

Teknologirapport nr. 2432

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 14:

Miljøpåvirkning fra
gjenbruksmaterialer i veg



Desember 2007

Teknologiavdelingen

Teknologirapport nr. 2432

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 14:

Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg



Sammendrag

Denne rapporten tilhører en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet om miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer. Målsetning for arbeidet har vært å definere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer i de mest vanlige situasjoner i vegbygging. Hensikten er å tilby utbyggeren og bestilleren av gjenbruksmaterialer noen utgangskriterier for anskaffelse som sikrer akseptabel miljøpåvirkning i de mest vanlige forhold i vegbygging, i dette arbeidet beskrevet gjennom en "standardvegscenarior". Grenseverdiene for aksept av gjenbruksmaterialer uttrykkes som maksimalt totalinnhold av miljøfarlige stoffer i gjenbruksmaterialer og maksimale utlekkingsverdier.

Rapporten redegjør for hovedpremissene for Gjenbruksprosjektets arbeid med miljøpåvirkning og konklusjonene som gjelder fire prioriterte gjenbruksmaterialer: gjenbruksbetong, gjenbruksasfalt, oppkuttete bildekk og skumglass. Detaljert gjennomgang for hvert av disse materialene er å finne i prosjektrapportene 14a – 14d.

Grenseverdiene for aksept av gjenbruksmaterialer erstatter ikke miljørisikovurdering i tilfeller når forhold avviker fra det valgte scenariet eller når materialene avviker fra materialene omfattet av prosjektet. Metoden som ble brukt er imidlertid mulig å tilpasse andre forhold og materialer.

Emneord: *Alternative materialer, miljøpåvirkning, risikovurdering*
Dato: *Desember 2007*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 02030 Telefax: 22 07 38 66

Forord

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt er ett av fem etatsprosjekter i perioden 2002 - 2005. Prosjektet ble startet på Vegteknisk avdeling i Vegdirektoratet. Fra og med 2003 tilhører prosjektet Teknologivdelingen i Vegdirektoratet. I tillegg til fagpersoner i Statens vegvesen, består både prosjektrådet og arbeidsgrupper av ressurspersoner fra BA-næringen, forskningsmiljøer og administrative instanser.

Prosjektets overordnede mål er å *tilrettelegge* for gjenbruk. Dette skal gjøres ved å:

- øke kunnskapen om materialenes tekniske og miljømessige egenskaper
- implementere kunnskap underveis ved utførelser i Vegvesenets regi
- vurdere muligheter for ressursvennlig prosjektering
- studere økonomiske sider ved anvendelsen av resirkulerte materialer
- gjennomgå relevant regelverk, revidere eller supplere Vegvesenets håndbøker og veiledninger

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

- DP 1 Avfallshåndtering
- DP 2 Miljøpåvirkning
- DP 3 Gjenbruk av betong
- DP 4 Gjenbruk av asfalt
- DP 5 Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer
- DP 6 Gjenbruksvegen
- DP 7 Rammeverk for gjenbruk
- DP 8 Nye ideer, materialer og tiltak

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Delprosjekt 2 "Miljøpåvirkning" har som hovedmål å komme frem til en forenklet beslutningsmodell som vil bestå i en begrensning av innholdet av uønskede stoffer i gjenbruksmaterialet som brukes i de mest vanlige tilfeller i vegbygging. Det ønskede produktet er et sett med grenseverdier som gjør det mulig å skille materialene (gjenbruksbetong, gjenbruksasfalt, oppkuttete bildekk og skumglass) etter renheten allerede ved anskaffelsen. Se vedlegg 1 for mer informasjon om delprosjekt 2.

Arbeidsgruppen for delprosjekt 2 har bestått av:

Arnt- Olav Håøya, Rambøll Norge AS
Christian John Engelsen, SINTEF Byggforsk
Gijs Breedveld og Stig Moen, NGI
Torbjørn Jørgensen, Roald Aabøe og Gordana Petkovic fra Vegdirektoratet
Guro Thue Unsgård, Rambøll Norge AS
I tillegg har Karina E. Ødegaard, SINTEF /Molab AS, bidratt med arbeid på miljødeklarasjoner.

Gjenbruksprosjektet og DP2 ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	6
2	MÅLSETNING OG STRATEGI	7
3	METODE	9
4	GRENSEVERDIER UT FRA HELSE OG MILJØ, ”RENHETSKRITERIER”	11
5	GJENBRUKSMATERIALER I ”STANDARDVEGEN” – BESKRIVELSE OG RISIKOVURDERING	13
	5.1 <i>PROBLEMBESKRIVELSE, (TRINN 1)</i>	13
	5.2 <i>BESKRIVELSE AV SCENARIO, (TRINN 2)</i>	15
	5.3 <i>BESKRIVELSE AV MATERIALET (TRINN 3)</i>	16
	5.4 <i>BESKRIVELSE AV FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD SOM PÅVIRKER UTMERKING (TRINN 4)</i>	19
	5.5 <i>MODELLERING AV UTMERKING (TRINN 5)</i>	20
	5.6 <i>VALIDERING AV MODELLERING (TRINN 6)</i>	22
	5.7 <i>KONKLUSJONER VEDR. DATAGRUNNLAGET (TRINN 7)</i>	23
	5.8 <i>MILJØRISIKOVURDERING (TRINN 8) MED INVERSBEREGNING OG JUSTERING AV MATERIALETS INPUTVERDIER</i>	24
6	GRENSEVERDIER FOR AKSEPT AV GJENBRUKSMATERIALER I VEGBYGGING	28

VEDLEGG

- 1. DELPROSJEKT 2 ”MILJØPÅVIRKNING”**
- 2. OVERSIKT OVER RAPPORTER FRA GJENBRUKSPROSJEKTET**

1 Innledning

Denne rapporten tilhører en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet om miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer. Den oppsummerer hovedpremissene for Gjenbruksprosjektets arbeid med miljøpåvirkning og konklusjonene fra prosjektrapportene 14a – 14d (Teknologirapporter nr 2433 – 2436) som omhandler spesielt henholdsvis sementbaserte materialer, asfalt, oppkuttete bildekk og skumglass ^{4, 5, 6, 7}.

Gjenbruk og gjenvinning av ressurser vil spare naturen for uttak av nye råvarer, samt minimere produserte avfallsmengder. Materialer som betong, asfalt, bildekk, og skumglass egner seg teknisk for gjenbruk i veg. Arbeid innenfor Gjenbruksprosjektet har bekreftet det tidligere FoU-prosjekter på gjenbruksmaterialer har vist - at tekniske utfordringer ved bruk av gjenbruksmaterialer er løsbare. Et usikkerhetsmoment ved gjenbruksmaterialer er knyttet til om innhold av potensielt miljøfarlige stoffer i materialene vil kunne medføre spredning av disse og dermed en negativ miljøpåvirkning av omgivelsene der materialet benyttes. **Miljøegenskaper gjør seg imidlertid gjeldende selv hos de teknisk minst krevende bruksområder.** Manglende kjennskap til gjenbruksmaterialets miljøpåvirkning kan være tilstrekkelig hindring for gjenbruk, til tross for gjenbruksmaterialets gode tekniske egenskaper.

Gjenbruksmaterialer er som regel avfallsbaserte. Grunnen til at man skal vurdere deres miljøegenskaper er én eller flere av følgende:

- materialer har i bruksfasen blitt forurenset (eksempel betong som har vært dekket med PCB-holdig mørtel),
- materialer som tidligere har vært brukt i et annet produkt, slik som glass eller bildekk, og som i sin gjenbruksfase blir brukt *på en annen måte* enn opprinnelig. Den nye bruksmåten setter i fokus helt andre egenskaper enn i den opprinnelige bruksmåten. (eksempel oppkuttete bildekk brukt som fyllmasse),
- materialer stammer fra restprodukter fra industrien (eksempel slagg, aske).

I alle disse tilfeller er det viktig å vite

- hvilke stoffer materialene inneholder,
- hvor stor andel av disse uønskede stoffer gjenbruksmaterialet er i stand til å avgi til omgivelsene i sin nye bruksform. Sentrale faktorer for dette er eksponeringsflater og vanntilførsel samt forhold som medfører slitasje og støvning ved håndtering, utlegging eller bruk.

I Norge stilles der klare krav til hva som skal karakteriseres som farlig avfall. Det er også formulert normverdier for innhold av forurensning i jord i følsomme arealer. **Det er imidlertid ikke formulert noen grenser for miljøpåvirkning mellom disse to ytterlighetene.**

Miljøpåvirkning er av SFT definert som tiltakshaverens ansvar. For hvert enkelt inngrep (utbygging, rehabilitering, osv) skulle tiltakshaveren gjennomføre en miljørisikovurdering for å bestemme effekten på miljøet.

Det som tiltakshaveren imidlertid trenger er kriterier som kan brukes allerede ved anskaffelse av materialer og som vil kunne bli målt og deklarerert for hvert gjenbruksmaterialet som *produkt*. En betingelse /et første skritt i den retningen er at materialenes miljømessige egnetet som et *gjenvunnet material* dokumenteres, i henhold til kriteriene gitt av SFT¹.

Det tas utgangspunkt i et scenario med en ”standardveg” der gjenbruksmaterialer er brukt på en teknisk mest aktuelle måten og med de mest typiske forhold når det gjelder

klima, grunnforhold og nærheten til natur og mennesker. Man tar så utgangspunkt i totalinnhold av potensielt miljøfarlige stoffer i det aktuelle materialet og ser på potensiell utlekking av miljøfarlige stoffer til omgivelsene. Deretter beregnes akseptabelt innhold av miljøfarlige stoffer ved den aktuelle arealbruken. På bakgrunn av denne informasjonen konkluderes det i rapporten med en grenseverdi som Statens Vegvesen anbefaler for bruk av det aktuelle materialet til vegbygging.

Grenseverdiene for aksept av gjenbruksmaterialer erstatter ikke miljørisikovurdering i tilfeller når forhold avviker fra det valgte scenariet eller når materialene avviker fra materialene omfattet av prosjektet. Metoden som ble brukt kan imidlertid anvendes på andre forhold og materialer.

Metoden som ble brukt kan imidlertid anvendes på andre forhold og materialer. Den følger prinsippene for hvordan byggvareprodukter (hele produkter, tilslag etc.) skal evalueres i henhold til EU's byggevaredirektiv (direktiv 89/106/EØF)².

Laboratoriemetodene for utlekking som er benyttet i Gjenbruksprosjektet er metoder som harmoniseres i det europeiske standardiseringsorganet under arbeidsgruppe CEN/TC 351^{*}. Denne arbeidsgruppen arbeider under mandat 366 fra EU kommisjonen hvor helse- og miljøegenskaper til byggvareprodukter skal evalueres med hensyn til utlekking og bruksområde (scenarier). Det europeiske arbeidet har pågått siden 2006 og generaliserte scenarier ble tidlig utarbeidet. Scenariet som er utviklet i Gjenbruksprosjektet samsvarer med disse.

