

Miljøteknisk notat

Oppdragsnavn **Nybygg Havforskningsinstituttet/Fiskeridirektoratet**
Prosjekt nr. **1350036858-006**
Kunde **Statsbygg**
Notat nr. **TN08**
Versjon **02**
Dato **17.12.2025**
Utført av **Katharina Scherger**
Kontrollert av **Geir-André Thorstensen**

Nybygg Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet – Revidert risikovurdering av forurensede masser i tilstandsklasse 4 og 5 utenfor byggegrøp

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med planlegging av nybygg og samlokalisering av Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet på Dokken i Bergen (se Figur 1) har Rambøll utført en risikovurdering av forurensede masser i tilstandsklasse 4 og 5 med forhøyede verdier av diverse tungmetaller (arsen, bly, sink, kvikksølv og kobber) og PAH-forbindelser (benzo(a)pyren og $\Sigma 16$ PAH). Risikovurderingen tar utgangspunkt i resultater fra den miljøtekniske grunnundersøkelsen som Multiconsult gjennomførte høsten 2023 [1], og er utført for å undersøke om det er akseptabel eller uakseptabel eksponering av mennesker og spredning til miljø ved den påviste og modellerte forurensningen på området. Vurderingen er gjeldende for sterkt forurensede masser i området utenfor byggegrøp og innenfor eiendomsgrensen, og er dokumentert i prosjektets tiltaksplan for forurenset grunn [2].



Figur 1: Oversiktskart over tiltaksområdet (tomt A2) på Dokken i Bergen kommune.

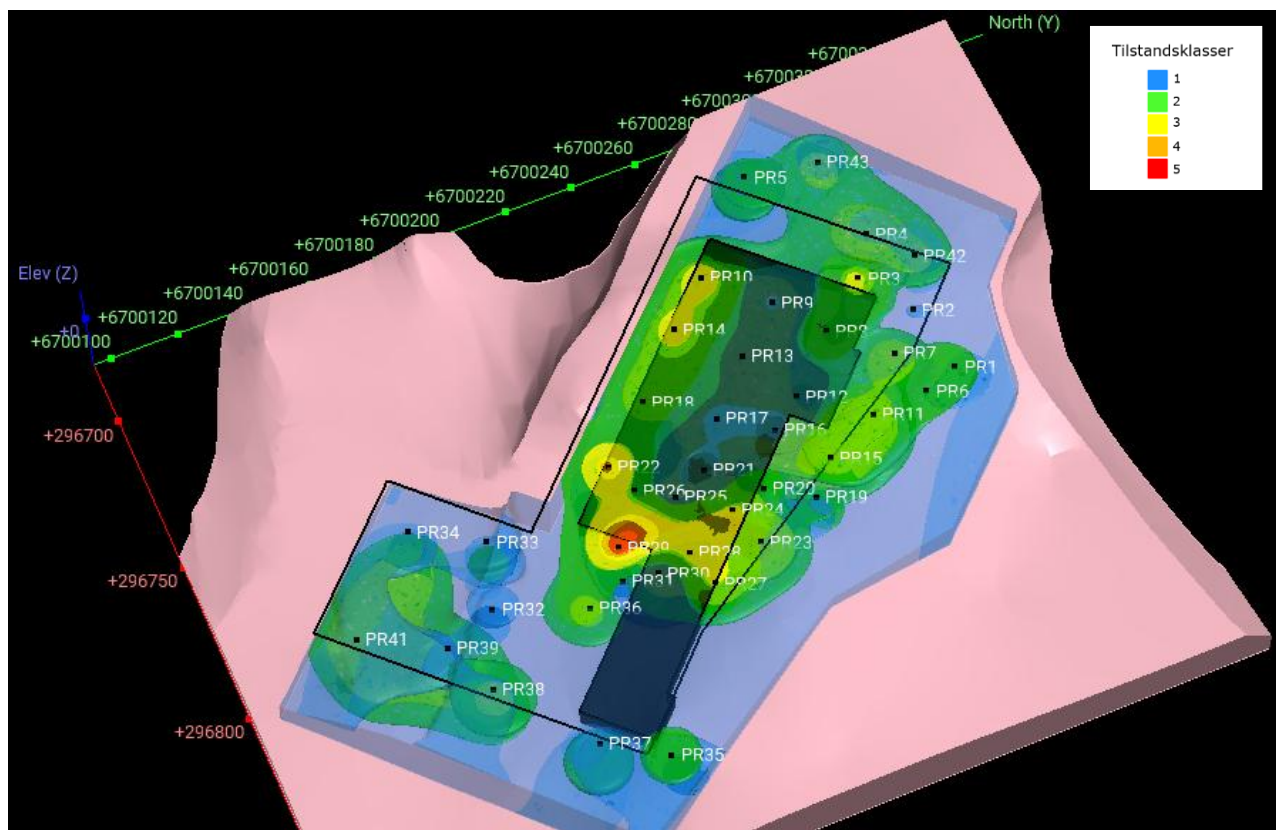
I etterkant av utarbeidelse av tiltaksplanen har byggegropens dimensjoner blitt nedjustert noe, slik at det vil være større omfang av forurensede masser i tilstandsklasse 4 og 5 som nå blir liggende utenfor byggegropen. Tomtens størrelse og eiendomsgrensen er også justert noe. På bakgrunn av dette er det besluttet å revidere risikovurderingen og utarbeide et eget notat, som et supplement til tiltaksplanen [2]. Dette notatet vil derfor erstatte kap. 5 i tiltaksplanen, og sendes inn til Statsforvalteren i Vestland for vurdering og supplerende grunnlag for tillatelsen.

1.2 Omfang av forurensede masser

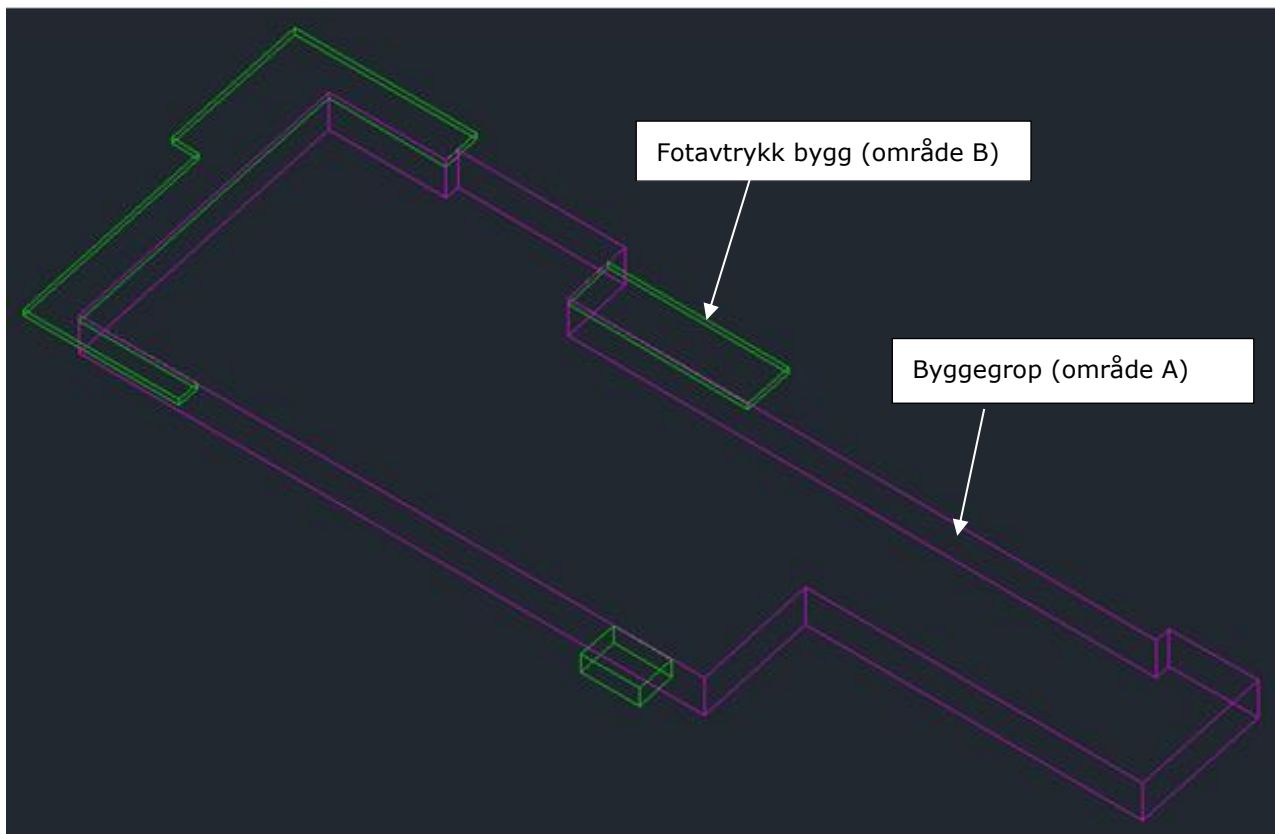
Nytt volum av løsmasser iht. forurensningsgrad innenfor og utenfor byggegrop er presentert i Tabell 1 og vist i modell i Figur 2. Volum innenfor byggegrop er videre inndelt i A- og B-områder, der A tilsvarer spuntlinje og selve byggegropen, mens B representerer fotavtrykk under bygg og innebærer mindre områder hvor det er planlagt gravearbeider ned til ca. 1 meter under terrengoverflaten (se Figur 3).

Tabell 1: Volumberegning av løsmasser ved endret og justert byggegrop ved Dokken i Bergen kommune.

Parameter	Byggegrop		Utenfor byggegrop
	A	B	
Areal (m ²)	5 938	871	-
Volum av byggegrop (m ³)	35 382	992,5	-
Ikke kartlagt (m ³)	1 445	10	13 460
Tilstandsklasse 1 (m ³)	15 485	250	82 235
Tilstandsklasse 2 (m ³)	8 165	550	10 052
Tilstandsklasse 3 (m ³)	6 195	80	3 806
Tilstandsklasse 4 (m ³)	2 470	-	1 473
Tilstandsklasse 5 (m ³)	610	-	268
Berg (m ³)	1 010	-	-
Sum (m³)	35 380	990	111 295



Figur 2: Modell av påvist forurensning iht. forurensningsgrad fra grunnundersøkelsen utført av Multiconsult høsten 2023 ved Dokken i Bergen kommune. Justert byggegrop er markert med mørk skravur og tomtengrensen er markert med svart linje. Kilde: Leapfrog WSP, 2025.



Figur 3: Utforming av justert byggegrøp ved Dokken i Bergen kommune. Kilde: WSP, 2025.

1.3 Generelt om risikovurdering

Risikovurdering av forurenset grunn avhenger av en rekke forhold der de viktigste er forurensningens omfang og utbredelse, muligheter for spredning fra grunnen til mennesker og natur, og stoffenes potensiale for skadelige effekter på helse og miljø. Nødvendig omfang av risikovurderingen vil imidlertid variere fra sak til sak, og styres blant annet av forurensningsnivå, arealbruk og miljømål for lokaliteten. Tilstandsklasser systemet setter også øvre rammer for hvilken forurensningsgrad som kan aksepteres med risikovurdering på lokaliteter med arealbruk som er omfattet av dette systemet.

