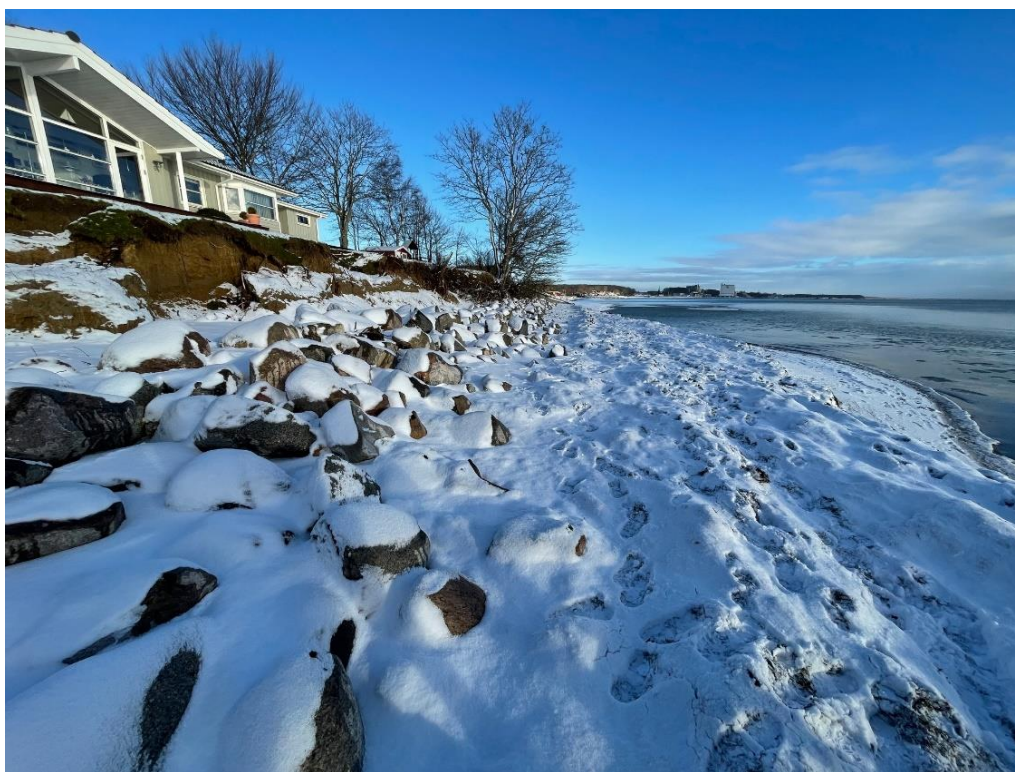
Figur 2-2 Stenkastningen under anlæg



Figur 2-3 Stenkastningen inden stormfloden d. 20-21 okt. 2023



Figur 2-4 Situationen udfor matriklen Strandstræde 1 umiddelbart efter stormfloden. Stenkastningen er udjævnet, og der er sket stor erosion i skrænten over stenkastningen; som var for lav og som blev overskyldet af bølger under højvandet.



Figur 2-5 Situationen set mod nord i januar 2024

2.2 Faxehus Efterskole

Kystbeskyttelsen foran efterskolen på matriklen bestod af en lav betonmur, ca. 30 m lang fra en trappen op mod nr. 1; derefter en strækning med stenkastning på ca. 25 m, hvorefter der syd herfor og udfør Efterskolens hovedbygning var en lav betonmur. på nær en strækning med stenkastning, som vist på Figur 2-6.



Figur 2-6 Skråfoto set fra havet med nr.1 til højre, og Efterskolens store hovedbygning.



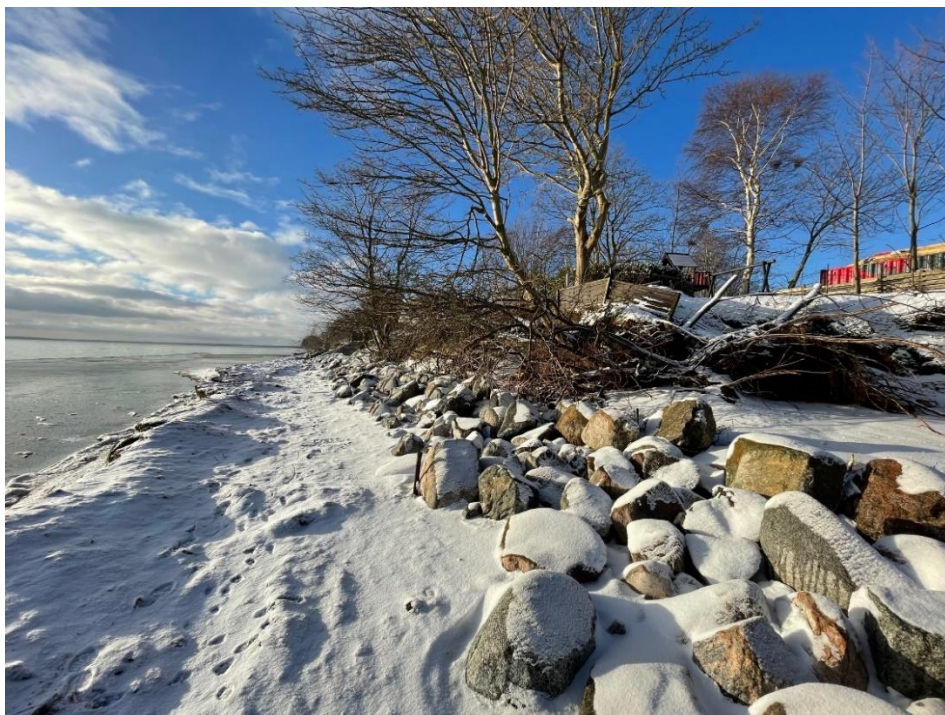
Figur 2-7 Den brede strand umiddelbart udfør hovedbygningen. Bemærk den lave betonmur og lav kystskrænt ovenfor med bevoksning



Figur 2-8 Hovedbygningen med lav betonmur, stenkastning og lav betonmur. Nr 1. ses helt til højre med stenkastning og bevoksning over stenkastningen af hybenroser. (foto fra Efterskolens hjemmeside)



Figur 2-9 Set mod syd på Efterskolens matrikel med nedbrudt betonmur og stor erosion bagved. Derefter stenkastningen også med erosion bagved og væltede træer



Figur 2-10 Stenkastningen set mod syd.



Figur 2-11 Udfor boldbane med ødelagt betonmur og stort erosionshul bagved. Afstand fra mur til skrænt bag hul ca. 8,5 m. Afstand til nordende af matrikel ca. 40 m.



Figur 2-12 Erosionshul lige udfør boldbane. Ca.8 m dybt



Figur 2-13 Lige udfør midten af Hovedbygningen set mod syd. Beskadiget betonmur med stor og dyb erosion, ~2 m dyb af jorden bagved muren.



Figur 2-14 Lige udfor lille bygning



Figur 2-15 Længere mod syd ca. 240 m fra nordlige matrikelgrænse og lige udenfor hvor der anlægges kystbeskyttelse



Figur 2-16 Lidt længere sydpå dukkede denne trappe op efter stormfloden. Inden var den og betonmuren totalt dækkede af jord/sand og vegetation. Dens eksistens var ikke kendt af ejeren. Dette er udenfor område der anlægges kystbeskyttelse



Figur 2-17 Helt sydpå på stranden. Den store hofde ved Krusebækken ses, og bagved husene ved Kaj Ørums Vej

