

Teknologirapport nr. 2439

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 17:

**Konstruksjonsbetong med
resirkulert tilslag**



Desember 2007

Teknologiavdelingen

Teknologirapport nr. 2439

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 17:

Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag



Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet 2002-2005 (etatsprosjekt).

Delprosjekt 3 "Gjenbruk av betong" (DP3), som denne rapporten tilhører, har som overordnet målsetting å formulere et forslag til anvendbare retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag (knust betong og tegl) til vegformål og på denne måten gjøre det enklere for bestiller å ta i bruk materialet.

Denne rapporten omhandler bunden bruk av resirkulert tilslag (DP3-6), og er basert på undersøkelser utført i forbindelse med to forsøk der det grove tilslaget i varierende grad er erstattet med resirkulert tilslag. I 2002 ble det i forbindelse med bygging av Vegdirektoratets nye bygg på Brynseng i Oslo utført støp der 20 % og 40 % av det grove tilslaget var erstattet med resirkulert tilslag, og i 2004 ble det bygget en støttemur under Taraldrud bru med 100 % resirkulert tilslag. Arbeidet har omfattet dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget og egenskapene til fersk og herdet betong.

Målsetningene for DP3-6 har vært å:

- Skaffe erfaring og bidra til ny vurdering av Norsk betongforenings publikasjon nr 26 Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon og RESIBA-prosjektets konklusjoner gjennom fullskala forsøk med bruk av resirkulert tilslag i ny betong
- Vurdere bestandighetsrelaterte egenskaper til betong med resirkulert tilslag; kloridinntrengning, vanninntrengning og frost

Resultatene fra undersøkelsene viser at betong der inntil 40 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag ikke skiller seg nevneverdig fra betong uten resirkulert tilslag, med unntak av litt høyere avskalling ved frostprøving for begge betongene med resirkulert tilslag. Betongen der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag har litt dårligere resultater for prøving på herdet betong, der spesielt avskalling ved frostprøving er vesentlig høyere enn for de andre betongene. I tillegg har det vist seg at betong med stor andel resirkulert tilslag mister lettere støpeligheten.

For å kunne bruke resirkulert tilslag i ny betong er det viktig at tilslaget er godt dokumentert med hensyn på blant annet klorid- og sulfatinnhold, samt materialsammensetning. I tillegg må det tas hensyn til det resirkulerte tilslagets høye vannabsorpsjon under reseptutviklingen. Bruk av resirkulert tilslag i ny betong krever nøye oppfølging av alle ledd i prosessen.

Rapporten konkluderer med at hovedbruksområdet for resirkulert tilslag vil være i ubunden form, og at bruk i ny betong ikke er et satsningsområde.

Emneord: *Resirkulert tilslag, betong, materialeegenskaper, bestandighet*

Dato: *Desember 2007*

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 Teknologiavdelingen i Trondheim. 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 3 "Gjenbruk av betong" (DP3) som denne rapporten tilhører, har som overordnet målsetting å formulere et forslag til anvendbare retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag (knust betong og tegl) til vegformål og på denne måten gjøre det enklere for bestiller å ta i bruk materialet. Som ledd i dette må det skaffes en del data om det resirkulerte tilslaget, og om konstruksjoner hvor slik tilslag er benyttet.

Se vedlegg 4 for mer informasjon om delprosjektet. DP3 ledes av Geir Berntsen, Vegdirektoratet.