I en risikovurdering tas det utgangspunkt i stoffets jordkonsentrasjon for å vurdere risikoen for helse og miljø. I en grunnforurensningssak analyseres risikoen basert på eksisterende forurensning og planlagte og mulige framtidige aktiviteter i influensområdet. For å avgjøre om risikoen er akseptabel sammenlignes påviste konsentrasjoner av forurensning med beregnede akseptkriterier for framtidig arealbruk.

For vurdering av forurensningsgrad i jord har Miljødirektoratet utarbeidet en nettbasert veileder [3]. En trinn 1-risikovurdering består i å sammenligne kjemiske analyseresultater opp mot tilstandsklassene i veilederen. Dersom den aksepterte tilstandsklassen for den aktuelle arealbruken overskrides, skal det utføres en trinn 2-risikovurdering. Hvis den aksepterte tilstandsklassen ikke overskrides, kan en velge å avslutte risikovurderingen etter trinn 1.

Trinn 2-risikovurderingen er stedsspesifikk, og består av to deler; en helsebasert risikovurdering med beregning av stedsspesifikke akseptkriterier i jord, og en spredningsbasert risikovurdering. Risikovurderingen utarbeides med bakgrunn i påvist forurensning, eksponerings-/spredningsveier og resipienter.

Som følge av at sjablongverdiene i verktøyet ikke gjenspeiler kompleksiteten i forurensnings- og grunnforholdene på Dokken, er risikovurderingen gjennomført som trinn 2 med justerte stedsspesifikke verdier for å gi en mer presis vurdering av helserisiko og spredning fra området.

2 Vurderingsgrunnlag

2.1 Akseptkriterier

For tiltaksområdet på Dokken er det foreløpig ikke vedtatt en ny reguleringsplan, da planarbeidet er pågående. Basert på bruksformålet til Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet er det naturlig at arealbruken vurderes som sentrumsområder, kontor og forretning. Dette gjelder tiltaksområdet spesifikt, men det må i en risikovurdering også tas hensyn til at områdeutviklingen på Dokken legger opp til boligbebyggelse og rekreasjonsområder inkludert badeplasser.

Generelle akseptkriterier for den planlagte arealbruken på tiltaksområdet tilsier at toppmasser (0-1 m) og dypereliggende jord (> 1 m) skal ha tilstandsklasse 3 eller lavere. Løsmasser i dypereliggende lag forurensset tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5 kan ligge igjen dersom risikovurdering med hensyn på helse og spredning tilsier at dette er akseptabelt (se Figur 4).



Figur 4. Generelle akseptkriterier for arealbrukskategorien sentrumsområder, kontor og forretning [3].

2.2 Mål for helse og miljø

For vurdering av risiko for menneskets helse og spredning av forurensing er følgende målsetninger lagt til grunn:

- Gjenværende forurensing i grunnen skal ikke medføre uakseptabel risiko for menneskets helse ved å oppholde seg på tiltaksområdet med planlagt arealbruk.
- Gjenværende forurensing skal ikke medføre uakseptabel spredning til naboeiendommer.
- Det skal ikke forekomme spredning av forurensing fra tiltaksområdet som medfører at miljømål i resipient ikke kan oppnås. Det er et generelt mål at kystvann skal ha minst god kjemisk tilstand (tilstandsklasse II iht. Miljødirektoratets veileder M-608 [4]).

3 Tilgrensende resipient

Tiltaksområdet ligger i direkte tilknytning til Puddefjorden som er en del av vannforekomsten Byfjorden – Indre del, og er definert som beskyttet kyst/fjord [5]. En eventuell spredning av forurensing fra tiltaksområdet vil derfor skje til sjøen. Resipienten er vurdert til å ha dårlig kjemisk tilstand med høye konsentrasjoner av bl.a. diverse tungmetaller og PAH-forbindelser.

Vannforekomsten er i hovedsak påvirket av kjemisk forurensing og næringsforurensning ifm. avrenning fra by, og i mindre grad av punktutslipp fra regnvannsoverløp, renseanlegg og industri. Da tilgrensende resipient allerede er forurenset, vil en eventuell spredning av miljøgifter ikke fortynnes i like stor grad sammenlignet med en vannforekomst som har god kjemisk tilstand. Informasjon om resipienter som kan påvirkes negativt ved spredning fra forurensende masser på Dokken er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Informasjon om resipienter som kan bli påvirket av eventuell spredning fra forurensende masser ved tomt A2 på Dokken i Bergen kommune.

Navn	Vannforekomst-ID	Areal	Vanntype-navn	Økologisk tilstand	Kjemisk tilstand	Viktigste påvirkninger
Byfjorden indre del	0261010800-4-C	2,9 km ²	Beskyttet kyst/fjord	Moderat	Dårlig	Diffus avrenning fra by/tettsted
Byfjorden	0261010800-9-C	44,7 km ²	Beskyttet kyst/fjord	Moderat	Dårlig	Diffus avrenning fra by/tettsted

Bergen kommune har gjennom prosjektet «Renere Puddefjord» gjennomført mudring og tildekking av forurenset sjøbunn i indre del av Puddefjorden, hvor tiltaket ble avsluttet i 2018. Før tiltak var sjøbunnen i hele Puddefjorden sterkt forurenset, og dette utgjorde en uakseptabel risiko for miljø og helse. Høyest risiko var knyttet til PCB, kvikksølv og PAH-forbindelser. Det er utført etterkontroll av sedimenter, inkludert vannprøver, av Cowi i 2022 [6]. Analyser av sedimentprøver fra sjøbunnen i alle delfeltene i tiltaksområdet viser at nivået av de aller fleste miljøgiftene fremdeles tilsvarer tilstandsklasse 2 («god miljøtilstand») eller tilstandsklasse 1 («bakgrunn»), og ligger langt under øvre grense for tilstandsklasse 3 («moderat») som var miljømålet for tiltaket.

Analyser av vannprøver og en sammenligning av den kjemiske vannkvaliteten ved de forskjellige målestasjonene i Puddefjorden før og etter tiltaket, tyder på at vannkvaliteten i Puddefjorden hverken er forbedret eller forverret som følge av tiltaket. Generelt er miljøgiftkonsentrasjonene relativt like ved de ulike prøveomgangene innenfor hver prøveomgang, mens det er store variasjoner mellom prøveomgangene. Slike variasjoner forekommer både før og etter tiltaket. Dette kommer trolig av at det er stor vannutveksling i hele Puddefjorden, samt at sjøvannet generelt vil påvirkes av bidrag fra forskjellige kilder, som for eksempel overvann og kilder relatert til aktiviteten i havneområdet [6].

Resultatene fra 4-årskontrollen støtter opp om konklusjonen fra tidligere undersøkelser, som peker på tilførsel av miljøgifter via overvann og overløp fra felles avløpssystem som den viktigste årsaken til rekontamineringen av tildekkingslaget. Kildene til denne forurensningen finnes i stor grad i bymiljøet der miljøgifter fra bl.a. veiavrenning, fasadematerialer og byjord blir fanget opp av overvannssystemet og ført til sjø. I tillegg inneholder spillvann (kloakk) miljøgifter. Andre kilder til rekontaminering av tildekkingslaget kan ikke utelukkes, men vurderes til å ha mer begrenset betydning [6].

4 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i risikovurderingen av helse og spredning:

- Forurensede masser i tilstandsklasse 3 tilfredsstiller kriterier for planlagt arealbruk og utviklingsområdet som helhet, både for helse og spredning, og risikovurderes ikke ytterligere.
- Forurensede masser i tilstandsklasse 4 og 5 innenfor byggegrupp skal fjernes i sin helhet og vil ikke inngå i risikovurderingen.

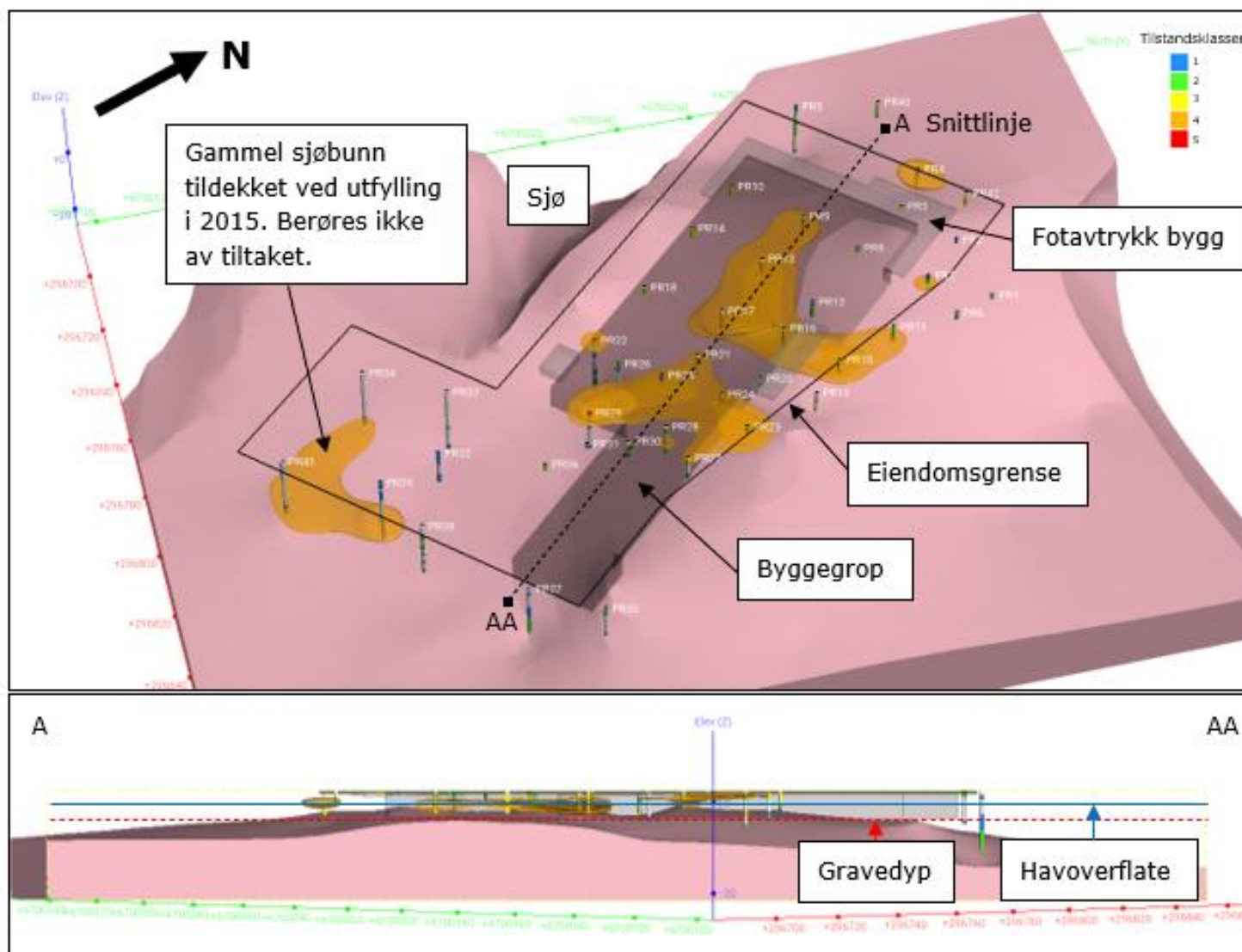
- I området som ble undersøkt i 2008 [7] og ferdig utfylt i 2015, i forbindelse med kaiutvidelse ved Dokken, er det ikke planlagt terrenginngrep i dette prosjektet (se Figur 5). Løsmasser som ble vurdert som akseptable som gjenværende masser da området ble utfylt i 2015 vil ikke bli risikovurdert på nytt i dette prosjektet (se prøvepunkter PR34, PR38, PR39 og PR41 i Figur 2).
- Påvist forurensning av nikkel i tilstandsklasse 4 i PR22 er ikke inkludert i risikoberegningen. Det er påvist nikkel (280 mg/kg) i et 20 cm lag (lys grå grus med sand og noe stein), i ellers rene masser i dette punktet. Det er ikke planlagt graving i dette området, og det vurderes at disse massene kan bli liggende grunnet minimalt omfang og utbredelse.
- Basert på forutsetningene ovenfor, er det kun forurensede masser i prøvepunkt PR4 (arsen, bly, kobber, og ΣPAH_{16} i tilstandsklasse 4), PR7 (bly i tilstandsklasse 4), PR11 (sink i tilstandsklasse 4), PR15 (bly, kvikksølv og ΣPAH_{16} i tilstandsklasse 4, og benzo(a)pyren i tilstandsklasse 5), PR23 (benzo(a)pyren og ΣPAH_{16} i tilstandsklasse 5) og PR29 (benzen i tilstandsklasse 5) som representerer gjenliggende masser utenfor byggegrop og dermed er risikovurdert med hensyn til både helse og spredning. Plassering av prøvepunkter inkludert i risikovurderingen er vist i Figur 5 og konsentrasjoner av miljøgifter er gitt i Tabell 3. Modell som viser gjenværende forurensning av masser utenfor byggegrop er vist i Figur 6 (tilstandsklasse 4) og Figur 7 (tilstandsklasse 5).
- Data om grunnforhold og forurensning i løsmasser og grunnvann er hentet fra miljøteknisk rapport utført av Multiconsult [1]. Risikovurderingen for helse er utført ved bruk av Miljødirektoratets beregningsverktøy for human helse (M-2171 [8]) og spredning til naturmiljø (M-2173 [9]) med tilhørende grunnlagsrapporter, og er basert på stedspecifikke parametere for bl.a. jordspesifikke og hydrogeologiske data, eksponeringstider, m.m. i tillegg til målte konsentrasjoner av forurensning i jord.
- Benzo(b,k)fluoranten rapporteres samlet fra laboratorium, men legges inn som to separate stoffer i risikoberegningsverktøyet. Det forutsettes at konsentrasjonene er likt fordelt mellom de to stoffene.



