



Økonomiske konsekvenser for tre deponeringsanlæg ved krav om PFAS-rensning

Rapport

Endelig version 8.05.2025

Indhold

1	Indledning og analysegrundlag: PFAS-rensning af perkolat og økonomiske konsekvenser for sikkerhedsstillelse	4
1.1	Baggrund	4
1.2	Fase-opdelt projekt	4
1.3	Definitioner	5
1.4	Formål med denne rapport	6
1.4	Organisering af rapporten	6
2	Antagelser for deponierne	8
2.1	Antagelser for Odense Nord Miljøcenter	8
2.2	Antagelser for Klintholm	10
2.3	Antagelser for Reno Djurs	13
3	Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS.....	17
3.1	Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS af 229.250 m ³ perkolat fra ONM....	17
3.2	Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS af 15.998 m ³ perkolat fra Klintholm	19
3.3	Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS af 36.706 m ³ perkolat fra Reno Djurs	20
3.4	Samlede konklusioner på tværs af ONM, Klintholm og Reno Djurs	22
4	Økonomisk konsekvensvurdering ved anvendelse af forskellige PFAS-renseteknologier – 30 års efterbehandlingsperiode	23
4.1	ONM.....	23
4.2	Klintholm	27
4.3	Reno Djurs.....	31
4.4	Fælles konklusioner på tværs af de tre deponier – 30 års efterbehandlingsperiode	35
5	Økonomisk konsekvensvurdering ved anvendelse af forskellige PFAS-renseteknologier – 60 års efterbehandlingsperiode	36
5.1	ONM.....	36
5.2	Klintholm	39
5.3	Reno Djurs.....	43
5.4	Fælles konklusioner på tværs af de tre deponier – 60 års efterbehandlingsperiode	47
6	Økonomisk konsekvensvurdering ved anvendelse af forskellige PFAS-renseteknologier – 90 års efterbehandlingsperiode	49
6.1	ONM.....	49
6.2	Klintholm	52
6.3	Reno Djurs.....	56

6.4	Fælles konklusioner på tværs af de tre deponier – 90 års efterbehandlingsperiode	60
7	Teknologisk effektivitet og økonomisk balance: Rensegrader og årlige omkostninger	62
7.1	ONM.....	62
7.1.1	Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi	64
7.2	Klintholm	65
7.1.1	Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi	67
7.3	Reno Djurs.....	68
7.1.1	Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi	70
7.4	Opsummerende konklusioner på tværs af de tre deponier	71
8	Konklusioner	73
8.1	ONM.....	73
8.2	Klintholm	75
8.3	Reno Djurs.....	76
8.4	Opsummerende konklusioner på tværs af deponierne.....	78
	Appendiks 1: Oprindelig og revideret model for beregning af grundbeløb og sikkerhedsstillelse	81
	Appendiks 2: Udvikling i Danmarks Statistiks entreprisereguleringsindeks for jordarbejder	83

1 Indledning og analysegrundlag: PFAS-rensning af perkolat og økonomiske konsekvenser for sikkerhedsstillelse

1.1 Baggrund

Der er en stigende bekymring blandt deponi-forvaltere om de forventede skærper af kravene til rensning af perkolat før tilslutning til kloak, særligt i forhold til PFAS, men også andre miljøskadelige stoffer. Denne bekymring udspringer af Miljøstyrelsens udmeldinger om en kommende opdatering af vejledningen til kommuner vedrørende tilslutningskrav, hvor reviderede eller nye grænseværdier for ca. 30 stoffer forventes introduceret. Disse ændringer kan få betydelige økonomiske konsekvenser for driften af deponeringsanlæg.

På et møde i DepoNet i marts 2024 blev det tydeligt, at flere deponi-forvaltere frygter markante stigninger i driftsomkostningerne, hvis de skal leve op til de kommende krav. Der er ligeledes bekymring for, at efterbehandlingstiderne vil blive væsentligt længere end tidligere forudset, hvilket kan udfordre de økonomiske opsparinger og hensættelser, der er afsat til efterbehandlingsperioden. For deponeringsanlæg, der enten er nedlukkede eller kun har begrænset restkapacitet, kan dette betyde, at de ikke har de nødvendige midler til at finansiere de øgede rensningsomkostninger over tid.

Der mangler en forståelse for de økonomiske byrder, som samfundet pålægges ved deponering af affald under de nye reguleringer. Disse omkostninger vil i sidste ende falde på deponiejerne. Hvis der ikke er opsparet tilstrækkelig sikkerhedsstillelse til efterbehandlingsperioden, risikerer skatteyderne at skulle dække udgifterne i stedet for deponiets brugere. Dette strider mod princippet om, at forureneren betaler.

1.2 Fase-opdelt projekt

Dette projekt om konsekvenser for PFAS-rensning på deponier i Danmark er igangsat af DepoNet og er opdelt i to faser med hver sin specifikke opgave:

1. Kortlægning af teknologier til rensning af PFAS i perkolat (Fase 1)

Formålet med denne del-opgave er at identificere og beskrive tilgængelige teknologier til rensning af PFAS i perkolat. Der blev udarbejdet en oversigt over de forskellige metoder, deres gennemsnitlige behandlingsomkostninger samt deres rensningseffektivitet. Ud fra konkrete perkolatdata vurderes det, hvor godt teknologierne kan nedbringe PFAS-koncentrationerne i forhold til de kommende krav.

Derudover analyseres, hvordan perkolattype og mængde påvirker både rensningsomkostninger og effektivitet. Denne del-opgave blev afrapporteret i notatet "*DepoNet - Konsekvensvurdering PFAS-rensning*", udarbejdet af Rambøll den 20.12.2024.

2. Økonomiske konsekvenser ved krav om PFAS-rensning (Fase 2)

Denne del-opgave fokuserer på at beregne de økonomiske konsekvenser af de skærpede krav. Ved hjælp af DepoNets beregningsmodel analyseres, hvordan de ændrede rensningsomkostninger påvirker grundbeløb, modtagegebyrer for affald og den nødvendige sikkerhedsstillelse til efterbehandlingsperioden.

Der gennemføres beregninger for både en fuldstændig og en delvis rensning af perkolatet. Denne del-opgave afrapporteres i denne rapport. DepoNets beregningsmodel anvendes, da den kan tage højde for længere efterbehandlingsperioder såvel som indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden, hvilket den nuværende reguleringsmodel ikke kan.

1.3 Definitioner

Definition af Grundbeløb: Grundbeløbet (GB) er den basispris, som et deponi opkræver pr. ton affald for at dække drifts- og nedlukningsomkostninger i efterbehandlingsperioden, typisk over en 30-årig periode efter deponiets lukning. Beløbet skal sikre, at der er tilstrækkelige midler til at varetage miljømæssigt forsvarlig drift, overvågning og vedligeholdelse af deponiet efter aktiv drift er ophørt.

Grundbeløbet er derfor ikke en generel behandlings- eller modtageafgift, men specifikt knyttet til de fremtidige forpligtelser, som deponiet har i forhold til lovgivning og miljøbeskyttelse.

Definition af Modtagegebyr: Modtagegebyret er den samlede pris, som et deponi opkræver pr. ton affald ved indlevering. Gebyret dækker både de aktuelle driftsomkostninger i modtage- og driftsfasen og det lovpligtige grundbeløb, som skal sikre finansiering af efterbehandlingsforpligtelser i nedluknings- og efterbehandlingsperioden.

Modtagegebyret består således typisk af to hovedkomponenter:

1. Driftsrelaterede omkostninger – løbende udgifter til håndtering, behandling og drift af deponiet ved modtagelse af affald.
2. Grundbeløbet (GB) – en afgift øremærket til finansiering af fremtidige miljøforpligtelser efter deponiets lukning.

1.4 Formål med denne rapport

Denne rapport har til formål at belyse de økonomiske konsekvenser af skærpede krav til PFAS-rensning på deponierne. Analysen fokuserer på ændringer i modtagegebyret (kr. pr. ton affald) samt påvirkningen af sikkerhedsstillelsen, herunder både det samlede sikkerhedsstillelsesbeløb og grundbeløbet pr. ton. Beregningerne omfatter rensning af perkolat ved anvendelse af fem forskellige teknologier og dækker efterbehandlingstider på henholdsvis 30, 60 og 90 år. Undersøgelsen fokuserer på tre udvalgte deponeringsanlæg med henblik på at illustrere de økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning i relation til modtagegebyr, grundbeløb og sikkerhedsstillelse. I denne rapport er analyseret og beskrevet konsekvenserne for Odense Nord Miljøcenter, Klintholm og Reno Djurs.

1.4 Organisering af rapporten

Denne rapport er struktureret for at give en systematisk gennemgang af de økonomiske konsekvenser ved skærpede krav til PFAS-rensning på deponeringsanlæg.

- Kapitel 1 præsenterer baggrunden for rapporten, herunder projektets faseopdeling, samt rapportens formål.
- Kapitel 2 beskriver de antagelser, der ligger til grund for beregningerne for Odense Nord Miljøcenter (ONM), Klintholm og Reno Djurs
- Kapitel 3 analyserer investerings- og driftsomkostningerne ved PFAS-rensning af perkolat fra de tre deponier ved brug af forskellige renseteknologier for de tre deponier.
- Kapitel 4, 5 og 6 indeholder økonomiske konsekvensvurderinger af PFAS-rensning med forskellige teknologier og ved forskellige efterbehandlingsperioder (30, 60 og 90 år) for de tre deponier.
- Kapitel 7 sammenligner rensegrader og årlige omkostninger for de forskellige teknologier for de tre deponier.
- Kapitel 8 samler rapportens konklusioner og perspektiver for de tre deponier, herunder konsekvenser for grundbeløb, sikkerhedsstillelse og de samlede økonomiske implikationer af PFAS-rensning.
- Appendiks 1 indeholder en gennemgang af den nuværende reguleringsmodel og DepoNets model for beregning af grundbeløb og sikkerhedsstillelse der tager højde for den nuværende reguleringsmodels uhensigtsmæssigheder

- Appendiks 2 præsenterer udviklingen i Danmarks Statistiks entreprisereguleringsindeks for jordarbejder, som anvendes til at indeksregulere driftsomkostningerne i beregningen af sikkerhedsstillelse for deponeringsanlæg.

2 Antagelser for deponierne

I dette kapitel præsenteres de grundlæggende antagelser for deponierne som beregningerne i denne rapport er baseret på. Først præsenteres antagelserne for Odense Nord Miljøcenter (ONM), herefter for Klintholm og sluttelig for Reno Djurs.

2.1 Antagelser for Odense Nord Miljøcenter

Tabel 2.1 præsenterer for ONM en oversigt over de godkendte enheder, herunder deres areal, opstartstidspunkt, planlagte nedlukningsår samt det forventede slutår for efterbehandling. Tabellen giver et overblik over de tidsmæssige rammer for enhedernes drift og den efterfølgende efterbehandlingsperiode.

Tabel 2.1 Godkendte enheder og tidsplan for efterbehandling

Navn på godkendte enheder	Affaldsklasse	Areal godkendt i baseline år (m ²)	Startår	Nedlukningsår	Slutår for efterbehandling
Enhed 3a	Blandet	40.000	2026	2058	2088
Etape 1C	Blandet	41.000	2024	2029	2059
Etape 2B	Mineralsk	30.000	2024	2039	2069
Etape 7	Farligt	65.000	2024	2033	2063
Etape 8A	Farligt	40.000	2024	2032	2062
SD	Mineralsk	14.000	2024	2027	2057

Kilde: ONM

Følgende observationer kan udledes af Tabel 2.1:

1. Varierende drifts- og efterbehandlingsperioder:

- Enhederne har forskellige planlagte driftsperioder, der strækker sig fra få år (SD: 3 år) til flere årtier (Enhed 3a: 32 år).

2. Areal og affaldsklasser:

- De godkendte enheder varierer i areal fra 14.000 m² (SD) til 65.000 m² (Etape 7).

- Affaldsklasserne spænder fra Blandet affald (Enhed 3a, Etape 1C), Mineralsk affald (Etape 2B, SD) til Farligt affald (Etape 7, Etape 8A).

3. Tidsmæssige implikationer:

- Den sidste enhed forventes først nedlukket i 2058 (Enhed 3a).
- De tidligst afsluttede enheder (SD og Etape 8A) vil stadig kræve miljømæssig overvågning indtil mindst 2057-2062 ved en 30 års efterbehandlingsperiode.

Der er et samlet godkendt areal på ONM på 230.000 m². ONM er således åbent for at modtage affald frem til 2058. I den periode, hvor deponiet er åbent, kan der opkræves grundbeløb til sikkerhedsstillelsen, som kan anvendes i efterbehandlingsperioden. Så snart deponiet er lukket, kan der ikke længere opkræves grundbeløb til sikkerhedsstillelsen. ONM er relativt godt stillet i forhold til andre deponier, da der kan opkræves grundbeløb i en relativt lang periode. Deponier der har kortere tid til endelig nedlukning, er betydeligt mere udfordret.

Tabel 2.2 nedenfor giver et overblik over kapacitetsstatus og restkapaciteten for de godkendte enheder. Tabellen viser den opmålte restkapacitet primo 2024 samt den beregnede restkapacitet i tons baseret på den godkendte massefylde.

Tabel 2.2 *Kapacitetsstatus og restkapacitet for godkendte enheder*

Navn på enhed	Oprindelig godkendt massefylde (t/m ³)	Restkapacitet i tons
Enhed 3a	1,00	390.000
Etape 1C	1,00	76.553
Etape 2B	1,60	174.692
Etape 7	1,16	359.763
Etape 8A	1,16	251.671
SD	1,60	18.500
Sum		1.271.179

Kilde: ONM.

Tabellen giver et overblik over restkapaciteten og viser, hvor meget af deponikapaciteten der stadig er tilgængelig. Følgende observationer kan udledes:

1. Varierende restkapacitet mellem enhederne:

- Restkapaciteten i tons varierer betydeligt mellem enhederne, hvor Enhed 3a har den største restkapacitet (390.000 tons), mens SD har den mindste (18.500 tons).
- Etape 1C har en markant lavere restkapacitet (76.553 tons) sammenlignet med de andre enheder, hvilket tyder på, at denne enhed nærmer sig sin maksimale kapacitet.

2. Samlet restkapacitet:

- Den samlede restkapacitet i tons er 1.271.179 tons, hvilket viser, at en væsentlig del af den oprindelige kapacitet stadig er tilgængelig.

Tabellen indikerer, at nogle enheder nærmer sig deres kapacitetsgrænser (f.eks. Etape 1C), mens andre stadig har betydelig restkapacitet (f.eks. Enhed 3a).

Primo 2024 var den akkumulerede sikkerhedsstillelse 58.248.851 kr.

Omkostningerne til nedlukning af ONM samt driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden som specificeret i den nuværende reguleringsmodel danner grundlag for beregningen af grundbeløb og sikkerhedsstillelse. Disse antagelser er overført til DepoNets model, som er anvendt i de aktuelle beregninger i denne rapport.

2.2 Antagelser for Klintholm

Tabel 2.3 præsenterer for Klintholm en oversigt over de godkendte enheder, herunder deres areal, opstartstidspunkt, planlagte nedlukningsår samt det forventede slutår for efterbehandling. Tabellen giver et overblik over de tidsmæssige rammer for enhedernes drift og den efterfølgende efterbehandlingsperiode.

Tabel 2.3 Godkendte enheder og tidsplan for efterbehandling

Navn på godkendte enheder	Affaldsklasse	Areal godkendt i baseline år (m ²)	Startår	Nedlukningsår	Slutår for efterbehandling
Enhed 1.2/1.3	Blandet	15,000	1998	2024	2054
Enhed 2	Mineralsk	15,000	1999	2024	2054
Enhed 3.1	Blandet	25,000	2008	2024	2054
Enhed 3.2	Mineralsk	25,000	2010	2036	2066
Enhed 7.1	Mineralsk	9,975	2026	2037	2067
Enhed 7.8	Mineralsk	5,000	2021	2028	2058
Enhed 7.9	Blandet	5,000	2022	2029	2059
Enhed 7.10	Blandet	5,000	2029	2041	2071

Kilde: Klintholm

Følgende observationer kan udledes af Tabel 2.3:

1. Varierende drifts- og efterbehandlingsperioder:

- Driftsperioderne varierer betydeligt. Enhed 1.2/1.3 og Enhed 2 har været i drift siden slut-1990'erne og planlægges lukket i 2024. De nyere enheder som Enhed 7.10 starter først i 2029 og forventes afsluttet i 2041.

2. Areal og affaldsklasser:

- De godkendte arealer spænder fra 5.000 m² (Enhed 7.8–7.10) til 25.000 m² (Enhed 3.1 og 3.2). Affaldsklasserne dækker både Blandet og Mineralsk affald, dog ingen enheder er angivet til Farligt affald. De nyeste enheder (Enhed 7.x) er generelt mindre i areal end de tidligere.

3. Tidsmæssige implikationer:

- De tidligste enheder forventes afsluttet i 2024, og med en 30-årig efterbehandlingsperiode vil disse enheder kræve overvågning og vedligehold frem til 2054. Den seneste enhed, Enhed 7.10, strækker sig til 2071.

Der er et samlet godkendt areal på Klintholm på 104.975 m². Enhederne, der lukkes senest (f.eks. Enhed 7.10 i 2041), muliggør indbetaling til sikkerhedsstillelse i en længere periode frem mod

nedlukning. Omvendt vil enheder som Enhed 1.2/1.3 og Enhed 2 ophøre med indbetaling allerede i 2024.

Tabel 2.4 nedenfor giver et overblik over kapacitetsstatus og restkapaciteten for de godkendte enheder. Tabellen viser den opmålte restkapacitet primo 2024 samt den beregnede restkapacitet i tons baseret på den godkendte massefylde.

Tabel 2.4 Kapacitetsstatus og restkapacitet for godkendte enheder

Navn på enhed	Oprindelig godkendt massefylde (t/m ³)	Restkapacitet i tons
Enhed 1.2/1.3	0.80	3,653
Enhed 2	1.20	0
Enhed 3.1	0.80	0
Enhed 3.2	1.20	115,984
Enhed 7.1	1.20	112,500
Enhed 7.8	1.20	18,192
Enhed 7.9	0.80	25,950
Enhed 7.10	0.80	73,872
Sum		350,151

Kilde: Klintholm.

Tabellen giver et overblik over restkapaciteten og viser, hvor meget af deponikapaciteten der stadig er tilgængelig. Følgende observationer kan udledes:

1. Varierende restkapacitet mellem enhederne:

Restkapaciteten varierer markant:

- Enhed 2 og 3.1 er allerede fuldt udnyttet.
- De største restkapaciteter findes i Enhed 3.2 (115.984 tons), Enhed 7.1 (112.500 tons) og Enhed 7.10 (73.872 tons).
- Mere end 60 % af den samlede restkapacitet er koncentreret i blot to enheder: Enhed 3.2 og Enhed 7.1. Dette viser, at kapaciteten i stor grad er afhængig af få, nyere enheder.