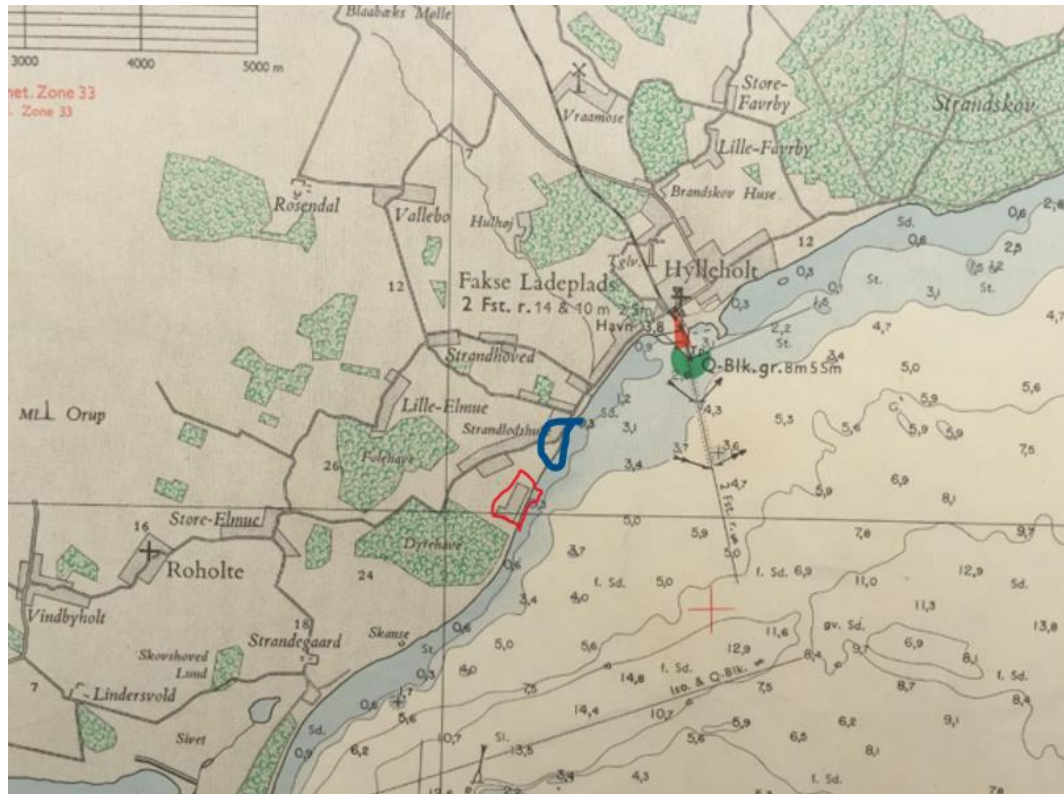


Figur 2-18 De sydligste bygninger ved Efterskolen. Her bygges i foråret 2024 en ny bygning, og kystbeskyttelsen på kysten vil netop gå forbi herfor i sydlig retning.

2.3 Vanddybder, vandstand og bølger & generelle fællesdata

2.3.1 dybdeforhold

Vanddybdeforholdene, Søkort udfor lokaliteten fremgår af Figur 2-19 . Lokaliteten er vist med blå.



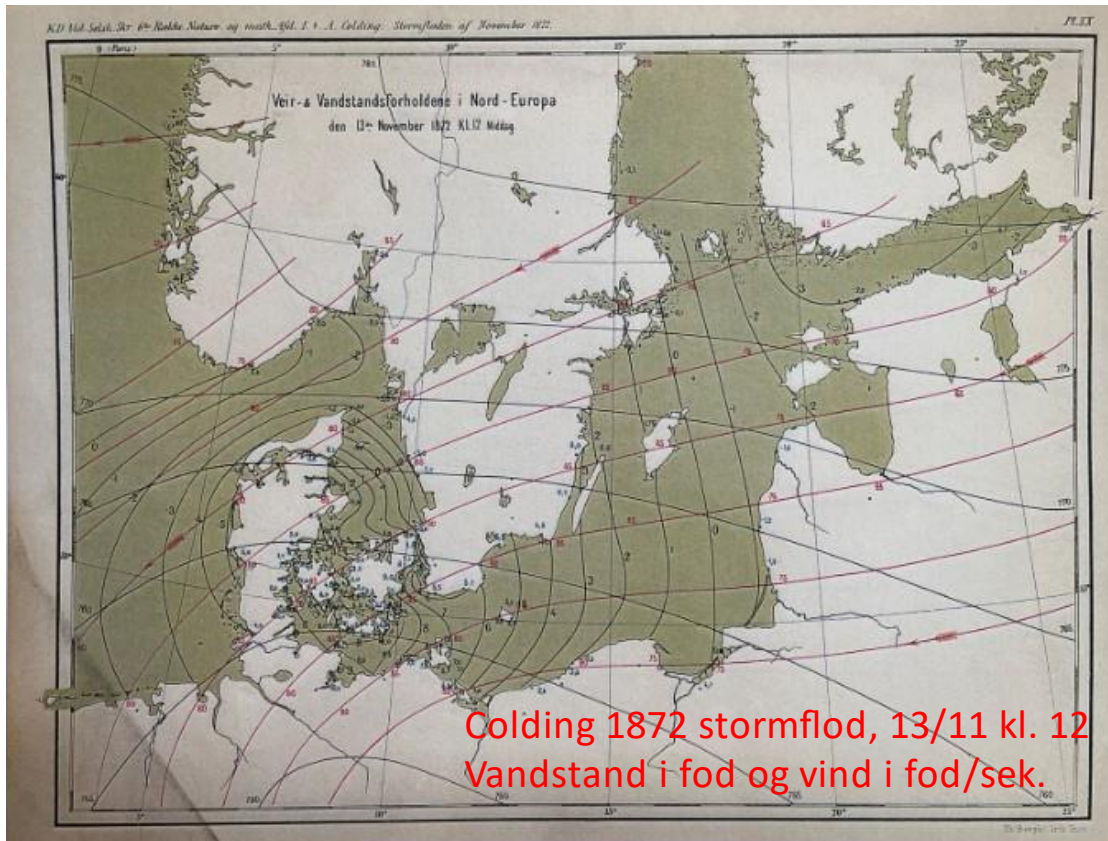
Figur 2-19 Søkort. Lokaliteten er vist med blå, og nabo område Kaj Ørums Vej med rødt

Lige ud for matriklerne er der en strand med varierende niveau; som typisk er +0,5 til +1,0 m og som varierer naturligt med sæsonen. Faxehus er beliggende 1000 m fra Faxe Lådeplads Havn, og 5 m dybdekurven er ca. 500- 750 m fra land i østlig retning, hvorfor havbundhældning regnes til 1:100.

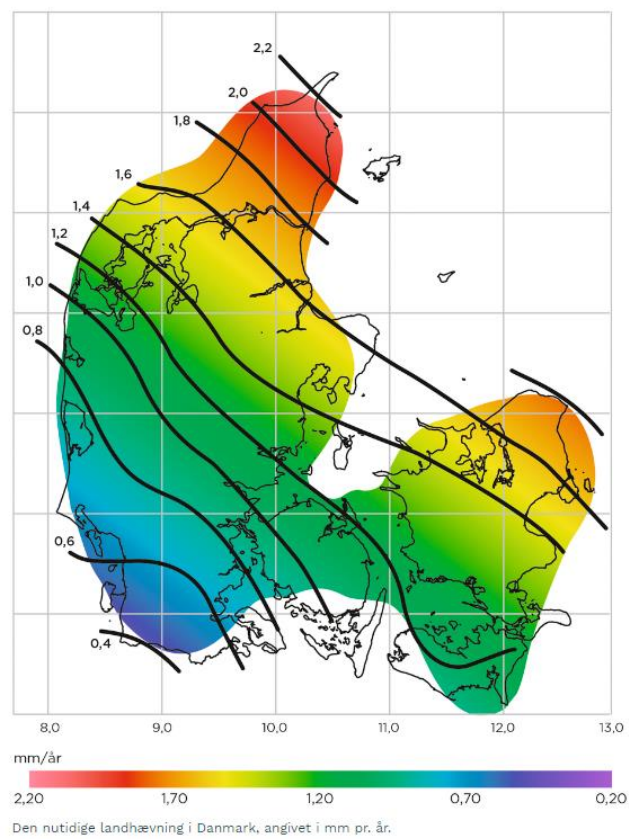
2.3.2 Bølge- og vandstandsforhold

Det er vigtigt her at fremføre, at strækningen ved Strandstræde primært er udsat for påvirkning under kraftige storme fra NØ til SØ, tilsvarende stormen okt. 2023, hvor vandstanden nåede estimeret ca. +1,7m over dagligt vande ved kraftig vind omkring Ø. Denne storm gav den højeste vandstand der er målt siden 1904; og vurderes som en storm der i middel forekommer ca. en gang per 75 år ud fra bl.a. COWIs rapport 2017 for Realdania og personlig vurdering. KDIs statistik viser til sammenligning, at stormen på nærmeste station, Rødvig, har et gentagelsesinterval på mere end 1000 år. Derudover, har man detaljerede data fra stormfloden fra øst i november 1872, hvor vandstanden ifølge Colding (publikation 1881, se Figur 2-20) i Præstø nåede +9 fod og i Faxe Lådeplads +8 fod, ca. +2,4 m. Denne storm vurderes til i middel at forekomme en gang per 250 år. En 100 års storm vurderes til en vandstand på ca. +1,8 m.

Udover højvandstandsstatikken i dag, er det vigtigt at tage vandstandsstigningen i havet i regning. Her regnes ifølge FN's Klimapanel, IPCC, estimeret, niveau RCP 8,5, med ca. +20 cm frem til år 2050 og ca. +72 cm frem til år 2100. Derudover er der landhævningen siden istiden at tage i regning. Denne virker til gunst og beløber sig til ca. + 1,3 mm/år, se Figur 2-21.



Figur 2-20 publikation af Colding, vedr. 1872 stormflod. Øjebliksbillede 13/11 1872 kl. 12.



Figur 2-21 Landhævning i Danmark

2.3.3 Design Vandstand

Det er vigtigt at fastlægge en designvandstand, VS, for projektet. Man kan vælge sikkerhedsniveau på flere måder:

1. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en tilsvarende stormflod som okt. 23 uden tillæg af vandstandsstigning: $VS = +1,7$ m.
2. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en tilsvarende stormflod som okt. 23 med tillæg af vandstandsstigning og landhævning frem til 2050: $VS = 1,7 + 0,20 - (0,13 * 25) = +1,87$ m.
3. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en 100 års stormflod i år 2050 med tillæg af vandstandsstigning og landhævning: $VS = 1,8 + 0,20 - (0,13 * 25) = +1,97 \sim +2,0$ m.
4. Projektet baseres på at skulle kunne modstå en stormflod svarende til 1872 uden tillæg af vandstandsstigning: $VS = +2,4$ m.