Denne rapporten er utarbeidet av Synnøve A. Myren, Vegdirektoratet og Jacob Mehus, Norges byggforskningsinstitutt/Standard Norge.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	7
2	MÅLSETNING	7
3	KLASSIFISERING AV RESIRKULERT TILSLAG	8
4	FORSØKSPLAN	10
4.1	GENERELT	10
4.2	BETONGBLANDINGER	10
4.3	PRØVEPROGRAM.....	10
5	RESEPTER	12
6	MATERIALER	14
6.1	TILSLAGSMATERIALER	14
6.1.1	Naturtilslag	14
6.1.2	Resirkulert tilslag.....	14
6.2	BINDEMIDDEL OG TILSETNINGSSTOFFER.....	14
6.3	VANN.....	14
7	RESULTATER OG DISKUSJON	15
7.1	INNLEDENDE PRØVING AV RESIRKULERT TILSLAG	15
7.1.1	Generelt.....	15
7.1.2	Kornfordeling.....	15
7.1.3	Materialsammensetning	15
7.1.4	Korndensitet og vannabsorpsjon.....	16
7.1.5	Klorider og sulfater.....	16
7.2	DOKUMENTASJON AV RESIRKULERT TILSLAG	17
7.2.1	Generelt.....	17
7.2.2	Kornfordeling.....	17
7.2.3	Finstoffinnhold – innhold av materiale < 0,063 mm.....	18
7.2.4	Materialsammensetning	18
7.2.5	Innhold av organisk materiale – humusinnhold.....	19
7.2.6	Kornform.....	19
7.2.7	Korndensitet og vannabsorpsjon.....	19
7.2.8	Kloridinnhold.....	20
7.2.9	Innhold av sulfater	20
7.3	DOKUMENTASJON AV EGENSKAPER TIL FERSK BETONG	20
7.3.1	Generelt.....	20
7.3.2	Synkmål	20
7.3.3	Utbredingsmål.....	21
7.3.4	Densitet	21
7.3.5	Luftinnhold.....	21
7.3.6	Temperatur.....	22
7.4	DOKUMENTASJON AV EGENSKAPER TIL HERDET BETONG	22
7.4.1	Generelt.....	22
7.4.2	Trykkfasthet.....	22
7.4.3	Elastisitetsmodul	24
7.4.4	Uttørkingssvinn	25
7.4.5	Avskalling ved frostprøving.....	25
7.4.6	Karbonatisering	27
7.4.7	Neddykket kloridinntrengning.....	27
7.4.8	Tynnslip.....	27
7.4.9	Kapillær sugeshastighet og porøsitet, PF.....	27
7.4.10	Vanninntrengning.....	31
8	KONKLUSJON	32

8.1	SAMMENFATNING AV RESULTATER.....	32
8.1.1	<i>Resirkulert tilslag</i>	32
8.1.2	<i>Fersk betong</i>	32
8.1.3	<i>Herdet betong</i>	32
8.2	AVSLUTTENDE KOMMENTARER	32
	REFERANSER	33

1 Innledning

Hovedbruksområdet for resirkulert tilslag er i ubunden form, men det er også aktuelt som tilslag i ny betong. Regelverket åpner for en begrenset bruk av resirkulert tilslag i lavere betongkvaliteter, men vi har likevel lite praktisk erfaring med dette bruksområdet. Selv om Statens vegvesens primære bruksområde for resirkulert tilslag er i *ubunden* bruk, har Gjenbruksprosjektet likevel satset på en utredning av resirkulert tilslag som tilslag i ny betong som en fortsettelse av arbeidet som ble gjort i FoU-prosjektet RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg). Dette har vært tema for delaktivitet 3-6 under delprosjekt 3 Gjenbruk av betong i Gjenbruksprosjektet¹.

I RESIBA-prosjektet ble det gjennomført undersøkelser på både felt- og laboratoriestøpt betong, der varierende andel av det grove tilslaget var erstattet med resirkulert tilslag². Betongene var av typene C35 NA og C45 NA, med 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % og 100 % resirkulert tilslag. I tillegg ble det også benyttet resirkulert tilslag i sprøytebetong og i Leca lydskilleblokker. RESIBA-prosjektet utarbeidet også et forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag³ som dannet grunnlaget for Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴.

Denne rapporten omhandler undersøkelser utført i forbindelse med to forsøk der det grove tilslaget i varierende grad er erstattet med resirkulert tilslag. I 2002 ble det, i forbindelse med bygging av Vegdirektoratets nye bygg på Brynseng i Oslo, utført støp der 0 %, 20 % og 40 % av det grove tilslaget var erstattet med resirkulert tilslag, og i 2004 ble det bygget en støttemur under Taraldrud bru med 100 % resirkulert tilslag. Erfaringer fra støpen i 2004 er rapportert i prosjektrapport 17A i Gjenbruksprosjektet⁵. Betongtypene var henholdsvis SV40 C45 og B35 MF40. Arbeidet har omfattet dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget og egenskapene til fersk og herdet betong.

Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴ er nå trukket tilbake i påvente av at resirkulert tilslag implementeres i NS-EN 13242⁶ og NS-EN 12620⁷.

2 Målsetning

Målet med DP3-6 er å skaffe erfaring med bruk av resirkulert tilslag som tilslag i ny betong, og på denne måten, sammen med konklusjonene fra FoU-prosjektet RESIBA^{2,3}, bidra til ny vurdering av Norsk betongforenings publikasjon nr. 26 Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon⁸ (NB 26), som var det første tiltaket på kravspesifisering av resirkulert tilslag i Norge. I tillegg skal bestandighetsrelaterte egenskaper til betong med resirkulert tilslag vurderes med hensyn på kloridinntrengning, vanninntrengning og frost.

3 Klassifisering av resirkulert tilslag

NS-EN 206-1⁹ gir krav til delmaterialene i betong. Det vises til NS-EN 12620⁷ (normaltilslag og tungt tilslag) og NS-EN 13055-1¹⁰ (lett tilslag) for påvisning av tilslaget generelle egnethet, men disse inkluderer ennå ikke bestemmelser for resirkulert tilslag. I det nasjonale tillegget til NS-EN 206-1 står det at resirkulert tilslag skal samsvare med Norsk betongforenings publikasjon nr. 26 (NB 26)⁸. NB 26 er basert kun på erfaringer fra litteraturen, og gir anvisninger og begrensninger for bruk av resirkulert tilslag i betongproduksjon, samt en klassifisering av resirkulert tilslag, se Tabell 1. Begrensninger er gitt i form av grenseverdier for prosjektering uten at spesielle beregninger må utføres. Bl.a. kan maksimalt 20 % av det grove tilslaget erstattes med resirkulert tilslag av Type II (typebetegnelse iht. Tabell 1) i betong i fasthetsklasse til og med B45. For høyere andel resirkulert tilslag gis det spesielle prosjekteringsregler.

Tabell 1: Klassifisering av resirkulert tilslag, Norsk betongforenings publikasjon nr. 26⁸

EMNE	Type I	Type II
Mineralsk innhold: Betong og/eller stein: Betong, stein, murverk og/eller tegl:	> 95 %	> 99 %
Ikke-mineralsk innhold: (som treverk, papir, metall, isolasjonsmaterialer*, plast, gummi, planterester**), samt glass: * Isolasjonsmaterialer: ** Planterester:	< 5 % < 0,5 v.% ¹⁾ < 0,5 v.%	< 1 % < 0,1 v.% < 0,1 v.%
Densitet: Ovnstørr ²⁾ : vannmettet, overflatetørr ²⁾ :	> 1500 kg/m ³ > 1800 kg/m ³	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³
Vannabsorpsjon:	< 20 %	< 10 %

¹⁾ v.% betyr % av volum

²⁾ Utføres iht. NS-EN 1097-6

Kravet skal oppfylles for minst én av metodene

På bakgrunn av FoU-prosjektet RESIBAs erfaringer i både bunden og ubunden bruk av resirkulert tilslag ble det utarbeidet et forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag³. Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag⁴ ble etablert som et direkte resultat av arbeidet i RESIBA-prosjektet, og følger RESIBA-prosjektets forslag til deklarasjonsordning. De Tekniske bestemmelsene inneholder bl.a. krav til dokumentasjon og prøvingshyppighet for resirkulert tilslag, men gir ikke anvisninger for prosjektering som NB26. I motsetning til NB26 omhandler de tekniske bestemmelsene både bunden og ubunden bruk av resirkulert tilslag.

Tabell 2 viser klassifisering av resirkulert tilslag iht. Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag. Type 1A tilsvarer Type II i NB 26, og Type 2A tilsvarer Type I i NB 26. I arbeidet med DP3-6 og i denne rapporten er det resirkulerte tilslaget klassifisert iht. Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴. I påvente av at resirkulert tilslag nå blir implementert i de felleseuropeiske tilslagsstandardene^{6,7}, ble Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag trukket tilbake med virkning fra 1.1.2006.