2 Målsetning og strategi

Gjennomført og positiv miljørisikovurdering er en betingelse for trygg bruk av gjenbruksmaterialer. I tilfelle vegbygging i Norge, under forutsetningen av at gjenbruksmaterialer brukes på måter som er mest relevante for deres tekniske egenskaper, ville mesteparten av miljørisikovurderinger imidlertid blitt utført på konstruksjoner som ligner hverandre i oppbygning og miljøet rundt. Det er nærliggende å anta at det er mulig å definere et renhetsnivå som kan defineres som en *materialegenskap* og brukes som grunnlag til bestemmelse av *grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer*.

Målet er å komme frem til en forenklet beslutningsmodell som vil kunne ut i begrensninger enten på materialets innhold (renhet) eller på anbefalte bruksområder. Gjenbruksprosjektet har valgt følgende strategi for dette arbeidet:

- En standard vegkonstruksjon - en "standardveg" – defineres, der gjenbruksmaterialene er brukt på områder som er mest sannsynlige ut fra deres tekniske egenskaper,
- Et "standardmiljø" rundt vegkonstruksjonen defineres, med hensyn til arealbruk, drikkevann, geologiske og meteorologiske forhold. Dette miljøet tilsvarer de meste vanlige tilfeller, men er definert med faktorer som lett kan endres ved behov.
- Miljørisikovurdering utføres for denne "standardvegen" og for de meste aktuelle kombinasjoner av materialet og bruksområdet. Materialparametere defineres gjennom totalinnhold eller utlekkingsegenskaper. Effekten på helse og miljø bestemmes og sammenlignes med akseptkriterier ut fra human- og økotoksikologiske hensyn (se kapittel 4)

^{*} CEN/TC 351 "Construction products: Assessment of release of dangerous substances"

- Materialparametrene justeres i forhold til miljøeffekten slik at man finner ut hvilke nivåer materialparametere på totalinnhold /utlekking, miljøet tåler.
- Disse verdiene justeres i forhold til statistiske betraktninger og sikkerhet. Dette er anbefalte *grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer* for bruk i vegkonstruksjoner som med sin oppbygging og miljøbetingelser tilsvarer ”standardvegen”.

Dette prosjektet har valgt å konsentrere seg om følgende materialer:

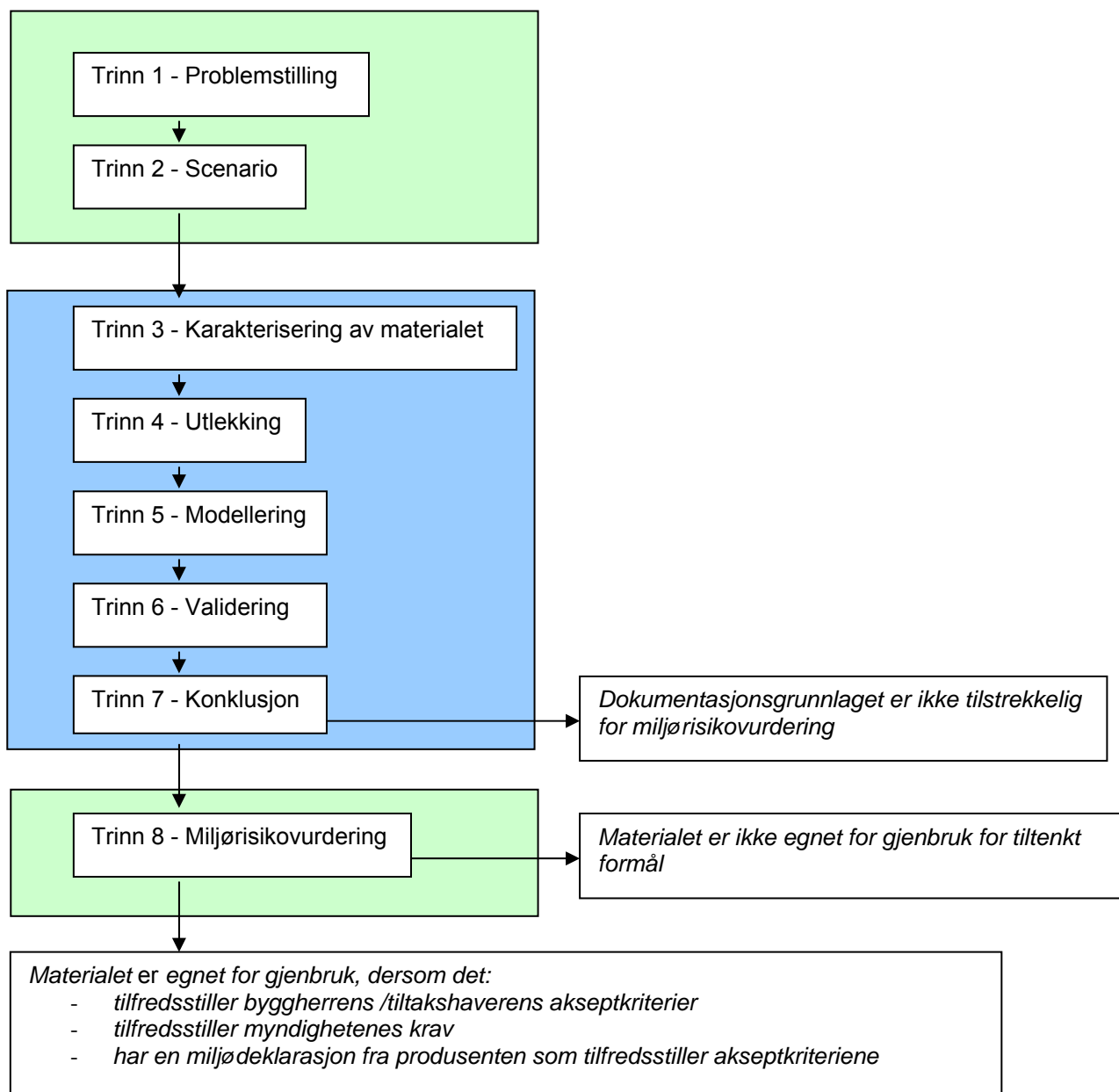
- resirkulert tilslag av knust betong (gjenbruksbetong)
- resirkulert asfalt
- oppkuttete bildekk
- skumglass.

Materialene er valgt ut fra deres andel i det totale avfallsvolumet i Norge, hvor attraktive de er som vegbyggingmaterialer og deres tilgjengelighet på markedet.

3 Metode

Arbeidsmetoden baserer seg på to hoveddokumenter:

- **ENV 12920 (fra 2007 EN 12920)**, formulert for karakterisering av avfall til å karakterisere gjenbruksmaterialet, eller for kvantitativ bestemmelse av utlekking (hva materialet avgir av miljøfarlige stoffer til omgivelsene i et gitt tidsrom)³. Metoden består av 7 trinn, se Figur 1.
- **SFT 99:01A**, formulert for miljørisiko for forurenset grunn, til beregning av miljørisiko, dvs. for sannsynliggjøring og dokumentasjon av stoffenes virkning på natur og helse⁴. Andre beregningsmodeller kan også benyttes. Dette legges til som åttende trinn til prosessen, se Figur 1. Kriteriene er beskrevet i kapittel 4.



Figur 1. Byggherres beslutningsmodell for valg av materialer.

Arbeidsmetoder består av åtte trinn, som vist i Figur 1:

- Trinn 1-2 gjelder beskrivelsen av konstruksjonen, måten materialet er brukt på miljøet rundt. Trinn 1 og 2 for de utvalgte fire materialene er beskrevet i 5.1 og 5.2.
- Trinn 3 – 7 går mer i detalj på hvert enkelt materiale. Innholdet og utlekkingssegenskaper beskrives, samt forhold som påvirker utlekking og deres modellering og beregning. De viktigste elementene i vurderinger utført for hvert materialet er gitt i kapitlene 5.3 – 5.6 i denne rapporten. Spesifikk informasjon om sementbaserte materialer, asfalt, bildekk og skumglass er gitt i egne bakgrunnsrapporter^{5,6,7,8}.
- Materialbeskrivelsene avslutter med en vurdering av det innsamlede datagrunnlaget og hvorvidt det er tilstrekkelig til å kunne brukes som input til beregningen av effekten på miljøet. Dette er trinn 7. Hvis datagrunnlaget ikke er tilfredsstillende, må man gå tilbake til et av forutgående trinn og justere /utvide datagrunnlaget. Hvis /når konklusjoner om datagrunnlaget er tilfredsstillende, går man videre til Trinn 8 og gjennomfører en miljørisikovurdering. Dette er beskrevet i kapittel 3.7 i denne rapporten.
- Trinn 8 inneholder en vurdering av miljørisiko iht. SFT 99:01A⁴. Resultatene vil kunne si noe om materialets egnethet til den gitte anvendelsen ut fra miljøparametere. Konklusjonene vil angi om standardvegen tåler materialet med de gitte forutsetninger om innhold og utlekkingssegenskaper, eller om tillatt innhold av visse uønskede stoffer må reduseres. Hovedtrekk og konklusjoner fra denne beregningen for hvert materialet er gitt i kapittel 3.8 i denne rapporten. Detaljert beskrivelse av beregningene er gitt i de enkelte materialrapportene^{5,6,7,8}.
- Når man på denne måten bestemmer maksimal konsentrasjon av miljøfarlige stoffer i gjenbruksmaterialet, vil man ut fra antakelser om statistisk variasjon og sikkerhets hensyn m.m. kunne stille krav til materialets totalinnhold og utlekking av miljøfarlige stoffer. Det er disse verdiene som i dette arbeidet kalles for *grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer*. De er formulert for hvert materialet i kapittel 6 i denne rapporten.

Utredningen i 8 trinn beskrevet her er ikke tenkt gjennomført hver gang man ønsker å bruke et gjenbruksmateriale. Det er en *engangsutredning*. Målet er nettopp å komme fram til *ett* sett med verdier for hvert materiale. Ved anskaffelse av et gjenbruksmateriale, under forutsetning av at materialet er tenkt brukt i en konstruksjon som ligner vår ”standardveg”, vil det bli tilstrekkelig å sammenligne materialets innhold /utlekkingsverdier med dette tallsettet for å kunne ta beslutningen om bruk til tiltenkt formål.

Grunntanken bak metoden er at man ved å koble karakterisering av avfall med risikovurdering av forurenset grunn, systematisk kan variere nøkkelparameter i valgte scenario for bruk. Dette fører til en prosess hvor man kan se på sammenhengen mellom utlekking og evaluering av risiko. Som en konsekvens av dette kan man så knytte en akseptabel konsentrasjon til et gitt scenario, hvor maksimum utlekking kan bestemmes. Dette vil danne grunnlaget for utarbeidelse av grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer med hensyn på utlekking og bruksområde.