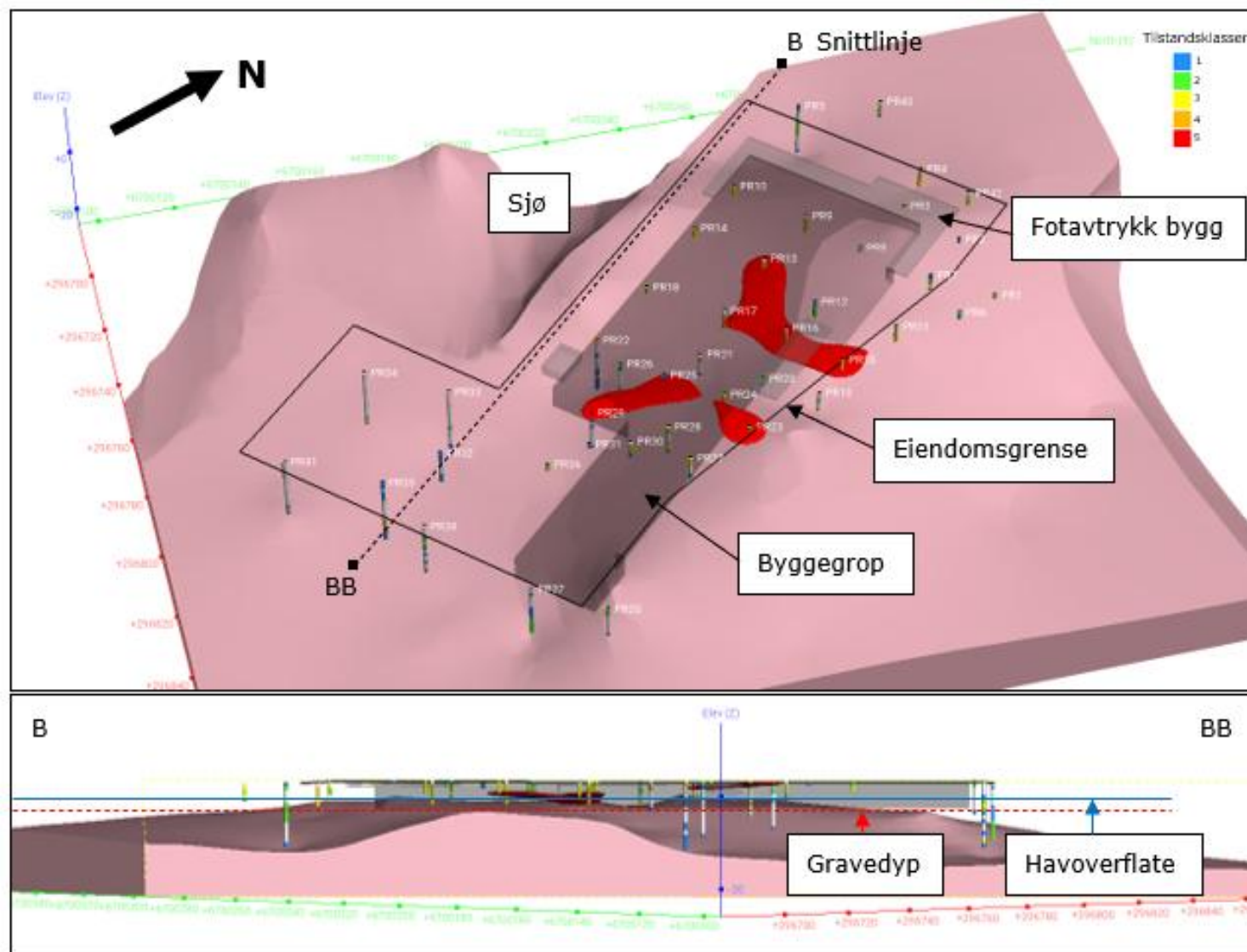
Figur 5: Flyfoto (fra 2023) over tiltaksområdet (rød stiplet linje) og utfyllingsområdet (blå linje). Prøvepunkter som inngår i risikovurderingen er markert med grønne stjerner.

Tabell 3: Analyseresultater for jordprøver med konsentrasjoner av forurensning tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5 som er inkludert i risikovurderingen for helse og spredning på Dokken i Bergen kommune. Konsentrasjonene er fargekodet iht. Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset grunn [3].

Prøvepunkt	Dybde	Tørrvekt	TOC	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	B(a)p	ΣPAH ₁₆	ΣPCB ₇	Benzen	TEX ¹	Olje (alifater)			THC	Cyanid		TBT	
																	>C ₈ -C ₁₀	>C ₁₀ -C ₁₂	>C ₁₂ -C ₃₅		>C ₁₂ -C ₃₅	total		fritt
																	mg/kg TS							
PR4	1-1,5	84,2	1,5	6	140	0,3	0,6	120	360	65	37	4,2	58	<0,005	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	240	<1000	<1000	<2,4	
	1,5-2	80,7	i.a.	3	44	<0,2	0,2	37	150	53	25	0,5	5	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	34	<1000	<1000	<2,4	
	2-3	83,0	i.a.	30	420	<0,2	0,3	120	170	30	23	0,4	7	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	15	170	<1000	<1000	<2,4	
	3-3,3	81,3	3,8	78	390	<0,2	0,4	6100	880	50	84	2,7	41	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	24	310	<1000	<1000	<2,4	
	3,3-4	78,8	i.a.	8	150	<0,2	0,5	100	290	46	21	2,6	36	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	11	230	<1000	<1000	<2,4	
	4-5	81,0	i.a.	5	85	<0,2	0,3	50	170	38	20	2,7	43	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	11	260	<1000	<1000	<2,4	
5-6	80,8	i.a.	5	110	<0,2	0,4	67	270	41	23	3	40	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	200	<1000	<1000	<2,4		
PR7	0,1-0,5	94,4	i.a.	<1	2	<0,2	<0,01	15	33	7	8	<0,03	i.p.	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	33	<1000	<1000	<2,4	
	1,2-1,7	88,1	i.a.	2	13	<0,2	0,04	11	65	9	5	0,038	0,4	0,013	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	27	<1000	<1000	<2,4	
	2-3	72,5	i.a.	5	420	<0,2	1,5	86	210	39	20	<0,03	0,2	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	28	<1000	<1000	<2,4	
	3-4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1400	i.a.	i.a.	
	4-5	84,0	i.a.	2	23	<0,2	0,09	8	250	4	6	0,05	0,6	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	i.p.	<1000	<1000	<2,4	
PR11	0,3-0,8	87,6	i.a.	7	27	<0,2	0,05	79	62	13	20	0,18	1,6	<0,005	<0,0035	<0,1	<3	<5	36	200	<1000	<1000	<2,4	
	0,8-1,4	92,3	i.a.	3	81	<0,2	0,7	600	160	26	31	0,18	1,8	0,73	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	34	<1000	<1000	<2,4	
	1,4-2	82,0	i.a.	13	200	<0,2	3,5	74	110	9	8	0,52	6,8	0,027	<0,0035	<0,1	<3	<5	11	130	<1000	<1000	<2,4	
	2-3	85,2	1,4	6	87	<0,2	1,1	49	40	10	7	<0,03	0,2	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	24	<1000	<1000	<2,4	
	3-4	79,2	i.a.	5	120	<0,2	1,3	27	61	10	13	0,06	0,6	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	i.p.	<1000	<1000	<2,4	
	4-4,2	83,7	i.a.	4	230	7,7	0,7	34	2300	15	11	0,19	2,4	0,023	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	36	<1000	<1000	<2,4	
PR15	0,1-0,3	87,0	i.a.	<1	2	<0,2	<0,01	11	24	9	55	<0,06	0,7	i.p.	0,036	<0,1	<3	<10	580*	1900	<1000	<1000	<2,4	
	1-1,6	88,4	i.a.	5	76	0,3	0,2	37	220	28	18	1	9	0,0065	<0,0035	<0,1	<3	<5	20	140	<1000	<1000	<2,4	
	3,7-4	57,7	8,1	15	330	0,7	4,8	250	510	21	22	17	140	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	430	5100	<1000	<1000	<2,4	
	4-4,4	88,4	i.a.	2	68	<0,2	0,4	34	91	8	8,4	0,6	6	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	33	200	<1000	<1000	<2,4	
PR23	0-0,3	87	i.a.	<1	4	<0,2	0,02	45	80	11	15	<0,1	0,43	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<10	300	2100	<1000	<1000	<2,4	
	0,3-1	89,3	i.a.	2	3	<0,2	<0,01	42	42	36	27	<0,03	i.p.	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	42	78	<1000	<1000	<2,4	
	1-1,6	86,5	i.a.	11	300	0,3	0,5	77	270	17	13	21	310	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	39	1700	<1000	<1000	<2,4	
	1,6-2	69,9	i.a.	11	93	0,8	0,6	70	400	20	40	0,4	5,4	0,08	<0,0035	<0,1	<3	<5	15	140	<1000	<1000	<2,4	
PR29	0,1-0,4	82,9	i.a.	2	5	<0,2	0,01	20	190	19	16	<0,07	0,4	i.p.	0,13	0,11/<0,1/<0,1	<3	<10	280	1100	<1000	<1000	<2,4	
	0,4-0,9	91,8	i.a.	2	8	<0,2	0,02	31	72	22	19	<0,03	i.p.	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	i.p.	i.p.	<1000	<1000	<2,4	
	1,7-2	84,9	i.a.	2	55	<0,2	0,1	23	470	15	9	0,12	1,2	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	130	340	<1000	<1000	<2,4	
	2-2,5	93,4	i.a.	2	23	<0,2	0,05	15	74	18	9	0,03	0,2	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	52	110	<1000	<1000	<2,4	
	4-5	89,3	i.a.	2	5	<0,2	0,08	96	65	20	36	<0,03	i.p.	i.p.	0,0061	<0,1	<3	<5	11	39	<1000	<1000	<2,4	
	11,2-11,3	80,2	i.a.	5	8	<0,2	0,04	34	66	22	32	0,09	0,9	i.p.	<0,0035	<0,1	<3	<5	52	180	i.a.	i.a.	<2,4	
Normverdi/tilstandsklasse 1				8	25	1,5	1	100	200	50	60	0,1	2	0,01	0,01	<0,3/<0,2/<0,2	10	50	100	-	-	1000	15	



Figur 6: Modell som viser utbredelse av forurensning i tilstandsklasse 4 i vertikal og horisontal retning. Bergoverflaten er representert med rosa farge. Risikovurderte områder ligger utenfor markert byggegrupp. Kilde: Leapfrog WSP, 2025.