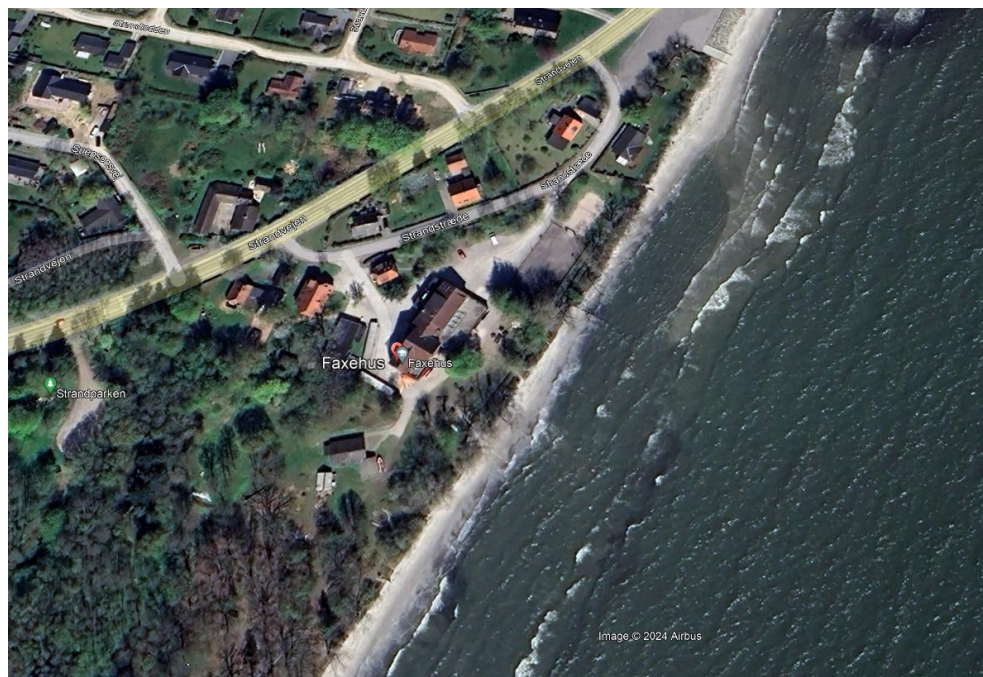
Givet at vi netop har oplevet okt.2023 stormen anbefales det som et minimum, at man vælger (3) og **en designvandstand for kystbeskyttelsen på +2,0 m**. Vandstanden er en kombination af vindstuvning, barometrisk tryks påvirkning af havet og bølgestuvning grundet de brydende bølger ind på kysten. Hertil kommer virkningen af bølgerne ind på konstruktionen, som medfører at kystbeskyttelseskonstruktionerne skal have en kote væsentligt over vandspejlet, se nedenfor.

2.3.4 Designbølger

Det er her forudsat at man vælger en designvandstand på +2,0 m, og design bølgerne vil være brydende bølger og derfor bestemt af bl.a. den aktuelle vandstand under en stormflod. Kystbeskyttelsen vil være stenkastninger såkaldte skræntfodsbeskyttelser. Det kan udregnes hvor store brydende bølger fra øst der kan nå frem og ramme kystbeskyttelsen. Her antages, at der når designstormen sker vil der være en kote på $\sim 0,0$ m ved foden af skræntfodsbeskyttelsen, dvs. at der ingen strand er foran konstruktionen (dvs. at der allerede er eroderet sand væk før eller underoptakten til stormen). Bølgerne forplanter sig ind på den skrånende havbund og en bestemmende dybde tages ca. en halv bølgelængde foran, eller 25 m. Med en bundhældning på 1:100 fås en dybde på: $-1,0 * 25/100 = -0,25$ m. Så den samlede dybde, D, med et højvande på +2,0 m bliver, $D = 2,25$ m. Bølgehøjden udregnes: $H_s = 0,57 * D = 0,57 * 2,25 \sim 1,30$ m. Faktoren 0,57 (0,55-0,60) er baseret på teori og erfaring for en havbund med hældning 1:100. Den signifikante bølgehøjde, H_s er defineret som middelværdien af den største tredjedel af bølgerne i et bølgetog. Den maksimale bølge vurderes til ca. $0,90 * 2,25 = 2,05$ m.

Hvis en storm tilsvarende i 1872 skulle forekomme igen med en vandstand på ca. +2,4 m, vil man med de samme forudsætninger få en designbølgehøjde på: $0,57 * (0,25 + 2,4) = 1,50$ m, og stenstørrelsen i skråningsbeskyttelsen bør teoretisk være lidt større end teoretisk beregnet nedenfor. I praksis sker der det, at skadesniveauet for stenkastningen bliver lidt større.

2.3.5 Diverse fællesdata



Figur 2-22 Google Earth Pro maj 2023

Topografi for området fremgår af Figur 2-23.



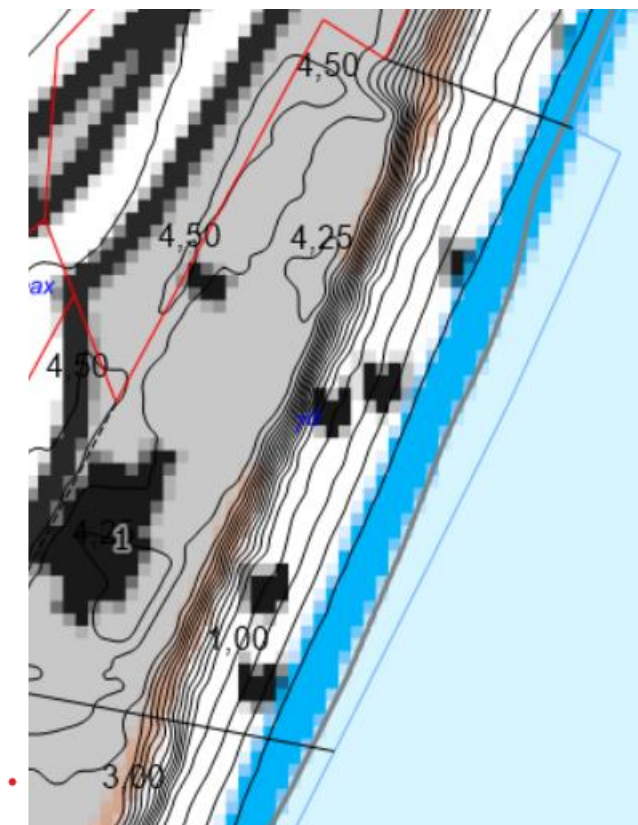
Figur 2-23 Topografi for området fra nr.1 og ned til Krusebækken

Matrikelkort for området er vist på Figur 2-25.