4 Grenseverdier ut fra helse og miljø, ”renhetskriterier”

Når man ønsker å benytte nye materialer til konstruksjon av vei, er det nødvendig å finne ut hvor høye nivå av ulike potensielt miljøfarlige stoffer disse materialene kan inneholde, uten at dette medfører uakseptabel risiko for negativ påvirkning av menneskers helse, eller for forurensning av miljøet. Hva som anses som akseptabel risiko, vil baseres på den kunnskap man til enhver tid har om hvilke konsentrasjoner av ulike miljøfarlige stoffer som kan medføre skade på menneskers helse og/eller organismer i naturen.

Norske myndigheter har uttalt visse *miljømål*, som definerer ambisjonsnivå for ønsket miljøtilstand. Miljømål kan uttrykkes som en tilstandsklasse for jord, vann og luft, eller som en kvalitativ beskrivelse av tilstand som ikke gir konflikt med ønsket arealbruk lokalt. Disse kvalitative ambisjonene kan konkretiseres med grenseverdier for aksept. Disse grenseverdiene legges til grunn når beslutninger om akseptabel risiko skal tas.

Metoden for risikovurdering som benyttes for gjenbruksmaterialene skal være tilpasset nasjonal forvaltning av miljørisiko og naturtilstand. Avrenning fra veg vil vurderes mot følgende retningslinjer for å oppnå de ønskede miljømål med tilhørende akseptkriterier.

Retningslinjer for vurdering av miljørisiko og miljøtilstand:

- SFT Veiledning 99:01A ”Risikovurdering av forurenset grunn.” (*Akseptkriterier for helse og miljø.*)
- SFT Veiledning 97:04 ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.” (*Akseptkriterier for miljø slik de fremstår i tilstandsklasse 2 med ”God vannkvalitet”.*)
- “Canadian Environmental Quality Standards” kap. 4, for ferskvann. (*Disse retningslinjene for beskyttelse av akvatisk liv benyttes dersom det ikke finnes tilsvarende norske kriterier.*)
- European Union Risk Assessment Report, Dianthimony trioxide. Draft
European Union Risk Assessment Report, Bisphenol A.
European Union Risk Assessment Report, 4-t-octylphenol. Draft
European Union Risk Assessment Report, Nonylphenol.
(*Økotoksbaserte kriterier som benyttes for stoffene antimon, bisfenol A, nonylfenol og oktylphenol.*)

I SFTs veileder 99:01A *Risikovurdering av forurenset grunn* (Tabell 1), har man kommet frem til normverdier for følsomt arealbruk for 43 ulike kjemiske stoffer, en stor del av disse er organiske. Dersom jordmasser inneholder et totalinnhold lavere enn disse grenseverdiene, regner man massen for å være ren. Det antas dermed at den ikke vil ha negativ effekt på helse og miljø. Ved fastsetting av normverdiene, er det tatt utgangspunkt i akseptabel toleransedose for mennesker og miljø. Toleransedosen er basert på tilgjengelig informasjon om ulike stoffer og har ikke blitt revidert under dette arbeidet.

Noen av gjenbruksmaterialene som vurderes, inneholder også andre potensielt miljøfarlige stoffer som kan være kritiske i forhold til utlekking til miljøet (jord, grunn- og overflatevann) enn de som er inkludert i SFTs veileder 99:01A. Skumglass inneholder f.eks. antimon (Sb), og bildekk inneholder bisfenol A, nonylfenol og oktylphenol. I vurderingen av disse materialene, er de nevnte stoffene sammenlignet med økotoksbaserte kriterier slik de fremstår i risikoutredninger utarbeidet av EU. Prinsippet for vurderingen av disse stoffene blir dermed som i SFTs 99:01A en vurdering av akseptabelt innhold i materialer basert på lav risiko for skade på

mennesker og andre levende organismer som følge av utlekking av potensielt miljøskadelige stoffer.

De kanadiske retningslinjene for beskyttelse av akvatisk liv er benyttet der det ikke finnes tilsvarende norske kriterier, og naturforholdene i Canada er sammenlignbare med norske forhold. SFTs veileder 97:04 har en inndeling i tilstandsklasser i ferskvann basert på innhold av blant annet tungmetaller, næringssalter, totalt organisk karbon etc. De kanadiske retningslinjene inkluderer i tillegg verdier for blant annet ulike PAH forbindelser.

I tillegg til å ta hensyn til retningslinjer for vurdering av miljørisiko og naturtilstand, må også annen miljølovgivning følges:

Lover og forskrifter:

- Forurensningsloven
(LOV 1981-03-13 nr 06: Lov om vern mot forurensninger og om avfall)
- Forskrift om gjenvinning og deponering av avfall (FOR 2004-06-01 nr 930)
- SFTs høringsutkast til endringer i vedlegg II i avfallsforskriftens kapittel 9 (datert 20.12.2005, Ref. 2004/882)
- Forskrift om vannforsyning og drikkevann
(Drikkevannsforskriften, FOR 2001-12-04 nr 1372)
- Deponidirektivet (Council Directive 1999/31/EC)
- Byggeveredirektivet (Council Directive 89/106/EEC)

I vurdering av utlekking fra gjenbruksmaterialene er bl.a. verdier fra drikkevannsforskriften, deponidirektivet og SFTs høringsutkast til vedlegg II i avfallsforskriften benyttet.

I tillegg til å ha akseptabelt lavt innhold av miljøfarlige stoffer, må de vurderte materialene tilfredsstillende retningslinjer for hva som i Norge betraktes som et gjenvunnet material (se neste punkt).

Kriterier for gjenvunnet materiale:

- SFTs faktaark for Bygg- og anleggsavfall ”Disponering av rene naturlige masser og gjenvunnet materiale”. (TA-nr 1853/2002)¹

SFTs faktaark for bygg- og anleggsavfall sier ikke noe spesifikt om grenseverdier, men generelt om hvilke kriterier som må tilfredsstilles for at et materiale skal kunne gjenbrukes i Norge.

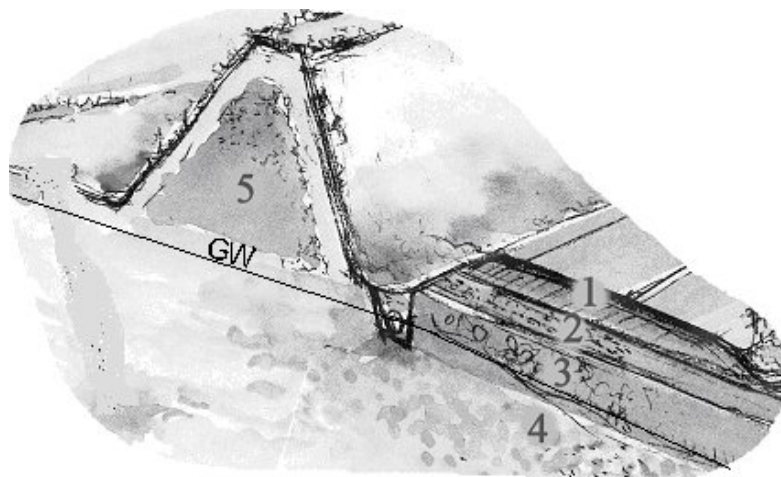
Eksisterende grenseverdier for gjenbruksmaterialer

- Miljøministeriets(departementets) bekentgjørelser nr. 655 af 27. juni 2000.

De danske retningslinjene regulerer gjenbruk av restprodukter fra kullfyrte kraftverk, avfallsforbrenning og forurenset jord. Restproduktene må miljødeklarerer fra produsent og inndeles i tre kategorier for anvendelse etter kjemisk sammensetning og utlekking (EN 12457-3).

5 Gjenbruksmaterialer i "standardvegen" – beskrivelse og risikovurdering

5.1 Problembeskrivelse, (Trinn 1)



Figur 2. Potensiell anvendelse av gjenbruksmaterialene. (1) Slitelag, (2) overbygning, (3) og (4) underbygning hhv. over og under grunnvannsnivå (GW), og (5) støyvoll.

Materialene som undersøkes skal anvendes i en "vanlig" vegkonstruksjon, plassert i et "vanlig" miljø, se Figur 2. Det må angis hvilke bruksmåter /scenarier som er aktuelle for hvert enkelt material. Denne "problembeskrivelse" kan tilpasses andre konstruksjoner.

Problemløsningen som søkes er et sett med data som på en konservativ måte kan knyttes til innhold av stoffer som miljømyndighetene vektlegger og vurderer som farlige for helse og miljø.

Eksempler på metoder for problemløsning:

- Data kan fremskaffes for materialet og sammenlignes med eksisterende krav der det finnes
- Beregne utlekking innefor et gitt tidsrom (eks. 50 år) og vurdere hvilken miljørisiko de avgitte stoffene vil utgjøre
- Utprøve forskjellige behandlingsmetoder (stabilisere, gjøre enkelte stoffer mindre mobile etc.) for materialet slik at bruken ikke vil øke miljørisikoen. (Ikke vurdert og benyttet her.)

Sementbaserte materialer skal kunne anvendes i alle delene av vegen vist i Figur 2, men den meste sannsynligs anvendelsen er i overbygning (2), som forsterkningslag og/eller bærelag. Det kan være aktuelt med sementbaserte materialer i fylling (3). Av tekniske årsaker bør man generelt være forsiktig med bruk av gjenbruksmaterialer under grunnvannsstanden, se andre projektrapporter⁹.

Gjenvunnet asfalt kan anvendes som slitelag (1) og bærelag (2) på vegen. Materialet kan også anvendes som forsterkningslag lenger ned i vegoverbygningen (2), men det er dårlig ressursbruk.

Oppkuttete bildekk er det mulig å bruke i støyvoller (5) og lette fyllinger (3 og 4). På noen anleggsveger kan det være aktuelt å kjøre rett på oppkuttete bildekk, som da tilsvarer slitelaget (1).

Skumglass HASOPOR skal kunne anvendes i vegens over- og underbygning (2, 3 og 4).

I dette arbeidet har man valgt å anta at all gjenbruksmaterialene er plassert over grunnvannsnivået (i umettet sone), som også er mest sannsynlig.