Figur 7: Modell som viser utbredelse av forurensning i tilstandsklasse 5 i vertikal og horisontal retning. Bergoverflaten er representert med rosa farge. Risikovurderte områder ligger utenfor markert byggegrop. Kilde: Leapfrog WSP, 2025.

5 Risikovurdering av helse

For å vurdere risikoen knyttet til menneskers helse benyttes Miljødirektoratets beregningsverktøy M-2171 [8]. Verktøyet undersøker hvilke konsentrasjoner som kan tillates i jordmassene uten at det medfører uakseptabel risiko for eksponering til mennesker. Vurderingen er basert på stedsspesifikke forhold, og der det er usikkerhet omkring valg av inngangsparametere er det valgt konservative verdier. Standard eksponeringsveier som inngår i beregningsverktøyet er følgende:

- Oralt inntak av jord eller støv
- Hudkontakt med jord og støv
- Innånding av støv eller gass
- Inntak av drikkevann
- Inntak av grønnsaker, frukt, bær eller andre spiselige planter
- Inntak av fisk eller annen næring påvirket av grunnforurensning

Basert på stedets bruk gjøres det en vurdering av hvilke eksponeringsveier som er relevante. Vedlegg 1 viser benyttede verdier i beregningsverktøyet.

5.1 Eksponeringsfare utendørs

Oralt inntak, hudkontakt og innånding av støv

Ettersom de forurensende jordmassene enten er dypereliggende masser som vil være tildekket med 1 meter løsmasser, eller med asfalt/betong, vil ikke eksponering gjennom direktekontakt med massene være aktuelt. Oralt inntak, hudkontakt og innånding av støv utgår derfor som parametere i vurderingen.

Inntak av drikkevann

I henhold til NGUs grunnforurensningsdatabase (GRANADA) [10] er det ikke registrert grunnvannsbrønner i løsmasser med vannforsyning som brukstype i umiddelbar nærhet fra arealene hvor det er påvist forurensende masser. Den nærmeste brønnen på ca. 200 m benyttes som energikilde, slik at det ikke vil benyttes grunnvann fra lokaliteten som kan være forurenset. I tillegg antas det at en eventuell spredning av forurensning fra tiltaksområdet drenerer ut i tilgrensende kystvann i vest og sør. Inntak av forurenset drikkevann utgår derfor som en eksponeringsvei.

Inntak av grønnsaker, frukt, bær eller andre spiselige planter

Ut fra bruken og reguleringen av eiendommen er det uaktuelt å dyrke grønnsaker eller frukt i de forurensede massene i området. Konsum av grønnsaker og frukt som kan være påvirket av forurensning utgår derfor som eksponeringsvei.

Inntak av fisk

Eksponering fra fisk kan forekomme i mindre grad ved fiske fra vannforekomst, men omfanget ansees å være begrenset da det ikke foregår næringsfiske i Byfjorden.

For vurdering av eksponeringsfare utendørs er det derfor ingen relevante eksponeringsveier, utover inntak av fisk.

5.2 Eksponeringsfare innendørs

Det skal oppføres bygninger på berørt areal og stor grad av aktivitet på området som vil foregå innendørs. Eksponering innendørs ved innånding av gass er derfor vurdert som en eksponeringsvei.

5.3 Vurdering av helserisiko

Utdrag fra vurderingene i beregningsverktøyet for helserisiko er vist i Tabell 4 og Tabell 5. Ved å legge inn analyseresultatene tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5 som vil bli liggende utenfor byggegrop (dvs. masser som ikke er planlagt fjernet), viser beregningsverktøyet at det er overskridelser av stoffene benzo(a)antracen, krysen, benzo(b)fluoranten og benzo(a)pyren for helserisiko av barn, voksne og livstidsrisiko. Av disse stoffene er det kun benzo(a)pyren som har egen tilstandsklasse. For

benzo(a)antracen, krysen og benzo(b)fluoranten vil disse derfor inkluderes i vurderingen for tilstandsklassen for Σ16 PAH.

Masser som inneholder forurensning av benzo(a)pyren og Σ16 PAH i tilstandsklasse 4 og 5 må derfor graves ut og leveres til godkjent mottak. Dette gjelder masser som representeres ved prøve PR4 (1-1,5 m), PR15 (3,7-4 m) og PR23 (1-1,6 m).

Beregningsverktøyet angir i tillegg eventuell risiko for gass innendørs i bygg, og denne ligger langt under grensen for overskridelse, både ved beregninger ut ifra maksimumskonsentrasjoner og middelkonsentrasjoner (Tabell 4).

Tabell 4: Utdrag fra beregningsverktøyet for helserisiko med vurdering av trinn 1 og trinn 2. Analyseresultater for gjenværende masser i tilstandsklasse 4 og 5 utenfor byggegrupp er lagt inn i verktøyet.

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1 Norm-verdi jord (mg/kg)	C _{ex} max overskrider normverdi	TRINN 2				Risiko gass	
	Antall prøver	Max C _{ex} max (mg/kg)	Middel C _{ex} middel (mg/kg)			Helserisiko Barn		Helserisiko Voksen		Livstids Helserisiko	
						Overskridelse MTDI (maks)	Overskridelse MTDI (middel)	Overskridelse MTDI (maks)	Overskridelse MTDI (middel)	Overskridelse MTDI (maks)	Overskridelse MTDI (middel)
Arsen	8	78	18,9875	8	875 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Bly	8	420	279,375	60	600 %	-98 %	-98 %	-99 %	-99 %	-99 %	-99 %
Kadmium	4	7,7	2,255	1,5	413 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Kvikksølv	8	4,8	1,0875	1	380 %	-100 %	-100 %	-99 %	-100 %	-99 %	-100 %
Kobber	8	6100	850,875	100	6000 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Sink	8	2300	611,25	200	1050 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Krom total (III + VI)	8	65	32	50	30 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
Nikkel	8	84	28,25	60	40 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
PCB7	1	0,023	0,023	0,01	130 %	-99 %	-99 %	-99 %	-99 %	-99 %	-99 %
PAH16	8	310	69,87125	2	15400 %						
Naftalen	5	0,86	0,55	0,8	8 %						
Acenaflyten	5	0,81	0,4412								
Acenafthen	4	7,6	2,0485								
Fenantren	6	47	10,67								
Antracen	6	14	3,63666667								
Fluoren	4	5,9	1,9525	0,8	638 %						
Fluoranten	6	65	17,53166667	1	6400 %						
Pyren	6	49	15,03333333	1	4800 %						
Benzo(a)antracen	6	24	7,525			2042 %	571 %	818 %	188 %	933 %	224 %
Krysen	6	18	5,59			268 %	14 %	58 %	-51 %	77 %	-45 %
Benzo(b)fluoranten	8	18	4,8109375			222 %	-14 %	38 %	-63 %	55 %	-58 %
Benzo(a)pyren	6	21	7,588333333	0,1	20900 %	3189 %	1089 %	1310 %	409 %	1486 %	473 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8	12	3,30625			-24 %	-79 %	-79 %	-91 %	-63 %	-90 %
Dibenzo(a,h)antracen	5	2,8	1,292			-4 %	-56 %	-59 %	-81 %	-54 %	-79 %
Benzen	1	0,13	0,13	0,01	1200 %	-95 %	-95 %	-75 %	-75 %	-77 %	-77 %
Toluen	1	0,11	0,11	0,3	-63 %	-100 %	-100 %	-99 %	-99 %	-99 %	-99 %
Alifater >C12-C35	8	430	98,5	100	330 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
TBT-kation	-			0,015							

Tabell 5: Utdrag fra beregningsverktøyet for helserisiko med beregning av akseptkriterier. Analyseresultater for gjenværende masser i tilstandsklasse 4 og 5 utenfor byggegrupp er lagt inn i verktøyet.

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1	Størst overskridelse		Akseptkriterium	Sammenligning av påvist kons. mot akseptkriterium		Normverdi	
	Antall prøver	Max	Middel	Norm- verdi jord (mg/kg)	C _{ex} max overskrider normverdi	Alle definerte grenseverdier		Kons. i jord (mg/kg t.v.)	Cs, max overskrider akseptkriterium		Cs, middel overskrider akseptkriterium
						Overskridelse MTDI (maks)	Overskridelse MTDI (middel)				
Arsen	8	78	18,9875	8	875 %	-100 %	-100 %	2,02E+05	-100 %	-100 %	8
Bly	4	420	279,375	60	600 %	-98 %	-98 %	1,70E+04	-98 %	-98 %	60
Kadmium	4	7,7	2,255	1,5	413 %	-100 %	-100 %	3,97E+03	-100 %	-100 %	2
Kvikksølv	8	4,8	1,0875	1	380 %	-99 %	-100 %	5,03E+02	-99 %	-100 %	1
Kobber	8	6100	850,875	100	6000 %	-100 %	-100 %	1,30E+06	-100 %	-100 %	100
Sink	8	2300	611,25	200	1050 %	-100 %	-100 %	9,12E+06	-100 %	-100 %	200
Krom total (III + VI)	8	65	32	50	30 %	-100 %	-100 %	4,89E+05	-100 %	-100 %	50
Nikkel	8	84	28,25	60	40 %	-100 %	-100 %	4,19E+04	-100 %	-100 %	60
PCB7	1	0,023	0,023	0,01	130 %	-99 %	-99 %	1,57E+00	-99 %	-99 %	0,01
PAH16	8	310	69,87125	2	15400 %	No MTDI	No MTDI				2
Naftalen	5	0,86	0,55	0,8	8 %	No MTDI	No MTDI				0,8
Acenafthylene	5	0,81	0,4412			No MTDI	No MTDI				
Acenafthen	4	7,6	2,0485			No MTDI	No MTDI				
Fenantren	6	47	10,67			No MTDI	No MTDI				
Antracen	6	14	3,636666667			No MTDI	No MTDI				
Fluoren	4	5,9	1,9525	0,8	638 %	No MTDI	No MTDI				0,8
Fluoranten	6	65	17,53166667	1	6400 %	No MTDI	No MTDI				1
Pyren	6	49	15,03333333	1	4800 %	No MTDI	No MTDI				1
Benzo(a)antracen	6	24	7,525			2042 %	571 %	1,12E+00	2042 %	571 %	
Krysen	6	18	5,59			268 %	14 %	4,89E+00	268 %	14 %	
Benzo(b)fluoranten	8	18	4,8109375			222 %	-14 %	5,59E+00	222 %	-14 %	
Benzo(a)pyren	6	21	7,588333333	0,1	20900 %	3189 %	1089 %	6,38E-01	3189 %	1089 %	0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8	12	3,30625			-24 %	-79 %	1,57E+01	-24 %	-79 %	
Dibenzo(a,h)antracen	5	2,8	1,292			-4 %	-56 %	2,91E+00	-4 %	-56 %	
Benzen	1	0,13	0,13	0,01	1200 %	-75 %	-75 %	5,22E-01	-75 %	-75 %	0,01
Toluen	1	0,11	0,11	0,3	-63 %	-99 %	-99 %	9,99E+00	-99 %	-99 %	0,3
Alifater >C12-C35	8	430	98,5	100	330 %	-100 %	-100 %	9,22E+06	-100 %	-100 %	100
TBT-kation	-			0,015							0,02