Tabell 2: Klassifisering av resirkulert tilslag, Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴

	Type 1 "Knust betong"		Type 2 "Blandet masse"	
	A - Bunden bruk	B - Ubunden bruk	A - Bunden bruk	B - Ubunden bruk
Hoveddelmateriale: Knust betong og/eller naturtilslag	> 94 %		-	
Knust betong, knust murverk og naturtilslag	-		> 90 % ¹	
Andre granulære delmaterialer:				
Knust murverk	< 5 %	< 5 %	-	-
Knust gjenbruksasfalt	< 1 %	< 5 %	< 1 %	< 5 %
Ikke-mineralsk innhold:				
Treverk, papir, metall, isolasjonsmaterialer*, planterester**, plast, glass, gummi, annet	< 1 %		< 2,5 %	
* Isolasjonsmaterialer	< 0,1 v. % ²		< 0,5 v. % ²	
** Planterester	< 0,1 v. % ²		< 0,5 v. % ²	
Densitet - ovnstørr ³	> 2000 kg/m ³		> 1500 kg/m ³	
- vannmettet overfl.tørr ³	> 2100 kg/m ³		> 1800 kg/m ³	
Vannabsorpsjon	< 10 %		< 20 %	

¹ For bruksområder der det stilles andre krav til resirkulert tilslag enn materialsammensetningen, anbefales det å holde andelen av ren betong og/eller stein på min. 80 %

² For planterester og isolasjonsmaterialer regnes prosentandelen i volumprosent

³ Utføres iht. NS-EN 1097-6. Kravet skal oppfylles for minst en av metodene

I revidert utgave av Prosesskode-2¹¹ i Statens vegvesen åpnes det for bruk av resirkulert tilslag i ny betong av lavere kvaliteter, ikke til betong i fasthetsklasse B35 eller høyere, eller bestandighetsklasse M45 eller bedre.

4 Forsøksplan

4.1 Generelt

I forkant av støping ble det utarbeidet forsøksplaner, én i 2002 og én i 2004, som omfatter prosedyrer for støping, uttak av prøver og prøveprogram for testing av tilslag, og fersk og herdet betong. Forsøksplanene er gjengitt i sin helhet i vedlegg 1.

4.2 Betongblandinger

I 2002 ble det utført støp med 6 betonger med varierende andel resirkulert tilslag. Tre av disse betongene er av lik type (resept 1-3), der den eneste variasjonen er andel resirkulert tilslag. Disse vil derfor være sammenlignbare. De tre andre blandingene fra 2002 (resept 5-7) er ulike, både med hensyn på andel resirkulert tilslag, type resirkulert tilslag, type betong og sementtype. Oppfølging av de tre siste blandingene var mangelfull, både når det gjelder testing av tilslag og under støping. Det vil derfor være en del usikkerheter omkring kvaliteten på tilslaget og betongen. I 2004 ble det gjennomført en støp, resept 4, som delvis kan sammenlignes med resept 1-3. Det resirkulerte tilslaget er av Type 1 Knust betong (klassifisering iht. Tabell 2), med unntak av resept 5, der tilslaget er av Type 2 Blandet masse. Betongblandingene er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Oversikt over betongblandinger iht. forsøksplan

	Type	Andel resirkulert tilslag	Dato	Leverandør	Bruksområde
Resept 1	SV40-REF C45 ¹	0 %	4.11.02	Unicon	Lodd bak støttemur
Resept 2	SV40-R20 C45 ¹	20 %	24.10.02	Unicon	Lodd bak støttemur
Resept 3	SV40-R40 C45 ¹	40 %	16.10.02	Unicon	Lodd bak støttemur
Resept 4	B35 MF40 ¹	100 %	30.11.04	NorBetong	Støttemur under bru
Resept 5	C35 NA ²	40 % ³	27.5.02	Unicon	Vegger og betongdekker
Resept 6	C35 NA ²	20 %	14.8.02	Stange betong	Vegger og betongdekker
Resept 7	SV40-R40 C45 ¹ (resept 3, byggeplass)	40 %	?	Unicon	Lodd bak støttemur