5.2 Beskrivelse av scenario, (Trinn 2)

Dette trinnet i metoden definerer forhold som bestemmer videre oppførsel av gjenbruksmaterialene lagt inn i vegen iht. beskrivelsen i trinn 1. Modells scenariet for "standardvegen" med gjenbruksmaterialer innebærer at konstruksjonen har en levetid på 50-100 år under konservative antakelser for naturgitte og vegtekniske forhold som dikterer mobilitet og eksponering av miljøfarlige stoffer til menneske og miljø:

- a) Mekaniske og geotekniske forhold i konstruksjon
- b) Klima og hydrogeologiske forhold
- c) Biologiske forhold
- d) Arealbruk

Betingelser for "standardvegen" der gjenbruksmaterialer er brukt i vegens oppbygning er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Betingelser for scenariet "standardvegen med gjenbruksmaterialer"

<i>Området</i>	"Standardvegen" ligger nær fjell men på løsmasse som er moderat drenert. Overbygning er vel drenert og har et tett dekke (tykkelse 100 cm). Underbygning er også vel drenert (500 cm).
<i>Bakgrunn</i>	Bakgrunnskonsentrasjoner er antatt å være ren nedbør og "salt" infiltrasjon fra veg. Det er antatt en nedbørsmengde på 1000 mm/år.
<i>Overbygning</i>	Sortert fraksjon bestående av stein eller grus. Omfanget på gjenbruksmaterialet er angitt til 35m bred, 1m tykk og 500 m lang.
<i>Underbygning</i>	Usorterte fraksjoner. Antatt tilsvarende omfang på underbygningen som for overbygningen, dvs. ca 35 m bred, 5 m tykk og 500 m lang. Grunnvann som strømmer gjennom underbygning er antatt å være rent.
<i>Transport (spredning og fortynning)</i>	Overbygning infiltreres på skulderen av vegen og delvis gjennom asfalt. Dette vurderes til maksimum å tilsvare 30 % av nedbøren over området, infiltreres delvis inn fra sidene og noe gjennom asfalt- 30 % ansees som verste tilfelle.
<i>Biologiske forhold</i>	Mikroorganismer tilsvarende liv i mineraljord med lavt innhold av organisk karbon (< 1 %). For gjenvunnet bildekk settes fraksjonen av organisk karbon satt til 5 %.
<i>Arealbruk</i>	Kvalitetskravene som skal overholdes er drikkevannskvalitet i grunnvann >50 meter fra veg. En mindre overflatebekk leder vann fra nærområdet til resipient, bekken antas å ha en gjennomsnittlig vannføring tilsvarende ca. 5 l/sek. Kvalitet i overflatevann skal tilfredsstillende tilstandsklasse II eller bedre.
<i>Eksponeringsbetingelser</i>	Risiko for helse og miljøeffekter ved eksponering til grunnvann og overflateresipient vektlegges. Helseeksponering via drikkevann i grunnvannsbrønn og inntak av fisk av resipient. Øvrige eksponeringsveger i hht SFT 99:01A vurderes. Arbeidere kommer i kontakt med materialet i bygge- og rivefasen av vegen, ellers ingen kontakt.

Scenariet som inkluderer oppkuttete bildekk brukt i støyvoll er beskrevet i rapport 14c som omhandler oppkuttete bildekk⁷.

5.3 Beskrivelse av materialet (Trinn 3)

Beskrivelse av gjenbruksmaterialet i dette trinnet skal inneholde følgende relevante data:

1. type og opprinnelse av materialet
2. total kjemisk sammensetning
3. fysiske egenskaper (tetthet, porøsitet, kornstørrelse fordeling, vanninnhold)
4. geotekniske egenskaper (styrke, permeabilitet)
5. mineralogi og kjemisk spesiering (tilstand)
6. kjemiske egenskaper (syrenøytraliseringskapasitet, reduksjonskapasitet, nedbrytbar organisk innhold)

Med **sementbaserte materialer** tenkes det på resirkulert tilslag produsert ved sortering, nedknusing og sikting av tungt bygge- og riveavfall av betong og murverk. I vegbyggingssammenheng brukes dette materialet som erstatning for grus og pukk. Det er to kvalitetsklasser¹⁰:

- Klasse 1, ren betong, der mesteparten av massen består av betong og stein,
- Klasse 2, blandet masse, med innslag av tegl og noe asfalt, lettklinker, trevirke osv.

Kjemiske stoffer som det er mest aktuelt å se på i sementbaserte materialer (som samtidig er relevante for sammenligning med nærområdenes akseptkriterier) er helt generelt: metaller og organiske stoffer. De sistnevnte stammer fra betongens bruksfase. En andel av de organiske stoffene kan stamme fra deler av bygningen som skulle blitt fjernet ved miljøsanering. I noen tilfeller vil tilsetningsstoffer til betongen også bidra til utlekking av organiske stoffer.

I arbeidet som presenteres i den rapporten **stammer dokumentasjonen fra to hovedkilder**:

- resirkulert tilslag av ren betong – spesiallaget for dette prosjektet for å kunne gi en nøyere vurdering av utlekkingsegenskaper og faktorer som påvirker dem. 5 forskjellige laboratoriebetongblandinger ble laget, med sement fra Norcem AS, med og uten flyveaske.
- blandet masse levert av BA Gjenvinning AS, leverandør av resirkulert tilslag i Oslo.

Materialrapporten beskriver fysiske egenskaper (vannabsorpsjon, densitet, bulkdensitet, kornfordeling og tekstur), mekaniske egenskaper samt mineralogi og kjemisk spesiering. Kjemiske egenskaper er beskrevet gjennom syrenøytraliseringskapasitet og pH-avhengige utlekkingsstester. Totalinnholdet ble målt ved totaloppslutning (HNO₃+HF) og sammenlignet med tidligere resultater. Organiske stoffer i betongen ble angitt som vekt % totalt organisk karbon (TOC).

For detaljer vises det til prosjektrapport 14a som omhandler sementbaserte materialer⁵.

Asfalt defineres som en homogen blanding av steinmaterialer og bitumen. Ved ombygging eller vedlikehold av vegen blir gammel asfalt gravet opp eller frest. Disse massene (gravemasser /flakmasser og fresemasser) knuses og siktes til asfaltgranulat som kan benyttes til asfaltgjenvinning. Tre typer gjenvinning og gjenbruk er aktuelle:

- Varm gjenvinning – gammel bitumen løses opp i varm prosess og ny bitumen tilsettes. På denne måten utnytter man mest mulig av asfaltmassene. Denne produksjonen krever tilrettelagt produksjonsanlegg.
- Kald gjenbruk – asfaltgranulat brukes som tilslag til ny asfalt ved å blandes med bitumenemulsjon eller skumbitumen i kald prosess.
- Knust asfalt som løsmasse – uten anriking med bindemiddel og gjerne i større fraksjoner brukes denne massen som ubundet lag i vegens bærelag.

- I tillegg er det aktuelt å frese, blande og legge ut asfalt i samme prosess, på veg og med spesialutstyr, Re-mix.

Gjenbruksasfalt anbefales brukt i de øvre lag i vegkonstruksjonen for å nyttiggjøre seg de gode egenskapene. Bruk lenger ned i konstruksjonen regnes som dårlig ressursutnyttelse, da rimeligere materialer som er regel er tilgjengelig.

De miljømessige sidene ved gjenbruksasfalt har vært knyttet til utslipp til luft ved varm produksjon (røyk og lukt), spesielt ved varm gjenbruk på veg. Det er aromatiske organiske forbindelser som vanligvis forårsaker størst bekymring, blant dem PAH (polysykliske aromatiske hydrokarbonater), som i noen former er kreftfremkallende. Også støvning ved knusing og sortering av asfalt i prosessanleggene kan være et problem.

I denne sammenhengen er imidlertid *utlekking* mest interessant. Asfalt inneholder stort sett mekanisk sterke og forvittringsbestandige mineraler. Bitumen er vannuløselig og brukes mye i membraner for fuktbeskyttelse. Den regnes også for å ha relativt god kjemikaliebestandighet mot en rekke kjemikalier. I asfaltdekker er det som regel 100 % bindemiddeldekningsgrad på mineralkornene. Unntaket er noen kaldblandede asfalttyper og tilfeller av dårlig vedheft.

Det må tillegges imidlertid at langtidseksponering (uker - måneder) under spesielle forhold (sterke syrer og baser) vil likevel virke nedbrytende.

- Organiske løsemidler av type diklormetan, toluen, white spirit, bensin, diesel mv. vil kunne løse bitumen og føre til utlekking av hydrokarboner (for eksempel PAH)
- Polare løsemidler som aceton, isopropanol og etanol løser i svært liten grad bitumen.
- Finkornige bitumenpartikler vil trolig være biologisk nedbrytbare, avhengig av klima, substrat og bakterieflora. PAH kan bli nedbrutt i naturen ved biologiske, kjemiske og fotokjemiske prosesser.

Dokumentasjonen som denne rapporten bygger på stammer fra undersøkelser rapportert i litteraturen: utlekkingstester med konstant pH, bestemmelser av totalinnhold inklusivt organiske forbindelser, kolonneforsøk (utlekking) med konstant pH. Det er lite tilgjengelig data angående påvirkning av grunnen der gjenbruksasfalt (fresemasse og flakmasse) er lagret eller brukt i bærelag eller fyllmateriale ved vegbygging.

For referanser og detaljer vises det til prosjektrapport 14b, som omhandler gjenbruksasfalt ⁶.

Oppkuttete bildekk som vegbyggingsmateriale er en etablert rutine i USA, New Zealand, m.fl. I Norge er kun ett større prosjekt gjennomført. Ca 4 mill bildekk ble brukt i en støyvoll langs E6 i Østfold, se Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr 5¹¹. Konstruksjonen er underlagt et 5-års overvåkingsprogram for utlekking og resultatene er samlet i Gjenbruksprosjektets prosjektrapporter 5a og 5b¹².

Et bildekk består av tre hoveddeler:

- dekkstamme, bygget opp av gummibelagte kordlag av rayon, nylon eller polyester.
- vulstring - ringformet kant av bildekket med innstøpte ståltråder med funksjonen til å holde dekket på felgen.
- slitebane - en gummiblanding med god slitestyrke, mens sideveggene har en relativt myk blanding.

De enkelte elementene bygges sammen på en trommel og "rådekket" blir deretter vulkanisert i presser hvor det får sin endelige form og mønster.

Materialet anses å kunne avgi både uorganiske og organiske miljøfarlige stoffer, som stammer både fra bildekkets oppbygging og bruk. Det fokuseres særlig på mulige effekter fra utslipp av antioksidanter, høyaromatiske oljer og enkelte metaller:

- **fenoler og deres etoksilater** (spesielt 4-t-octhyl and Bisphenol A) stammer fra gummiblandingen. Et konservativt anslag vil være å anta at fenolene utgjør <0,25 % av gummiblandingen mens antioksidanter og antiozonanter i størrelsesorden 1-2 %. Disse stoffene er listet i kjemikalielisten over stoffer hvor utslipp er prioritert betydelig redusert eller fjernet¹³. Derfor har norske miljømyndigheter fokusert på utlekking av fenoler og deres etoksilater og besluttet å stanse videre utredning av muligheter for teknisk gjenbruk av bildekk¹⁴.
- **polysykliske aromatiske hydrokarbonater (PAH)** stammer fra de høyaromatiske oljene som anvendes som mykgjørere. Totalinnhold av PAH i oljene varierer avhengig av dekktypen, produsenten og produksjonsåret.
- **metaller** er til stede både som følge av at stålkord ikke er tatt ut i enkelte prøver og fra varierende innhold i selve gummiblandingen. Dekket som helhet inneholder jern og mangan, samt varierende mengder arsen, krom, kobolt, kobber, nikkel og bly. Gummiblandingen inneholder sinkforbindelser, med noe forurensning av kadmium.

Dokumentasjonsgrunnlaget brukt i dette prosjektet kommer fra eksisterende data fra undersøkelser av totalinnhold med ekstrahering, data om beregnet totalinnhold samlet fra produsenter og utlekkingsstester. I tillegg brukes resultatene fra overvåkingsrapporter fra fullskalaforsøket, støyvollen i Østfold¹². Fortynningsfaktor og fordelingskoeffisient er viktige parametere.