2. Samlet restkapacitet:

- Den samlede restkapacitet er 350.151 tons. Dette repræsenterer den mængde affald, der fortsat kan deponeres i de godkendte enheder på Klintholm.

Tidligere enheder (1.2/1.3, 2 og 3.1) har begrænset eller ingen restkapacitet tilbage. Det betyder, at fremtidig modtagelse primært vil ske i nyere enheder (7.x og 3.2).

Primo 2024 var den akkumulerede sikkerhedsstillelse 34.377.513 kr.

Omkostningerne til nedlukning af Klintholm samt driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden som specificeret i den nuværende reguleringsmodel danner grundlag for beregningen af grundbeløb og sikkerhedsstillelse. Disse antagelser er overført til DepoNets model, som er anvendt i de aktuelle beregninger i denne rapport.

2.3 Antagelser for Reno Djurs

Tabel 2.5 præsenterer for Reno Djurs en oversigt over de godkendte enheder, herunder deres areal, opstartstidspunkt, planlagte nedlukningsår samt det forventede slutår for efterbehandling. Tabellen giver et overblik over de tidsmæssige rammer for enhedernes drift og den efterfølgende efterbehandlingsperiode.

Tabel 2.5 Godkendte enheder og tidsplan for efterbehandling

Navn på godkendte enheder	Affaldsklasse	Areal godkendt i baseline år (m ²)	Startår	Nedlukningsår	Slutår for efterbehandling
II-A-SH	Farligt	27.620	2009	2024	2054
II-A-BA	Blandet	40.152	2009	2030	2060
II-A-MI	Mineralsk	31.348	2009	2028	2058
III-A-SH	Farligt	26.900	2024	2029	2059
III-A-MI	Mineralsk	26.020	2028	2038	2068
III-A-FJ	Inert	4.490	2024	2030	2060
III-A-BA	Blandet	4.360	2030	2032	2062

Kilde: Reno Djurs

Følgende observationer kan udledes af Tabel 2.5:

1. Varierende drifts- og efterbehandlingsperioder:

- Enhederne har forskellige driftsperioder – fra kortvarige forløb på 3 år (II-A-MI) og 4 år (III-A-SH) til langstrakte perioder på 25 år (II-A-BA).

2. Areal og affaldsklasser:

- De godkendte enheder varierer i areal fra 4.360 m² (III-A-BA) til 40.152 m² (II-A-BA).
- Affaldsklasserne omfatter Farligt, Blandet, Mineralsk og Inert affald.

3. Tidsmæssige implikationer:

- Den første enhed, II-A-SH, lukker i 2024 og vil med en 30-årig efterbehandlingsperiode være under efterbehandling frem til 2054.
- Den sidste enhed, III-A-MI, forventes nedlukket i 2038 og vil med en 30-årig efterbehandlingsperiode kræve miljømæssig overvågning frem til 2068.

Det samlede godkendte areal på Reno Djurs er 160.890 m². Reno Djurs er således åbent for at modtage affald frem til 2038. I den periode, hvor deponiet er åbent, kan der opkræves grundbeløb

til sikkerhedsstillelsen, som kan anvendes i efterbehandlingsperioden. Så snart deponiet er lukket, kan der ikke længere opkræves grundbeløb til sikkerhedsstillelsen.

Tabel 2.6 nedenfor giver et overblik over kapacitetsstatus og restkapaciteten for de godkendte enheder. Tabellen viser den opmålte restkapacitet primo 2024 samt den beregnede restkapacitet i tons baseret på den godkendte massefylde.

Tabel 2.6 *Kapacitetsstatus og restkapacitet for godkendte enheder*

Navn på enhed	Oprindelig godkendt massefylde (t/m ³)	Restkapacitet i tons
II-A-SH	0,92	0
II-A-BA	1,00	306.594
II-A-MI	0,84	261.473
III-A-SH	0,92	204.731
III-A-MI	0,84	449.737
III-A-FJ	1,44	20.881
III-A-BA	1,00	89.344
Sum		1.332.759

Kilde: Reno Djurs.

Tabellen giver et overblik over restkapaciteten og viser, hvor meget af deponikapaciteten der stadig er tilgængelig. Følgende observationer kan udledes:

1. Varierende restkapacitet mellem enhederne:

- Restkapaciteten varierer markant – fra 0 tons i enhed II-A-SH (Farligt affald) til 449.737 tons i enhed III-A-MI (Mineralsk affald).
- Enhederne II-A-BA og II-A-MI har ligeledes stor restkapacitet (henholdsvis 306.594 og 261.473 tons), mens enhed III-A-FJ (Inert affald) har den laveste blandt de aktive enheder (20.881 tons).

2. Samlet restkapacitet:

- Den samlede restkapacitet er 1.332.759 tons, hvilket viser, at en betydelig del af den oprindelige kapacitet stadig er til rådighed.

- Tabellen indikerer, at nogle enheder er fuldt udnyttede eller nærmer sig kapacitetsgrænsen (f.eks. II-A-SH), mens andre fortsat har væsentlig restkapacitet (f.eks. III-A-MI og II-A-BA).

Primo 2024 var den akkumulerede sikkerhedsstillelse 48.531.985 kr.

Omkostningerne til nedlukning af Reno Djurs samt driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden som specificeret i den nuværende reguleringsmodel danner grundlag for beregningen af grundbeløb og sikkerhedsstillelse. Disse antagelser er overført til DepoNets model, som er anvendt i de aktuelle beregninger i denne rapport.

3 Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS

I dette kapitel præsenteres investerings- og driftsomkostningerne for rensning for PFAS på de tre deponier. Først præsenteres overslagene for ONM, herefter for Klintholm og sluttelig for Reno Djurs.

3.1 Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS af 229.250 m³ perkolat fra ONM

Tabel 3.1 præsenterer en økonomisk vurdering af fem teknologiske løsninger til rensning af PFAS i perkolat fra ONM:

- Skumfraktionering,
- Flokkulering med FluorFlok,
- Skumfraktionering kombineret med resin-behandling,
- Flokkulering med FluorFlok kombineret med resin-behandling,
- Membranfiltrering og rejktvandsfordampning (RO+Ind).

Disse teknologier er beskrevet i notatet "*DepoNet - Konsekvensvurdering PFAS-rensning*", udarbejdet af Rambøll den 20.12.2024. Der er antaget en perkolatmængde på 229.250 m³.

Økonomivurderingen i Tabel 3.1 omfatter:

- Række 1: De samlede anlægs- og driftsomkostninger over en 20-årig driftsperiode (opgjort i 2024 nutidskroner).
- Række 2: Nutidsværdien af de samlede omkostninger omregnet til en gennemsnitlig årlig omkostning.
- Række 3: Den årlige omkostning per kubikmeter behandlet perkolat, hvilket giver et direkte sammenligningsgrundlag mellem teknologierne.

Alle beregninger er baseret på en realrente på 0,97 %¹, hvilket giver et grundlag for at vurdere de langsigtede økonomiske konsekvenser ved valg af PFAS-rensningsteknologi.

¹ Rambøll anvendte i deres rapport en nominel diskonteringsrente på 4 % og en årlig inflationsantagelse på 3 % i deres 20-årige nutidsberegninger, hvilket resulterer i en real diskonteringsrente på 0,97 %.

Tabel 3.1 Økonomiske omkostninger ved forskellige PFAS-rensningsteknologier: Anlægs- og driftsudgifter i nutidsværdi og årlige ydelser, samt i kr. per m³ perkolat fra ONM

	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO+Ind.
Total for anlæg og drift i nutidskroner (kr.)	52.535.977	212.156.106	173.787.665	335.076.817	877.569.257
Nutidsværdien omregnet til en årlig omkostning (kr.)	2.902.767	11.722.249	9.602.280	18.513.980	48.488.282
Total for anlæg og drift per år (kr./m ³ perkolat)	12,7	51,1	41,9	80,8	211,5

Tabel 3.1 viser en økonomisk sammenligning af fem forskellige renseteknologier til behandling af PFAS i perkolatet fra ONM. Ud fra de præsenterede data kan følgende observationer og konklusioner drages:

1. Skumfraktionering er den billigste løsning:

- Med en totalomkostning på 52,5 mio. kr. og en årlig ydelse på 2,9 mio. kr., er skumfraktionering billigere end de øvrige løsninger.
- De årlige omkostninger per kubikmeter perkolat er 12,7 kr., hvilket er den laveste blandt de fire alternativer.

2. Flokkulering er den dyreste enkeltstående løsning:

- Med en totalomkostning på 212,2 mio. kr. og en årlig ydelse på 11,7 mio. kr., er flokkulering væsentligt dyrere end skumfraktionering.
- De årlige omkostninger per kubikmeter perkolat er 51,1 kr., hvilket er over fire gange så højt som ved skumfraktionering.

3. Kombinationsløsninger er dyrere end enkeltmetoderne:

- Skumfraktionering + resin har en totalomkostning på 173,8 mio. kr., mens flokkulering + resin koster 335,1 mio. kr.

- Begge kombinationsmetoder medfører højere driftsomkostninger, hvilket afspejles i de årlige omkostninger per kubikmeter perkolat: 41,9 kr. for skumfraktionering + resin og 80,8 kr. for flokkulering + resin.

4. RO + Ind er den dyreste løsning:

- Med en årlig ydelse på 48,5 mio. kr. og den højeste pris per kubikmeter perkolat (212 kr./m³) fremstår denne løsning som den mest omkostningstunge.

3.2 Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS af 15.998 m³ perkolat fra Klintholm

Tabel 3.2 præsenterer en økonomisk vurdering af fem teknologiske løsninger til rensning af PFAS i perkolat på Klintholm, svarende til Tabel 3.1 for OMN. Der er antaget en perkolatmængde på 15.998 m³.

Tabel 3.2 Økonomiske omkostninger ved forskellige PFAS-rensningsteknologier: Anlægs- og driftsudgifter i nutidsværdi og årlige ydelser, samt i kr. per m³ perkolat fra Klintholm

	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO+Ind.
Total for anlæg og drift i nutidskroner (kr.)	11.641.783	21.030.272	20.395.571	30.088.757	64.547.624
Nutidsværdien omregnet til en årlig omkostning (kr.)	643.243	1.161.984	1.126.915	1.662.492	3.566.446
Total for anlæg og drift per år (kr./m ³ perkolat)	40,2	72,6	70,4	103,9	222,9

Tabel 3.2 viser en økonomisk sammenligning af fem forskellige renseteknologier til behandling af PFAS i perkolatet fra Klintholm. Ud fra de præsenterede data kan følgende observationer og konklusioner drages:

1. Skumfraktionering er den billigste løsning:

- Med en total nutidsværdi på 11,6 mio. kr. og en årlig omkostning på 643.243 kr., er skumfraktionering den mest omkostningseffektive metode.

- Omkostningen per m³ perkolat er 40,2 kr., hvilket er det laveste niveau blandt teknologierne.

2. RO + Indvinding er klart den dyreste løsning:

- Med en anlægs- og driftsomkostning på over 64 mio. kr. og en årlig ydelse på 3,57 mio. kr., er RO+Ind væsentligt dyrere end de øvrige løsninger.
- Omkostningen per m³ perkolat er 222,9 kr., hvilket er mere end fem gange højere end ved skumfraktionering.

3. Flokkulering og skumfraktionering + resin har sammenlignelige omkostninger:

- Begge løsninger ligger omkring 70–72 kr. per m³ i omkostning.
- Flokkulering er en smule dyrere i total investering, mens skumfraktionering + resin giver lavere anlægsomkostninger og årlige udgifter.

4. Flokkulering + resin ligger i mellemniveauet, men har højere pris end enkeltmetoderne:

- Kombinationen af flokkulering og resin har en samlet nutidsværdi på 30 mio. kr. og en årlig udgift på ca. 1,66 mio. kr.
- Med en pris på 103,9 kr./m³ befinder teknologien sig væsentligt over de to enkeltstående metoder, men stadig væsentligt under RO+Ind.

5. Prisforskel mellem teknologierne er markant

- Den dyreste løsning (RO+Ind) er over 5,5 gange dyrere pr. m³ end skumfraktionering.

3.3 Investerings- og driftsomkostninger for rensning for PFAS af 36.706 m³ perkolat fra Reno Djurs

Tabel 3.3 præsenterer en økonomisk vurdering af fem teknologiske løsninger til rensning af PFAS i perkolat fra Klintholm, svarende til Tabel 3.1 for OMN. Der er antaget en perkolatmængde på 36.706 m³.

Tabel 3.3 Økonomiske omkostninger ved forskellige PFAS-rensningsteknologier: Anlægs- og driftsudgifter i nutidsværdi og årlige ydelser, samt i kr. per m³ perkolat fra Reno Djurs

	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO+Ind.
Total for anlæg og drift i nutidskroner (kr.)	19.913.836	39.915.287	39.736.254	60.321.890	143.278.704
Nutidsværdien omregnet til en årlig omkostning (kr.)	1.100.298	2.205.437	2.195.545	3.332.962	7.916.570
Total for anlæg og drift per år (kr./m ³ perkolat)	30,0	60,1	59,8	90,8	215,7

Tabel 3.3 viser en økonomisk sammenligning af fem forskellige renseteknologier til behandling af PFAS i perkolatet fra Reno Djurs. Ud fra de præsenterede data kan følgende observationer og konklusioner drages:

1. Skumfraktionering er den billigste løsning:

- Med en total investering på 19,9 mio. kr. og en årlig omkostning på 1,1 mio. kr., er denne teknologi den mest omkostningseffektive.
- Prisen pr. m³ perkolat er 30 kr., hvilket er lavest blandt alle fem løsninger.

2. RO + Indvinding er den dyreste løsning:

- Med en total nutidsværdi på 143,3 mio. kr. og en årlig udgift på 7,92 mio. kr., er denne løsning over 7 gange dyrere pr. m³ end skumfraktionering.
- Prisen pr. m³ perkolat er 215,7 kr.

3. Skumfraktionering + resin og flokkulering er næsten identiske i økonomisk belastning:

- Begge har årlige omkostninger omkring 2,2 mio. kr.
- Pris pr. m³ er 59,8–60,1 kr., hvilket gør valget afhængigt af rensekrav frem for økonomi.

4. Flokkulering + resin er væsentligt dyrere end enkeltstående løsninger:

- Årlig udgift på 3,33 mio. kr.
- Pris pr. m³ er 90,8 kr., hvilket er ca. 50 % højere end de to næstbilligste teknologier.

5. Markant prisforskel mellem billigste og dyreste løsning:

- Fra 30 kr./m³ (skumfraktionering) til 215,7 kr./m³ (RO+Ind) – en faktor på over 7.

3.4 Samlede konklusioner på tværs af ONM, Klintholm og Reno Djurs

Følgende konklusioner kan drages på tværs af deponierne.

1. Skumfraktionering er entydigt billigst for alle tre deponier:

- Billigste pr. m³ ved både lavt og højt volumen.
- Samme teknologi, men prisen varierer – afhænger af perkolatmængde.

2. RO + Ind er konsekvent den dyreste teknologi:

- Opgjort pr. m³ er denne løsning mellem 5,5 og 16,6 gange dyrere end skumfraktionering.
- Dyr løsning med begrundet anvendelse kun ved krav om høj rensegrad.

3. Volumen har direkte effekt på enhedsomkostning:

- ONM (størst volumen) har laveste kr./m³ – viser tydelig stordriftsfordel.
- Klintholm (mindst volumen) har højeste kr./m³, mens Reno Djurs ligger midt imellem.

4. Kombinationsteknologier (skum/resin eller flok/resin) er altid dyrere end enkeltteknologier

- Typisk 1,5–3 gange dyrere end skumfraktionering alene.

5. Store forskelle i samlet økonomisk belastning ved teknologivalg:

- Ved 229.250 m³ (ONM) betyder teknologivalget en forskel på over 45 mio. kr. i årlig omkostning.
- Selv ved anlæg som Reno Djurs er forskellen over 6,8 mio. kr. årligt mellem billigste og dyreste løsning.

4 Økonomisk konsekvensvurdering ved anvendelse af forskellige PFAS-renseteknologier – 30 års efterbehandlingsperiode

Dette kapitel analyserer de økonomiske konsekvenser ved implementering af forskellige PFAS-renseteknologier over en efterbehandlingsperiode på 30 år. Analysen belyser, hvordan teknologivalg påvirker driftsomkostninger, grundbeløb, modtagegebyr og krav til sikkerhedsstillelse. Først præsenteres resultaterne for ONM, herefter for Klintholm og sluttelig for Reno Djurs. Kapitlet afsluttes med konklusioner der kan drages på tværs af deponierne.

4.1 ONM

Tabel 4.1 nedenfor præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for ONM. Beregningerne er baseret på en 30-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indeksreguleres med 2 %². Til indeksering i forbindelse med beregning af sikkerhedsstillelse for deponeringsanlæg anvendes Danmarks Statistiks entreprisereguleringsindeks for jordarbejder. I Appendiks 2 præsenteres udviklingen i entreprisereguleringsindeks for jordarbejder siden 1987.

Tabel 4.1 er struktureret i tre hovedafsnit:

1. Ændring i de årlige driftsomkostninger per ton affald som følge af PFAS-rensning, baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 88.450 tons i 2024.
2. Grundbeløb (GB) per ton for tre affaldskategorier:
 - Mineralsk affald
 - Blandet affald

² Den årlige gennemsnitlige stigning i indekset fra 1987 og frem til og med 2024 er 3,34%. Reduceres perioden fra 2011 til 2024, for kun at medtage den nyere prisudvikling, er den gennemsnitlige årlige stigning i indekset 2,82%. Hvordan indekset udvikler sig i fremtiden, kender ingen, men grafen i Appendiks 2 illustrerer hvordan den historisk har udviklet sig, hvor der har kun været få kortvarige perioder hvor indekset har været omkring eller lige under 0%. Så en antagelse om 2% årlig regulering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden er formodentlig i underkanten af hvordan den vil udvikle sig i fremtiden.

- Farligt affald

3. Ændring i modtagegebyr for Blandet affald i 2024, hvor forskellen mellem behandling med og uden PFAS-rensning fremgår.

Tabellen sammenligner de ovenfornævnte PFAS-renseteknologier.

Tabel 4.1 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 30 års efterbehandlingsperiode - ONM

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/88.450 tons	0	9	36	29	56	148
GB – Mineralsk	67	91	148	137	195	434
GB – Blandet	95	123	196	180	253	532
GB – Farligt	33	51	93	85	127	303
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0	37	136	114	215	585

Note* Eksempel på udregning af ændring i modtagegebyr for Blandet affald og teknologien "Skumfraktionering" (sidste række): Ændring i modtagegebyr 2024 for Blandet affald er 37 kr./tons affald = grundbeløb m. rensning (123 kr./tons affald)) minus grundbeløb u. rensning (95 kr./tons affald)) plus driftsomkostning for rensning af PFAS (9 kr./tons affald).