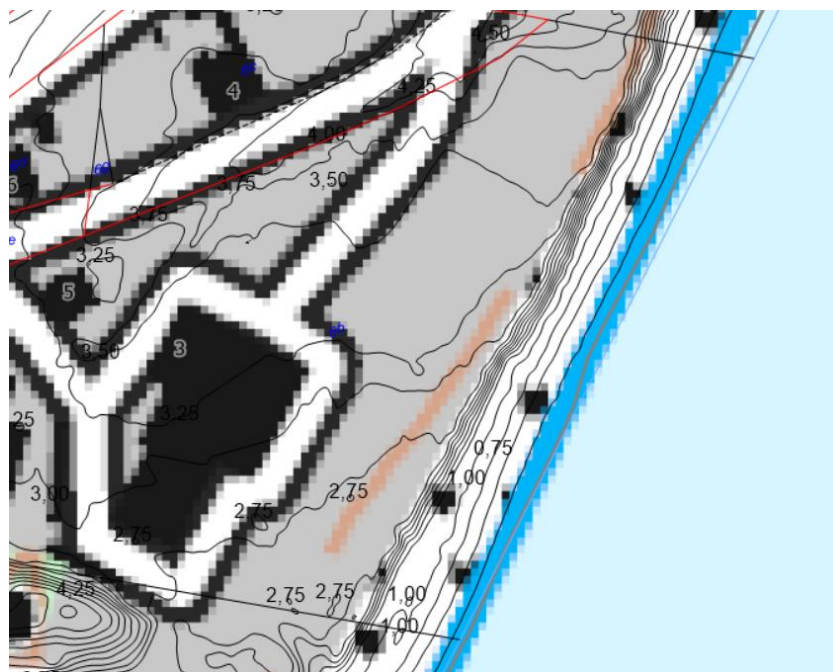


Figur 2-24 Matrikler og matrikelnumre

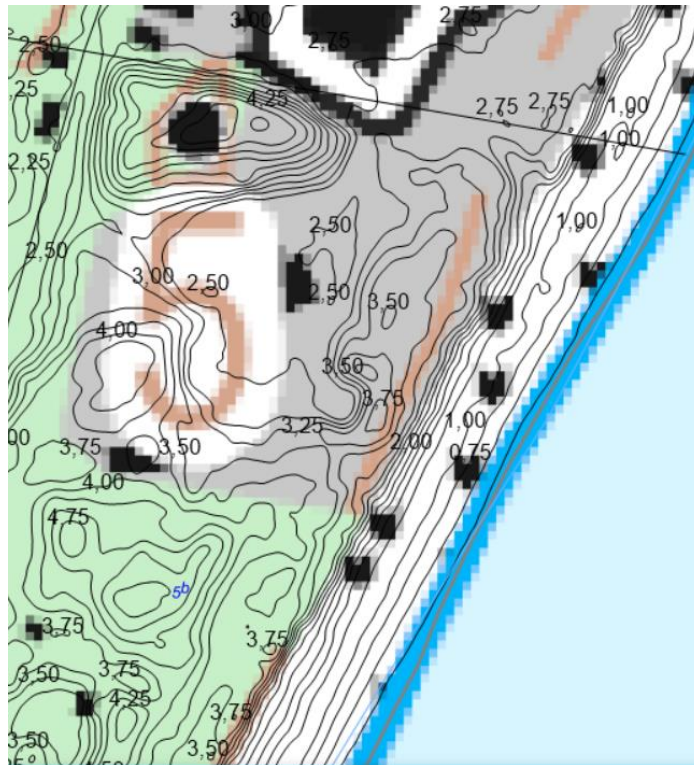
Strandstræde 1 (matrikel 7d) har en længde på 63 m ud mod stranden og Strandstræde 3 (matrikel 6b og 5b) henholdsvis 108 m og 195 m. Her vil hele matrikel 6b og de nordligste 85 m af matrikel 5b mod nord vil blive beskyttet af en skræntfodsbeskyttelse.



Figur 2-25 Matrikelkort for nr. 1, matrikel 7d. Samlet længde mod strand 63 m



Figur 2-26 Detaljer topografi for matrikel 6b, lige udfor Efterskolens hovedbygning. Samlet længde af matrikel mod strand 108 m



Figur 2-27 Detaljer topografi for sydlig matrikel 5b, på Efterskolen. Samlet længde af matrikel mod strand 195 m, hvoraf 85 m mod nord beskyttes af kystbeskyttelse

Strandbeskyttelseslinjer for projektområdet er vist på Figur 2-28. Det fremgår, at disse går ca. fra bygningerne og helt ud til vandkanten. Den nye kystbeskyttelse ligger derfor indenfor strandbeskyttelseslinjen, og der søges derfor om tilladelse til projektet.

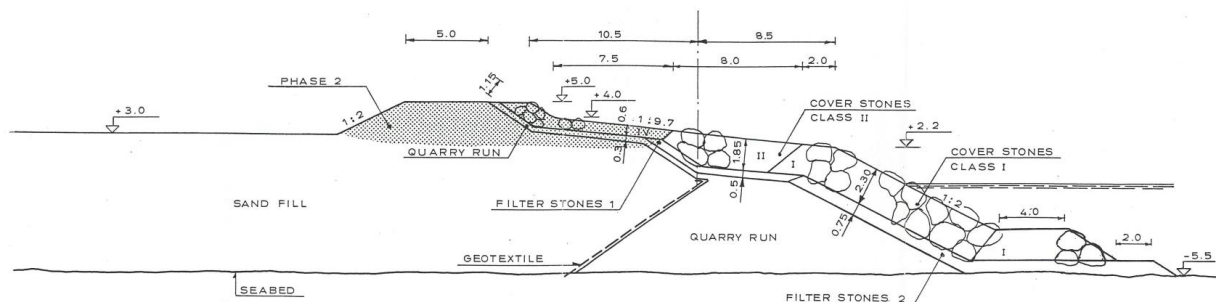


Figur 2-28 Strandbeskyttelseslinjer for de tre matrikler

3 Udvikling af koncepter for kystbeskyttelseskonstruktioner

3.1 Udvikling af projekt

Det er beboernes ønske, at den fremtidige kystbeskyttelse ikke bliver alt for høj, så udsynet over havet begrænses eller helt udelukkes, og at beskyttelsen ikke lægger beslag på mere af terrænet end det er strengt nødvendigt. Hvis man vælger en normal simpel konstruktion med hældning 1:2, vurderes det, at for rimeligt bølgeoverskyl skal kronekoten, KK, være ca.: $KK=VS+1,35Hs=2,0+1,35*1,5=+4,0$ m. I stedet anbefales det, man laver et ”brækket” profil, hvorved man kan reducere kronekoten. Figur 3-1 viser et eksempel på en sådan konstruktion, kystbeskyttelse på nordkysten af Sprogø, som den blev udført i starten af 1990'erne; og undersøgt med modellforsøg ved DHI. Kronekoten er senere i 2018 hævet til +6,5 m i forbindelse med klimasikringstiltag efter design af COWI.



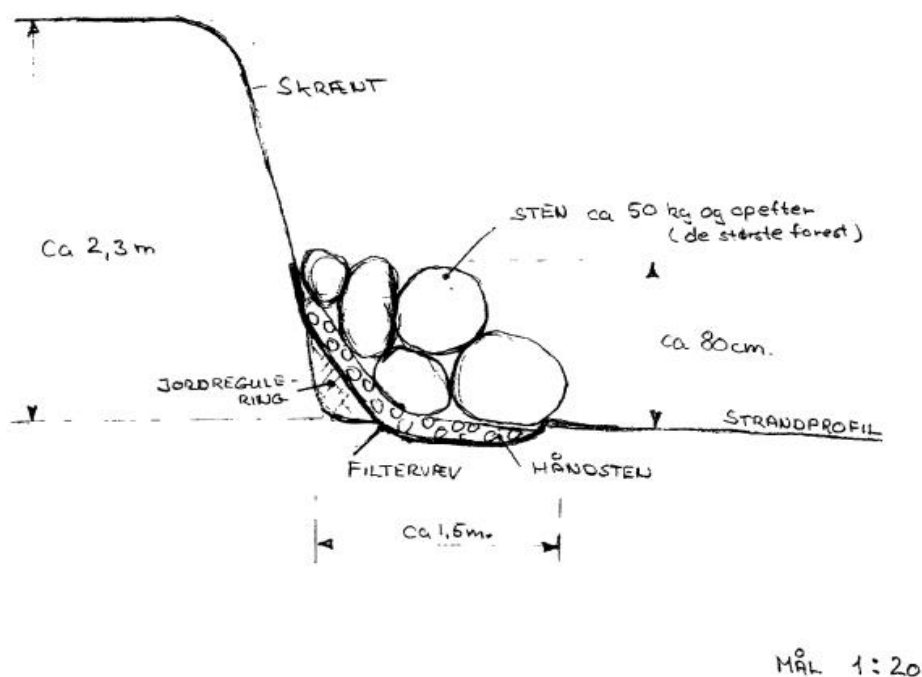
Figur 3-1 Kystbeskyttelse nordkysten af Sprogø oprindeligt profil ca. 1992-2018.

4 Dimensionering og design af kystbeskyttelseskonstruktioner

4.1 Strandstræde 1, Arne Nielsen

4.1.1 Eksisterende konstruktion

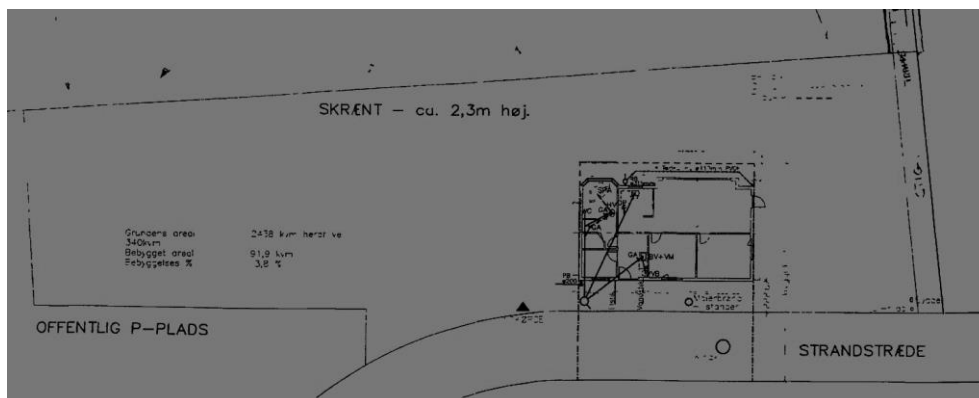
Følgende Figur 4-1 fra projektets godkendelse hos KDI viser konstruktionen på Strandstræde 1. Der mangler koter og mål udover bredden på 1,5m og den estimerede højde af skrænten på ca. 2,3 m, hvilket forekommer lidt under det faktiske mål, da stranden ifølge Figur 2-25 er i kote +1,25 og toppen af skrænten i kote 4,25 m, en forskel på ca. 3,0 m. Dækstenen angives som større end 50 cm, og vurderes i praksis til 0,3-1,0 tons lagt ovenpå en fiberduk og nogle håndsten. Stenene kan genbruges i den nye renoverede skræntfodsbeskyttelse.