For referanser og detaljer vises det til prosjektrapport 14c som omhandler oppkuttete bildekk⁷.

Skumglass HASOPOR er en type glassgranulat produsert i Norge på grunnlag av glassavfall inklusivt lysrør, TV-rør, PC-er og TV-rør. I produksjonsprosessen blir metallene fjernet. Skumglass HASOPOR har en romvekt på 300 – 350 kg/m³ og et godt alternativt til mer tradisjonelle materialer som forskjellige typer letttilslag (for eksempel Leca) eller ekspandert polystyren (EPS). Et annet viktig bruksområde er til frostisolering. Termisk konduktivitet måles til 0,11 W/mK (ved +10 °C for tørt og komprimert materiale), se egen prosjektrapport om skumglass¹⁵.

Ved utlekking fra skumglass settes det fokus på utslipp av uorganiske stoffer (metaller).

Dokumentasjonsgrunnlaget for dette arbeidet kommer fra:

- kolonneforsk fra 2002
- løpende produksjonskontroll for skumglass HASOPOR 2003 på ukeblandsprøver og tilfeldig uttatte stikkprøver
- analyser av lett skumglass HASOPOR fra 2004
- utlekkingsstester med varierende pH (EN 14229, pH 1 – 13) og syrenøytraliseringskapasitet,
- feltmålinger fra prøvefeltet med skumlass "Gjenbruksvegen" E6 Klemetsrud - Assurtjern¹⁶.

For referanser og detaljer vises det til prosjektrapport 14d som omhandler skumglass⁸.

5.4 Beskrivelse av fysiske og kjemiske forhold som påvirker utlekking (Trinn 4)

Hva som i det enkelte tilfellet lekker ut av gjenbruksmaterialet er avhengig av en rekke forhold som ikke inngår i materialegenskapene, men som gjenspeiler sammenhenger mellom kjemiske, fysiske, geotekniske, mekaniske og biologiske prosesser:

- kjemiske parametere som kontrollerer oppløsning/forvitring/mobilitet i konstruksjon (f.eks. pH, redoksforhold, ionestyrke, løselighet, CO₂),
- fysiske parametere som påvirker oppløsning/forvitring (f.eks. temperaturvariasjon, fuktighetsegenskaper, kornfordeling),
- mekaniske/geotekniske parametere (f.eks. hardhet, komprimering),
- biologiske parametere (f.eks. halveringstid, gassutvikling).

En gjennomgang av parameterspesifikke tester for det enkelte materialet (egne eller fra litteraturen) gir innsikt i hvilke faktorer skal tas med i videre vurdering av miljøpåvirkning og hvilke parametere eller forhold som ikke er relevante.

For sementbaserte materialer:

Parametere som peker seg ut som mest påvirkningsfulle er:

- pH-nivået (både pH i materialet og ekstern felt pH), som bestemmer spesiering av metallene (hydroksid og /eller karbonatkomplekser), mekanismen som styrer utlekkingsform (tilgjengelighetsstyrt, løselighetsstyrt eller diffusjonsstyrt),
- mengde oppløst organisk materiale (organiske metallkomplekser),
- innfiltreringshastighet og volum bestemmer hvilken mengde som lekker ut og ved hvilken mekanisme dette finner sted ved (diffusjon eller likevekt),
- komprimeringsgrad, som fører til dannelse av finere partikler og dermed større reaktiv overflate samtidig som materialet blir tettere.

Betydningen av pH på utlekking ble bekreftet i utlekkingstester med varierende pH utført for de forskjellige typer resirkulert tilslag som var testet i dette prosjektet bekreftet. Det ble også vist at utlekking av noen forbindelser (som alkaliesalter av K, Na og Li) er tilgjengelighetsstyrt, dvs. tilnærmet uavhengig av pH-nivået.

For asfalt, oppkuttete bildekk og skumglass er det generelle forhold som infiltrasjonshastighet og reaktiv overflate, pH-nivå og redoksbetingelser. I tillegg kommer forhold som på sikt fører til forvitring /oppløsning av bitumen i gjenbruksasfalt og gummi i bildekk.

5.5 Modellering av utlekking (Trinn 5)

Modellering av utlekking omfatter generelt både (a) modeller som beskriver på hvilken form de kjemiske stoffene forligger når de avgis til (geokjemisk spesiering) porevannet eller til utlekkingsvannet og (b) massetransporten.

- Som et trinn i beskrivelsen av miljøegenskaper for et materiale, beregner modelleringen seg til beskrivelsen av materialets avgivelse av metaller og organiske stoffer til vann, enten eluat i laboratorietester eller porevann i felt.
- Modellering av massetransporten, fra porevannet og fram til brukeren er derimot avhengig av stedsspesifikke parametere og tilhører miljørisikovurderingen som omtales i trinn 8.

For alle fire materialene ble utlekking til porevannet beregnet med enkel analytisk modell med målte likevektskonsentrasjoner og fordelingskoeffisienter (K_d angitt i SFT 99:01). Grunnlaget for K_d som er brukt er forurensning i jord hvor det blir antatt at hele innholdet av et bestemt grunnstoff er tilgjengelig for fasefordeling mellom faststoff og væske. En stor andel av enkelte grunnstoffer i noen materialer (f. eks. skumglass og sement) er imidlertid utilgjengelig for utlekking fordi matriksen er relativt inert.

Beregning av porevannskonsentrasjoner basert på totalinnholdet utføres i henhold til ligning (1):

$$C_w = C_s \cdot \left[K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right]^{-1} \quad (1)$$

der

C_w = konsentrasjonen i porevann ved kilden (mg/L).

C_s = konsentrasjonen i jord eller fast stoff (mg/kg).

K_d = jord/vann fordelingskoeffisient (l/kg).

θ_w = vanninnhold i jord (l vann/L jord).

θ_a = luftinnhold i jord (l luft/L jord).

H = Henrys konstant.

ρ_s = jordas tetthet (kg/L).

For materialer med veldig lite innhold av flyktige stoffer vil leddet med overgangen mellom jord/luft falle bort. For metaller forenkler man derfor ligningen til:

$$K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \approx K_d \quad (2)$$

som gir

$$C_w = \frac{C_s}{K_d} \quad (3)$$

Fra (3) ser man at porevannskonsentrasjonen er proporsjonal med konsentrasjonen i jord (totalinnhold) og stigningskoeffisienten er $1/K_d$. Dette gir et lineært forhold mellom totalinnhold og porevannskonsentrasjon uten å ta hensyn til endring i pH. Overflatemekanismer som sorpsjon, ionebytte, utfelling og kompleksdannelse bestemmer konsentrasjonen i porevannet og

er sterkt avhengig av pH. I sementbaserte materialer er sorpsjon til sementhydratfasene sentralt i tillegg til dannelse av forskjellige mineralkomplekser for metaller (Cr, Sb etc.) med løselighetsprodukt som naturligvis varierer sterkt med pH. I slike tilfeller er det derfor funnet lite samsvar mellom totalinnhold og utlekket mengde under likevektsbetingelser. Videre så benyttes de vurderte gjenbruksmaterialene vanligvis i kornstørrelser hvor diffusjon inntreffer noe som vil senke tilgjengeligheten til et stoff vesentlig. Siden dette ikke kan tas hensyn til ved en modellering med gitte K_d verdier, vil slike beregninger være konservative. Dette ble også dokumentert i Gjenbruksprosjektet.

For sementbaserte materialer har man i tillegg utført:

- geokjemisk modellering ved hjelp av verktøyet ORCHESTRA¹⁷,
- modellering av kumulativ utlekking¹⁸.

For utlekking av fenoler fra **oppkuttete bildekk** ble det anvendt en empirisk modell, se prosjektrapporten om miljøegenskaper av oppkuttete bildekk ⁷.

Når det gjelder modellering av transport og eksponering, fra porevannet til resipienten, har man i dette arbeidet valgt å anvende modellen for utlekking fra jord fra SFT 99:01⁴. Modellen er enkel men konservativ og inkluderer følgende antakelser:

- mennesker og økosystemet eksponeres for ett stoff av gangen,
- alle eksponeringsveger (f. eks. oralt inntak, innånding av gasser og støv, hudkontakt) virker samtidig,
- et stoff har additiv virkning gjennom alle de aktuelle eksponeringsveger.

Dette er omfattet av trinn 8 i arbeidsmetoden.

5.6 Validering av modellering (Trinn 6)

I dette trinnet sammenligner man beregninger med relevante målinger enten i felt eller laboratoriet. Ved å sammenligne de beregnede porevannskonsentrasjoner med korresponderende likevektskonsentrasjoner målte i felt eller i utlekkingstester får man et anslag over hvor egnet tilnærmingen (modellen) er.

Valideringen kan i utgangspunktet gjøres ved sammenligning:

- modellerte og målte verdier i laboratoriet,
- målte verdier i laboratoriet og felt,
- målt utlekking med utlekkingsegenskaper for naturlige materialer.

For **sementbaserte materialer** har valideringen bestått av:

- Vurdering av samsvaret mellom målte verdier og simulerte konsentrasjonsverdier.
- Målte endringer i felt-pH og målte infiltreringsmengder.
- Målt utlekking i felt sammenlignet med laboratorieverdier.

Det er benyttet laboratorieutlekkingstester for å måle mengde utlekking ved forskjellige pH verdier. Slike tester beskriver i utgangspunktet ikke utlekking i felt. Siden aldring av knust betong og dermed forandring i materialets pH verdi vil utlekkingsmålingene i laboratoriet gi en *kvalitativ* beskrivelse på hvordan utlekkingen influeres av pH verdien i feltscenariet. Det er videre benyttet geokjemisk modellering på laboratorieresultatene for å beskrive hvilke utlekkingsmekanismer som er styrende ved forskjellige pH verdier og forventede konsentrasjonsnivåer.

Det ble funnet godt samsvar i alle valideringstrinnene, se rapport 14a for detaljer ⁵.

I tilfelle **gjenbruksasfalt, oppkuttete bildekk og skumglass** har valideringen bestått av sammenligning av beregnede porevannskonsentrasjoner med målte verdier på utlekking i laboratoriet. Denne sammenligningen er av *kvalitativ* art – man gjør betraktninger om hvor nær hverandre målte og beregnede verdier ligger og uttrykker det ved hjelp av størrelsesorden. Man vurderer også om anslaget er konservativt eller ikke.

For **gjenbruksasfalt** har valideringen bestått av sammenligning av porevannskonsentrasjoner beregnet på grunnlag av målt maksimalt totalinnhold med målte utlekkingsverdier fra laboratorietesting. Porevannskonsentrasjonene av metaller og utvalgte organiske stoffer er beregnet med de respektive fordelingskoeffisienter K_d hentet fra SFT 99:01. Utlekkingsverdiene er målt på samme materialer. For detaljer og referanser til målinger vises det til rapport nr 14b som omhandler asfalt ⁶.