Tabel 4.1 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de tre forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

Uden rensning for PFAS vil grundbeløbet på ONM for Mineralsk affald være 67 kr. per tons, 95 kr. per ton Blandet affald og 33 kr. per tons Farligt affald. Hvis ikke der renses for PFAS, vil der ikke være nogen ændring modtagegebyret, da der ikke er ændringer i de årlige driftsomkostninger. Ud fra de præsenterede data kan følgende konklusioner drages for PFAS-rensningsteknologierne:

1. Driftsomkostningerne stiger ved PFAS-rensning:

- Skumfraktionering har den laveste stigning med 9 kr. per ton, mens flokkulering + resin og RO + Ind er væsentligt dyrere (56 kr. og 148 kr. per ton).

2. Skumfraktionering:

- Skumfraktionering resulterer i en moderat stigning i modtagegebyret for Blandet affald (37 kr. per ton).
- Skumfraktionering + resin har højere omkostninger (114 kr. per ton) men er stadig billigere end flokkulering (136 kr. per ton)

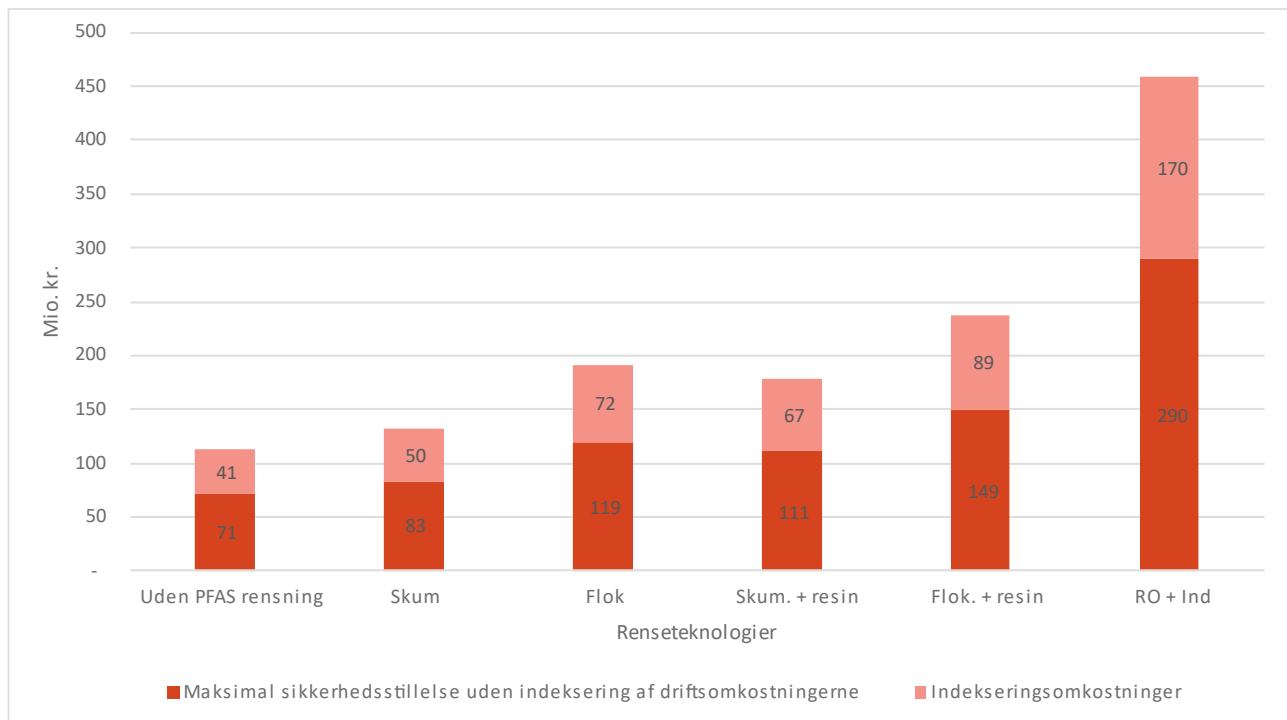
3. Flokkulering + resin-behandling og RO + Ind er de dyreste løsninger:

- Flokkulering + resin og RO + Ind er markant dyrere i både driftsomkostninger og dermed i ændringer i modtagegebyret.
- Ændringen i modtagegebyret for Blandet affald stiger til 215 kr. per ton for flokkulering + resin og 585 kr. per ton for RO + Ind.

I Figur 4.1 nedenfor er vist hvad den maksimale sikkerhedsstillelse skal være for ONM ved en 30 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Sikkerhedsstillelsesbeløbet vil variere over tid fra anlæggets etablering til afslutningen af efterbehandlingen af den sidste deponeringsenhed. Variationen afhænger af, hvor de enkelte enheder befinder sig i forløbet – om der opbygges eller udbetales sikkerhedsstillelse. Figur 4.1 viser det maksimale sikkerhedsstillelsesbehov for ONM over perioden ved en 30-årig efterbehandlingsperiode, både uden PFAS-rensning og med rensning via fem forskellige teknologier. Beløbet er opdelt i to komponenter: den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering og det fremtidige beløb, der skal dække indekseringsomkostninger efter det år, hvor sikkerhedsstillelsen topper³.

³ Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

Figur 4.1 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 30 års efterbehandlingsperiode - ONM



Hvis der ikke renses for PFAS og driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden ikke indekseres så bliver det maksimale sikkerhedsstillelsesbeløb 71 mio. kr. Hvis driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden indekseres med 2% årligt, så udgør indekseringsomkostningerne alene 41 mio. kr. og den maksimale samlede sikkerhedsstillelse er 112 mio. kr.⁴

Hvis der renses for PFAS med en flokkuleringsteknologi, og driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden ikke indekseres vil den maksimale sikkerhedsstillelse løbe op i 119 mio. kr. Hvis driftsomkostningerne indekseres, så udgør indekseringomkostningerne alene 72 mio. kr. og den maksimale sikkerhedsstillelse er 191 mio. kr. Det er 79 mio. kr. mere i sikkerhedsstillelse end hvis der ikke renses for PFAS. De tilsvarende tal for sikkerhedsstillelsen for de øvrige PFAS renseteknologier fremgår ligeledes af figuren.

Tabel 4.2 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 30-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den

⁴ Den nuværende beregningsmodel medtager ikke opkrævning af de 41 mio. kr. i sikkerhedsstillelse, som således kommer til at mangle.

øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af de forskellige PFAS renteteknologier.

Tabel 4.2 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 30 års efterbehandlingsperiode - ONM

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	71	83	119	111	149	290
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	112	133	191	178	238	459
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		21	79	66	126	347

Tabel 4.2 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 112 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 133 mio. kr., en forskel på 21 mio. kr.
- Flokkulering hæver den til 191 mio. kr., en stigning på 79 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 178 mio. kr., hvilket er 66 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger beløbet til 238 mio. kr., en forskel på 126 mio. kr.
- RO + Indvinding resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 459 mio. kr., en ekstra byrde på 347 mio. kr.

4.2 Klintholm

Tabel 4.3 nedenfor, struktureret på samme måde som Tabel 4.1, præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for Klintholm. Beregningerne er baseret på en 30-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indeksreguleres med 2 %. Beregningerne er baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 27.438 tons i 2024.

Tabel 4.3 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 30 års efterbehandlingsperiode - Klintholm

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/27.438 tons	0	23	42	41	61	130
GB – Mineralsk	121	228	314	308	397	712
GB – Blandet	149	283	390	383	495	889
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0	157	284	275	406	870

Note* Eksempel på udregning af ændring i modtagegebyr for Blandet affald og teknologien "Skumfraktionering" (sidste række): Ændring i modtagegebyr 2024 for Blandet affald er 157 kr./tons affald = grundbeløb m. rensning (283 kr./tons affald)) minus grundbeløb u. rensning (149 kr./tons affald)) plus driftsomkostning for rensning af PFAS (23 kr./tons affald).

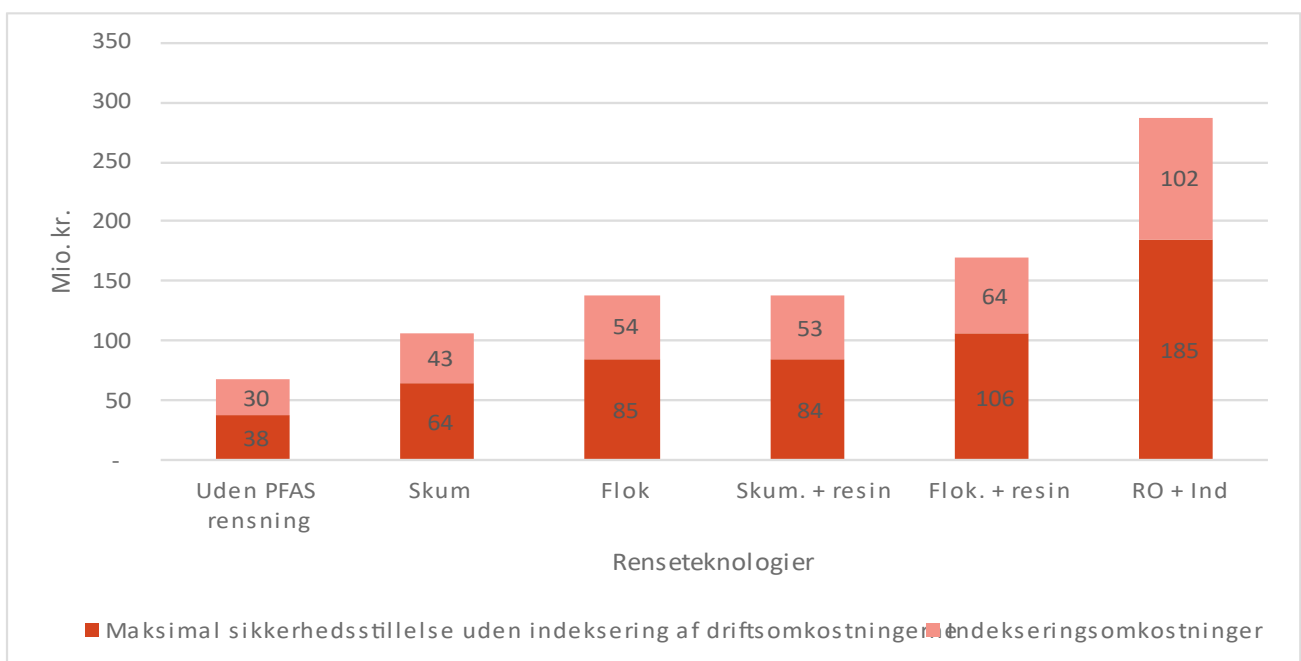
Tabel 4.3 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

Ud fra tallene i tabellen kan følgende konkluderes:

1. Alle metoder til PFAS-rensning øger driftsomkostningerne markant i forhold til ingen rensning.
 - Mindst stigning med skumfraktionering (23 kr./ton) og størst med RO + Ind (130 kr./ton).
2. RO + Ind er klart den dyreste løsning. Metoden indebærer væsentligt højere omkostninger sammenlignet med øvrige teknologier:
 - Grundbeløbet stiger f.eks. med næsten 6 gange (fra 149 kr./ton til 889 kr./ton) for Blandet affald.
3. Metoder der kombinerer resin med enten skumfraktionering eller flokkulering medfører højere omkostninger end metoder uden resin, men lavere omkostninger end RO + Ind.

I Figur 4.2 nedenfor er vist hvad den maksimale sikkerhedsstillelse skal være for Klintholm ved en 30 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Sikkerhedsstillelsesbeløbet vil variere over tid fra anlæggets etablering til afslutningen af efterbehandlingen af den sidste deponeringsenhed. Variationen afhænger af, hvor de enkelte enheder befinder sig i forløbet – om der opbygges eller udbetales sikkerhedsstillelse. Figur 4.1 viser det maksimale sikkerhedsstillelsesbehov for Klintholm over perioden ved en 30-årig efterbehandlingsperiode, både uden PFAS-rensning og med rensning via fem forskellige teknologier. Beløbet er opdelt i to komponenter: den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering og det fremtidige beløb, der skal dække indekseringsomkostninger efter det år, hvor sikkerhedsstillelsen topper.⁵

Figur 4.2 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 30 års efterbehandlingsperiode - Klintholm



Ud fra figuren kan følgende konklusioner udledes:

- Valg af PFAS-rensningsteknologi har betydelige økonomiske konsekvenser for sikkerhedsstillelse:
 - Jo mere avanceret teknologi (især RO + Ind), desto højere sikkerhedsstillelse kræves, hvilket tydeligt ses i grafen.

⁵ Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

2. RO + Ind er klart dyrest:

- Sikkerhedsstillelsen er markant højere (287 mio. kr.), næsten tre gange højere end uden PFAS-rensning (68 mio. kr.).

3. Indekseringsomkostninger (stigninger pga. prisudvikling over tid) udgør en væsentlig andel af den samlede sikkerhedsstillelse:

- Denne andel vokser især ved de dyrere teknologier.

4. Skumfraktionering og flokkulering med resin er omtrent i samme prisniveau:

- Disse metoder ligger midt i feltet økonomisk, med sikkerhedsstillelser på ca. 137-170 mio. kr.

Tabel 4.4 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 30-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af rensningskravene.

Tabel 4.4 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 30 års efterbehandlingsperiode - Klintholm

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	38	64	85	84	106	185
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	68	107	139	137	170	287
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		39	71	70	102	219

Tabel 4.4 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 30-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 68 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 107 mio. kr., en forskel på 39 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 139 mio. kr., en stigning på 71 mio. kr.

- Skumfraktionering + resin kræver 137 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 70 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 170 mio. kr., en forskel på 102 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 287 mio. kr., en ekstra byrde på 219 mio. kr.

4.3 Reno Djurs

Tabel 4.5 nedenfor, struktureret på samme måde som Tabel 4.1, præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for Reno Djurs. Beregningerne er baseret på en 30-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indeksreguleres med 2 %. Beregningerne er baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 108.670 tons i 2024.

Tabel 4.5 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 30 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/108.670 tons	0	10	20	20	31	73
GB – Mineralsk	56	86	115	115	145	272
GB – Blandet	63	104	143	143	184	358
GB – Farligt	65	159	250	251	344	746
GB – Inert	135	213	288	289	366	700
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0	51	101	101	152	369

Note* Eksempel på udregning af ændring i modtagegebyr for Blandet affald og teknologien "Skumfraktionering" (sidste række): Ændring i modtagegebyr 2024 for Blandet affald er 51 kr./tons affald = grundbeløb m. rensning (104 kr./tons affald)) minus grundbeløb u. rensning (63 kr./tons affald)) plus driftsomkostning for rensning af PFAS (10 kr./tons affald).

Tabel 4.5 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

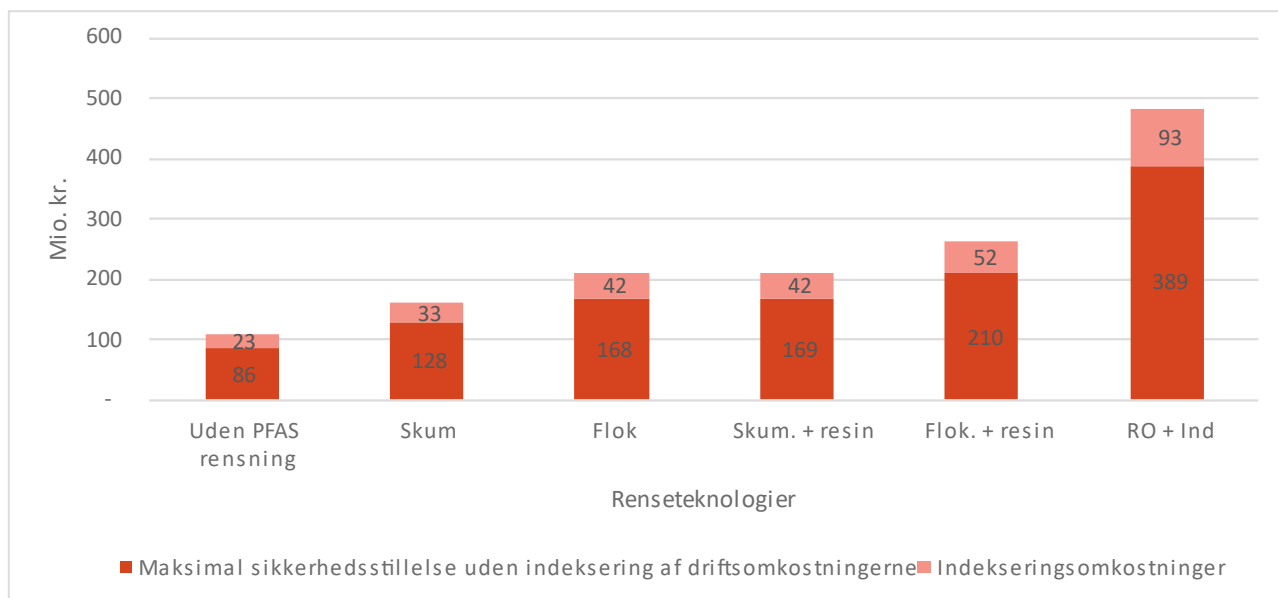
På baggrund af Tabel 4.5 kan følgende konkluderes:

1. Alle PFAS-rensemetoder medfører øgede driftsomkostninger:
 - Den mindste stigning i årlige driftsomkostninger (ved 108.670 tons affald) ses med skumfraktionering (10 kr./ton), og den højeste med RO + Ind (73 kr./ton).
2. Grundbeløb (GB) stiger betydeligt med PFAS-rensning:
 - Omkostningerne varierer væsentligt afhængigt af affaldstype:
 - Lavest stigning: Mineralsk affald (fra 56 til 272 kr./ton)
 - Højst stigning: Farligt affald (fra 65 til 746 kr./ton)
3. Størst økonomisk påvirkning for Farligt affald:
 - RO + Ind medfører en dramatisk stigning (ca. 11 gange højere end uden rensning), hvilket understreger store økonomiske udfordringer ved håndtering af Farligt affald.
4. Blandet affald modtagegebyr øges betydeligt ved mere avancerede metoder:
 - Øgningen spænder fra 51 kr./ton ved skumfraktionering til hele 369 kr./ton ved RO + Ind, hvilket er betydeligt dyrere end uden rensning.

I Figur 4.3 nedenfor er vist hvad den maksimale sikkerhedsstillelse skal være for Reno Djurs ved en 30 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Sikkerhedsstillelsesbeløbet vil variere over tid fra anlæggets etablering til afslutningen af efterbehandlingen af den sidste deponeringsenhed. Variationen afhænger af, hvor de enkelte enheder befinder sig i forløbet – om der opbygges eller udbetales sikkerhedsstillelse. Figur 4.3 viser det maksimale sikkerhedsstillelsesbehov for Reno Djurs over perioden ved en 30-årig efterbehandlingsperiode, både uden PFAS-rensning og med rensning via fem forskellige teknologier. Beløbet er opdelt i to komponenter: den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering og det

fremtidige beløb, der skal dække indekseringsomkostninger efter det år, hvor sikkerhedsstillelsen topper⁶.