Figur 4-1 Figur fra KDI godkendelse af kystbeskyttelsesprojekt

Projektet for reparation og renovering af konstruktionen tager udgangspunkt i den nedbrudte konstruktion som vist på fotos tidligere i dette notat. Det er vigtigt, at den renoverede stenkastnings tå placeres ca. hvor den var på den oprindelige konstruktion, hvorved projektet kan holdes indenfor den eksisterende tilladelse, og samtidigt ikke forårsager nogen ændring i den langsgående sedimenttransport under storm. Ejeren af Strandstræde 1 har ønsket et projekt som er så billigt som muligt, hvorefter det er faseopdelt. Fase 2 er det endelige projekt som er dimensioneret for den fulde designvandstand på +2,0 m i år 2050, mens fase 1 omfatter det nederste stykke op til ”knækket” i kote ca. +3,25 m, og hvor der er forberedt for senere at forlænge stenkastningens øverste flade stykke med hældning ca. 1:3,7 op til kote +4,25 m. Det vurderes, at fase 1 kan modstå en 20 års storm i dag, med en estimeret vandstand på +1,6 m. Det er vigtigt at der i denne fase gives tilladelse til det fulde projekt. Ejeren er fuldt informeret

om risikoen for beskadigelse, hvis kun fase 1 udføres, men fase 1 er hvad der er muligt på nuværende tidspunkt.



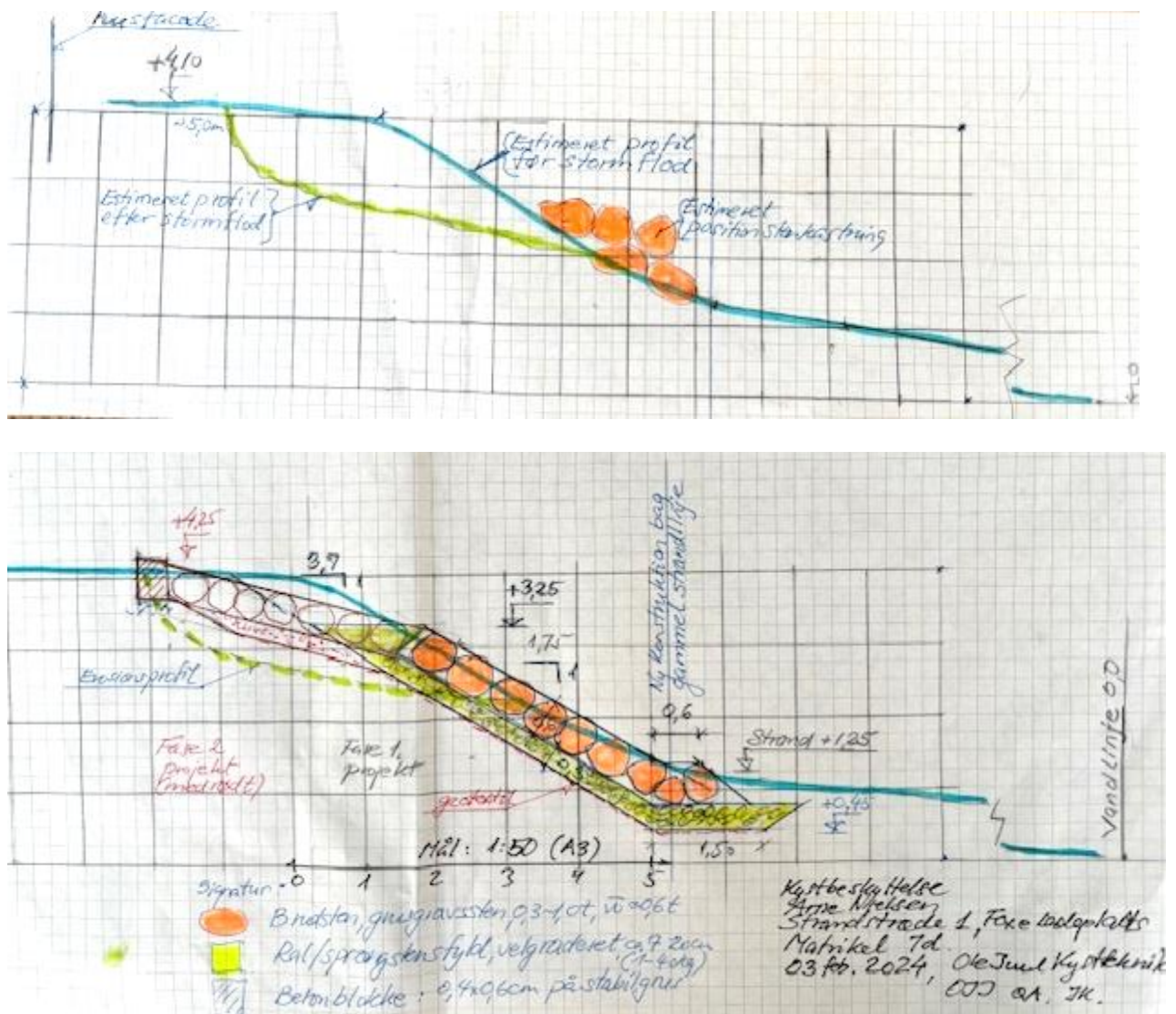
Figur 4-2 Placering af bygning på matrikel

4.1.2 Design af kystbeskyttelseskonstruktion, Strandstræde 1

Et projekt for kystbeskyttelse med en stenskråning for Strandstræde 1 efter ovennævnte princip er udarbejdet, se Figur 4-4. Øverst vises det godkendte profil som blev nedbrudt under stormfloden. Der er derfor tale om en genopbygning af et eksisterende projekt, dog tagende erfaringen fra stormfloden i regning dvs. med en forstærkning og forhøjelse af konstruktionen. Den blå linje viser hvor profilet var inden det blev ødelagt. Det vurderes som vigtigt at genopbygningen stort set holder sig indenfor linjen, så der ikke blokeres mere af stranden end det var tilfældet inden stormflodens ødelæggelser.

1. Tåen af konstruktionen nedgraves og har et lag af ral eller sprængstensfyld som bundsikring ovenpå en geotekstil.
2. Herpå udføres en stenkastning med hældning 1:1,75 op til en kote ca. 3,25. Hvis denne udføres for $H_s=1,3$ m med to lag sten kan en stabilitetsfaktor på $K_D=2,0$ benyttes, og $K_D=1,5$ i hvis der er tale om et enkelt lag af meget tætpakkede dæksten. Traditionelt udføres sådanne konstruktioner med to lag sten, men erfaring viser det er muligt at benytte et lag sten, hvis disse er relativt store svarende til $K_D=1,5$ og pakkes tæt.
3. Herved fås ved beregning med Hudson Formel for to eller et lag dæksten, henholdsvis en middel sten vægt på 0,42 t eller 0,56 kg under antagelse af en skråningshældning på 1:1,75. I praksis kan vælges en standard EU-gradering: 0,3-1,0 t med middelvægt ca. 0,6 t. Da der er tale om genbrug af en masse sten er det vigtigt at disse overholder graderingen. Hvis der er en del store sten bør disse udlægges nederst i de første rækker.
4. Under stenkastningen er en kerne af ral/sprængstensfyld, ca. 8-25 cm tykkelse i ral eller sprængsten, velgraderet.
5. Over kote ca. +3,25 m knækkes profilet til hældning 1:3,7, og stenene kan her være mindre, f.eks. en special gradering 0,25 til 0,75 t med en middelvægt på 0,45 t. Dette dæklag udlægges på en geotekstil og også med et filterlag af ral/sprængsten.

6. Profilet afsluttes i kote + 4,25 m med en lav væg af betonblokke, ca. 60*40 cm i en afstand af ca. 4 m bag knækket af profilet. Profilet er vist i Figur 4-3.
7. Profilet er vist med farve og optegnet med rødt over knækket. Ejeren af matriklen har ønsket og accepteret en mindre sikkerhed mod skade, end der vil være tale om for det fuldt udbyggede profil. Der søges om det totale profil, og der anlægges i første omgang kun op til knækket. Med en godkendelse af det fulde profil kan dette tages op på et senere tidspunkt uden igen at skulle ansøge hos kommunen.



Figur 4-3 Profil for kystbeskyttelse, knækket profil hvor der er betonmur

En plantegning af projektet er vist på Figur 4-4.



Figur 4-4 Planløsning for skræntfodsbeskyttelse på Strandstræde 1. Længde 63 m.

4.1.3 Mængdeestimat Strandstræde 1

Mængderne for Strandstræde 1 fremgår af Tabel 4-1. Bemærk at jordmængder der skal tilføres udgør en meget stor post i budgettet.