*Akseptkriterium viser beregnet grenseverdi som er akseptabel for helse. Verdiene er i tabellen ikke justert for farlig avfalls grense eller høyeste akseptable tilstandsklasse. Dette vurderes nærmere nedenfor.

5.4 Konklusjon helserisiko

Utdrag fra vurderingen i Tabell 5 viser at helsebasert akseptkriterium for flere av stoffene ligger svært høyt i forhold til påviste konsentrasjoner, og øvre grense for tilstandsklasse 5. Hvor høy konsentrasjon av forurensning som er akseptabel i grunnen avhenger i tillegg til en vurdering av helserisiko, også av

en vurdering av spredningsrisiko og en overordnet vurdering av arealbruken på området og tilgrensede områder. For helserisiko mener Rambøll at det med tanke på utviklingen av området som helhet, med boliger, lekeplasser, parker og rekreasjonsområder, bør legges følgende føringer til grunn for gjenværende masser:

- For stoffer med utarbeidet tilstandsklasse skal akseptkriteriet begrenses oppad til øvre grense tilstandsklasse 4, iht. Miljødirektoratets veileder [3].
- For alle PAH-komponenter er akseptkriteriet begrenset til øvre grense tilstandsklasse 3 for $\Sigma 16$ PAH og benzo(a)pyren.

Basert på overnevnte punkter er det derfor i tillegg til å fjerne masser som inneholder PAH-forurensning i tilstandsklasse 4 og 5 utenfor byggegrop, også behov for å fjerne masser med benzen tilsvarende tilstandsklasse 5 utenfor byggegrop. Dette medfører at masser utenfor byggegrop som representeres ved prøve PR4 (1-1,5 m), PR15 (3,7-4 m), PR23 (1-1,6 m) og PR29 (0,1-0,4 m) må graves ut og leveres til godkjent mottak.

Kartlagt omfang er vist i Figur 6 og Figur 7. Ytterligere omfang vil ikke kunne avdekkes før gravearbeidene starter opp og supplerende prøvetaking og kontroll utføres.

Basert på gjennomgang og vurdering av helserisiko er følgende miljømål oppfylt hvis tiltakene beskrevet ovenfor gjennomføres:

Miljømål 1 - Det skal ikke medføre uakseptabel risiko for menneskers helse grunnet forurensning i grunnen ved å oppholde seg på tiltaksområdet med planlagt arealbruk.

6 Risikovurdering av resipient

For å vurdere spredningsrisiko til omkringliggende områder og resipient, benyttes Miljødirektoratets veileder M-2173 [9]. Verktøyet identifiserer hvor stor spredningen fra det forurensende området er, hvilke spredningsveier som er aktuelle, og hvilke vannforekomster som er mottakere av forurensningen (resipient). Det gjøres en vurdering av transport fra umettet sone (jordlagene mellom overflaten og grunnvannsnivå) til mettet sone, med videre fortynning ut i resipient. Vedlegg 2 viser stedsspesifikke parametere og beregninger i verktøyet.

Jordspesifikke data er lagt inn i beregningsverktøyet ved å bruke standardtall for den aktuelle jordtypen. Det er ved valg av verdier tatt utgangspunkt i at massene i umettet sone består av grov sand og grus, mens massene i mettet sone består av medium sand/silt. I tillegg benyttes stedsspesifikke data for området, deriblant årlig nedbørsmengde, årlig avrenning, hydraulisk gradient samt tykkelse og lengde på akviferen.

Det ble ikke utført vannprøvetaking av resipienten ved miljøundersøkelsene i 2023, men sjøen er ansett å være forurensset fra før, se kapittel 3.

6.1 Spredning fra forurensset område

For å vurdere risikoen for spredning fra de gjenværende forurensende massene etter at byggegrop er gravd ut, har fortynningspotensialet i nærliggende resipient (Byfjorden indre del) blitt vurdert. I henhold til Norges Vassdrags- og energiverk [11] er årlig avrenning i området 2 479 mm/år. Anslått areal på avrenningsområdet til Byfjorden indre del som er tilknyttet prosjektet er ca. 7 400 m². Dette gir en årlig tilførsel av vann fra nedbør til sjø på om lag 60 000 m³.

I henhold til Norsk Klimaservicesenter [12] er gjennomsnittlig årsnedbør i området for perioden mellom 2017 og 2021 på 2 608 mm. Det antas at akviferen har en tykkelse på ca. 5 meter, og utstrekning av forurensende masser er estimert til å være omtrent 16,5 m i bredden og 115 m i lengden. Dette er hentet fra modell (Figur 6 og Figur 7).

6.2 Konservative elementer i vurderingen

Det er forutsatt at alle prøver fra dypere enn 1 meter ligger i mettet sone. Dette overestimerer hvor tilgjengelig påvist forurensning er for spredning, siden grunnvannet (havnivå) ligger dypere enn 1 meter. Det er lagt til grunn at mettet sone har en konduktivitet tilsvarende grov sand, mens realiteten trolig er at mettet sone i stor grad består av fyllmasser. Hydraulisk konduktivitet er derfor trolig betydelig lavere enn antatt i vurderingen, og spredningen fra området vil dermed være overestimert i risikovurderingen.

Spredningstall fra tiltaksområdet baserer seg på vannføring fra nedbørsfeltene gjennom grunnen. Det aller meste av arealene på tiltaksområdet er asfaltert eller betongdekke. Nedbør vil derfor i liten grad infiltrere og vaske ut forurensning i grunnen.

Tidevannet vil bidra til bevegelse i vannet nærmest land, og føre til utlekking fra forurensede masser ut i vannmassene. Denne prosessen har pågått over mange tiår allerede, og mye av tilgjengelig forurensning er dermed vasket ut og spredt med vannmassene allerede. I tillegg vil strømningsforhold i sjøen, vind, båttrafikk m. m. medføre ytterligere blanding av vannmassene, men dette er ikke tatt hensyn til i risikovurderingen.

6.3 Vurdering av spredning

Det er ved hjelp av beregningsverktøyet gjort vurdering av spredning fra forurensede masser som blir liggende igjen utenfor byggegrop, tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5, og med høyeste helsebaserte akseptkriterie for de parameterne der det ikke er utarbeidet tilstandsklasse. Beregningen er bevisst gjort med disse kriteriene slik at et worst-case-scenario er vurdert dersom det viser seg å ikke være mulig å grave ut all forurensning som planlagt.

Ved å legge til inngangsparameterne i beregningsverktøyet vurderes estimert konsentrasjon av miljøgiftene i grunnvann og resipient over tid (5 år, 20 år og 100 år). Ettersom tiltaksområdet ligger i direkte tilknytning til sjøen, vil grunnvann i dette tilfellet tilsvare sjøvann. Det er derfor kun tatt hensyn til konsentrasjoner i resipient (sjøvann) i risikovurderingen. Konsentrasjoner av de ulike miljøgiftene i resipient over tid er gjengitt i Tabell 6.

Beregnete konsentrasjoner sammenlignes mot grenseverdiene i Miljødirektoratets veileder M-608 [4]. Kriteriene for øvre grense for klasse II i klassifiseringssystemet er i samsvar med Vanndirektivets miljøkvalitetsstandards AA-EQS og MAC-EQS. Øvre grense for klasse II tilsvarer AA-EQS, som er grenseverdien for kroniske effekter ved langtidseksponering. Vanndirektivet har som generelt mål at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå "god tilstand" som tilsvarer klasse II.

Påvirkningen på naboeiendommer og resipient (indre del av Byfjorden) anses akseptabel ved at tilførsel av forurensning fra gjenværende masser på tiltaksområdet ikke medfører konsentrasjonsnivåer i resipient som overstiger tilstandsklasse II for kystvann.

Tabell 6: Spredning av miljøgifter fra gjenværende forurensning i tilstandsklasse 4 og 5 utenfor byggeprip. Grønn farge symboliserer at konsentrasjonen av miljøgiften er innenfor øvre grense for tilstandsklasse II for kystvann.

Parameter	Beregnet konsentrasjon i resipient fra maks jord-konsentrasjon C _{sw, max} (µg/l) mot eksponering over tid			Grenseverdi resipient TKL II /PNEC (µg/l)
	5 år	20 år	100 år	
Tungmetaller				
Arsen	1,50-04	1,49E-04	1,49E-04	0,6
Bly	4,10E-04	4,10E-04	4,09E-04	1,3
Kvikksølv	1,13E-05	1,13E-05	1,12E-05	0,001
Kobber	4,95E-03	4,95E-03	4,94E-03	0,3
Sink	4,97E-04	4,97E-04	4,97E-04	1,5
PAH-komponenter				
Σ16 PAH	Det eksisterer ikke grenseverdi for Σ16 PAH i kystvann. Alle enkeltkomponenter av PAH må derfor vurderes separat.			
Benzo[a]pyren	1,58E-04	1,58E-04	1,56E-04	0,00017
Naftalen	4,77E-03	1,01E-03	7,71E-08	2
Acenaftalen	2,43E-03	1,13E-03	8,96E-06	1,28
Acenaften	6,27E-03	4,35E-03	4,44E-04	3,8
Fenantren	4,91E-03	4,69E-03	3,61E-03	0,5
Antracen	2,10E-03	1,98E-03	1,42 E-03	0,1
Fluoren	3,15E-03	2,64E-03	9,12E-04	1,5
Fluoranten	3,10E-03	3,04E-03	2,76E-03	0,0063
Pyren	4,39E-03	4,26E-03	3,63E-03	0,023
Benzo(z)antracen	2,60E-04	2,95E-04	2,55E-04	0,012
Krysen	2,43E-04	2,42E-04	2,37E-04	0,07
Benzo(b)fluoranten	1,00E-04	1,00E-04	9,05E-05	0,017
Benzo(k)fluoranten	1,05E-04	1,05E-04	1,04E-04	0,017
Ideno(1,2,3-cd)pyren	2,45E-05	2,44E-05	2,43E-05	0,0027
Dibenzo(a,h)antracen	1,15E-05	1,15E-05	1,14E-05	0,0006
Benzo(g,h,i)perylen	5,21E-05	5,021E-05	2,15E-05	0,00082
BTEx-forbindelser				
Benzen	1,32E-04	5,81E-011	3,12E-47	10

6.4 Konklusjon spredningsrisiko

Basert på gjennomgang og vurdering av spredningsrisiko er følgende miljømål oppfylt:

Miljømål 2 - Gjenværende forurensning skal ikke medføre uakseptabel spredning til naboeiendommer.