Også for **oppkuttete bildekk** har valideringen gått ut på å sannsynliggjøre at de beregnede konsentrasjonene som tilfredsstillende kriterier for grunn- og overflatevann er tilstrekkelig konservative i forhold til målte verdier av porevann i felt.

For bildekk har man sammenlignet porevannskonsentrasjoner beregnet på grunnlag av målt totalinnhold og K_d -verdiene som angitt i SFT 99:01. Disse er sammenlignet med målte utlekkingsverdier i laboratoriet og i vannprøver fra feltmålinger utført i et udekket parti (10 m²) i støyvollen med oppkuttete bildekk ⁷.

Validering for **skumglass har** består i sammenligning av porevannskonsentrasjoner (basert på målt totalinnhold og K_d verdi) og målt utlekking i laboratoriet. Disse verdiene er vurdert i forhold til feltmålinger. Se prosjektrapport 14d for detaljer ⁸.

5.7 Konklusjoner vedr. datagrunnlaget (Trinn 7)

Kvalitet og signifikans til fremskaffet dokumentasjon vurderes i forhold til den problemstilling beskrevet i trinn 1. Mulige utfall er:

1. Dokumentasjon tilfredsstillende med sikkerhet problemstillingen. Trinn 8 kan gjennomføres.
2. Resultatet er ikke fullstendig nok til at en konklusjon kan trekkes uten videre. Nødvendig tilleggsdokumentasjon fremskaffes i henhold til ett eller flere av de tidligere trinn. F.eks. endre modell, vurdere scenario, vurdere en ny parameter og returnere til passende trinn i metodikken.
3. Resultatene indikerer at det ikke vil være mulig å komme frem til en gyldig modell for utlekking eller at en forenklet modell benyttes. I så fall skal begrensningene oppgis. Dette kan skyldes mangler ved tilgjengelig kunnskap, teknikk og informasjon. Videre utredning avsluttes

I dette arbeidet ble datagrunnlaget fremskaffet for de fire utvalgte gjenbruksmaterialer vurdert som tilstrekkelige for å gjennomføre trinn 8, miljørisikovurdering. Se materialrapportene ^{5,6,7,8} for detaljopplysninger.

5.8 Miljøriskovurdering (Trinn 8) med inversberegning og justering av materialets inputverdier

Trinn 8 i beregningen består i beregning av miljøeffekten av gjenbruksmaterialene brukt i standardvegen i bruksområder definert i tidligere trinn i prosessen. Miljøriskovurderingen utføres i henhold til SFT 99:01⁴ gjennom å se på kildemateriale, transportveier samt eksponering og vurdering av resipienter. Prosedyren er laget som en serie sammenhengende regneark. Et utvalg av resultater samlet i tidligere trinn brukes som inputverdier for materialet i trinn 8.

Etter beregningene i trinn 8 er utført første gang, gjennomføres inversberegning. Målet med inversberegning, som er en iterativ beregning mellom trinn 8 og trinn 3, er å snu miljørisikovurdering til bestemmelsen av det *akseptable nivået* på utlekking som sikrer at akseptkriterier (kvalitetskrav til grunn- og overflatevann) overholdes. En slik metodikk vil sikre realistiske utlekkingskrav til materialene. På europeisk nivå er intensjonen å implementere dette prinsippet i EU/EFTA området gjennom oppfyllelsen av det grunnleggende funksjonskrav nr. 3 (helse, hygiene og miljø) i Byggeveddirektivet ².

Risikovurderingen utføres med scenario for en "standardveg" som beskrevet i kapittel 5.2, med levetid 50-100 år. Risikovurderingen antar at anvendelse av materialet gjøres i et miljø som er følsomt med hensyn på vannlevende organismer, men mindre følsomt med henblikk på eksponering til mennesker. Miljørisiko vurderes for kjente potensielt miljøfarlige stoffer.

Vurderingene som gjøres her kan deles inn i tre deler, se Tabell 2:

Tabell 2 Prosedyre for risikovurdering og inversberegning av maksimalt tillatt totalinnhold av miljøfarlige stoffer

Del A	Risikovurdering som beskrevet i SFTs veileder 99:01A	Del A Trinn 1	Sammenligning av totale konsentrasjoner i materialet med normverdier for mest følsom arealbruk.
		Del A Trinn 2	Scenariospesifikk risikovurdering, materialenes totalinnhold av det enkelte potensielt miljøfarlige stoffet vurderes i forhold til beregnet risikonivå for det valgte scenario og eksponeringsveier beskrevet i 5.2. Materialets utlekking skal ikke overskride verdier for: - vannkvalitet i overflatevann, tilsvarende tilstandsklasse moderat - markert forurensset, og - drikkevannskvalitet.
		Del A Trinn 3	Den faktiske miljøeffekten bestemmes ved hjelp av feltobservasjoner, overvåking og omfattende studier.
Del B	Inversberegning		Justering av inngangsverdiene for hvert grunnstoff /miljøfarlige stoff inntil ett av kravene ut fra helsekriterier eller kvalitetskrav for grunn- og overflatevann er overskredet. Beregningen og maksimalt tillatt porevannskonsentrasjon er lik for alle materialene.

Del C	Sammenligning av beregninger og vurdering er gjort i Del A og Del B.	På grunnlag av resultater av beregninger foretas det <i>valg</i> av realistiske grenseverdier ut fra alle relevante kriterier inkl. miljøpolitiske hensyn.
-------	--	--

Denne beregningen av miljørisiko og inversberegning av maksimalt tillatte inngangsverdier ble gjennomført for hvert materiale. Den iterative beregningen ble utført for ett parameter av gangen, med økte verdier for innhold i hvert skritt i prosessen, helt til grensen av akseptkriteriet for grunn- eller overflatevann (bestemt ut fra effekten på helse, flora og fauna) var overskredet. Beregningen kommer fram til et sett med verdier som er den maksimalt tillatte porevannskonsentrasjonen og er uavhengig av materialet.

Materialets utlekkingspotensial for det enkelte grunnstoffet bestemmer hvilke trinn det er nødvendig å utrede og hvor omfattende dokumentasjonen må være. Miljømål og akseptkriterier relateres til gjeldene forskrifter for drikkevann, overflatevann og jord. PNEC ("predicted no effect concentration", relativt til en organisme) anvendes som akseptkriterium der egnede kriterier ikke finnes.

Tabell 3 sammenligner normverdier for jord i følsomme arealer med dokumentert totalinnhold og beregnet stedsspesifikk akseptverdi, som tilsvarer Del A, trinn 1 og 2 i prosedyren for risikovurdering.

Tabell 3 Normverdier for jord i følsomme arealer og målt totalinnhold (Del A, trinn 1 og 2)

Parameter	Stedsspesifikk akseptverdi [mg/kg]	Normverdi jord [mg/kg]	Dokumentert totalinnhold [mg/kg]			
			Sem.bas. materialer	Gjenbruks- asfalt	Oppkuttete bildekk	Skumglass
Arsen	³ 20	2	0,4-6,4	0,32	4,1	32
Bly	1400	60	0,9-185	7,7-55	52	862
Kadmium	14	3	< 0,1-1,5	0,05-3	3,6	<1,3
Kobber	¹ < 10000	100	2,2-150	6-19	32	163
Krom totalt (III + VI)	¹ < 10000	25	5-120	14-74	3,3	358
Kvikksølv	230	1	< 0,003-0,07	<0,1-3,4	0,1	0,15
Nikkel	1700	50	2,2-107	13-139	3,3	54
Sink	¹ < 10000	100	4,3-553	22-63	174	136
Antimon	i.v	i.v	< 3,3	i.a	i.a	50
Naftalen	-	0,8	i.a	0,37-0,9	1	i.a
Benso(a)pyren	-	0,1	i.a	<0,007-3,9	20	i.a
Pyren	-	0,19	i.a	0,0062- 8,6	17	i.a
Σ PAH	23	2	0,02-19,8 ²	<0,5-62	114	i.a
PCB	0,14	0,01	< 0,004-0,14 ²	i.a	i.a	i.a

i.v = ingen verdi angitt av SFT

i.a = ikke analysert

¹ Ingen uakseptabel eksponering forventes for konsentrasjoner < 10000 mg/kg

² inkluderer resultater hentet fra RESIBA-prosjektet fra resirkulert tilslag og utførte utlekkingsstester

Del A /trinn 3 ble ikke gjennomført, da hovedhensikten med arbeidet ikke var å anvende det gitte materialet men å beregne realistiske maksimale verdier av innholdet av potensielt miljøfarlige stoffer i gjenbruksmaterialene.

Tabell 4 viser resultater av inversberegning (Del B), dvs. beregnet maksimalt innhold ved benyttelse av gjenbrukmaterialer i "standardveg" uten overskridelser av akseptkriteriene i resipient. For metaller er det overflatevannskriterier som er avgjørende, mens det for organiske stoffer er kriterier for drikkevann (grunnvann) som er avgjørende.

Tabell 4. Beregnet akseptert maksimalt innhold ved benyttelse av gjenbrukmaterialer i "standardveg" uten overskridelser av akseptkriteriene i resipient, samt dokumentert utlekking. Det avgjørende kriteriet (grunn- eller overflatevannskriteriet) er uthevet.

Parameter	Beregnet maksimalt tillatt totalinnhold [mg/kg]	Beregnet utlekking porevann [µg/L]	Beregnet utlekking grunnvann [µg/L]	Beregnet utlekking overvann [µg/L]	Sement-bas.mat. Feltverdier [µg/L]	Gjenbruks-asfalt Dokumentert utlekking [µg/L]	Oppkuttete bildekk Feltverdier [µg/L]	Skumglass Feltverdier [µg/L]
Arsen	33	1091	4,2	1,5	< 3,5-123	0,32	<2	68- 1000
Bly	873	873	3,4	1,2	< 1,4-5	7,7-55	0,23 og 18	<0,1-15
Kadmium	2,2	73	0,28	0,1	< 0,07	0,05-3	0,12 og 0,15	<0,01-3,7
Kobber	546	1091	4,2	1,5	1,5-172	6-19	1,8 og 17	0,7-53
Krom totalt (III + VI)	55	1819	7,0	2,5	30-155	14-74	0,23 og 5	<0,3-0,6
Kvikksølv	0,7	4	0,01	0,005	i.a	<0,1-3,4	i.a.	<0,02
Nikkel	182	1818	7,0	2,5	0,7-20	13-139	13	5-33
Sink	1455	14547	56,4	20	< 1,3-14	22-63	5,6 og 940	<0,5-13
Antimon**	100	1185	5	1,7	< 4-8	i.a	i.a	70- 1000
Naftalen	6	284	1,1	0,4	i.a	0,0062-0,14	0,01 og 0,09	i.a
Benso(a)pyren	24	2,58	0,01	0,0035	i.a	<0,02-0,038	<0,02 <0,02 og	i.a
Pyren	6,8	6	0,025	0,01	i.a	<0,02-0,28	0,07	i.a
Σ PAH	236	26	0,10	0,04	0,2-1,5*	<0,34-0,99	0,01 og 0,27	i.a
PCB	0,4	0,3	0,001	0,004	i.a	i.a.	i.a.	i.a
4-T-oktylfenol	3,9	28	0,12	0,04	i.a	i.a.	<0,02-2	i.a
Bisfenol A	8	379	1,6	0,53	i.a	i.a.	0,16-2	i.a

i.a = ikke analysert

* inkluderer resultater hentet fra RESIBA-prosjektet fra resirkulert tilslag og utførte utlekkingstester

** Drikkevannskriteriet på 5 µg/L settes som et krav i grunnvannet, fortynningsfaktoren mellom porevann/grunnvann er 237. Fortynningsfaktoren mellom grunnvann/overflatevann er 3. Fordelingskoeffisienten for antimon er $K_d = 83$ l/kg.