Figur 4.3 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 30 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs



Ud fra figuren kan følgende konklusioner drages:

1. PFAS-rensningsteknologier øger kraftigt behovet for sikkerhedsstillelse:
 - Den maksimale sikkerhedsstillelse stiger væsentligt med teknologisk kompleksitet, især tydeligt for RO + Ind (482 mio. kr.) sammenlignet med ingen rensning (109 mio. kr.).
2. RO+ind er klart den dyreste metode:
 - Medfører langt højere økonomisk forpligtelse (482 mio. kr.), mere end fire gange dyrere end uden PFAS-rensning.
3. Indekseringsomkostningernes betydning øges ved mere avancerede teknologier:
 - Indekseringsandelen er størst i absolutte tal for RO + Ind, men udgør en mindre procentdel af den samlede sikkerhedsstillelse end i tilfældet for f.eks. skumfraktionering.
4. Skumfraktionering alene er relativt økonomisk overskuelig sammenlignet med øvrige metoder:

⁶ Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

- Denne metode kræver den mindste sikkerhedsstillelse af alle rensningsteknologierne.

Tabel 4.6 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 30-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af rensningskravene.

Tabel 4.6 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 30 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	86	128	168	169	210	389
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	109	161	210	211	262	482
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		52	101	102	153	373

Tabel 4.6 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 30-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 109 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 161 mio. kr., en forskel på 52 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 210 mio. kr., en stigning på 101 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 211 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 102 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 262 mio. kr., en forskel på 153 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 482 mio. kr., en ekstra byrde på 373 mio. kr.

4.4 Fælles konklusioner på tværs af de tre deponier – 30 års efterbehandlingsperiode

På tværs af de tre deponier (ONM, Klintholm og Reno Djurs) kan følgende fælles konklusioner trækkes vedrørende de økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning over en 30-årig efterbehandlingsperiode:

1. Alle renseteknologier medfører væsentligt øgede omkostninger:
 - Enhver form for PFAS-rensning øger driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyrer mærkbart sammenlignet med en situation uden PFAS-rensning.
2. RO + Ind er den klart dyreste teknologi på alle parametre:
 - Størst stigning i driftsomkostninger.
 - Markant øgede grundbeløb.
 - Højeste modtagegebyr og sikkerhedsstillelse.
3. Skumfraktionering fremstår som den billigste løsning:
 - Denne teknologi giver lavest stigning i driftsomkostninger, grundbeløb, modtagegebyrer og sikkerhedsstillelse på alle tre lokaliteter.
 - Metoder, der kombinerer resin med skumfraktionering eller flokkulering, placerer sig økonomisk imellem skumfraktionering alene og RO + Ind.
4. Indeksering har væsentlig betydning
 - Indeksering af driftsomkostningerne medfører betydelige ekstra økonomiske krav til sikkerhedsstillelse. Den manglende sikkerhedsstillelse vokser markant ved mere avancerede teknologier, især ved RO + Ind.
5. Avanceret rensning er særligt omkostningskrævende ved Farligt og Blandet affald
 - Omkostningerne stiger dramatisk ved behandling af Farligt affald med mere avancerede teknologier som flokkulering + resin eller RO + Ind.

5 Økonomisk konsekvensvurdering ved anvendelse af forskellige PFAS-renseteknologier – 60 års efterbehandlingsperiode

Dette kapitel analyserer de økonomiske konsekvenser ved implementering af forskellige PFAS-renseteknologier over en efterbehandlingsperiode på 60 år. Analysen belyser, hvordan teknologivalg påvirker driftsomkostninger, grundbeløb, modtagegebyr og krav til sikkerhedsstillelse. Først præsenteres resultaterne for ONM, herefter for Klintholm og sluttelig for Reno Djurs. Kapitlet afsluttes med konklusioner der kan drages på tværs af deponierne.

5.1 ONM

Tabel 5.1 præsenterer de økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning, herunder ændringer i årlige driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr per ton affald i 2024. Analysen dækker en 60-årig efterbehandlingsperiode og sammenligner scenarier med og uden PFAS-rensning på tværs af de forskellige PFAS-renseteknologier.

Tabel 5.1 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 60 års efterbehandlingsperiode

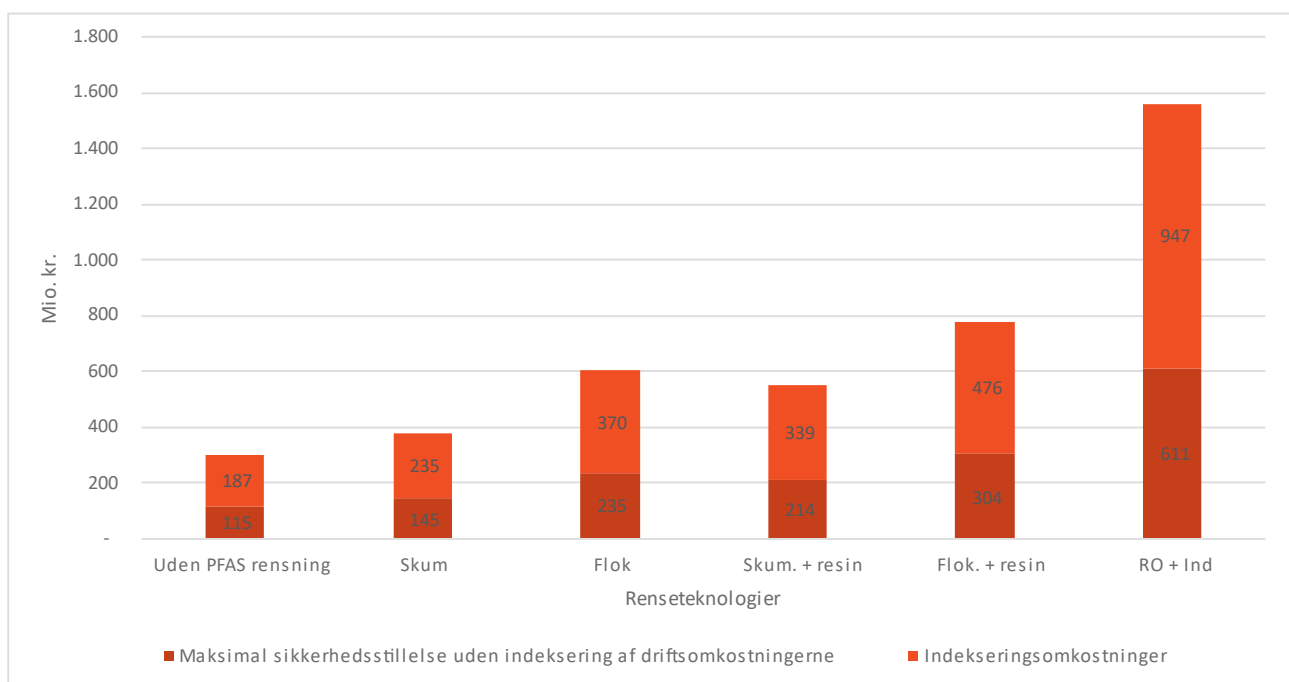
Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning ved 30 år	Uden PFAS-rensning ved 60 år	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/88.450 tons	0	0	9	36	29	56	148
GB – Mineralsk	67	261	336	536	492	695	1.438
GB – Blandet	95	275	352	570	521	741	1.527
GB – Farligt	33	171	228	382	348	503	1.073
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0	0	87	331	275	523	1.401

Tabel 5.1 viser, at øget rensning af PFAS medfører markante stigninger i både driftsomkostninger og grundbeløb, særligt ved avancerede teknologier. Uden PFAS-rensning og indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden tredobles grundbeløbet stort set ved at forlænge efterbehandlingsperioden fra 30 til 60 år. Uden PFAS-rensning og med indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden firedobles grundbeløbet ved at forlænge efterbehandlingsperioden fra 30 til 60 år.

Indførelse af PFAS-rensning fører til yderligere stigninger, hvor RO + Ind er den dyreste løsning med væsentligt højere omkostninger end de øvrige teknologier. Skumfraktionering er den mindst omkostningstunge renseteknologi, mens kombinationer med flokkulering og resin medfører væsentligt højere udgifter.

Figur 5.1 viser de økonomiske krav til sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning over en 60-årig efterbehandlingsperiode. Figuren sammenligner maksimal sikkerhedsstillelse og indekseringsomkostninger for de forskellige renseteknologier.

Figur 5.1 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 60 års efterbehandlingsperiode



Hvis der ikke renses for PFAS og driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden ikke indekseres så bliver det maksimale sikkerhedsstillelsesbeløb 115 mio. kr. Hvis driftsomkostningerne i

efterbehandlingsperioden indekseres med 2% årligt, så udgør indekseringsomkostningerne alene 187 mio. kr. og den maksimale samlede sikkerhedsstillelse er 302 mio. kr.⁷

Resultaterne viser, at mere avancerede PFAS-renseteknologier kræver væsentligt højere sikkerhedsstillelse. RO + Ind har de højeste omkostninger, med en maksimal sikkerhedsstillelse på 611 mio. kr. og indekseringsomkostninger på 947 mio. kr. I modsætning hertil er skumfraktionering den billigste løsning, med en maksimal sikkerhedsstillelse på 145 mio. kr. og indekseringsomkostninger på 235 mio. kr. Bemærk, at indekseringsomkostningerne ikke opkræves i den nuværende beregningsmodel, og vil således mangle i den samlede sikkerhedsstillelse, hvis efterbehandlingsperioden strækker sig over 60 år og PFAS behandles med skumfraktionering.

Denne forskel understreger, at valget af teknologi ikke kun påvirker driftsomkostningerne, men også har stor betydning for de langsigtede økonomiske forpligtelser. Teknologier som flokkulering og kombinationer med resin medfører også markant højere sikkerhedsstillelse end skumfraktionering alene, men ligger stadig væsentligt under RO + Ind.

Tabel 5.2 viser konsekvenserne for sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning over en 60-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den samlede sikkerhedsstillelse for forskellige renseteknologier og beregner den ekstra sikkerhedsstillelse, der kræves som følge af PFAS-rensning, i forhold til scenariet uden rensning.

Tabel 5.2 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 60 års efterbehandlingsperiode

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	115	145	235	214	304	611
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	303	380	605	553	780	1.558
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		78	303	250	477	1.255

⁷ Den nuværende beregningsmodel medtager ikke opkrævning af de 187 mio. kr. i sikkerhedsstillelse, som således kommer til at mangle hvis efterbehandlingsperioden bliver 60 år.

Tabel 5.2 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 60-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 303 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 380 mio. kr., en forskel på 78 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 605 mio. kr., en stigning på 303 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 553 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 250 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 780 mio. kr., en forskel på 477 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 1.558 mio. kr., en ekstra byrde på 1.255 mio. kr.

5.2 Klintholm

Tabel 5.3 nedenfor, struktureret på samme måde som Tabel 4.1, præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for Klintholm. Beregningerne er baseret på en 60-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indeksreguleres med 2 %. Beregningerne er baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 27.438 tons i 2024.

Tabel 5.3 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 60 års efterbehandlingsperiode - Klintholm

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/27.438 tons	0	23	42	41	61	130
GB – Mineralisk	442	751	1.001	984	1.242	2.157
GB – Blandet	689	1.083	1.400	1.379	1.707	2.871
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0	957	1.294	1.271	1.619	2.852

Tabel 5.3 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

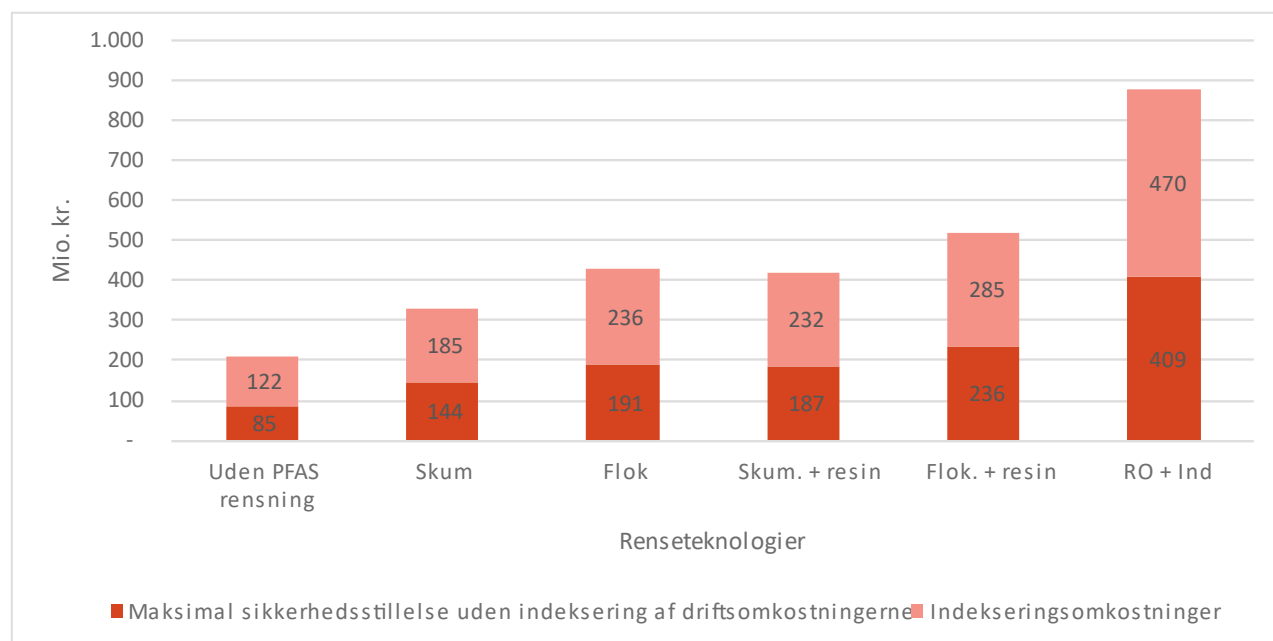
Ud fra tallene i tabellen kan følgende konkluderes:

1. Alle metoder til PFAS-rensning øger driftsomkostningerne markant i forhold til ingen rensning.
 - Mindst stigning med skumfraktionering (23 kr./ton) og størst med RO + Ind (130 kr./ton).
2. RO + Ind er klart den dyreste løsning. Metoden indebærer væsentligt højere omkostninger sammenlignet med øvrige teknologier:
 - Grundbeløbet for Blandet affald stiger fra 689 kr./ton til 2.871 kr./ton – en fire gange højere omkostning.
 - Modtagegebyret for Blandet affald øges tilsvarende med 2.852 kr./ton.
3. Metoder der kombinerer resin med enten skumfraktionering eller flokkulering medfører højere omkostninger end metoder uden resin, men lavere omkostninger end RO + Ind.
 - F.eks. skumfraktionering + resin giver et modtagegebyr på 1.271 kr./ton mod 957 kr./ton for skumfraktionering alene og 2.852 kr./ton for RO + Ind.

4. Forskellene i økonomiske konsekvenser forstærkes ved 60 års efterbehandling sammenlignet med 30 år.

I Figur 5.2 nedenfor er vist hvad sikkerhedsstillelsen skal være for Klintholm ved en 60 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Den samlede sikkerhedsstillelse er delt op i den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden og indekseringsomkostningerne i efterbehandlingsperioden⁸.

Figur 5.2 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 60 års efterbehandlingsperiode - Klintholm



Ud fra figuren kan følgende konklusioner udledes:

1. PFAS-rensning øger behovet for sikkerhedsstillelse markant i forhold til ingen rensning:
 - Uden PFAS-rensning er den samlede sikkerhedsstillelse 207 mio. kr.
 - Ved RO + Ind stiger den til hele 879 mio. kr. – en stigning på 672 mio. kr.
2. RO + Ind er den klart dyreste teknologi også i et sikkerhedsstillelsesperspektiv:

⁸ Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

- Teknologien kræver den højeste sikkerhedsstillelse med 409 mio. kr. uden indeksering og 470 mio. kr. i indekseringsomkostninger alene.
- Det er mere end fire gange højere end uden PFAS-rensning.

3. Indekseringsomkostninger udgør en stor del af den samlede sikkerhedsstillelse:

- Andelen af de samlede omkostninger, der skyldes indeksering, er stigende med teknologiens kompleksitet.
- Især for RO + Ind er indekseringskomponenten markant (470 mio. kr.).
- Bemærk hvor meget større indekseringsomkostningerne er ved en 60 års efterbehandlingsmetode ift. en 30 års efterbehandlingsmetode.

4. Flokkulering og resin-baserede løsninger ligger i mellemløjet:

- Skum- og flokkuleringsteknologier med eller uden resin medfører sikkerhedsstillelser i niveauet 420–521 mio. kr.
- Forskellen mellem dem er relativt beskeden, men stadig markant højere end skumfraktionering alene.

5. Skumfraktionering er økonomisk den mest skånsomme PFAS-teknologi:

- Med en samlet sikkerhedsstillelse på 329 mio. kr. er den væsentligt billigere end alle øvrige teknologier med PFAS-rensning.

Tabel 5.4 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 60-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af rensningskravene.

Tabel 5.4 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 60 års efterbehandlingsperiode - Klintholm

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	85	144	191	187	236	409
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	208	329	427	420	522	879
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		121	220	212	314	671

Tabel 5.4 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 60-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 208 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 329 mio. kr., en forskel på 121 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 427 mio. kr., en stigning på 220 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 420 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 212 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 522 mio. kr., en forskel på 314 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 879 mio. kr., en ekstra byrde på 671 mio. kr.

5.3 Reno Djurs

Tabel 5.5 nedenfor, struktureret på samme måde som Tabel 4.1, præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for Reno Djurs. Beregningerne er baseret på en 60-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indekseres med 2 %. Beregningerne er baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 108.670 tons i 2024.

Tabel 5.5 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 60 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning ved 30 år	Uden PFAS-rensning ved 60 år	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/108.670 tons	0	10	20	20	31	73	10
GB – Mineralsk	56	113	173	232	232	293	546
GB – Blandet	63	142	225	306	307	391	741
GB – Farligt	65	251	446	636	637	833	1.651
GB – Inert	135	302	461	617	617	778	1.447
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet	0	0	172	264	264	359	751

Tabel 5.5 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

På baggrund af Tabel 5.5 kan følgende konkluderes:

1. Alle PFAS-renseteknologier øger driftsomkostningerne sammenlignet med ingen rensning

- Mindst stigning ses ved skumfraktionering og flokkulering (10–20 kr./ton).
- RO + Ind medfører klart den største stigning på 73 kr./ton.