Miljømål 3 - Det skal ikke forekomme spredning av forurensning fra det aktuelle området som medfører at miljømål i resipient ikke kan oppnås. Det er et generelt mål at kystvann skal ha minst god kjemisk tilstand (tilstandsklasse II i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608 [4]).

7 Oppsummering

Gjennomført risikovurdering med gitte forutsetninger og konservative verdier, viser at risikoen forbundet med påvist forurensning er akseptabel med planlagt arealbruk på tiltaksområdet med hensyn på spredning av miljøgifter til resipient.

Risikoen forbundet med eksponering av mennesker for forurensning av PAH-forbindelser er imidlertid ikke akseptabel. Masser som inneholder forurensning av benzo(a)pyren og $\Sigma 16$ PAH i tilstandsklasse 4 og 5 utenfor byggegrøp må derfor graves ut og leveres til godkjent mottak.

I tillegg har Rambøll vurdert at det med tanke på utviklingen av området som helhet, med boliger, lekeplasser, parker og rekreasjonsområder, skal akseptkriteriet for stoffer med fastsatt tilstandsklasse begrenses oppad til øvre grense tilstandsklasse 4 iht. Miljødirektoratets veileder [3]. Dette medfører at alle masser i tilstandsklasse 5 utenfor byggegrøp også må fjernes.

Masser som representeres ved prøve PR4 på dyp 1-1,5 m, PR15 på dyp 3,7-4 m, PR23 på dyp 1-1,6 m og PR29 på dyp 0,1-0,4 m skal graves ut og leveres til godkjent mottak.

Det forutsettes at alle masser i tilstandsklasse 4 og 5 innenfor byggegrøp fjernes.

8 Referanser

- [1] Multiconsult, «10252488-01-RIGm-RAP-001 Miljøgeologiske grunnundersøkelser. Datarapport,» 2024.
- [2] Rambøll, «M-rap-001-rev02-1350036858 Samlokalisering HI-Fdir-Dokken-Bergen-Tiltaksplan for forurenset grunn-2025-02-15,» 2025.
- [3] Miljødirektoratet, «Nettbasert veilder for forurenset grunn,» Miljødirektoratet , 2024.
- [4] Miljødirektoratet, «M-608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020,» 2016.
- [5] NVE, «Vann-nett,» [Internett]. Available: <https://www.vann-nett.no/portal/>.
- [6] Cowi, «4-ÅRSKONTROLL ETTER TILTAK MOT FORURENSET SJØBUNN I PUDDEFJORDEN, FAGRAPPORT A243166-2023-02,» 2023.
- [7] Multiconsult, «Søknad om tillatelse til utfylling i sjø,» 2008.
- [8] Miljødirektoratet, «M-2171 Verktøy for risiko menneskers helse,» 2021.
- [9] Miljødirektoratet, «M-2173 Verktøy spredning fra forurenset grunn,» 2021.
- [10] NGU, «GRANADA,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/.
- [11] Norges Vassdrags- og energiverk (NVE), «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [12] Norsk Klimaservicesenter. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/>.

Vedlegg 1 – Utdrag fra beregningsverktøyet for vurdering av helserisiko

Tabell V1: Utdrag fra transport, eksponeringsveier og eksponeringsprosesser.

Målte verdier	Ja	Nei	
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c
Er det målt poregass? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d
Er det målt grunnvannskonsentrasjon? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e
Er det målt inneluftkonsentrasjon? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f
Er det målt konsentrasjon i grønnsaker? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g
Er det målt konsentrasjon i fisk? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1h

Transport og spredningsprosesser (Kun verdier i gule felt kan endres. Endringer skal begrunnes.)				
Parametre	Symbol	Standard verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse (Gule celler må fylles)
Jordspesifikke data				
Vanninnhold i jord	θ_w	0,2	0,076	L luft/l jord Løsmassene består i hovedsak av sand og grus. Benyttet tall for sand
Luftinnhold i jord	θ_a	0,2	0,334	I luft/l jord Løsmassene består i hovedsak av sand og grus. Benyttet tall for sand
Jordas tetthet	ρ_s	1,7	1,7	kg/l jord
Fraksjon organisk karbon (TOC) i jord	f_{oc}	1,0 %	3,0 %	Tall hentet fra Miljøteknisk rapport
Jordas porositet	ϵ	40 %	41 %	Løsmassene består i hovedsak av sand og grus. Benyttet tall for sand
Parametre brukt til beregning av konsentrasjon i innendørsluft				
Innendig volum av huset	V_{hus}	240	375	m ³ 150 m ² * 2,5 m takhøyde
Areal under huset	A	100	150	m ² Areal under hus utenfor byggegrop
Utskiftingshastighet for luft i huset	I	12	15	d ⁻¹ TEK17
Dybde fra kjellergulv til forurensetning	Z	0,35	1	m Prosjektert løsning
Luftpermeabilitet jord	k_s	1E-10	1E-10	m ² Coarse sand (RIVM, 2008)
Luftpermeabilitet gulv	k_f	1E-15	1E-15	m ² Concrete (RIVM, 2008) → k _f dårlig gulv tab 5.32
Viskositet luft	η	6E-09	6E-09	Pa.s
Trykkforskjell, inneluft vs. jordluft	ΔP	1	1	Pa Slab-on-grade/indoor (RIVM, 2008)
Tykkelse gulv	L _f	0,1	0,1	m
Porøsitet gulv	n gulv	0,135	0,135	m ³ /m ³ Concrete (RIVM, 2008)
Gassfylt porevolum gulv	θ_a gulv	0,135	0,135	m ³ /m ³ Concrete (RIVM, 2008)
Data brukt til beregning av konsentrasjon i grunnvann				
Jordas hydraulisk konduktivitet	k	0,0001	0,00005	m/s verdi for sand iht. brukermanualen for beregningsverktøyet. Tar høyde for fyllmasser, og er ellers konservativ.
		3153,6	1576,8	m/år
Avstand til brønn	X	0	0	m
Langden av det forurensete området i grunnvannsstrømmens retning	L _{gw}	50	115	m Målt i modell. Inkluderer områder med masser i tilstandsklasse 4 og 5.
Fraksjon som infiltrerer	FI	0,5	0,2	-/- Asfalterte flater der det ikke er bebyggelse. Infiltrasjonsfaktor for asfalt er hentet fra veileder for risikovurdering av forurenset grunn
Gjennomsnittlig årlig nedbørsmengde	P	1500	2608	mm/år Gjennomsnittlig nedbørstall fra 2017-2022 Bergen UiB målestasjon (https://seklima.met.no)
Infiltrasjonsmengde (meter vann/år)	I	0,750	0,522	m/år Beregnet (P * FI/1000)
Hydraulisk gradient	i	0,03	0,03	m/m
Tykkelsen av akviferen	d _a	5	5	m
Tykkelsen av blandingssonen i akviferen	d _{mix}	5	5	m
Data brukt til beregning av konsentrasjon i overflatevann				
Vannføring i overflatevann	Q _{ov}	5000000	60000	m ³ /år Lagt til grunn at resipient er arealet markert i bildet, dybde 8 meter og oppholdstid på 1 uke (som angitt i veileder ved risikovurdering av fjordareal)
Bredden av det forurensete området vinkelrett på retningen av grunnvannsstrømmen	L _{SW}	50	16,5	m Målt i modell. Inkluderer områder med masser i tilstandsklasse 4 og 5
Beregnet hastighet på grunnvannstrøm	Q _{gr}	23652	3902,58	m ³ /år Beregnet (K * i * d _{mik} * L _{SW})

Eksponeringsveier ved aktuell arealbruk. (Kun verdier i gule felt kan endres. Endringer skal begrunnes.)				
Parametre	Standard verdi	Anvendt verdi	Enhet	Begrunnelse (Gule celler må fylles)
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (bam)	365	0	UAKTUELL	Ikke aktuell pga. forutsetning om overdekning med rene masser/asfalt
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (voksne)	365	0	UAKTUELL	Ikke aktuell pga. forutsetning om overdekning med rene masser/asfalt
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (bam)	80	0	UAKTUELL	Ikke aktuell pga. forutsetning om overdekning med rene masser/asfalt
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (voksne)	45	0	UAKTUELL	Ikke aktuell pga. forutsetning om overdekning med rene masser/asfalt
Oppholdstid utendørs (bam)	365	0	UAKTUELL	Ikke aktuell pga. forutsetning om overdekning med rene masser/asfalt
Oppholdstid utendørs (voksne)	365	0	UAKTUELL	Ikke aktuell pga. forutsetning om overdekning med rene masser/asfalt
Oppholdstid innendørs (bam)	365	100	dager/år	Noen barn f.eks skole eller barnehage på besøk. (100 dager/2 timer maks)
Oppholdstid innendørs (voksne)	365	240	dager/år	Ansatt i bygget (240dager/ 8t)
Fraksjon av grunnvann fra lokaliteten brukt som drikkevann	100 %	0 %	UAKTUELL	Ikke aktuell å bruke grunnvann som drikkevann
Fraksjon av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten	30 %	0 %	UAKTUELL	Dyrkes ikke grønnsaker på lokaliteten
Fraksjon av inntak av fisk fra nærliggende resipient	100 %	4 %		Hobbyfisking