¹ C45 tilsvarer dagens B35

² C35 har ingen tilsvarende klasse i dag, det nærmeste er B30 (som har karakteristisk terningfasthet på 37 MPa)

³ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

4.3 Prøveprogram

Fullstendig prøveprogram for laboratorieundersøkelsene er gitt i forsøksplanene som er gjengitt i vedlegg 1. Prøveprogrammene for 2002 og 2004 har de samme hovedpunktene, men avviker noe med hensyn til prøvemeter. Begge forsøksplanene forutsetter prøving etter norske og felleseuropeiske standarder, mens prøvingen hovedsaklig er utført i henhold til Statens vegvesen Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser¹². Hvilke prøvemeter som er brukt i de ulike undersøkelsene er rapportert i kap. 7.

Prøveprogrammet omfatter:

Innledende tilslagsprøving:

- Kloridinnhold (kun 2004)
- Kornfordeling
- Korndensitet
- Vannabsorpsjon

Dokumentasjon av resirkulert tilslag:

- Kornfordeling
- Finstoffinnhold
- Materialsammensetning
- Innhold av organisk materiale
- Kornform
- Korndensitet
- Vannabsorpsjon
- Kloridinnhold
- Innhold av sulfater

Dokumentasjon av egenskaper til fersk betong:

- Synk
- Utbredelse (kun 2002)
- Densitet
- Luftinnhold
- Temperatur

Dokumentasjon av herdet betong

- Trykkfasthet
- E-modul
- Svinn
- Fryse/tine
- Karbonatisering
- Neddykket kloridinntrengning (bulk diffusjon)
- Kapillær sugehastighet og porøsitet, PF
- Vanninntrengning

5 Resepter

Betongreseptene, med BØR- og ER-verdier er vist i Tabell 4, Tabell 5 og Tabell 6.

Tabell 4: Betongresepter 2002 – resept 1-3

Materialer		Resept 1 0 % resirkulert tilslag SV40 C45		Resept 2 20 % resirkulert tilslag SV40 C45		Resept 3 40 % resirkulert tilslag SV40 C45	
		kg/m ³ BØR	kg/m ³ ER	kg/m ³ BØR	kg/m ³ ER	kg/m ³ BØR	kg/m ³ ER
Sand	0-8 mm	980,5	979,8	985,3	980,7	977,6	977,8
Stein	8-14 mm	199,3	201,7	102,3	84,7	99,7	106,5
Stein	14-22 mm	652,3	651,9	579,8	567,8	411,3	411,6
Resirkulert	8-22 mm	–	–	156,3	183,6	313,6	310,9
Sement, anleggsement		350,0	349,8	350,0	348,7	350,0	350,0
Silika		17,5	17,9	17,5	16,1	17,5	17,6
P-stoff		2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
SP-stoff		3,2	3,2	3,2	3,1	3,2	3,2
L-stoff		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Kaldt vann		6,3	6,3	62,4	64,0	70,2	70,3
Varmt vann		119,1	119,0	57,3	57,0	57,1	57,0
v/c-tall		0,40	0,40	0,40	0,41	0,40	0,40
Totalt fritt vann (utregnet)		154	154,2	154	156,2	154	154,1
Blandetid		60 sek	80 sek	60 sek	159 sek	60 sek	62 sek
Betongtemperatur		25 °C	25,5 °C	20 °C	19,5 °C	20 °C	22,9 °C

Tabell 5: Betongresept 2004 – resept 4 MERK! ER-verdier er ikke registrert

Materialer		Resept 4 100 % resirkulert tilslag B35 MF40	
		kg/m ³ BØR	kg/m ³ KORRIGERT *
Sand **	0-8 mm	412,5	408,3
Sand **	0-8 mm	410,4	406,7
Resirkulert	10-22 mm	835,0	788,3
Sement, anleggsement		407,0	407,0
Silika		14,8	14,8
P-stoff		–	–
SP-stoff		3,3	3,3
L-stoff		0,9	0,9
Kaldt vann		171,0	225,6
Varmt vann		–	–
Totalt fritt vann (utregnet)		174,6	174,6
v/c-tall		0,40	0,40
Blandetid		60 sek	60 sek
Betongtemperatur		–	–