2. RO + Ind er den dyreste løsning på tværs af alle parametre

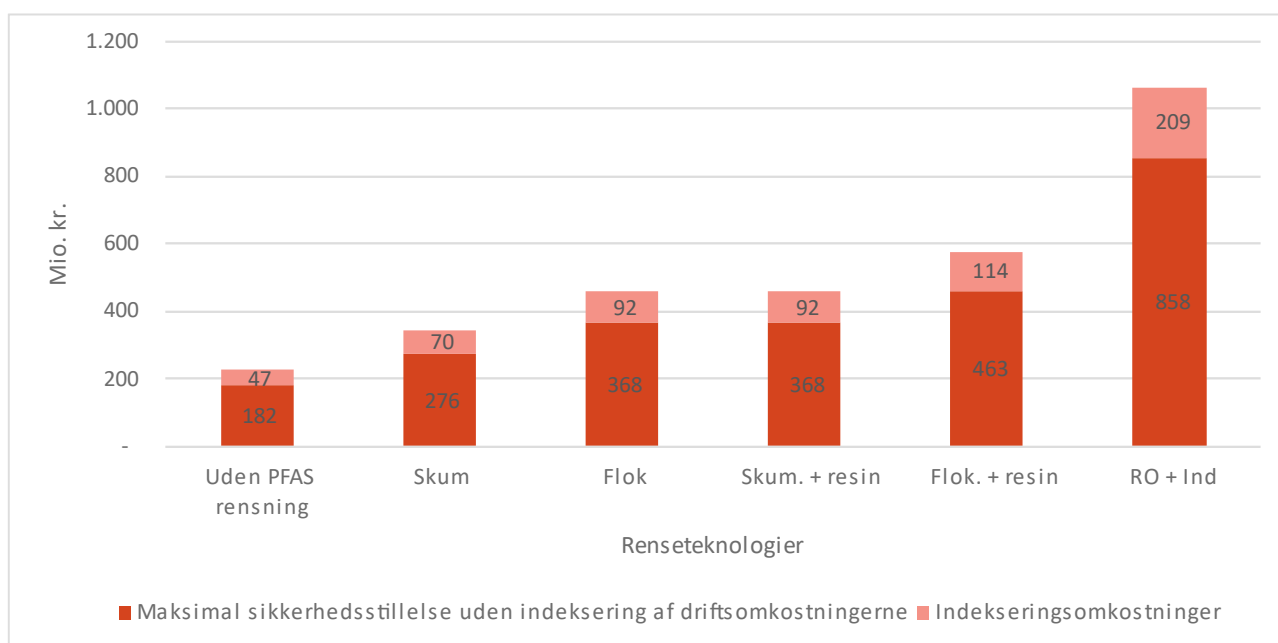
- Grundbeløbet for Blandet affald stiger fra 63 kr./ton til 741 kr./ton.
- Modtagegebyret for Blandet affald øges med 751 kr./ton, hvilket er over det dobbelte af nærmeste teknologi.

3. Kombinationer med resin (skum/resin og flok/resin) giver højere omkostninger end teknologier uden resin – men stadig væsentligt lavere end RO + Ind

- F.eks. flokkulering + resin medfører et modtagegebyr på 359 kr./ton, sammenlignet med 264 kr./ton for flokkulering alene og 751 kr./ton for RO + Ind.

I Figur 5.2 nedenfor er vist hvad sikkerhedsstillelsen skal være for Reno Djurs ved en 60 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Den samlede sikkerhedsstillelse er delt op i den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden og indekseringsomkostningerne i efterbehandlingsperioden⁹.

Figur 5.2 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 60 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs



Ud fra figuren kan følgende konklusioner drages:

1. Sikkerhedsstillelsesbehovet stiger markant med rensning for PFAS:

- Uden PFAS-rensning er det samlede beløb lavest (ca. 229 mio. kr.).

⁹ Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

- Ved anvendelse af avanceret teknologi som RO + Ind, stiger beløbet til 1.067 mio. kr. – altså næsten femdoblet.

2. Indekseringsomkostninger udgør en stigende andel ved avancerede teknologier:

- Indekseringskomponenten stiger fra 47 mio. kr. uden PFAS-rensning til 209 mio. kr. ved RO + Ind.
- Dette indikerer, at jo dyrere og længerevarende efterbehandling, desto større bliver behovet for at tage højde for prisstigninger over tid.

3. Flokkulering og avanceret filtrering kræver betydelig højere sikkerhedsstillelse:

- Teknologier som "Flok. + resin" og "RO + Ind" har væsentligt højere samlede sikkerhedsstillelser (577 og 1.067 mio. kr.).

Tabel 5.6 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 60-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af rensningskravene.

Tabel 5.6 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 60 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	182	276	368	368	463	858
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	230	346	460	460	577	1.066
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		116	230	230	348	837

Tabel 5.6 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 60-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 230 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 346 mio. kr., en forskel på 116 mio. kr.

- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 460 mio. kr., en stigning på 230 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 460 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 230 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 577 mio. kr., en forskel på 348 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 1.066 mio. kr., en ekstra byrde på 837 mio. kr.

5.4 Fælles konklusioner på tværs af de tre deponier – 60 års efterbehandlingsperiode

På tværs af ONM, Klintholm og Reno Djurs viser analyserne for en 60-årig efterbehandlingsperiode følgende overordnede konklusioner:

1. Betydelige omkostningsstigninger ved PFAS-rensning:

- Alle renseteknologier medfører væsentligt øgede driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyrer i forhold til ingen PFAS-rensning.
- De økonomiske effekter forstærkes, jo længere efterbehandlingsperioden er.

2. RO + Ind er konsekvent den dyreste løsning:

- Denne teknologi resulterer i de højeste driftsomkostninger, de største stigninger i grundbeløb og markant højere modtagegebyrer.
- Den nødvendige sikkerhedsstillelse er ligeledes markant højere end ved øvrige teknologier – forskelle på op til 837 mio. kr. for enkelte deponier.

3. Skumfraktionering er den mest økonomiske løsning:

- Lavest stigning i driftsomkostninger, modtagegebyr og grundbeløb.
- Anvendes som økonomisk referencepunkt i vurderingen af de øvrige teknologier.

4. Kombinationsteknologier ligger økonomisk mellem løsningerne:

- Skumfraktionering eller flokkulering kombineret med resin er dyrere end enkeltrensning, men billigere end RO + Ind.
- Disse løsninger kan være relevante, hvor der stilles højere renskrav.

5. Sikkerhedsstillelsen påvirkes kraftigt af efterbehandlingsperiodens længde:

- Forlængelse fra 30 til 60 år medfører en fordobling eller mere af kravet til sikkerhedsstillelse.
- Teknologier med høje driftsomkostninger forstærker denne effekt.

6. Rensning af Farligt og Blandet affald er særligt omkostningstungt:

- Øgede krav til avanceret rensning (som RO + Ind) resulterer i meget højere grundbeløb og gebyrer ved disse affaldstyper.
- Dette gælder særligt for Klintholm og Reno Djurs, hvor disse affaldstyper udgør en betydelig andel.

6 Økonomisk konsekvensvurdering ved anvendelse af forskellige PFAS-renseteknologier – 90 års efterbehandlingsperiode

Dette kapitel analyserer de økonomiske konsekvenser ved implementering af forskellige PFAS-renseteknologier over en efterbehandlingsperiode på 90 år. Analysen belyser, hvordan teknologivalg påvirker driftsomkostninger, grundbeløb, modtagegebyr og krav til sikkerhedsstillelse. Først præsenteres resultaterne for ONM, herefter for Klintholm og sluttelig for Reno Djurs.

6.1 ONM

Tabel 6.1 viser de økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning over en 90-årig efterbehandlingsperiode, herunder ændringer i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr per ton affald i 2024. Tabellen sammenligner scenarier med og uden PFAS-rensning samt forskelle mellem de forskellige renseteknologier.

Tabel 6.1 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 90 års efterbehandlingsperiode

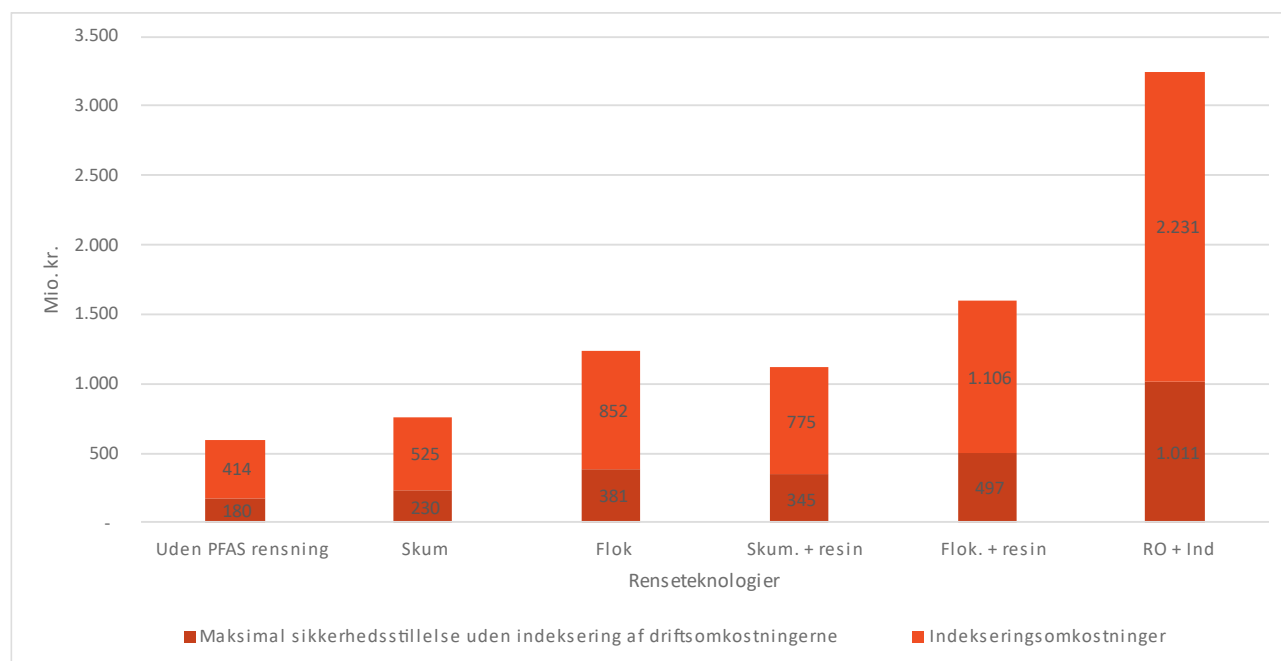
Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning ved 30 år	Uden PFAS-rensning ved 90 år	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/88.450 tons	0	0	9	36	29	56	148
GB – Mineralisk	67	544	691	1.114	1.016	1.443	2.941
GB – Blandet	95	497	638	1.048	952	1.366	2.806
GB – Farligt	33	380	496	831	754	1.092	2.277
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0		372	809	707	1.148	2.679

Ud fra tallene i tabellen kan følgende konkluderes:

1. Alle PFAS-teknologier medfører øgede driftsomkostninger:
 - Mindst stigning ved skumfraktionering (9 kr./ton).
 - Flokkulering + resin ligger i mellemgruppen (56 kr./ton).
 - RO + Ind er dyrest med 148 kr./ton.
2. RO + Ind er den klart dyreste løsning:
 - Grundbeløb for Blandet affald stiger fra 95 kr./ton til 2.806 kr./ton.
 - Modtagegebyret for Blandet affald øges med 2.679 kr./ton – den højeste stigning blandt teknologierne.
3. Resin-teknologier er generelt dyrere end deres “rene” modparter, men stadig væsentligt billigere end RO + Ind:
 - F.eks. flokkulering + resin giver et forøget modtagegebyr på 1.148 kr./ton, mod 809 kr./ton for flokkulering alene og 2.679 kr./ton for RO + Ind.
 - Det samme mønster gælder for grundbeløb.
4. Sammenlignet med kortere efterbehandlingsperioder (30 og 60 år), forstærker en 90-årig periode forskellene i økonomiske konsekvenser
 - Både grundbeløb og modtagegebyrer stiger markant.

Figur 6.1 viser de økonomiske krav til sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning over en 90-årig efterbehandlingsperiode. Figuren sammenligner maksimal sikkerhedsstillelse og indekseringsomkostninger for forskellige renseteknologier.

Figur 6.1 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 90 års efterbehandlingsperiode



Hvis der ikke renses for PFAS og driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden ikke indekseres så bliver det maksimale sikkerhedsstillelsesbeløb 180 mio. kr. Hvis driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden indekseres med 2% årligt, så udgør indekseringsomkostningerne alene 414 mio. kr. og den maksimale samlede sikkerhedsstillelse er 594 mio. kr.¹⁰

Resultaterne viser, at jo mere avanceret renseteknologi, desto højere krav til sikkerhedsstillelse. RO + Ind har de højeste omkostninger, med en maksimal sikkerhedsstillelse på 1.011 mio. kr. og indekseringsomkostninger på 2.231 mio. kr., mens skumfraktionering har de laveste med henholdsvis 230 mio. kr. og 525 mio. kr. Dette understreger, at valget af teknologi ikke kun påvirker driftsomkostningerne, men også medfører store langsigtede økonomiske forpligtelser.

Tabel 6.2 viser de økonomiske konsekvenser for sikkerhedsstillelsen ved PFAS-rensning over en 90-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den samlede sikkerhedsstillelse for forskellige renseteknologier og beregner den ekstra sikkerhedsstillelse, der kræves som følge af PFAS-rensning, i forhold til scenariet uden rensning.

¹⁰ Den nuværende beregningsmodel medtager ikke opkrævning af de 414 mio. kr. i sikkerhedsstillelse, som således kommer til at mangle hvis efterbehandlingsperioden bliver 90 år.

Tabel 6.2 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 90 års efterbehandlingsperiode

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	180	230	381	345	497	1.011
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	593	755	1.233	1.120	1.603	3.242
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		161	640	526	1.010	2.649

Tabel 6.2 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 90-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 593 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 755 mio. kr., en forskel på 161 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 1.233 mio. kr., en stigning på 640 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 1.120 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 526 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 1.603 mio. kr., en forskel på 1.010 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 3242. mio. kr., en ekstra byrde på 2.649 mio. kr.

Dette viser, at valget af PFAS-renseteknologi har væsentlige økonomiske konsekvenser og stiller øgede krav til langsigtede finansielle forpligtelser.

6.2 Klintholm

Tabel 6.3 nedenfor, struktureret på samme måde som Tabel 4.1, præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for Klintholm. Beregningerne er baseret på en 90-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indeksreguleres med 2 %. Beregningerne er baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 27.438 tons i 2024.

Tabel 6.3 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 90 års efterbehandlingsperiode - Klintholm

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/27.438 tons	0	23	42	41	61	130
GB – Mineralisk	923	1.554	2.064	2.029	2.556	4.425
GB – Blandet	1.509	2.344	3.017	2.971	3.667	6.136
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet*	0	2.218	2.910	2.863	3.578	6.117

Tabel 6.3 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

Ud fra tallene i tabellen kan følgende konkluderes:

1. Alle PFAS-teknologier medfører øgede driftsomkostninger:

- Mindst stigning ved skumfraktionering (23 kr./ton).
- Flokkulering + resin ligger i mellemgruppen (61 kr./ton).
- RO + Ind er dyrest med 130 kr./ton.

2. RO + Ind er den klart dyreste løsning:

- Grundbeløb for Blandet affald stiger fra 1.509 kr./ton til 6.136 kr./ton – en firedobling.
- Modtagegebyret for Blandet affald øges med 6.117 kr./ton – den højeste stigning blandt teknologierne.

3. Resin-teknologier er generelt dyrere end deres "rene" modparter, men stadig væsentligt billigere end RO + Ind:

- F.eks. flokkulering + resin giver et modtagegebyr på 3.578 kr./ton, mod 2.910 kr./ton for flokkulering alene og 6.117 kr./ton for RO + Ind.

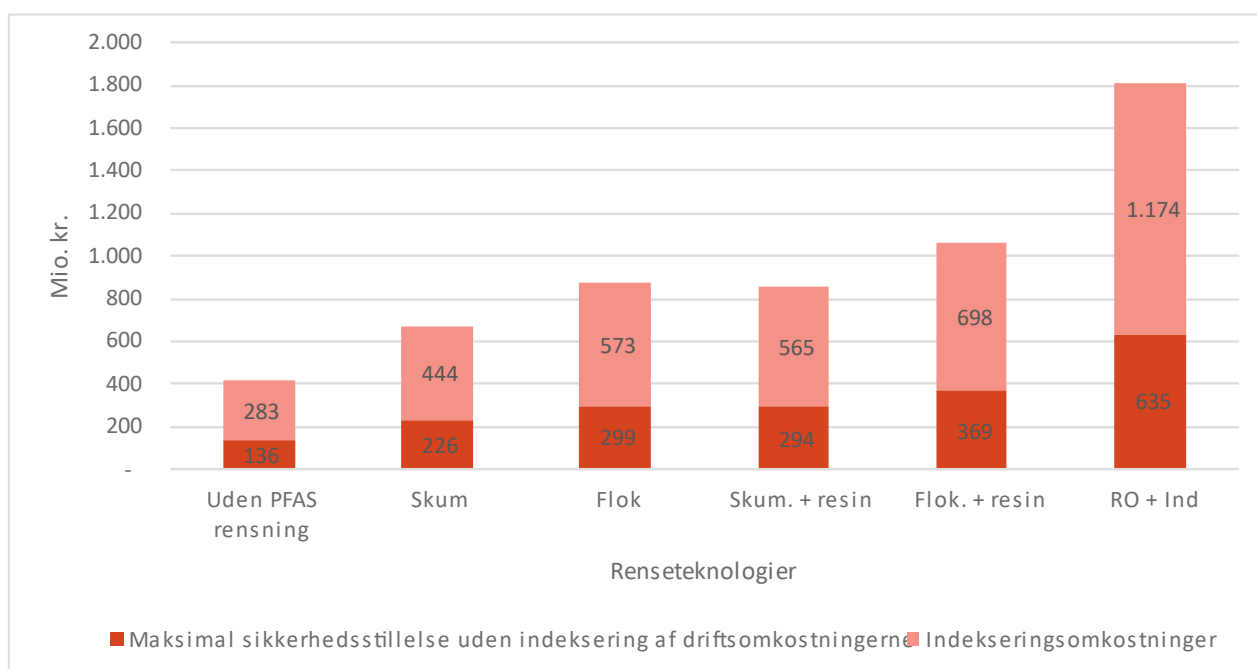
- Det samme mønster gælder for grundbeløb.

5. Sammenlignet med kortere efterbehandlingsperioder (30 og 60 år), forstærker en 90-årig periode forskellene i økonomiske konsekvenser:

- Både grundbeløb og modtagegebyrer stiger markant.

I Figur 6.2 nedenfor er vist hvad sikkerhedsstillelsen skal være for Klintholm ved en 90 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Den samlede sikkerhedsstillelse er delt op i den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden og indekseringsomkostningerne i efterbehandlingsperioden¹¹.

Figur 6.2 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 90 års efterbehandlingsperiode - Klintholm



Ud fra figuren kan følgende konklusioner udledes:

1. RO + Ind er den klart dyreste teknologi:

¹¹ Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

- Det samlede sikkerhedsstillelsesbeløb udgør 1.809 mio. kr., hvoraf hele 1.174 mio. kr. relaterer sig til indekseringsomkostninger.
- Teknologien har både det højeste grundbeløb og den største følsomhed over for prisudvikling over tid.