For **sementbaserte materialer** ble beregningen utført på grunnlag av egne målinger i Gjenbruksprosjektet og fra RESIBA-prosjektet.

For sementbaserte materialer var det kun kadmium og kvikksølv som var under normverdien for jord i følsomme arealer. De andre grunnstoffene krevde en beregning av stedsspesifikk risiko. Denne beregningen viste at de kritiske stoffene i seimentbaserte materialer var arsen (i forhold til grensen for inntak av fisk) og krom (i forhold til kriterier for jord i følsomme arealer, dog med forklaring i at kun totalinnhold krom var målt). For detaljer, se rapport 14A⁵.

For **gjenbruksasfalt** omfattet risikovurderingen tungmetaller fra steinmaterialet (kadmium, kobber, krom, nikkel, bly og sink) samt tjærestoffer, klorerte forbindelser og oljekomponenter i bitumen. I tillegg angis tall for totalinnhold av organisk stoff og organisk bundet klor.

For gjenbruksasfalt var registrert totalinnhold av Cr og Ni over normverdien for jord i følsomme arealer og måtte sees nærmere på i Trinn 2 (Del A). Av organiske forbindelser var det PAH som overskred nivået og ble analysert i Trinn 2 Del A.

De kritiske stoffene i gjenbruksasfalt var kadmium i forhold til krav til overflatevann og PAH i forhold til krav for grunnvann. For detaljer, se rapport 14B ⁶.

For **oppkuttete bildekk** var det arsen, kadmium, sink, PAH 16, B(a)P, naftalen og pyren som overskred normverdien for jord for følsom arealbruk og ble vurdert i Del A trinn 2.

Sammenlignet med resultatene fra inversberegningen viste det seg at de kritiske stoffene for oppkuttete bildekk var sink i forhold til overflatevann (kilden er antakelig sinkinnhold i wire/metallkord i bildekkene) samt PAH 16 og fenoler i forhold til krav til grunnvann. For detaljer, se rapport 14C ⁷.

For **skumglass** var det kun kadmium, kvikksølv og nikkel som ikke oversteg normverdien for jord i følsom arealbruk.

Kritiske stoffer for skumglass var arsen, bly og krom i forhold til kriteriet for overflatevann og antimon i forhold til drikkevann. For detaljer, se rapport 14D ⁸.

6 Grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer i vegbygging

Det sentrale resultatet av beregningene av miljørisiko er maksimalt tillatt porevannskonsentrasjon. Den definerer scenariets toleransegrense og presenterer en øvre grense for utlekkingskapasitet for hvilket som helst materiale brukt i standardvegen. Siden det eksisterer en rekke metoder for måling av utlekking i laboratoriet i dag er det ut fra de beregnede porevannskonsentrasjonene også beregnet tilsvarende grenseverdier for totalinnhold. Krav til maksimal utlekkingskapasitet er derfor overført til maksimalt tillatt *totalinnhold* av miljøfarlige stoffer i gjenbruksmaterialer. I CEN/TC 351 arbeides det med å standardisere metoder for måling av utlekking til jord og grunnvann. Det vil derfor være relevant å benytte utlekkingsverdiene fremkommet fra disse fremtidige metodene for å sammenligne med de beregnede porevannskonsentrasjonen i denne rapporten. Utlekkingsmetodene som er benyttet i dette arbeidet vil være en del av de standardiserte utlekkingsmetodene i CEN/TC 351.

Ved å velge å bruke totalinnhold som parameter for definisjon av grenseverdier, gjør man grenseverdiene materialavhengige. Måten miljøfarlige stoffer er bundet på i hvert enkelt materiale bestemmer hvordan overføringen av krav til maksimal utlekkingskapasitet til maksimalt totalinnhold skal gjøres. Grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer er *valgte* verdier. Noen tilleggsriterier som trekkes inn i beslutningsprosessen er:

- Noen av de beregnede maksimumsverdier er langt over maksimalt dokumenterte verdier for et materiale. Om grensen var stilt ved den beregnede verdien for maksimalt innhold, ville det være uforsvarlig ikke å se kritisk på eventuelle materialsammensetninger som avviker fra det vanlige ”innholdsmønsteret”.
- Det er urimelig å anta at maksimalt beregnede grenseverdier opptrer samtidig for alle grunnstoffene, bl.a. pga grunnstoffenes forskjellig pH-avhengighet.
- Utlekkingsegenskaper er avhengige av pH-nivået. For skumglass ble det dokumentert en økning i utlekking av Pb ved pH lavere enn 5-6⁸. Dette kan tilsvare pH for surt vann (myr). Det er derfor satt en begrensning for pH verdi. For tilfeller som tilsvare standardvegen, vil denne surhetsgraden normalt ikke inntreffe.
- Noen grunnstoffer /miljøfarlige stoffer må sees gjennom samfunnets behov for deres utfasing, eksempel er PCB. For PAH forbindelser viser inversberegningene at et total innhold på over 200 mg/kg ikke vil forårsake overskridelser av vannkvalitetskriteriene i grunnvann eller overflatevann⁶. (Trolig kan langt høyere konsentrasjoner av PAH aksepteres grunnet sterk binding av PAH til asfaltmatriksen.) Selv om den beregnede verdien viser høyere toleranse for ”standardvegen” er det av hensyn til utfasing av miljøgiften at man stiller strengere grenseverdier for aksept.

Tabell 5 og Tabell 6 sammenstiller de valgte grenseverdiene for aksept av gjenbruksmaterialer til bruk i vegkonstruksjoner som tilsvare ”standardvegen”. Den siste kolonnen oppgir kriteriet som var utslagsgivende for den enkelte grenseverdien.

Tabell 5 Sammenstilling av resultater av beregning av miljøpåvirkning og valgte grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer – sementbaserte materialer og gjenbruksasfalt

Parameter	Dokumentert maks. innhold	Normverdier jord følsomme arealer	¹ Scenariospesifikke akseptgrenser (Trinn II)	² Resultat av inversberegning Grunnvann- og overflatevannskriterier overholdt	Valgt grenseverdi for aksept	Kommentar Avgjørende kriterium for valgt grenseverdi for aksept
SEMENTBASERTE MATERIALER (RESIRKULERT TILSLAG) [mg/kg]						
As	6,4	2	³ 20	33	³ 20	Trinn II
Pb	185	60	1400	873	200	maks. dokumentert innhold
Cd	1,5	3	14	2,2	3	Trinn I – kriterier for jord
Cu	224	100	⁸ < 10000	546	250	maks. dokumentert innhold
Cr tot	120	25	⁸ < 10000	⁴ 55	⁵ 110	Inversberegning – overflatevann
Hg	0,07	1	230	0,7	1	Trinn I – kriterier for jord
Ni	107	50	1700	182	110	maks. dokumentert innhold
Zn	553	100	⁸ < 10000	1455	600	maks. dokumentert innhold
Σ PAH	< 2	2	23	236	2	Trinn I – kriterier for jord
PCB	< 0,01	0,01	0,14	0,4	⁶ 0,01	Trinn I – kriterier for jord
GJENBRUKSASFALT [mg/kg]						
As	0,3	2	³ 20	33	20	Trinn II
Pb	55	60	1400	873	100	Inversberegning – overflatevann
Cd	3	3	14	2,2	3	Trinn I – kriterier for jord
Cu	19	100	⁸ < 10000	546	100	Trinn I – kriterier for jord
Cr tot	74	25	⁸ < 10000	⁴ 55	⁵ 110	Inversberegning – overflatevann
Hg	0,1	1	230	0,7	1	Trinn I – kriterier for jord
Ni	139	50	1.700	182	150	Inversberegning – overflatevann
Zn	63	100	⁸ < 10000	1455	100	Kriterier for jord + maks. dok. x 1,5
Σ PAH	62	2	203	236	<100 100-1000	Varm gjenbruk – inhalering Kald gjenvinning
B(a)P	4	0,1	13	24	10	Inversberegning – grunnvann
Naftalen	1	0,8	2.703	6	5	Inversberegning – grunnvann
Pyren	9	0,1	⁸ < 10000	7	5	Inversberegning – grunnvann
PCB	⁷ 0,004 -0,01	0,01	0,14	0,4	⁶ 0,01	Trinn I – kriterier for jord

1. Beregnet ut fra humantoksikologiske kriterier og økologisk effekt på flora og fauna
2. Beregnet ut fra kvalitetskriterier for grunn- og overflatevann
3. Basert på anbefaling fra NGU (1999) for As i mineralske materialer
4. Antatt å være Cr VI

5. Grenseverdi for aksept for total Cr med antakelse om maks. 50 % Cr VI
6. En fornuftig grenseverdi for aksept kunne være 0,1 mg/kg. Verdier på 0,01 ble valgt ut fra hensyn til utfasing av PCB fra miljøet.
7. 0,08 mg/kg dokumentert i 1 av 36 prøver
8. Ingen uakseptabel eksponering forventes for konsentr. < 10000 mg/kg

Tabell 6 Sammenstilling av resultater av beregning av miljøpåvirkning og valgte grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer – oppkuttete bildekk og skumglass