Tabel 4-1 Mængdeopgørelse for Strandstræde 1, Arne Nielsen

Mængdeopgørelse		Kystbeskyttelse Strandstræde 1, Faxe				Phase 1	
Hus nummer		Matrikel 7d					
Længde af Matrikel		63	(m)				
Omregningsfaktor m ² til tons~		1,7					
Materiale		Middelvægt (t)	Areal (m ²)	Volumen (m ³)	Vægt (tons)	Enhedspris (DKK/t)	Totalpris (DKK)
Filtersten			2,6	163,8	278		
Dæksten	Type II	0,6	3	189,0	321		
Jordfyld	kun under konstr.		7,0	441,0	750		
geotextil			7,0	441,0			
Totalpris							
Estimeret genbrug eksist. Sten			2,0	126,0	214,2		
Totalpris materialer							
Uforudsete udgifter			?	%			
Total	eks-MOMS					DKK	
Mængdeopgørelse		Kystbeskyttelse Strandstræde 1, Faxe				Phase 2	
Hus nummer		Matrikel 7d					
Længde af Matrikel		63	(m)				
Omregningsfaktor m ² til tons~		1,7					
Materiale		Middelvægt (t)	Areal (m ²)	Volumen (m ³)	Vægt (tons)	Enhedspris (DKK/t)	Totalpris (DKK)
Filtersten			1,00	63,0	107		
Dæksten	Type II	0,6	1,8	113,4	193		
Jordfyld	kun under konstr.		0,0	0,0	0		
Betonblok			0,24	15,1	36,3		
geotextil			3,5	220,5			
Beton blok							
Totalpris							
Estimeret genbrug eksist. Sten			0,0	0,0	0,0		
Totalpris materialer							
Uforudsete udgifter			?	%			
Total	eks-MOMS					DKK	

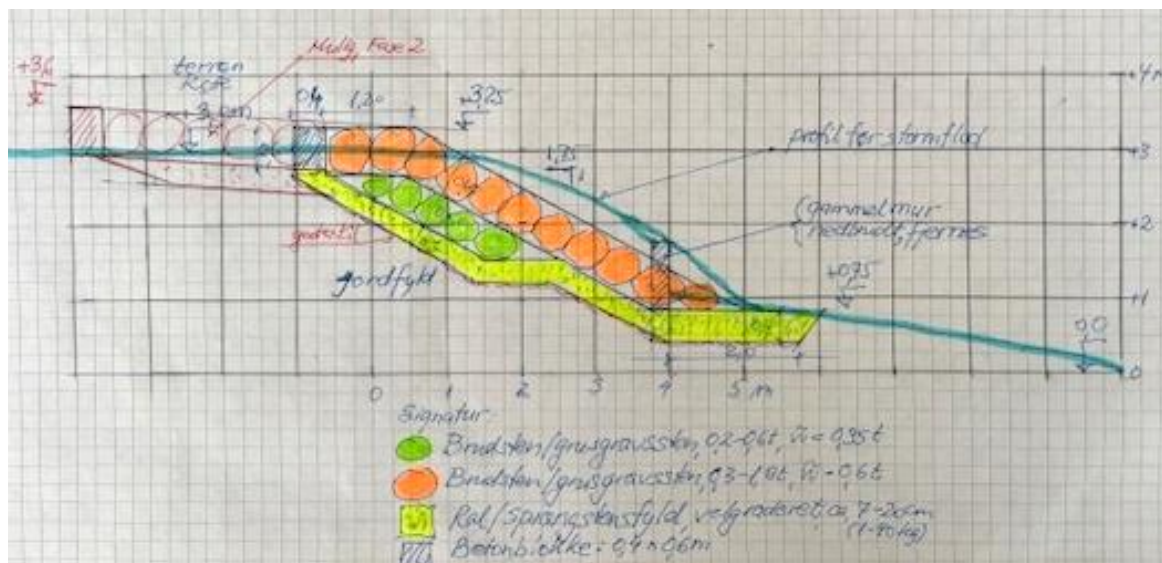
4.2 Strandstræde 3, Faxehus Efterskole

På disse to matrikler udføres der tilsvarende på Strandstræde 1 en skræntfodsbeskyttelse med knækket profil. Der var, som beskrevet i tidligere afsnit, inden stormfloden d.20-21 okt. en betonmur på det meste af strækningen, men dog en kortere strækning med stenkastning. På store dele af strækningen var muren dækket af jord, så der i stedet var en lav stejl skrænt ud mod stranden. På hele strækningen udføres skræntfodsbeskyttelse. Som for Strandstræde 1 vil dennes tå/fod blive placeret så den ikke i middel når længere mod øst end for den nedbrudte konstruktion, dvs. i middel mellem foden af muren og den stejle skrænt. Dette betyder, at en bræmme af matriklens terræn ud mod havet, i fremtiden vil blive optaget af skræntfodsbeskyttelsen, hvor det inden stormfloden var en del af haven/Efterskolens udeområde.

Skræntfodsbeskyttelsen udføres på hele den nordlige af Efterskolens matrikler. 6b, i alt 108 m, mens kun en del af 5b, på 85 m vil blive beskyttet, dvs. i alt 193 m. Stranden er beliggende op til kote ca. +1,0 m og toppen af skrænten i kote 3,25 m længst mod nord og faldende til +2,75 i den sydlige ende af matrikel 6b foran Efterskolen, og længere sydpå på matrikel 5 b.

8. Tåen af konstruktionen nedgraves og har et lag af ral eller sprængstensfyld som bundsikring ovenpå en geotekstil.
9. Herpå udføres en stenkastning med hældning 1:1,75 op til en kote ca. 3,25 m. Hvis denne udføres for $H_s=1,3$ m med to lag sten kan en stabilitetsfaktor på $K_D=2,0$ benyttes, og $K_D=1,5$ i hvis der er tale om et enkelt lag af meget tætpackede dæksten. Traditionelt udføres sådanne konstruktioner med to lag sten, men erfaring viser det er muligt at benytte et lag sten, hvis disse er relativt store svarende til $K_D=1,5$ og pakkes tæt.
10. Herved fås ved beregning med Hudson Formel for to eller et lag dæksten, henholdsvis en middel sten vægt på 0,42 t eller 0,56 kg under antagelse af en skråningshældning på 1:1,75. I praksis kan vælges en standard EU-gradering: 0,3-1,0 t med middelvægt ca. 0,6 t. Da der er tale om genbrug af sten er det vigtigt at disse overholder graderingen. Hvis der er en del store sten bør disse udlægges nederst i de første rækker.
11. Under stenkastningen er en kerne af ral/sprængstenfyld, ca. 8-25 cm tykkelse i ral eller sprængsten, velgraderet.
12. Over kote ca. +3,25 m knækkes profilet til en vandret ”skulder” på 1,2 m bredde op mod en lav væg af betonblokke, ca. 60*40 cm. Profilet er vist med farve. Der er her tale om et profil som for designforhold med vandstand og bølger vil få en del bølgeoverskyl og nogen erosion i jorden bag betonblok-muren. Ejeren af matriklen har ønsket og accepteret en mindre sikkerhed mod skade, end der vil være tale om for et profil opbygget til kote ca. +4,0 m. Et fuldt udbygget profil er vist nederst på det fuldt udbyggede profil. Der søges om det totale profil, og der anlægges i første omgang Fase 1. Med en godkendelse af det fulde profil til Fase 2, kan dette tages op

Profil af kystbeskyttelsen er vist på Figur 4-6.



Figur 4-5 Profil for kystbeskyttelse Faxehus Efterskole. Øverst Fase 1, og nederst fuld udbygget. Fase 2.

Figur 4-6 viser planløsningen for skræntfodsbeskyttelsen ved Efterskolen, Udfor centralbygningen anlægges der ca. 3 m bred trappe i flade sten.



Figur 4-6 Planløsning for Skræntfodsbeskyttelse på 193 m ved Efterskolen

Trappen kan udføres tilsvarende som vist på foto i Figur 4-7. Det er vigtigt at trappen ligger så højt så muligt i profilet, så man undgår at den virker som en kanal for bølgeopskullet.



*Figur 4-7 Eksempel på smal stentrappe af flade sten i skræntfodssikring
(OJJ 2023 Hellebæk Strand)*

4.2.1 Mængdeestimat Strandstræde 3

Mængderne for Strandstræde 3 fremgår af Tabel 4-2. Udover disse mængder. Bemærk at jordmængder der skal tilføres udgør en meget stor post i budgettet.