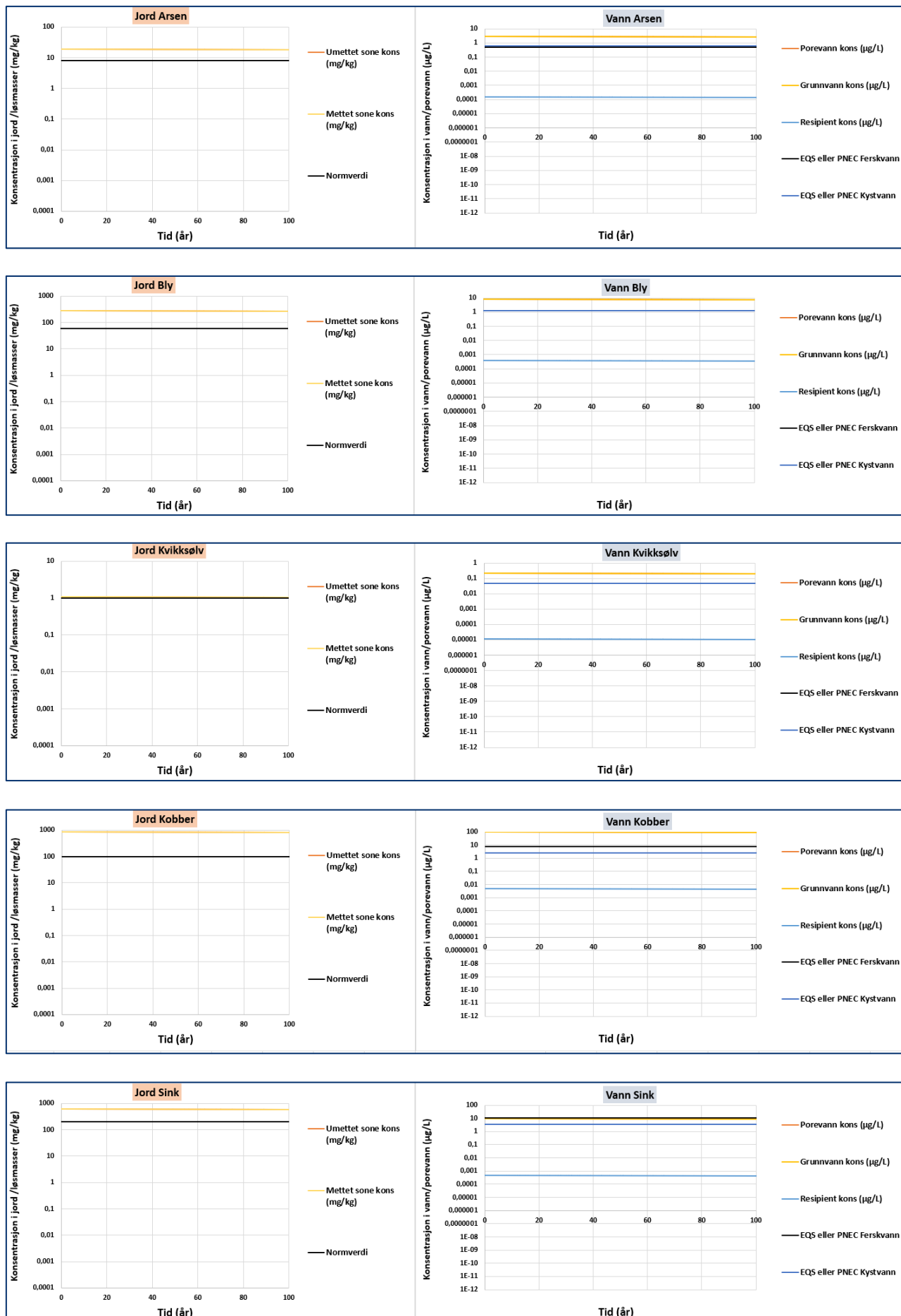
Vedlegg 2 – Utdrag fra beregningsverktøyet for vurdering av spredningsrisiko

Tabell V2: Utdrag fra spredning i umettet sone, mettet sone og resipient.

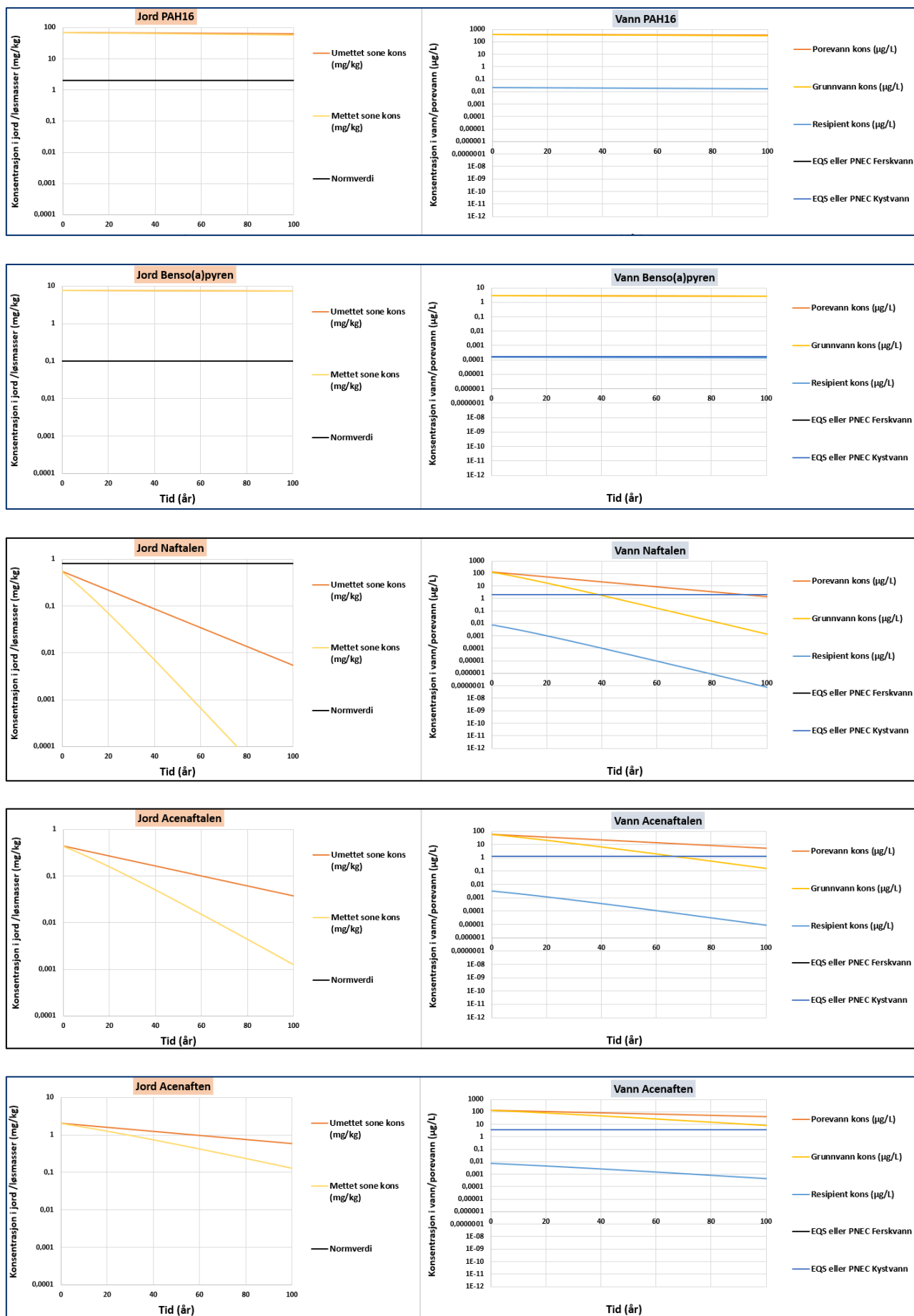
Generell jordinformasjon			
Grunnleggende jordparametere	Sjåblongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Jordklasse i umettet sone	Grov sand	Grov sand	Endre iht. tabell fra rad 62 under
Jordklasse i mettet sone	Medium sand	Medium sand	Endre iht. tabell fra rad 62 under
UMETTET SONE GENERELLE PARAMETERE			
Grunnleggende jordparametere	Sjåblongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
f_{OC} (fraksjon organisk karbon – TOC fra analyserapport)	1,0%	1,0%	Sjåblongverdi er 1 %. Legg inn målt gjennomsnitt i løsmasser
Bulkdensitet jord, ρ_{soil} [kg/dm ³]	1,7	1,7	Jordklasse i umettet sone: Grov sand
Effektiv porøsitet, ϵ	0,18	0,18	Jordklasse i umettet sone: Grov sand
Vannfylt porevolum i umettet sone (m ³ /m ³)	0,18	0,18	Samme som effektiv porøsitet (konservativ)
Feltkapasitet i umettet sone [-]	0,07	0,07	Jordklasse i umettet sone: Grov sand
Generelle områdeparametere	Sjåblongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Lengde forurensingsoverflate i grunnvannsretning (m)	50	115	Målt i modell. Inkluderer områder med masser i tilstandsklasse 4 og 5
Bredde forurensingsoverflate på tvers av grunnvannsretning (m)	50	16,5	Målt i modell. Inkluderer områder med masser i tilstandsklasse 4 og 5
Mektilighet av forurensning (m)	4	4	Konservativt, stor mektilighet av forurensningen
Nedbør (mm/år)	1500	2608	Gjennomsnittlig nedbørstall fra 2017-2022 Bergen UIB målestasjon (https://seklima.met.no)
Fraksjon av nedbør som infiltrerer	0,8	0,2	Asfalterte flater der det ikke er bebyggelse. Infiltrasjonsfaktor for asfalt er hentet fra veileder for risikovurdering av forurenset grunn
METTET SONE GENERELLE PARAMETERE			
Grunnleggende jordparametere	Sjåblongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
f_{OC} (-)	0,2%	0,3%	Tall hentet fra miljøteknisk rapport
Bulkdensitet for løsmasser, ρ_{soil} [kg/l]	1,65	1,65	Jordklasse i mettet sone: Medium sand
Effektiv Porøsitet, ϵ	0,13	0,125	Jordklasse i mettet sone: Medium sand
Generelle områdeparametere grunnvann	Sjåblongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Hydraulisk konduktivitet k (m/s)	1,00E-04	1,00E-04	Jordklasse i mettet sone: Medium sand
Gradient dh/dl (m/m)	0,03	0,03	Gradient 0,03
Strømningshastighet (m/år)	7,57E+02	7,57E+02	Basert på Darcy's lov omregnet til porevannshastighet i meter pr. år
Blandingsdybde (m)	5	5	Tilsvarende risikovurdering for human helse
Lengde akvifer = lengde forurenset areal + avstand til resipient (m)	50	115	Tiltaksområdet er i direkte tilknytning til resipient (avstand til resipient er 0)
RESIPIENT GENERELLE PARAMETERE			
Grunnleggende parametere for resipient	Sjåblongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Volumvannføring i resipient (m ³)	5000000	30000	Lagt til grunn at resipient er arealet markert i bildet, dybde 8 meter og oppholdstid på 1 uke (som angitt i veileder ved risikovurdering av fordareal)
Oppholdstid i resipient (år)	1,00	0,02	
Påvirket vannvolum (m ³ /år)	5000000	3000000	V i resipient / Oppholdstid i resipient

MELLOMBEREGNINGER	
UMETTET SONE	
Areal av forurenset område (m ²)	1897,5
Strømningshastighet i umettet sone (m/år)	7,451428571
$k_{umettet\ sone\ uten\ sorpsjon}$ (1/år)	1,862857143
METTET SONE	
Volum forurenset akvifer (m ³)	9487,5
Volum forurenset grunnvann i ett år (m ³)	9487,5
$k_{mettet\ sone\ uten\ sorpsjon}$ (1/år)	6,58
1/Fortynningsfaktor porevann til grunnvann (-)	7,89
RESIPIENT SONE	
Q forurenset grunnvann som tilføres i resipient (m ³ /år)	7805
Fortynningsfaktor resipient (-)	0,1301
1/Fortynningsfaktor resipient(-)	8