Parameter	Dokumentert maks. innhold	Normverdier jord følsomme arealer	¹ Scenariospesifikke akseptgrenser (Step II)	² Resultat av inversberegning Grunnvann- og overflatevannskriterier overholdt	Valgt grenseverdi for aksept	Kommentar – avgjørende kriterium for valgt grenseverdi for aksept
OPPKUTTEDE BILDEKK [mg/kg]						
As	4,1	2	³ 20	33	³ 20	Trinn II
Pb	52	60	1400	873	60	Trinn I – kriterier for jord
Cd	3,6	3	14	2,5	5	Inversberegning. x 2 - feltmålinger ⁹
Cu	32	100	⁸ < 10000	546	100	Trinn I – kriterier for jord
Cr tot	3,3	25	⁸ < 10000	⁴ 55	25	Trinn I – kriterier for jord
Hg	0,1	1	230	0,7	1	Trinn I – kriterier for jord
Ni	3,3	50	1700	182	50	Trinn I – kriterier for jord
Zn	174	100	⁸ < 10000	1455	250	maks. dok. x 1,5
PAH 16	114	2	116	1182	120	Trinn II
B(a)P	20	0,1	7,2	118	7	Trinn II
Naftalen	1	0,8	9.339	28	2	maks. dok. x 1,5 (avrundet)
Pyren	17	0,1	⁸ < 10000	34	30	maks. dok. x 1,50
PCB	ikke målt	0,01	0,72	2,1	0,01	Trinn I – kriterier for jord
4-T-oktylfenol	ikke målt	finnes ikke	ikke utregnet	3,9	2	Inversberegning. x 0,5 – grunnvann
Bisfenol A	ikke målt	finnes ikke	ikke utregnet	8	4	Inversberegning. x 0,5 – grunnvann
SKUMGLASS [mg/kg]						
As	30	2	³ 20	33	30	Inversberegning. – overflatevann
Pb	1254	60	1400	873	¹⁰ 800	for pH > 5,5
Cd	<1	3	14	2,2	2	Inversberegning. – overflatevann
Cu	150	100	⁸ < 10000	546	200	maks. dok. innhold
Cr tot	354	25	⁸ < 10000	⁴ 55	⁹ 550	Inversberegning. – overflatevann
Hg	0,09	1	230	0,7	1	Trinn I – kriterier for jord
Ni	40	50	1.700	182	50	Trinn I – kriterier for jord
Zn	126	100	⁸ < 10000	1455	200	maks. dok. innhold
Sb	¹¹ 30 - 52	finnes ikke	ikke utregnet	197	150	Inversberegning. med ref I EURAR (kap. 3.2)

1. Beregnet ut fra humantoksikologiske kriterier og økologisk effekt på flora og fauna
2. Beregnet ut fra kvalitetskriterier for grunn- og overflatevann
3. Basert på anbefaling fra NGU (1999) for As i mineralske materialer
4. Antatt å være Cr VI

8. Ingen uakseptabel eksponering forventes for konsentr. < 10000 mg/kg
9. Grenseverdi for aksept for total Cr med antakelsen om maks. 10 % Cr VI
10. Grenseverdien på 800 mg/kg er trygg for pH-nivåer over 5,5. For lavere pH (sur jord eller surt grunnvann), utvidet karakterisering anbefales.
11. Resultater fra kun tre testserier tilgjengelig.

Referanser

- ¹ SFTs faktaark for Bygg- og anleggsavfall "Disponering av rene naturlige masser og gjenvunnet materiale". (TA-nr 1853/2002)
- ² Byggevedirektivet - Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products
- ³ European Prestandard "Characterisation of waste – Metrology for the determination of the leaching behaviour of waste under specified conditions" (November 1997), EN 12920 from 2007.
- ⁴ SFT 99:01 Vik et al. 1999: "Risikovurdering av forurenset grunn", SFT 1999.
- ⁵ Engelsen, C.J. et al: "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Sementbaserte materialer", Prosjektrapport nr 14a fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2433, Statens vegvesen 2006
- ⁶ Jørgensen, J. et al: "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Gjenbruksasfalt", Prosjektrapport nr 14b fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2434, Statens vegvesen 2006
- ⁷ Håøya, A.O. et al: "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Oppkuttete bildekk", Prosjektrapport nr 14c fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2435, Statens vegvesen 2006
- ⁸ Håøya, A.O. et al: "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Skumglass", Prosjektrapport nr 14d fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2436, Statens vegvesen 2006
- ⁹ Gjenbruksprosjektets slutt DVD www.gjenbruksprosjektet.net
- ¹⁰ Kontrollrådet, Klasse P Betongtilslag, metoder for prøving av betongtilslag, 1998
- ¹¹ Håøya, A.O. et al: "Gjenbruk av bildekk i vegbygging – Tekniske og miljøtekniske vurderinger", Prosjektrapport nr 5 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport 2357, Statens vegvesen 2004
- ¹² Håøya, A.O. et al: "Miljøovervåking av 3 pilotprosjekter med oppkuttete bildekk 2001-2003", Prosjektrapport nr 5a fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport 2375, Statens vegvesen 2005
- ¹³ SFT TA-1992/2003 Kartlegging av farlege kjemikalier i utvalgte bygg- og anleggsmateriale
- ¹⁴ Petkovic, G. et al: "Reelle muligheter for gjenbruk – Status ved avslutning av Gjenbruksprosjektet", Prosjektrapport nr 19 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2442, Statens vegvesen 2008
- ¹⁵ Aabøe, R. et al.: "Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner", Prosjektrapport nr 21 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport 2445, Statens vegvesen 2007.
- ¹⁶ Tangen, D.A. et al.: "Gjenbruksvegen E6 Klemetsrud – Assurtjern", Prosjektrapport nr 18 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport 2441, Statens vegvesen 2007.
- ¹⁷ J.C.L. Meeussen ORCHESTRA: An object-oriented framework for implementing chemical equilibrium models Environmental Science & Technology 2003, 37, 1175-1182
- ¹⁸ D.S. Kosson, H.A. van der Sloot, F. Sanchez, A.C. Garrabrants An integrated framework for evaluating leaching in waste management and utilization of secondary materials Environmental Engineering Science 2002, 19, 159-204

GJENBRUKSPROSJEKTET



DELPROSJEKT 2 "MILJØPÅVIRKNING"

Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer er et prioritert tema i Gjenbruksprosjektet. Selv de teknisk minst krevende anvendelser av gjenbruksmaterialer kan stoppe opp på grunn av vår manglende kontroll over miljøpåvirkning. SFT stiller klare krav til hva som skal karakteriseres som farlig avfall, og har også definert normverdier for tillatt innhold av forurensning i jord i følsomme arealer. Det er imidlertid ikke formulert noen grenser for miljøpåvirkning mellom disse to ytterlighetene. Miljøpåvirkning er av SFT definert som tiltakshaverens ansvar.

Målet med DP2 er å utarbeide en enkel modell for vurdering av miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer for de mest vanlige tilfeller av deres anvendelse i vegbygging. Ved å utføre grundig arbeid for slike "standardtilfeller", ønsker man å komme fram til praktiske akseptkriterier for gjenbruksmaterialer eller kriterier for begrensning av bruksområder for gjenbruksmaterialer.

Delprosjekt 2 Miljøpåvirkning er delt inn i tre aktiviteter:

- DP2-1 Miljødeklarasjon
- DP2-2 Miljørisikovurdering
- DP2-3 Akseptkriterier for gjenbruksmaterialer i vegbygging

DP2-1 Miljødeklarasjon

Målet for denne aktiviteten er å definere gjenbruksmaterialenes utlekkingspotensial, samt vurdere muligheter for en jevnlig kontroll av miljøegenskaper som gir grunnlag for en miljødeklarasjon. Gruppen ser på eksisterende systemer for miljødeklarasjon av materialer og vurderer muligheter for deres anvendelse eller tilrettelegging for gjenbruksmaterialer..

DP2-2 Miljørisikovurdering

Aktivitetens mål er å utvikle en modell for vurdering av miljørisiko knyttet til gjenbruksmaterialer i vegbygging. Metodikken for det er basert på SFTs retningslinjer for risikovurdering (SFT 99:01) og europeisk standard for dokumentasjon av avfall (ENV 12920).

DP2-3 Akseptkriterier for gjenbruksmaterialer i vegbygging

Målet er å utnytte resultater fra DP2-1 og -2 på en praktisk måte. En mulighet er å formulere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer på grunnlag av laboratorietester. En annen mulighet er å formulere begrensninger med hensyn til bruksområde.

GJENBRUKSPROSJEKTET



RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

Prosjekt-rapport nr.	Intern rapport nr. ¹⁾	Tittel	Del-prosjekt	Utarbeidet av
1	2309	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 1: Gjenbruk av knust betong og tegl i vegbygging Testing av mekaniske egenskaper – Erfaringsinnsamling	DP3	Joralf Aurstad, SINTEF
2	2310	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 2: Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering	DP2 / DP5	Karin Synnøve Østby, stud. techn. NTNU
3	2350	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 3: Varm asfaltgjenvinning i verk	DP4	Olav Ruud, ATI et al.
4	2351	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 4: Kontroll og dokumentasjon av returafalt	DP4	Olav Ruud, ATI
5	2357	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5: Gjenbruk av bildekk i vegbygging – Tekniske og miljøtekniske vurderinger	DP5	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS og Roald Aabøe, Statens vegvesen
5A	2375	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5A: Miljøovervåking av 3 pilotprosjekter med oppkuttete bildekk 2001-2003	DP5	Arnt-Olav Håøya og Guro Thue Unsgård, Rambøll AS
6	2408	Erfaringer fra feltstrekninger med kaldblandet gjenbruksasfalt - Vurdering av tilstandsutvikling og dekkelevetid	DP4	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
7	2420	Materialeegenskaper for kaldblandet gjenbruksasfalt - vannfølsomhet og styrkeparametere	DP4	Johnny Stenshagen, Mesta as, Øivind Moen, Veidekke ASA et al.
8	2421	Feltforsøk med ubundet asfaltgranulat - Avsluttende undersøkelser på forsøksstrekningene på Fornebu	DP4	Ragnar Bragstad, ATI et al.
9	2410	Materialstrøm for gjenvunnet asfalt	DP4	Ragnar Evensen, Via Nova et al.
10	2411	Frostbestandighet av resirkulert tilslag	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
11	2422	Gjenbruk av knust betong i vegbygging. Mekaniske egenskaper og testmetoder for resirkulert tilslag	DP3	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
12	2423	Gjenbruksvegen E6 Melhus	DP6	Jostein Aksnes og Dag Atle Tangen, Statens vegvesen
13	2431	Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag. Uttesting av deklarasjonsordning	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
14	2432	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging	DP2	Gordana Petkovic, Statens vegvesen et al.
14A	2433	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – sementbaserte materialer	DP2	Christian J. Engelsen, NBI /Sintef Byggforsk et al.
14B	2434	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – asfalt	DP2	Torbjørn Jørgensen, Statens vegvesen et al.
14C	2435	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – oppkuttete bildekk	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS et al.

14D	2436	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – Skumglass	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll As et al.
15	2437	Finstoffinnhold i gjenbruksbetong	DP3	Joralf Aurstad, Statens vegvesen et al.
16	2438	Kjemisk nedbrytning av resirkulert tilslag. Forsøk med akselerert vanngjennomstrømning	DP3	Christian J. Engelsen, NBI /SINTEF Byggforsk et al.
17	2439	Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
17A	2440	Støttemur ved E6 Taraldrud. Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i nye betong	DP3 /DP6	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
18	2441	Gjenbruksvegen E6 Klemetsrud – Assurtjern	DP6	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
19	2442	Reelle muligheter for gjenbruk – status ved avslutning av Gjenbruksprosjektet	DP7	Gordana Petkovic, Statens vegvesen
20	2377	Utradisjonelle gjenbrukstiltak – Eksempelsamling	DP8	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
21	2445	Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner	DP5	Roald Aabøe, Statens vegvesen et al.
22	2446	Flyveaske fra papirproduksjon brukt i kalksementpeler	DP5	Guro Brendbekken, Optimal geoteknikk et al.

¹⁾ Teknologivdelingens rapportserie (Internrapporter, fra juni 2005 Teknologirapporter)