Tabel 4-2 Mængder for Strandstræde 3, Efterskolen

Mængdeopgørelse		Kystbeskyttelse Strandstræde 3, Faxehus Efterskole				Phase 1	
	Hus nummer	3		Matrikel 6b & 5b			
	Længde af Matrikel	193	(m)				
	Omregningsfaktor m ³ ti	1,7					
Materiale		Middelvægt	Areal	Volumen	Vægt	Enhedspris	Totalpris
		(t)	(m ²)	(m ³)	(tons)	(DKK/t)	(DKK)
Filtersten			2,6	501,8	853		
Dæksten	Type I	0,35	1,2	231,6	394		
Dæksten	Type II	0,6	3,3	636,9	1083		
Jordfyld	kun under konstr.		5,0	965,0	1641		
geotextil			8,0	1544,0			
Totalpris							
Estimeret genbrug eksist. Sten			0,5	96,5	164,1		
Totalpris materialer							
Uforudsete udgifter			? %				
Total	eks-MOMS					DKK	
Mængdeopgørelse		Kystbeskyttelse Strandstræde 3, Faxehus Efterskole				Phase 2	
	Hus nummer	3		Matrikel 6b & 5b			
	Længde af Matrikel	193	(m)				
	Omregningsfaktor m ³ ti	1,7					
Materiale		Middelvægt	Areal	Volumen	Vægt	Enhedspris	Totalpris
		(t)	(m ²)	(m ³)	(tons)	(DKK/t)	(DKK)
Filtersten			0,8	154,4	262		
Dæksten	Type I	0,35	0	0,0	0		
Dæksten	Type II	0,6	1,8	347,4	591		
Jordfyld	kun under konstr.		0,0	0,0	0		
geotextil			3,0	579,0			
Totalpris							
Estimeret genbrug eksist. Sten			0,0	0,0	0,0		
Totalpris materialer							
Uforudsete udgifter			? %				
Total	eks-MOMS					DKK	

5 Sedimenttransport og Projektets indvirkning på nabostrækninger

5.1 Kystens karakter

Kysten syd for Faxe Ladeplads havn er generelt lav med flere udløb fra vandløb med omgivende lavtliggende vådområder. Længere mod syd ligger Kaj Ørums Vej og syd herfor hæver terrænet sig til ca. + 15 m ud for Strandegårds dyrehave, der afgrænses mod stranden af en klint af sandet moræne.

Efterfølgende beskrivelser og vurdering er baseret på inspektion på stedet, fotos og analyse af satellit- og luftfotos tilgængelige på internettet (Google Earth og Krak) samt Danmarks højdemodel (SDFI).

Kysten er påvirket af bølger fra hovedsageligt østlige og sydøstlige retninger hvilket giver anledning til dominerende og svag sydgående sedimenttransport i kystzonen. Sedimentbudgettet langs strækningen er delvist påvirket af sandfodringsprojekter nord for projektområdet, på strækningen lige syd for Faxe Ladeplads Havn..

5.2 Kysten ud for Faxehus og Strandstræde

På denne strækning er der en lang naturlig jordvold med topkote + 3-4 m mellem stranden og det bagvedliggende vådområde nord for Krusebækkens udløb. Strækningen afgrænses udenfor projektområdet mod syd af en betonghøfde oprindeligt med en længde på 50-55 m, hvoraf de yderste 25-30 m nu er reduceret til en undersøisk betonghøfde-ruin. I hjørnet nord for høfden ses akkumulation af sand og tang af varierende omfang i tidens løb.

Der kan ikke konstateres markante ændringer af kystens beliggenhed i området, hvilket hænger sammen med den gennemgående svage sedimenttransport og tilstedeværelsen af betonghøfden.

Betonghøfden har oprindeligt forårsaget at kysten syd for høfden har været udsat for læside-erosion, mens den har virket stabiliserende nord herfor hvilket dokumenterer den overvejende sydgående sedimenttransport.

Projektet for Strandstræde 1 og 3 vil bestræbe sig for at foden/tåen af konstruktioner ikke går længere ud mod øst end de eksisterende nu nedbrudte konstruktioner, og med en stenkastning hvor der udfør Efterskolen før var en lav lodret betonmur, som reflekterer mere bølgeenergi end den fremtidige stenkastning.

5.3 Kysten nord for projektstrækningen

Nord for strækningen ligger den kommunale strand og Rosendal-sommerhusene. Kysten på strækningen nord for Strandstræde helt til Faxe Ladeplads havn er beskyttet med en stenkastning, på nær en kort strækning syd for å-udløbet hvor der er opført kystværn i form af en betonmur. Desuden er der i årenes løb blevet sandfodret på strækningen mellem havnen og å-udløbet.

Den dominerende sedimenttransport nord for projektstrækningen er sydgående, hvilket ses tydeligt ved kystudviklingen omkring udløbet af Faxe Å.

Man kan derfor konkludere, at det ansøgte projekt ikke vil påvirke kysten nord for projektstrækningen

5.4 Kysten syd for projektstrækningen

Syd for projektstrækningen ligger resten af matr.nr. 5b (ca. 115 m, Faxehus Efterskole) og det kommunale areal Strandparken ned mod Kruse Bæk.

Forstærkning af den nuværende kystbeskyttelse med øget skræntsikring vil, da den ikke når længere ud mod øst end den nedbrudte kystbeskyttelse, ikke ændre den svage sydgående sedimenttransport ud for projektstrækningen, og det kan derfor konkluderes at kysten syd for ikke vil blive påvirket yderligere i forhold til den eksisterende situation fra før stormfloden i oktober 2023.



Figur 5-1 Krak Kort 1954 visende en bred sandstrand i projektområdet fastholdt af den dengang meget lange betonhøfde ved Krusebækken

6 Oversvømmelse fra Krusebækken

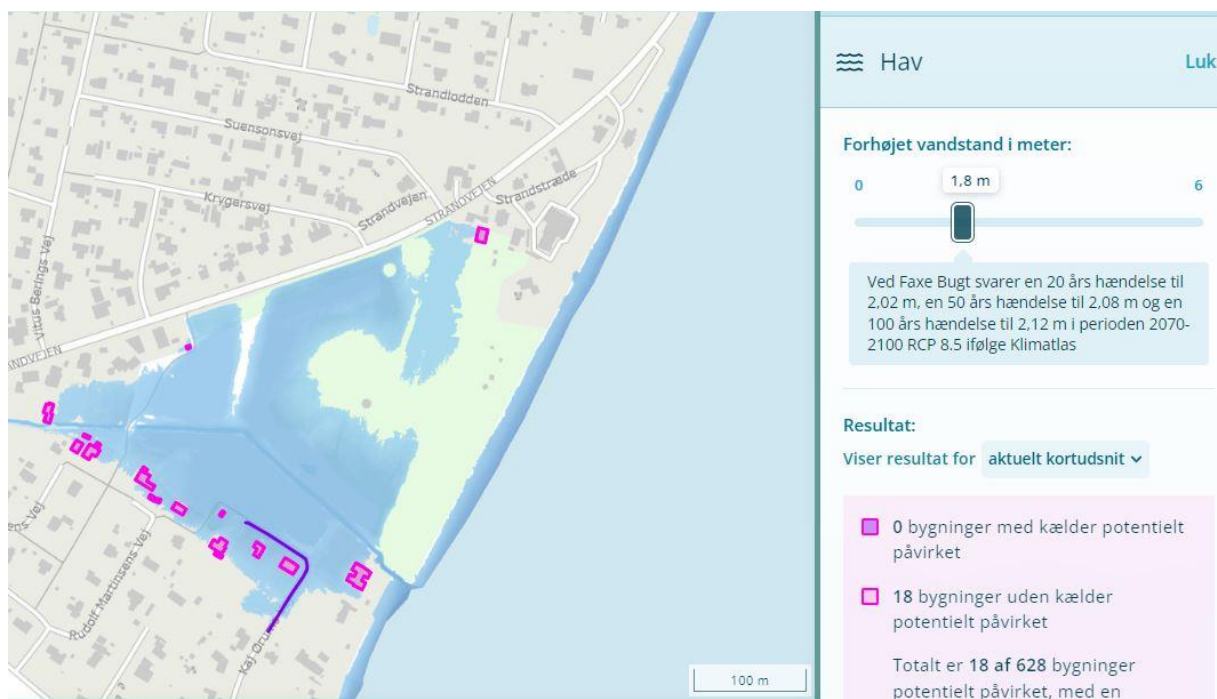
Krusebækken lige syd for skoven ved Efterskolen afvander et lavtliggende område bag en lidt højere kystbræmme der strækker sig fra Strandstræde 1 i nord ned over Kaj Ørums Vejs matrikler og syd herfor. Ved udløbet i havet er der et mekanisk højvandslukke som manuelt kan åbnes og lukkes. Faxe Kommune opererer denne efter vandstanden i havet og nedbør.