2. Indekseringsomkostninger udgør en markant andel ved alle PFAS-teknologier:

- Jo mere kompleks og langvarig teknologien er, desto større andel af det samlede beløb går til indeksering.
- For de fleste teknologier udgør indekseringsdelen over halvdelen af det samlede sikkerhedsstillelsesbeløb.

3. Forskellen i basissikkerhedsstillelse (uden indeksering):

- Varierer fra 136 mio. kr. (uden PFAS-rensning) til 635 mio. kr. (RO + Ind).
- Det er ikke grundbeløbene alene, men især fremtidige omkostningsfremskrivninger, der driver de høje krav til sikkerhedsstillelse.

4. PFAS-rensning medfører generelt et betydeligt højere krav til sikkerhedsstillelse:

- Selv den "billigste" renseteknologi (skumfraktionering) medfører næsten en fordobling af det samlede sikkerhedsstillelsesbeløb sammenlignet med ingen rensning.
- Teknologier med resin eller RO trækker beløbene markant op.

Tabel 6.4 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 90-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af rensningskravene.

Tabel 6.4 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 90 års efterbehandlingsperiode - Klintholm

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	136	226	299	294	369	635
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	419	670	872	858	1.067	1.809
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		251	453	439	648	1.389

Tabel 6.4 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 90-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 419 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 670 mio. kr., en forskel på 251 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 872 mio. kr., en stigning på 453 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 858 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 439 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 1.067 mio. kr., en forskel på 648 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 1.809 mio. kr., en ekstra byrde på 1.389 mio. kr.

6.3 Reno Djurs

Tabel 6.5 nedenfor, struktureret på samme måde som Tabel 4.1, præsenterer en økonomisk vurdering af ændringer i modtagegebyrer og driftsomkostninger for de forskellige PFAS-renseteknologier i 2024 for Reno Djurs. Beregningerne er baseret på en 90-årig efterbehandlingsperiode, hvor driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden årligt indeksreguleres med 2 %. Beregningerne er baseret på en forventet samlet affaldsmængde på 108.670 tons i 2024.

Tabel 6.5 Økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning: Ændring i driftsomkostninger, grundbeløb og modtagegebyr (kr. per ton affald, 2024) – 90 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs

Kr. per tons i 2024	Uden PFAS-rensning ved 30 år	Uden PFAS-rensning ved 90 år	Skumfraktionering	Flokkulering	Skumfraktionering + resin	Flokkulering + resin	RO + Ind
Ændring i årlig driftsomkostninger v/108.670 tons	0	10	20	20	31	73	10
GB – Mineralsk	56	169	259	349	349	441	820
GB – Blandet	63	221	346	470	470	597	1.123
GB – Farligt	65	437	732	1.023	1.022	1.322	2.556
GB – Inert	135	386	592	798	796	1.009	1.868
Ændring i modtagegebyr i 2024 – Blandet	0	0	294	428	427	565	1.133

Tabel 6.5 giver en detaljeret økonomisk sammenligning af ændringer i driftsomkostninger ved PFAS-rensning, grundbeløb (GB) for de forskellige affaldsklasser og ændringer i modtagegebyrer for Blandet affald ved forskellige PFAS-renseteknologier i 2024.

På baggrund af Tabel 6.5 kan følgende konkluderes:

1. Alle PFAS-renseteknologier medfører øgede driftsomkostninger:

- De fleste teknologier ligger mellem 20 og 73 kr./ton i ekstra driftsomkostninger.
- RO + Ind er igen dyrest med 73 kr./ton.
- Forlænget efterbehandlingsperiode alene (uden rensning) medfører kun 10 kr./ton i øget drift.

2. RO + Ind er den dyreste teknologi på tværs af alle parametre:

- Grundbeløb for Blandet affald stiger fra 63 kr./ton til 1.123 kr./ton.

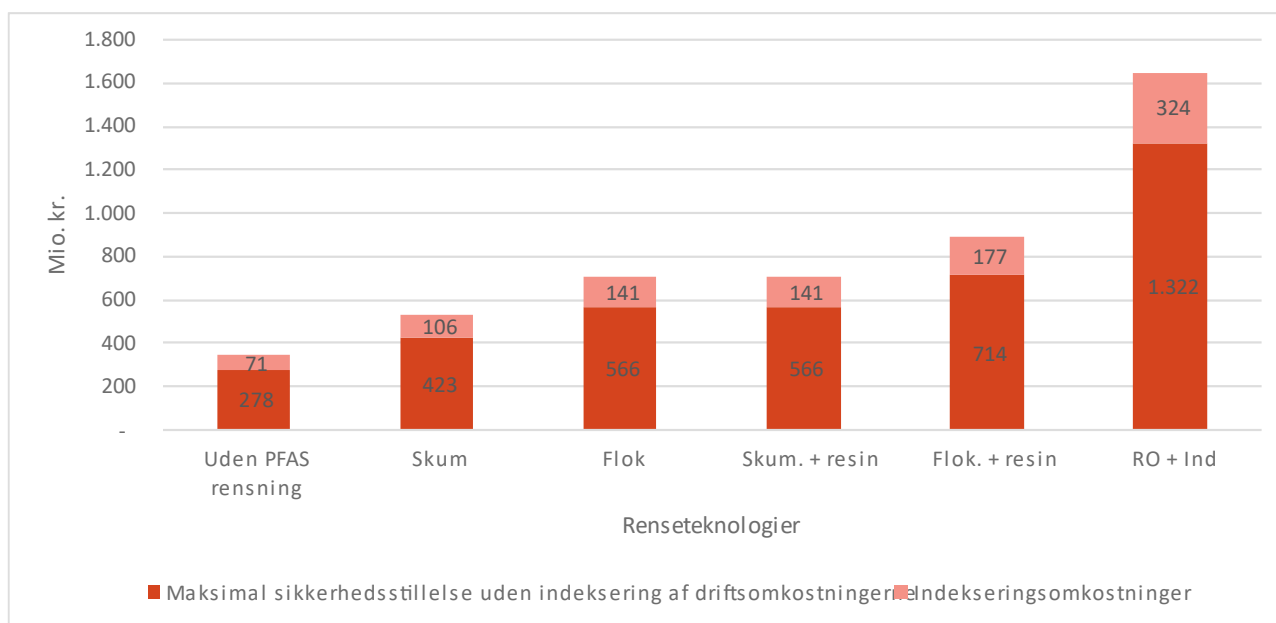
- Modtagegebyret for Blandet affald øges med 1.133 kr./ton – næsten dobbelt så meget som næstdyreste løsning.

3. Teknologier med resin er dyrere end uden resin, men betydeligt billigere end RO + Ind:

- F.eks. Flok. + resin giver et modtagegebyr på 565 kr./ton, mod 428 kr./ton for flokkulering alene og 1.133 kr./ton for RO + Ind.
- Samme tendens ses i grundbeløb for alle affaldstyper.

I Figur 6.2 nedenfor er vist hvad sikkerhedsstillelsen skal være for Reno Djurs ved en 90 års efterbehandlingsperiode uden rensning for PFAS og ved rensning for PFAS ved de fem forskellige teknologier. Den samlede sikkerhedsstillelse er delt op i den beregnede sikkerhedsstillelse uden indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden og indekseringsomkostningerne i efterbehandlingsperioden¹².

Figur 6.2 Sikkerhedsstillelse ved PFAS-rensning – 90 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs



Ud fra figuren kan følgende konklusioner drages:

¹² Indekseringsomkostningerne er en approksimation for hvad der kommer til at mangle af sikkerhedsstillelse i efterbehandlingsperioden, hvis ikke der tages højde for at driftsomkostningerne også stiger i efterbehandlingsperioden.

1. RO + Ind er klart den dyreste løsning:

- Total sikkerhedsstillelse: 1.646 mio. kr.
- Heraf 1.322 mio. kr. uden indeksering og 324 mio. kr. i indekseringsomkostninger.
- RO + Ind har den klart højeste sikkerhedsstillelse, hvilket afspejler høje langsigtede driftsforpligtelser.

2. Flok. + resin er næstdyrest:

- Samlet sikkerhedsstillelse: 891 mio. kr.
- Heraf 714 mio. kr. i basisbeløb og 177 mio. kr. i indeksering.
- Teknologien ligger væsentligt under RO + Ind, men markant over øvrige løsninger.

3. Skumfraktionering og flokkulering uden resin har moderate samlede omkostninger:

- Ligger mellem 529 og 707 mio. kr.
- Indekseringsdelen varierer fra 106 til 141 mio. kr., hvilket viser moderat følsomhed for prisudvikling over tid.

Tabel 6.6 viser den økonomiske påvirkning af PFAS-rensning på den samlede sikkerhedsstillelse over en 90-årig efterbehandlingsperiode. Tabellen sammenligner den nødvendige sikkerhedsstillelse uden PFAS-rensning med forskellige rensningsteknologier. Forskellen mellem den oprindelige og den øgede sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning er ligeledes angivet, hvilket illustrerer de økonomiske konsekvenser af rensningskravene.

Tabel 6.6 Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning – 90 års efterbehandlingsperiode - Reno Djurs

	Uden PFAS-rensning	Skumfraktionering	Flokkulering	Skum. + resin	Flok. + resin	RO + Ind
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – uden indeksering	278	423	566	566	714	1.322
Samlet sikkerhedsstillelse (mio. kr.) – med indeksering	349	529	707	707	890	1.646
Manglende sikkerhedsstillelse som følge af PFAS-rensning (mio. kr.)		180	358	358	542	1.297

Tabel 6.6 viser, at PFAS-rensning øger den nødvendige sikkerhedsstillelse markant i en 90-årig efterbehandlingsperiode. Uden PFAS-rensning er sikkerhedsstillelsen 349 mio. kr., mens den stiger afhængigt af rensningsteknologi:

- Skumfraktionering øger sikkerhedsstillelsen til 529 mio. kr., en forskel på 180 mio. kr.
- Flokkulering hæver sikkerhedsstillelsen til 707 mio. kr., en stigning på 358 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin kræver 707 mio. kr. i sikkerhedsstillelsen, hvilket er 358 mio. kr. mere end uden rensning.
- Flokkulering + resin øger sikkerhedsstillelsesbeløbet til 890 mio. kr., en forskel på 542 mio. kr.
- RO + Ind resulterer i den største stigning, hvor sikkerhedsstillelsen når 1.646 mio. kr., en ekstra byrde på 1.297 mio. kr.

6.4 Fælles konklusioner på tværs af de tre deponier – 90 års efterbehandlingsperiode

Analysen af ONM, Klintholm og Reno Djurs for en efterbehandlingsperiode på 90 år viser en række centrale konklusioner:

1. Lang efterbehandling forstærker de økonomiske forskelle mellem teknologierne:
 - Øgede driftsomkostninger, grundbeløb, modtagegebyrer og krav til sikkerhedsstillelse ses for alle teknologier – og forstærkes med periodens længde.

- Teknologier med høje årlige driftsomkostninger og følsomhed over for indeksering bliver betydeligt dyrere over 90 år.

2. RO + Ind er entydigt den dyreste løsning:

- På alle tre deponier giver denne teknologi den højeste stigning i driftsomkostninger, grundbeløb og sikkerhedsstillelse.
- Øgede krav til sikkerhedsstillelse er typisk over 1 mia. kr. højere end uden rensning – f.eks. 1.297 mio. kr. ekstra ved Reno Djurs.

3. Skumfraktionering er fortsat den mest økonomiske løsning:

- Lavest stigning i driftsomkostninger og modtagegebyrer på tværs af alle tre anlæg.
- Også sikkerhedsstillelsen ligger markant lavere end for øvrige teknologier – både med og uden indeksering.

4. Kombinationsteknologier ligger i mellemgruppen:

- Skumfraktionering + resin og flokkulering + resin er dyrere end basisløsninger, men betydeligt billigere end RO + Ind.

5. Sikkerhedsstillelse stiger markant, især ved indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden

- For teknologier med lange og dyre efterbehandlingsbehov er indekseringsdelen i sikkerhedsstillelsen betydelig.
- F.eks. kræver RO + Ind på Reno Djurs 1.646 mio. kr. i sikkerhedsstillelse, hvoraf 324 mio. kr. skyldes indeksering.

6. Volumen og affaldstyper påvirker den økonomiske belastning væsentligt

- Deponier med stort volumen (f.eks. ONM) har lavere kr./m³ og mere fordelagtige stordriftsforhold.
- Behandling af Farligt affald og Blandet affald er generelt forbundet med højere økonomisk belastning ved avancerede teknologier.

7 Teknologisk effektivitet og økonomisk balance: Rensegrader og årlige omkostninger

Dette kapitel præsenterer en tværgående vurdering af renseeffektivitet og årlige omkostninger ved forskellige PFAS-rensningsteknologier. Analyserne omfatter de tre deponier ONM, Klintholm og Reno Djurs og fokuserer særligt på teknologiernes evne til at fjerne PFOS, PFAS4 og PFAS22 – sammenholdt med deres økonomiske effektivitet. Formålet er at identificere, hvilke teknologier der bedst balancerer mellem rensegrad og driftsomkostninger, afhængigt af de enkelte deponiers forudsætninger og krav.

7.1 ONM

Tabel 7.1 viser en sammenligning af de forskellige teknologier til rensning af PFAS-forbindelser, herunder skumfraktionering, flokkulering og kombinationer med resin¹³. De analyserede parametre omfatter den årlige udledning af forurenende stoffer uden rensning, den fjernede stofmængde, rensegraden (%) samt de årlige omkostninger (kr.).

¹³ Der er kun udarbejdet økonomiske beregninger for det 5. scenarie (RO + Ind) – ikke for rensegrader, da Rambøll ikke har kendskab til disse. Derfor har Rambøll heller ikke haft mulighed for at beregne, hvor meget PFAS der fjernes.

Tabel 7.1 Rensegrader og årlig omkostning - ONM

Teknologi:	Stof	Udledning uden rensning (g/år)	Fjernet stofmængde (g/år)	Rensegrad (%)	Årlig omkostning (kr.)
Skumfraktionering	PFOS	14,2	13,1	92,2	2.902.767
	PFAS4	133,0	130,1	97,9	
	PFAS22	1.238,0	897,7	72,5	
Flokkulering	PFOS	14,2	13,1	92,2	11.722.249
	PFAS4	133,0	127,3	95,7	
	PFAS22	1.238,0	908,8	73,4	
Skumfraktionering +resin	PFOS	14,2	13,1	92,2	9.602.280
	PFAS4	133,0	131,8	99,1	
	PFAS22	1.238,0	1.159,3	93,7	
Flokkulering +resin	PFOS	14,2	14,1	99,2	18.513.980
	PFAS4	133,0	132,8	99,9	
	PFAS22	1.238,0	1.141,5	92,2	

Kilde: "DepoNet - Konsekvensvurdering PFAS-rensning", Rambøll den 20.12.2024.

Resultaterne viser, at kombinationer med resin generelt opnår de højeste rensgrader, men til markant højere omkostninger.

- Flokkulering + resin er den mest effektive teknologi med en rensgrad på 99,2 % for PFOS, 99,9 % for PFAS4 og 92,2 % for PFAS22, men det er også den dyreste løsning med en årlig omkostning på 18,5 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin opnår en næsten lige så høj rensgrad, særligt for PFAS22 (93,7 %), men til en lavere omkostning på 9,6 mio. kr./år.
- Flokkulering alene har en høj rensgrad for PFOS (92,2 %) og PFAS22 (73,4 %), men koster 11,7 mio. kr./år, hvilket gør den dyrere end skumfraktionering uden at levere væsentligt bedre resultater.

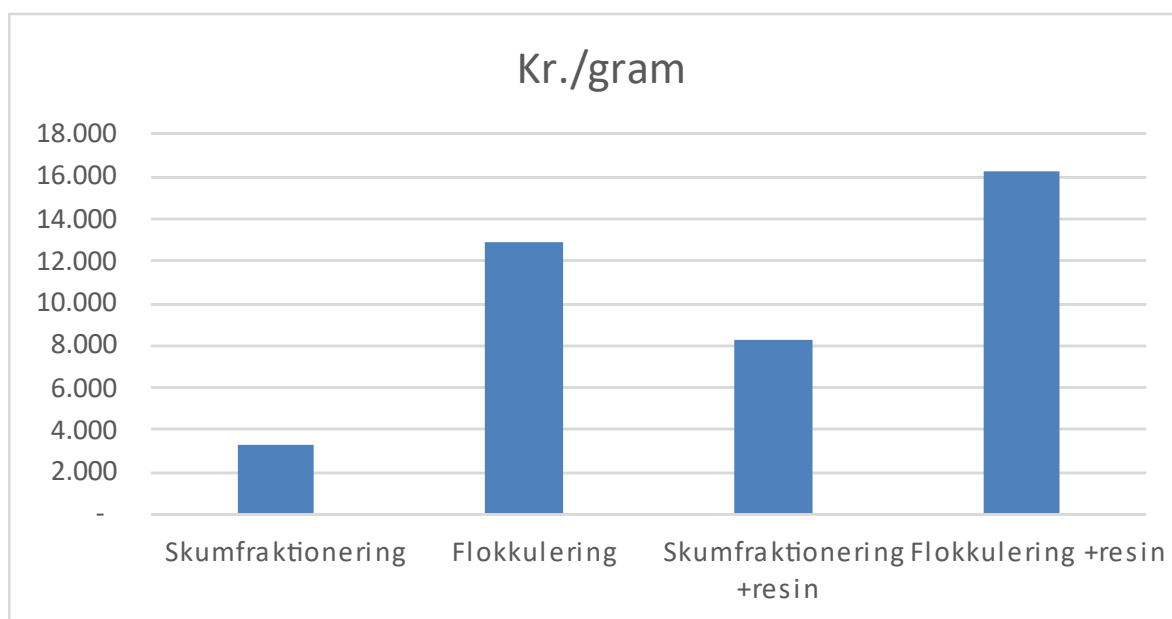
- Skumfraktionering alene er den billigste løsning med en årlig omkostning på 2,9 mio. kr., men har en lavere rensegrad for PFAS22 (72,5 %), hvilket betyder, at en betydelig mængde af disse stoffer forbliver i udledningen.

Kombinationer med resin giver de højeste rensegrader, men er også væsentligt dyrere. Skumfraktionering alene er den mest omkostningseffektive løsning, men har en lavere rensegrad for PFAS22. Hvis målet er at maksimere rensningen, er flokkulering + resin mest effektiv, men til en høj pris. Valget af teknologi bør derfor afvejes mellem rensekrav og økonomiske hensyn.

7.1.1 Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi

Figur 7.1 viser de årlige omkostninger per fjernet gram PFAS22 for hver af de undersøgte renseteknologier. Denne analyse giver indsigt i, hvor effektivt og økonomisk hver teknologi fjerner PFAS22 fra forurennet perkolat.

Figur 7.1 Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi - ONM



Resultaterne viser store forskelle i omkostningseffektivitet mellem teknologierne:

- Skumfraktionering er den mest økonomiske løsning med en omkostning på 3.234 kr./gram fjernet PFAS22, hvilket gør den til den mest omkostningseffektive teknologi.