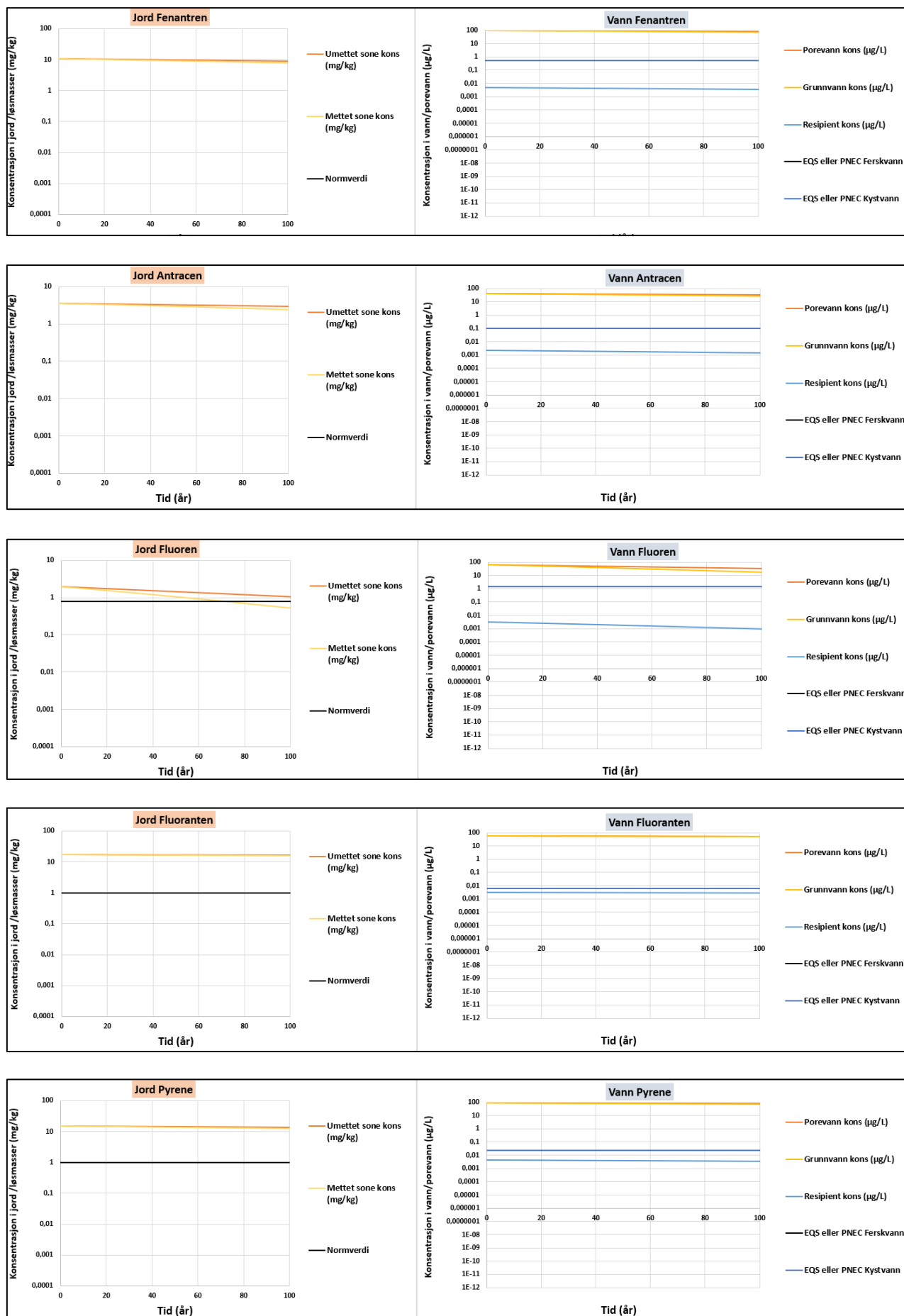




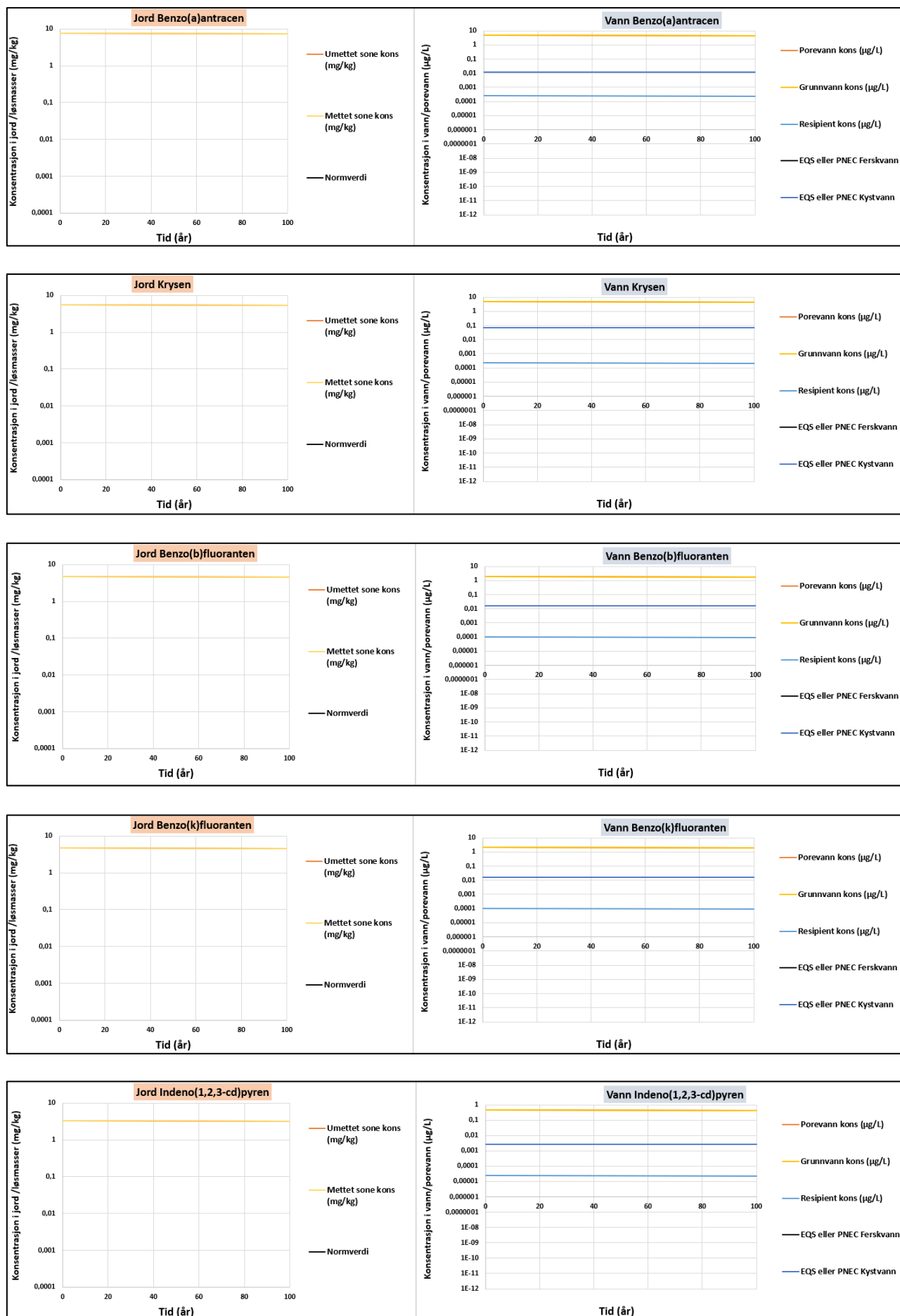
Figur V1: Beregnet utvikling av miljøgifter som er vurdert med hensyn på spredning til resipient over tid.



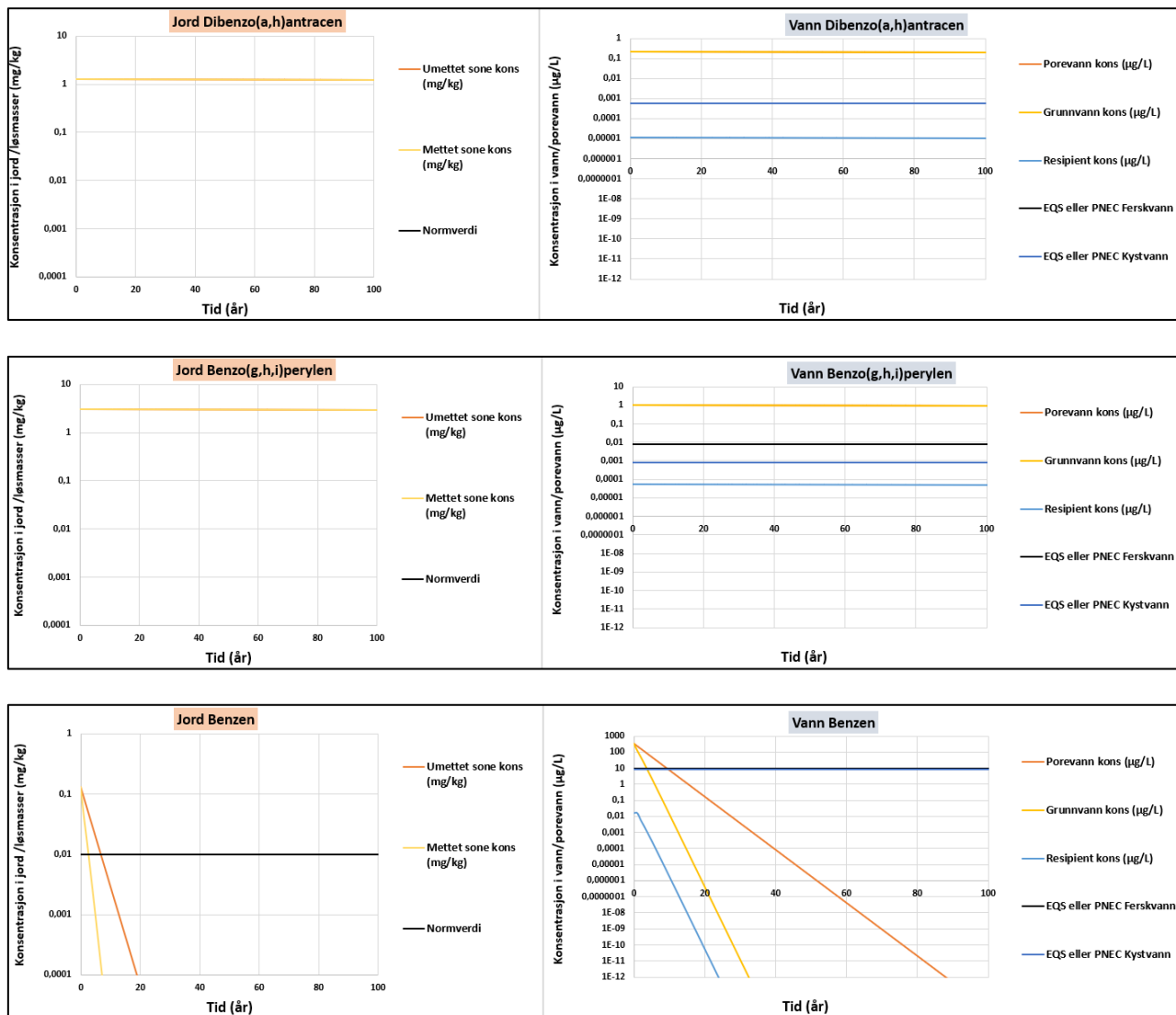
Figur V1 fortsettelse: Beregnet utvikling av miljøgifter som er vurdert med hensyn på spredning til resipient over tid.



Figur V1 fortsettelse: Beregnet utvikling av miljøgifter som er vurdert med hensyn på spredning til resipient over tid.



Figur V1 fortsettelse: Beregnet utvikling av miljøgifter som er vurdert med hensyn på spredning til resipient over tid.



Figur V1 fortsettelse: Beregnet utvikling av miljøgifter som er vurdert med hensyn på spredning til resipient over tid.