Figur 6-1 Højvandslukke ved udløbet af Krusebækken (foto JK 19.11.2023)

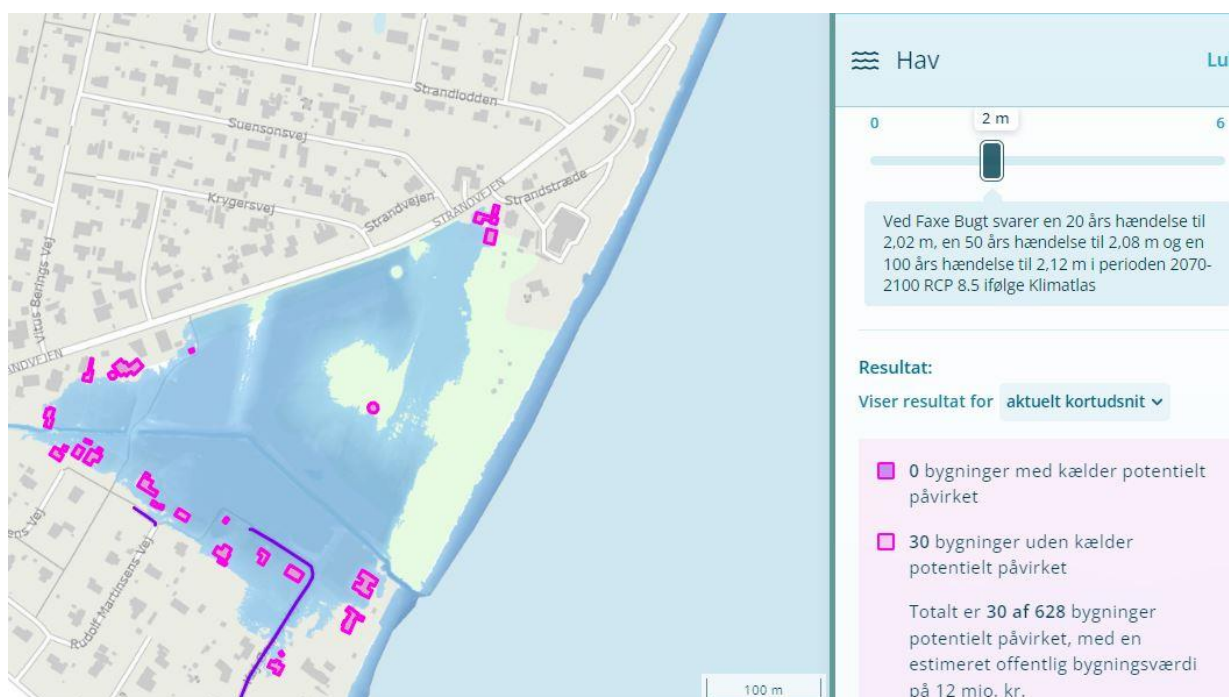
Under stormfloden d. 20-21. okt. 2023 hvor vandstanden i havet var ca. +1,7-1,8 m og det regnede forekom der oversvømmelse af bækken og en del af de lavtliggende huse blev oversvømmet.

Der vises i det følgende simuleringer med programmet KAMP af oversvømmelsens udbredelse for vandstande på +1,8 m (tilsvarende okt. 23), 2,0 m (valgt som designhændelse for ny og renoveret kystbeskyttelse på Strandstræde 1 og 3. Det er det samme niveau der er valgt for kystbeskyttelsesprojekt for syv matrikler på Kaj Ørums Vej. Endvidere, vises situationen for en vandstand på +2,4 m, som svarer til vandstanden under den værste kendte stormflod i 1872.



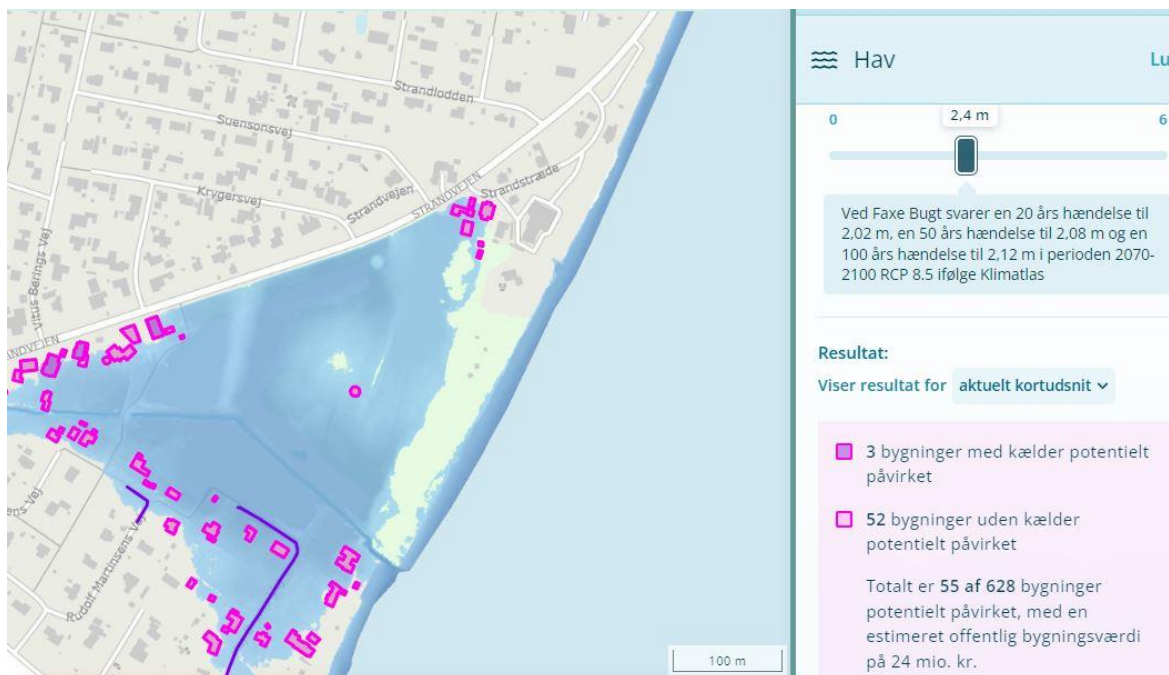
Figur 6-2 Oversvømmelse for vandstand +1,8 m

Det ses at for vandstand +1,8m når vandet op til Efterskolen bagom den lidt højere kystbræmme og det er kun bygningen mod sydvest som er påvirket

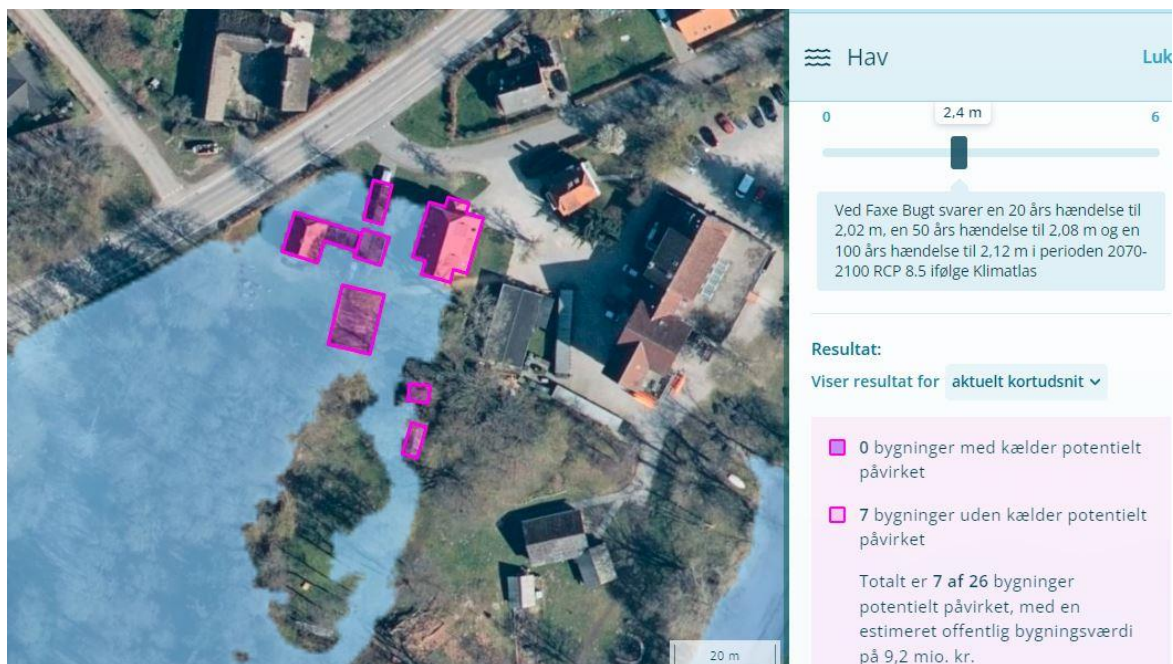


Figur 6-3 Oversvømmelse for vandstand +2,0 m

For vandstand +2,0 m er der tale om tre af Efterskolens bygninger som bliver påvirket og måske oversvømmet.



Figur 6-4 Oversvømmelse for vandstand +2,4 m



Figur 6-5 Oversvømmelse for vandstand +2,4 m, detaljer ved Efterskolen

For en vandstand på +2,4 m er der tale om at alle de vestligst liggende bygninger, seks i alt, bliver oversvømmet, mens Efterskolens hovedbygning går fri. Ifølge Figur 2-26 ligger hovedbygningen lidt højere i kote +2,75 m.

Denne analyse viser, at der er et behov for, at der foretages en samlet vurdering for hele Kru-sebækkens opland da der er mange huse og ejendomme som er påvirkede ved en stormflod. Denne vurdering bør omfatte alle interessenter og Faxehus Kommune som ansvarlig for bækken og højvandlukket.