- Flokkulering er væsentligt dyrere med en omkostning på 12.898 kr./gram, hvilket understreger, at denne metode har lavere økonomisk effektivitet sammenlignet med skumfraktionering.
- Skumfraktionering + resin udgør en mellemvej med en omkostning på 8.283 kr./gram, hvilket giver en bedre rensegrad end skumfraktionering alene, men til en højere pris.
- Flokkulering + resin er den dyreste løsning med en omkostning på 16.219 kr./gram, hvilket gør den markant mindre økonomisk fordelagtig end de øvrige teknologier.

Sammenligningen viser, at skumfraktionering er den mest omkostningseffektive teknologi, mens flokkulering og særligt kombinationen af flokkulering og resin er væsentligt dyrere pr. fjernet gram PFAS22.

Resultaterne viser, at flokkulering + resin er den dyreste løsning per fjernet gram PFAS22, mens skumfraktionering har den laveste omkostning. Skumfraktionering + resin giver en balance mellem høj rensegrad og moderate omkostninger, mens flokkulering alene er markant dyrere end skumfraktionering, men billigere end kombinationen med resin.

7.2 Klintholm

Tabel 7.2 viser en sammenligning af de forskellige teknologier til rensning af PFAS-forbindelser, herunder skumfraktionering, flokkulering og kombinationer med resin¹⁴. De analyserede parametre omfatter den årlige udledning af forurenende stoffer uden rensning, den fjernede stofmængde, rensegraden (%) samt de årlige omkostninger (kr.).

¹⁴ Der er kun udarbejdet økonomiske beregninger for det 5. scenarie (RO + Ind) – ikke for rensegrader, da Rambøll ikke har kendskab til disse. Derfor har Rambøll heller ikke haft mulighed for at beregne, hvor meget PFAS der fjernes.

Tabel 7.2 Rensegrader og årlig omkostning - Klintholm

Teknologi:	Stof	Udledning uden rensning (g/år)	Fjernet stofmængde (g/år)	Rensegrad (%)	Årlig omkostning (kr.)
Skumfraktionering	PFOS	7,7	7,1	92,2	643.243
	PFAS4	24,9	24,2	96,9	
	PFAS22	57,3	44,6	77,9	
Flokkulering	PFOS	7,7	7,1	92,2	1.161.984
	PFAS4	24,9	24,3	97,4	
	PFAS22	57,3	39,8	69,4	
Skumfraktionering +resin	PFOS	7,7	7,1	92,2	1.126.915
	PFAS4	24,9	24,3	97,6	
	PFAS22	57,3	51,6	90,2	
Flokkulering +resin	PFOS	7,7	7,6	99,1	1.662.492
	PFAS4	24,9	24,8	99,6	
	PFAS22	57,3	50,7	88,5	

Kilde: "DepoNet - Konsekvensvurdering PFAS-rensning", Rambøll den 20.12.2024.

Resultaterne viser, at kombinationer med resin generelt opnår de højeste rensgrader, men til markant højere omkostninger:

- Flokkulering + resin er den mest effektive teknologi med en rensegrad på 99,1 % for PFOS, 99,6 % for PFAS4 og 88,5 % for PFAS22, men det er også den dyreste løsning med en årlig omkostning på ca. 1,66 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin opnår den højeste rensegrad for PFAS22 (90,2 %) og har en lavere årlig omkostning på 1,13 mio. kr.
- Flokkulering alene har en lavere rensegrad for PFAS22 (69,4 %) og koster 1,16 mio. kr./år – en relativt dyr løsning i forhold til ydelsen.

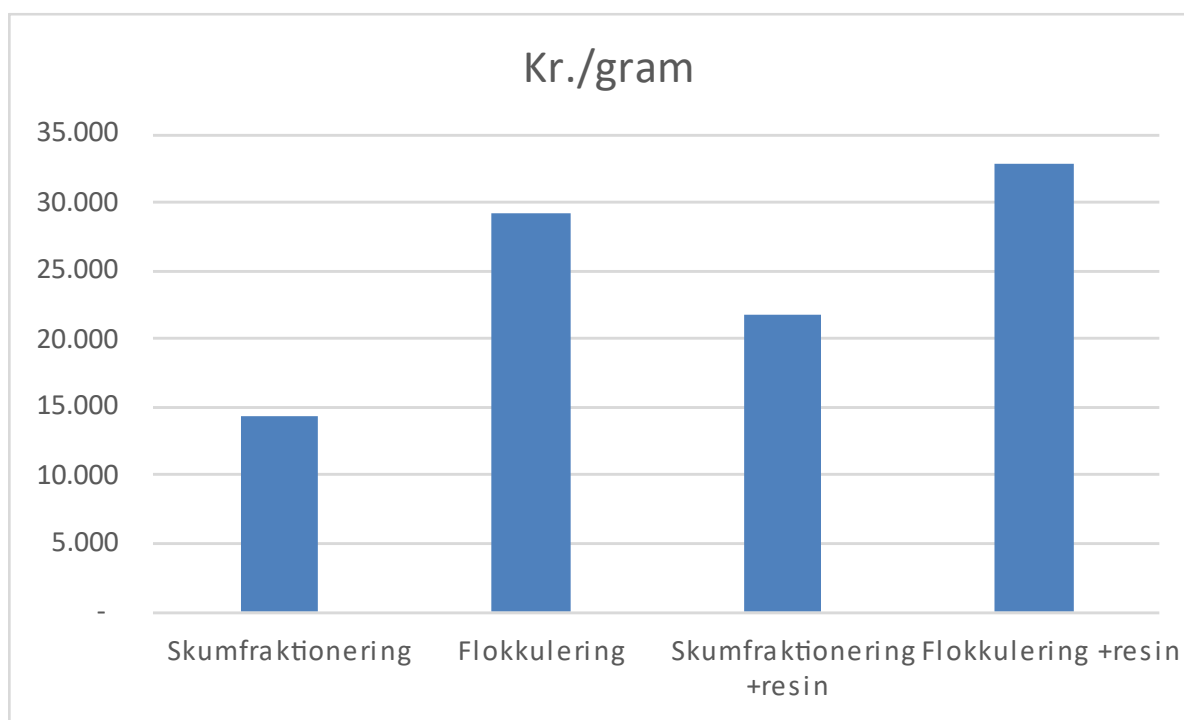
- Skumfraktionering alene er den billigste løsning med en årlig omkostning på 643.243 kr., og en rensegrad på 77,9 % for PFAS22.

Kombinationer med resin giver højere rensegrader, men til væsentligt højere omkostninger. Skumfraktionering alene er den mest omkostningseffektive løsning, men har en moderat rensegrad for PFAS22. Valget af teknologi bør derfor afvejes mellem rensekrav og økonomiske hensyn.

7.1.1 Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi

Figur 7.2 viser de årlige omkostninger per fjernet gram PFAS22 for hver af de undersøgte renseteknologier. Denne analyse giver indsigt i, hvor effektivt og økonomisk hver teknologi fjerner PFAS22 fra forurennet perkolat.

Figur 7.2 Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi - Klintholm



Resultaterne viser store forskelle i omkostningseffektivitet mellem teknologierne:

- Skumfraktionering er den mest økonomiske løsning med en omkostning på 14.419 kr./gram fjernet PFAS22, hvilket gør den til den klare mest omkostningseffektive teknologi.

- Flokkulering er markant dyrere med en omkostning på 29.195 kr./gram, hvilket understreger dens lave økonomiske effektivitet sammenlignet med skumfraktionering.
- Skumfraktionering + resin tilbyder en balance mellem effektivitet og pris med en omkostning på 21.850 kr./gram. Den opnår en høj rensegrad, men til en højere pris end skumfraktionering alene.
- Flokkulering + resin er den dyreste løsning, med 32.796 kr./gram, hvilket gør den markant mindre økonomisk fordelagtig end de øvrige teknologier.

Sammenligningen bekræfter, at skumfraktionering er den mest omkostningseffektive teknologi til fjernelse af PFAS22 på Klintholm. Flokkulering + resin opnår en høj rensegrad, men har samtidig den højeste omkostning per fjernet gram. Skumfraktionering + resin placerer sig som et kompromis mellem renseeffekt og økonomi. Flokkulering alene fremstår som en økonomisk dårlig løsning.

7.3 Reno Djurs

Tabel 7.3 viser en sammenligning af de forskellige teknologier til rensning af PFAS-forbindelser, herunder skumfraktionering, flokkulering og kombinationer med resin¹⁵. De analyserede parametre omfatter den årlige udledning af forurenende stoffer uden rensning, den fjernede stofmængde, rensegraden (%) samt de årlige omkostninger (kr.).

¹⁵ Der er kun udarbejdet økonomiske beregninger for det 5. scenarie (RO + Ind) – ikke for rensegrader, da Rambøll ikke har kendskab til disse. Derfor har Rambøll heller ikke haft mulighed for at beregne, hvor meget PFAS der fjernes.

Tabel 7.3 Rensegrader og årlig omkostning – Reno Djurs

Teknologi:	Stof	Udledning uden rensning (g/år)	Fjernet stofmængde (g/år)	Rensegrad (%)	Årlig omkostning (kr.)
Skumfraktionering	PFOS	2,7	2,5	92,0	1.100.298
	PFAS4	57,1	56,1	98,2	
	PFAS22	1.804,4	1.288,1	71,4	
Flokkulering	PFOS	2,7	2,5	91,9	2.205.437
	PFAS4	57,1	54,4	95,3	
	PFAS22	1.804,4	1.350,2	74,8	
Skumfraktionering +resin	PFOS	2,7	2,5	91,9	2.195.545
	PFAS4	57,1	56,9	99,7	
	PFAS22	1.804,4	1.706,2	94,6	
Flokkulering +resin	PFOS	2,7	2,7	99,3	3.332.962
	PFAS4	57,1	57,0	99,8	
	PFAS22	1.804,4	1.683,1	93,3	

Kilde: "DepoNet - Konsekvensvurdering PFAS-rensning", Rambøll den 20.12.2024.

Resultaterne viser, at kombinationer med resin generelt opnår de højeste rensgrader, men til markant højere omkostninger:

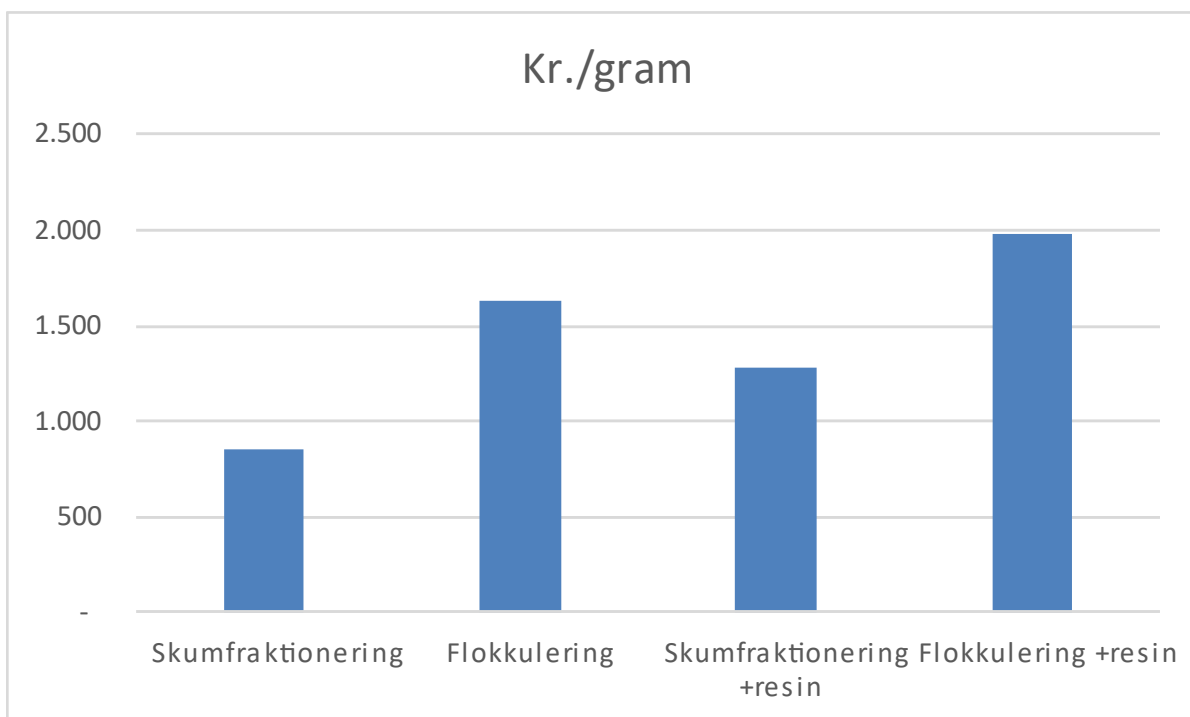
- Flokkulering + resin opnår den højeste rensegrad for PFOS (99,3 %) og PFAS4 (99,8 %) samt en meget høj rensegrad for PFAS22 (93,3 %), men det er også den dyreste teknologi med en årlig omkostning på 3,33 mio. kr.
- Skumfraktionering + resin har den højeste rensegrad for PFAS22 (94,6 %) og er billigere end flokkulering + resin med en omkostning på 2,20 mio. kr.
- Flokkulering alene opnår en moderat rensegrad for PFAS22 (74,8 %) og har en omkostning på 2,21 mio. kr., hvilket gør den mindre attraktiv end skumfraktionering + resin.

- Skumfraktionering alene er den billigste løsning med 1,10 mio. kr./år, men opnår kun en rensegrad på 71,4 % for PFAS22.

7.1.1 Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi

Figur 7.3 viser de årlige omkostninger per fjernet gram PFAS22 for hver af de undersøgte renseteknologier. Denne analyse giver indsigt i, hvor effektivt og økonomisk hver teknologi fjerner PFAS22 fra forurenede perkolat.

Figur 7.3 Årlig omkostning i kr. per gram fjernet PFAS22 for hver teknologi – Reno Djurs



Resultaterne illustrerer tydelige forskelle i omkostningseffektivitet mellem teknologierne.

- Skumfraktionering er den mest omkostningseffektive løsning, med en omkostning på 854 kr./gram fjernet PFAS22.
- Skumfraktionering + resin er den næstmest effektive med 1.287 kr./gram.
- Flokkulering koster 1.634 kr./gram, hvilket gør den dyrere end begge skumfraktionsbaserede teknologier, samtidig med at rensegraden er lavere.

- Flokkulering + resin er den dyreste løsning med en omkostning på 1.981 kr./gram, selvom rensegraden er høj.

7.4 Opsummerende konklusioner på tværs af de tre deponier

Sammenligningen af rensegrader og økonomi for PFAS-rensning på ONM, Klintholm og Reno Djurs viser en række gennemgående tendenser.

Rensegrad og teknologisk effektivitet

Kombinationer med resin – særligt flokkulering + resin og skumfraktionering + resin – opnår generelt de højeste rensegrader for alle PFAS-forbindelser. Skumfraktionering + resin skiller sig positivt ud ved at levere de højeste rensegrader for PFAS22 på tværs af alle lokaliteter, med op til 94,6 % fjernelse ved Reno Djurs. Flokkulering + resin når også høje værdier, men ligger typisk lidt lavere for PFAS22 sammenlignet med skumfraktionering + resin.

Skumfraktionering alene opnår stabile og høje rensegrader for PFOS og PFAS4, men en lavere rensegrad for PFAS22 – typisk omkring 71–78 %.

Flokkulering alene leverer generelt en rensegrad, som er tæt på eller lavere end skumfraktionering – især for PFAS22.

Økonomisk effektivitet

Skumfraktionering alene er entydigt den mest omkostningseffektive teknologi på tværs af alle tre deponier. Den har den laveste årlige omkostning og den laveste pris pr. fjernet gram PFAS22, især tydeligt ved Reno Djurs, hvor prisen er markant lavere end for de øvrige teknologier.

Skumfraktionering + resin er en økonomisk mellemvej. Den koster væsentligt mere end skumfraktionering alene, men langt mindre end flokkulering + resin, og opnår samtidig meget høje rensegrader – især for PFAS22. Den fremstår som det bedste kompromis, hvor der stilles højere rensekraft, men hvor omkostningseffektiviteten stadig skal vægtes.

Flokkulering + resin er den mindst økonomisk fordelagtige løsning. Den er gennemgående den dyreste teknologi både målt i samlede årlige omkostninger og kr. pr. fjernet gram PFAS22. Teknologien giver en høj rensegrad, men til en pris, der i de fleste tilfælde ikke er proportional med den opnåede forbedring.

Flokkulering alene er i praksis dyrere end skumfraktionering, men leverer ikke væsentligt bedre rensegrader – og vurderes derfor som den mindst attraktive af de fire teknologier, når både økonomi og effekt inddrages.

Overordnet vurdering

På tværs af lokaliteter gælder følgende:

- Skumfraktionering alene er den mest omkostningseffektive teknologi og den oplagte løsning, hvor renskravene ikke er særligt skærpede.
- Skumfraktionering + resin er den mest balancerede løsning – høj rensgrad og moderate omkostninger. Den bør overvejes, hvor renskravene er høje, men budgettet stadig begrænset.
- Flokkulering + resin leverer høj teknisk ydelse, men er så omkostningstung, at anvendelsen bør forbeholdes situationer, hvor ingen anden teknologi kan opfylde kravene.

Valget af teknologi bør derfor ske med udgangspunkt i de specifikke renskrav og det økonomiske råderum på det enkelte deponi.

8 Konklusioner

I dette kapitel præsenteres først deponispecifikke hovedkonklusioner for ONM, Klintholm og Reno Djurs. Afslutningsvis gives en samlet vurdering og opsummering på tværs af de tre anlæg. Afsnittet sammenfatter dermed de væsentligste økonomiske implikationer af PFAS-rensning i perkolat for de analyserede deponeringsanlæg.

8.1 ONM

Følgende konklusioner kan drages af den foregående analyse for ONM af de økonomiske konsekvenser af rensning for PFAS i perkolatet.

1. Omkostning af forskellige PFAS-renseteknologier: De årlige ekstraomkostninger for ONM i kr. pr. teknologi er:

- Skumfraktionering: 2.902.767 kr./år
- Flokkulering: 11.722.249 kr./år
- Skumfraktionering + resin: 9.602.280 kr./år
- Flokkulering + resin: 18.513.989 kr./år
- RO+Ind: 48.488.282 kr./år

2. Ændring i årlige driftsomkostninger: De ovenfor nævnte årlige driftsomkostninger kan sættes i forhold til den forventede mængde affald på 88.450 tons der deponeres, så det bliver udtrykt i kr./ton deponeret affald som følge af PFAS-rensning. Vælges den billigste løsning, skumfraktionering, stiger de årlige driftsomkostninger med 9 kr./ton affald. De årlige driftsomkostninger ved flokkulering vil stige med 36 kr./ton affald der deponeres. Hvis den dyreste PFAS rensningsteknologi vælges vil de årlige driftsomkostninger stige til 148 kr./ton.

3. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 30 år: Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 95 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 123 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 37 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 180 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 114 kr./ton.

4. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 60 år: Hvis efterbehandlingsperioden bliver 60 år, vil grundbeløbet stige væsentligt, hvilket yderligere øger de økonomiske konsekvenser. Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 275 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 352 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 87 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 741 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 523 kr./ton.

5. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 90 år: Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 497 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 638 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 372 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 1.366 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 1.148 kr./ton.

6. Manglende indekseringsomkostninger i efterbehandlingsperioden. Analysen har vist, at hvis driftsomkostningerne ikke indekseres i efterbehandlingsperioden, uanset rensning for PFAS, så vil der mangle store mio. beløb i sikkerhedsstillelse. Disse skal så betales af ejerne af deponierne og ikke af forureneren.

- 30 år: Mangel på 41 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 347 mio. kr. (ved RO+Ind)
- 60 år: Mangel på 187 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 936 mio. kr. (ved RO+Ind)
- 90 år: Mangel på 414 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 2.031 mio. kr. (ved RO+Ind)

7. Miljø for pengene og omkostning pr. fjernet gram PFAS22: De årlige omkostninger i kr. pr. fjernet gram PFAS22 varierer betydeligt med teknologivalget:

- Skumfraktionering: 3.234 kr./gram.
- Flokkulering: 12.898 kr./gram.
- Skumfraktionering + resin: 8.283 kr./gram.
- Flokkulering + resin: 16.219 kr./gram.

8.2 Klintholm

Følgende konklusioner kan drages af den foregående analyse for Klintholm af de økonomiske konsekvenser af rensning for PFAS i perkolatet.

1. Omkostning af forskellige PFAS-renseteknologier: De årlige ekstraomkostninger for Klintholm i kr. pr. teknologi er:

- Skumfraktionering: 643.243 kr./år
- Flokkulering: 1.161.984 kr./år
- Skumfraktionering + resin: 1.126.915 kr./år
- Flokkulering + resin: 1.662.492 kr./år
- RO+Ind: 3.566.446 kr./år

2. Ændring i årlige driftsomkostninger: De ovenfor nævnte årlige driftsomkostninger kan sættes i forhold til den forventede mængde affald på 27.438 tons der deponeres, så det bliver udtrykt i kr./ton deponeret affald som følge af PFAS-rensning. Vælges den billigste løsning, skumfraktionering, stiger de årlige driftsomkostninger med 23 kr./ton affald. De årlige driftsomkostninger ved flokkulering vil stige med 42 kr./ton affald der deponeres. Hvis den dyreste PFAS renseteknologi vælges vil de årlige driftsomkostninger stige til 130 kr./ton.

3. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 30 år: Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 149 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 283 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 157 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 495 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 406 kr./ton.

4. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 60 år: Hvis efterbehandlingsperioden bliver 60 år, vil grundbeløbet stige væsentligt, hvilket yderligere øger de økonomiske konsekvenser. Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 429 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 591 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 185 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 1.73 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 674 kr./ton.

5. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 90 år: Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 797 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 990 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 216 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 1.826 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 1.029 kr./ton.

6. Manglende indekseringsomkostninger i efterbehandlingsperioden. Analysen har vist, at hvis driftsomkostningerne ikke indekseres i efterbehandlingsperioden, uanset rensning for PFAS, så vil der mangle store mio. beløb i sikkerhedsstillelse. Disse skal så betales af ejerne af deponierne og ikke af forureneren.

- 30 år: Mangel på 39 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 219 mio. kr. (ved RO+Ind)
- 60 år: Mangel på 117 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 599 mio. kr. (ved RO+Ind)
- 90 år: Mangel på 243 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 1.228 mio. kr. (ved RO+Ind)

7. Miljø for pengene og omkostning pr. fjernet gram PFAS22: De årlige omkostninger i kr. pr. fjernet gram PFAS22 varierer betydeligt med teknologivalget:

- Skumfraktionering: 4.558 kr./gram
- Flokkulering: 8.239 kr./gram
- Skumfraktionering + resin: 7.998 kr./gram
- Flokkulering + resin: 11.796 kr./gram

8.3 Reno Djurs

Følgende konklusioner kan drages af den foregående analyse for Reno Djurs af de økonomiske konsekvenser af rensning for PFAS i perkolatet.

1. Omkostning af forskellige PFAS-renseteknologier: De årlige ekstraomkostninger for Reno Djurs i kr. pr. teknologi er:

- Skumfraktionering: 1.100.298 kr./år
- Flokkulering: 2.205.437 kr./år
- Skumfraktionering + resin: 2.195.545 kr./år
- Flokkulering + resin: 3.332.962 kr./år
- RO+Ind: 7.916.570 kr./år

2. Ændring i årlige driftsomkostninger: De ovenfor nævnte årlige driftsomkostninger kan sættes i forhold til den forventede mængde affald på 108.670 tons der deponeres, så det bliver udtrykt i kr./ton deponeret affald som følge af PFAS-rensning. Vælges den billigste løsning, skumfraktionering, stiger de årlige driftsomkostninger med 10 kr./ton affald. De årlige driftsomkostninger ved flokkulering vil stige med 20 kr./ton affald der deponeres. Hvis den dyreste PFAS renseteknologi vælges vil de årlige driftsomkostninger stige til 73 kr./ton.

3. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 30 år: Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 63 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 104 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 51 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 184 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 152 kr./ton.

4. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 60 år: Hvis efterbehandlingsperioden bliver 60 år, vil grundbeløbet stige væsentligt, hvilket yderligere øger de økonomiske konsekvenser. Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 182 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 234 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 62 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 416 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 227 kr./ton.

5. Grundbeløb med 2% årlig indeksering af driftsomkostningerne i en efterbehandlingsperiode på 90 år: Ved en årlig indeksering af driftsomkostningerne på 2% fastsættes grundbeløbet for Blandet affald til 348 kr./ton.

- Ved skumfraktionering til rensning af PFAS stiger grundbeløbet til 423 kr./ton, hvilket medfører en ændring i modtagegebyret på 85 kr./ton.
- Ved flokkulering kombineret med resin-behandling stiger grundbeløbet til 754 kr./ton, hvilket resulterer i en ændring i modtagegebyret på 358 kr./ton.

6. Manglende indekseringsomkostninger i efterbehandlingsperioden. Analysen har vist, at hvis driftsomkostningerne ikke indekseres i efterbehandlingsperioden, uanset rensning for PFAS, så vil der mangle store mio. beløb i sikkerhedsstillelse. Disse skal så betales af ejerne af deponierne og ikke af forureneren.

- 30 år: Mangel på 52 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 373 mio. kr. (ved RO+Ind)
- 60 år: Mangel på 175 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 907 mio. kr. (ved RO+Ind)
- 90 år: Mangel på 388 mio. kr. (ved skumfraktionering), op til 1.942 mio. kr. (ved RO+Ind)

7. Miljø for pengene og omkostning pr. fjernet gram PFAS22: De årlige omkostninger i kr. pr. fjernet gram PFAS22 varierer betydeligt med teknologivalget:

- Skumfraktionering: 3.546 kr./gram
- Flokkulering: 7.106 kr./gram
- Skumfraktionering + resin: 7.071 kr./gram
- Flokkulering + resin: 10.737 kr./gram

8.4 Opsummerende konklusioner på tværs af deponierne

Denne oversigt sammenfatter hovedkonklusionerne for de tre analyserede deponeringsanlæg vedrørende de økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning i perkolat.

1. Indflydelse af PFAS-rensningsteknologier. Skærpede krav til PFAS-rensning påvirker modtagegebyr, grundbeløb og sikkerhedsstillelse væsentligt, især afhængigt af valg af teknologi og længde af efterbehandlingsperioden.

2. Årlige omkostninger ved PFAS-rensning. Alle deponeringsanlæg vil opleve markante forskelle i årlige driftsomkostninger afhængigt af valgt teknologi. Skumfraktionering er konsekvent den billigste løsning for alle anlæg, mens RO + Ind (omvendt osmose med inddampning) er den dyreste. For eksempel varierer den årlige omkostning fra ca. 643.000 kr. på Klintholm til over 7,9 mio. kr. på Reno Djurs for henholdsvis skumfraktionering og RO+Ind.

3. Ændring i årlige driftsomkostninger pr. ton affald. Omkostningerne pr. ton affald stiger markant ved PFAS-rensning. Stigningen er lavest ved ONM (fra 9 kr./ton ved skumfraktionering) og højest ved Klintholm og Reno Djurs, hvor tallene når op på 130 og 73 kr./ton for RO+Ind.

4. Grundbeløb og modtagegebyr ved 30 års efterbehandlingsperiode. Indførelse af PFAS-rensning øger grundbeløbet betragteligt. For eksempel stiger grundbeløbet for Blandet affald fra 95 kr./ton til 532 kr./ton ved ONM, fra 149 til 889 kr./ton ved Klintholm og fra 63 til 358 kr./ton ved Reno Djurs. Det medfører tilsvarende betydelige stigninger i modtagegebyrer.

5. Økonomiske konsekvenser ved forlænget efterbehandlingsperiode. Jo længere efterbehandlingsperiode, desto større stigning i grundbeløb og modtagegebyrer. Ved 60 og 90 år ses eksempler på grundbeløb over 1.500 kr./ton og modtagegebyrer, der kan stige med over 1.000 kr./ton – særligt for avancerede teknologier.

6. Manglende sikkerhedsstillelse ved fravær af indeksering. Manglende årlig indeksering af driftsomkostningerne i efterbehandlingsperioden fører til massive økonomiske huller i sikkerhedsstillelsen. For ONM kan dette beløb nå 2 mia. kr., mens Reno Djurs og Klintholm også viser mangler op mod hhv. 1,9 mia. kr. og 1,2 mia. kr. ved 90 års periode og anvendelse af RO+Ind.

7. Omkostning pr. fjernet gram PFAS22. Skumfraktionering er også her den mest økonomiske teknologi med priser mellem ca. 3.200 og 4.500 kr./gram PFAS22 fjernet, mens de dyreste løsninger som flokkulering + resin kan nå over 16.000 kr./gram (ONM) og over 11.000 kr./gram (Klintholm og Reno Djurs).

8. Udfordringer for deponianlæg. De tre deponier er i en relativt gunstig position, da der forventes mange års fortsat affaldsmottagelse. Derimod står øvrige deponianlæg, der nærmer sig endelig nedlukning, over for betydeligt større udfordringer. Her skal ekstraomkostninger, forbundet med indeksering af driftsudgifter og/eller rensning for PFAS i efterbehandlingsperioden, fordeles på en markant mindre mængde affald.

9. Samlet vurdering og opsummering Analysen viser, at skærpede krav til PFAS-rensning medfører betydelige økonomiske konsekvenser for modtagegebyr, grundbeløb og sikkerhedsstillelse. Omkostningernes omfang afhænger især af den valgte teknologi, mængden af perkolat, længden af efterbehandlingsperioden samt størrelsen af indekseringen af driftsomkostningerne.

Skumfraktionering fremstår som det mest omkostningseffektive valg på tværs af alle tre deponier og bør være førstevalg, hvor det teknisk er muligt. RO+Ind bør derimod kun anvendes, hvor meget høje renskrav gør det nødvendigt, da omkostningerne er markant højere og påvirker både driftsøkonomi, modtagegebyr og krav til sikkerhedsstillelse betragteligt.

Uden en velovervejet strategi for teknologivalg og efterbehandlingsøkonomi risikeres markant stigende omkostninger, som i sidste ende kan blive en byrde for samfundet snarere end at følge princippet om, at forureneren betaler. Det er derfor nødvendigt at sikre en økonomisk og miljømæssig bæredygtig løsning med rettidig indeksering og realistisk planlægning af efterbehandlingsperioder.

De økonomiske konsekvenser af PFAS-rensning afhænger i høj grad af både teknologivalg, perkolatmængde og efterbehandlingsperiode. Øget fokus på rettidig indeksering og realistiske budgetter for efterbehandlingsperioder er afgørende for at undgå underskud i sikkerhedsstillelsen.

Appendiks 1: Oprindelig og revideret model for beregning af grundbeløb og sikkerhedsstillelse

Der blev oprindeligt udarbejdet et værktøj til beregning af grundbeløb og af sikkerhedsstillelsen. Efterfølgende har det vist sig, at dette værktøj havde en række uhensigtsmæssigheder. Der blev herefter af DepoNet udarbejdet et nyt beregningsværktøj til beregning af grundbeløb og sikkerhedsstillelse.

Forskellen mellem det gamle og det nye værktøj til beregning af sikkerhedsstillelse for deponeringsanlæg kan opsummeres som følger:

Det gamle værktøj:

- Baseret på vejledning nr. 9562 fra 2002 og tilhørende regneark.
- Det gamle værktøj, som stadig anvendes til sikkerhedsstillelsesberegning, har en række uhensigtsmæssigheder, herunder en eksponentiel stigning i grundbeløbet mod slutningen af opfyldningsperioden.
- Manglede funktioner til at tage højde for indeksregulering og forrentning på en hensigtsmæssig måde. F.eks. indeksreguleres både nedlukningsomkostninger og efterbehandlingsomkostninger, mens deponiets enheder er åbne og modtager affald til deponering. Omkostningerne i den 30 års efterbehandlingsperiode indekseres ikke, hvorfor der opstår en finansieringsmanko, svarende til indekseringsomkostningerne i hele efterbehandlingsperioden.
- Regnearket kan ikke umiddelbart tage hensyn til konsekvenserne af længere efterbehandlingsperioder.

Det nye værktøj (DepoNets beregningsmodel):

- Det nye værktøj blev udviklet af COWI i samarbejde mellem Miljøstyrelsen og DepoNet for at sikre et opdateret fælles grundlag og metode.
- Sikrer en jævn udvikling af grundbeløbet uden pludselige stigninger.
- Kan håndtere forskellige beregningsscenarier, herunder variationer i indeksregulering og forrentning over både opsparings- og efterbehandlingsperioden.

- Muliggør en mere fleksibel og præcis beregning, som tager højde for ændringer i anlæggets driftsforhold og omkostningsforventninger.

Samlet set er det nye værktøj et væsentligt skridt mod en større præcision, gennemsigtighed og brugervenlighed.

I denne rapport anvendes det værktøj til sikkerhedsstillelsesberegning, som er udarbejdet af DepoNet. De data, der anvendes i modellen, stammer fra den seneste modelberegning for de tre deponier, som er godkendt af Miljøstyrelsen og indeholder de mest opdaterede tal. Beregningen omfatter grundbeløb og sikkerhedsstillelsen for 2024 baseret på prognoser for affaldsindtaget i 2024 og fremefter, som er indarbejdet i modellen.

Appendiks 2: Udvikling i Danmarks Statistiks entreprisereguleringsindeks for jordarbejder

I den nuværende beregningsmodel er der ikke indarbejdet indeksering af omkostningerne i efterbehandlingsperioden.

Indekseringsomkostninger

Det indeks, der anvendes til indeksering i forbindelse med beregning af sikkerhedsstillelse for deponeringsanlæg, er **Danmarks Statistiks entreprisereguleringsindeks for jordarbejder**. Dette indeks anvendes til at justere sikkerhedsstillelsen i takt med den forventede prisudvikling over tid. Detaljer om indekseringen:

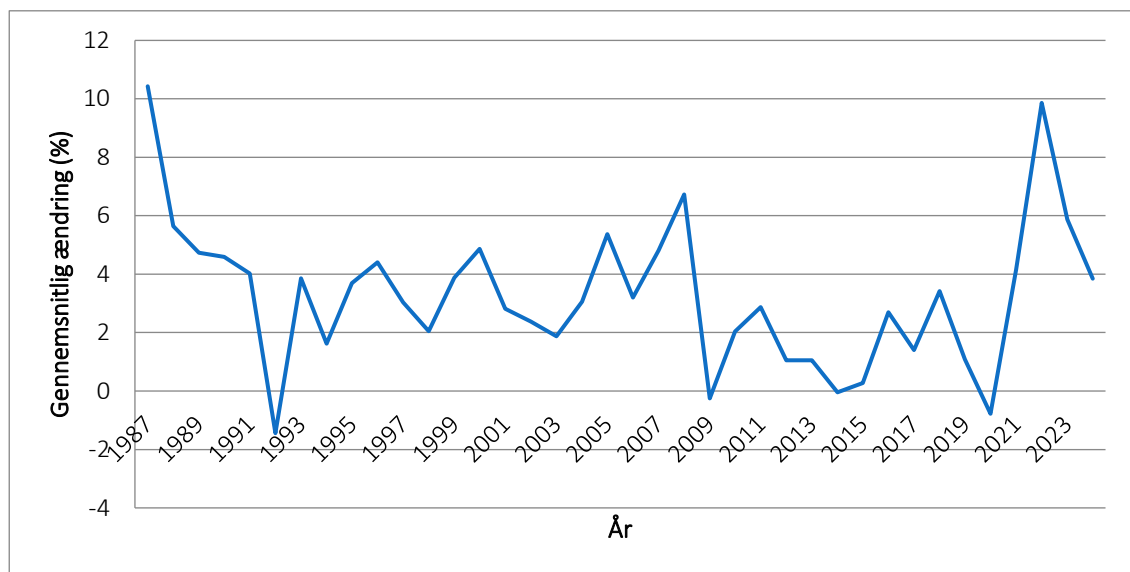
- **Formål:** Indeksering anvendes for at sikre, at sikkerhedsstillelsen følger den faktiske prisudvikling, særligt for omkostninger relateret til nedlukning og efterbehandling af deponeringsanlæg.
- **Årlig regulering:** Udgifterne indeksreguleres årligt baseret på entreprisereguleringsindekset for jordarbejder, hvilket er en anerkendt metode til prisjustering i bygge- og anlægsbranchen.
- **Efterbehandlingsperioden:** Indeksering i efterbehandlingsperioden har været et diskussionsemne, da lovgivningen ikke klart angiver, om dette skal medtages. Dog anbefales det i vejledningen og i det nye beregningsværktøj at inkludere det for at sikre tilstrækkelige midler.

Historisk udvikling af entreprisereguleringsindeks for jordarbejder

Som ovenfor nævnt er prisindekset der anvendes til regulering af sikkerhedsstillelsesberegningen, Danmarks Statistiks entreprisereguleringsindeks for jordarbejder. Dette indeks anvendes til at justere sikkerhedsstillelsen i takt med den forventede prisudvikling over tid.

Udviklingen i indekset fra 1987 og frem til i dag er illustreret i nedenstående Figur 1.

Figur 1: Årlig ændring i entreprisereguleringsindeks for jordarbejder



Kilde: Danmarks Statistik.

Den årlige gennemsnitlige stigning i indekset fra 1987 og frem til og med 2024 er 3,34%. Reduceres perioden fra 2011 til 2024, for kun at medtage den nyere prisudvikling, er den gennemsnitlige årlige stigning i indekset 2,82%. Fremtidig udvikling i indekset kender ingen, men grafen viser den historiske udvikling, hvor der kun har været få kortvarige perioder, hvor indekset har været omkring eller lige under 0%. Anvendes 2% som forventet gennemsnitlig årlig indekxregulering, er det en meget konservativ antagelse.