* Korrigerte verdier for fuktinnhold i tilslag

** Sand fra to ulike siloer, ellers av lik type

Tabell 6: Betongresepter 2002 – resept 5-7

Materialer		Resept 5 40 % resirkulert tilslag C35 NA		Resept 6 20 % resirkulert tilslag C35 NA		Resept 7 40 % resirkulert tilslag SV40 C45	
		kg/m ³ BØR	kg/m ³ ER	kg/m ³ BØR	kg/m ³ ER	kg/m ³ BØR	kg/m ³ ER
Sand	0-8 mm	1105,4	1105,7	1064,4 ⁴	1064,4	977,6	977,8
Stein	8-14 mm	263,1	268,0	612,4	612,4	99,7	106,5
Stein	14-22 mm	207,6	208,4	–	–	411,3	411,6
Resirkulert	8-22 mm	300,6 ¹	301,5	153,3	147,6	313,6	310,9
Sement		306,1 ²	306,0	315,8 ²	315,8	350,0 ³	350,0 ³
Silika		–	–	–	–	17,5	17,6
P-stoff		0,9	0,9	0,9	0,9	2,8	2,8
SP-stoff		1,4	1,4	0,9	0,9	3,2	3,2
L-stoff		–	–	–	–	0,8	0,8
Kaldt vann		140,5	140,6	178,8	184,5	127,3	70,3
Varmt vann		9,8	9,8	–	–		57,0
v/c-tall		0,57	0,57	0,57	–		
Totalt fritt vann (utregnet)		174,5	174,4	180,0	–	–	–
Blandetid		60 sek	65 sek	60 sek	–	60 sek	62 sek
Betongtemperatur		20 °C	18,7 °C	–	–	20 °C	22,9 °C

¹ Type 2 Blandet masse² Standard sement³ Anleggsement⁴ 0-6 mm

6 Materialer

6.1 Tilslagsmaterialer

6.1.1 Naturtilslag

Tabell 7 viser leverandørene av naturtilslaget som er brukt i de ulike betongblandingene.

Tabell 7: Naturtilslag

	Fint tilslag	Grovt tilslag
Resept 1	Svelviksand AS	Svelviksand AS
Resept 2	Svelviksand AS	Svelviksand AS
Resept 3	Svelviksand AS	Svelviksand AS
Resept 4	Mangler opplysning	Mangler opplysning
Resept 5	Svelviksand AS	Svelviksand AS
Resept 6	Rogaland	Svelvik
Resept 7	Svelviksand AS	Svelviksand AS

6.1.2 Resirkulert tilslag

Det resirkulerte tilslaget er levert av BA Gjenvinning på Grønmo, og er knust til sorteringene 8-22 mm (2002) og 10-22 mm (2004). Tilslaget består i hovedsak av knust betong som stammer fra rivemasser levert til håndtering på BA Gjenvinning. Tilslaget skal etter forsøksplanen tilfredsstille kravene til Type 1A etter Kontrollrådet for betongprodukters tekniske bestemmelser⁴, se Tabell 2.

6.2 Bindemiddel og tilsetningsstoffer

Tabell 8 viser hvilke typer bindemiddel og tilsetningsstoffer som er brukt i de ulike betongblandingene

Tabell 8: Bindemiddel og tilsetningsstoffer

	Sement	SP-stoff	P-stoff	L-stoff
Resept 1	Anleggsement	Sikament ECO-20	Plastiment BV40	Ukjent type
Resept 2	Anleggsement	Sikament ECO-20	Plastiment BV40	Ukjent type
Resept 3	Anleggsement	Sikament ECO-20	Plastiment BV40	Ukjent type
Resept 4	Anleggsement	Scanflux AD-18	–	L14F
Resept 5	Standardsement	Sikament ECO-20	Plastiment BV40	Ukjent type
Resept 6	Standardsement	Sika ViscoCrete 3	Bv-40 Sika	–
Resept 7	Anleggsement	Sikament ECO-20	Plastiment BV40	Ukjent type

6.3 Vann

Vannet som er brukt i blandingene er vanlig springvann.

7 Resultater og diskusjon

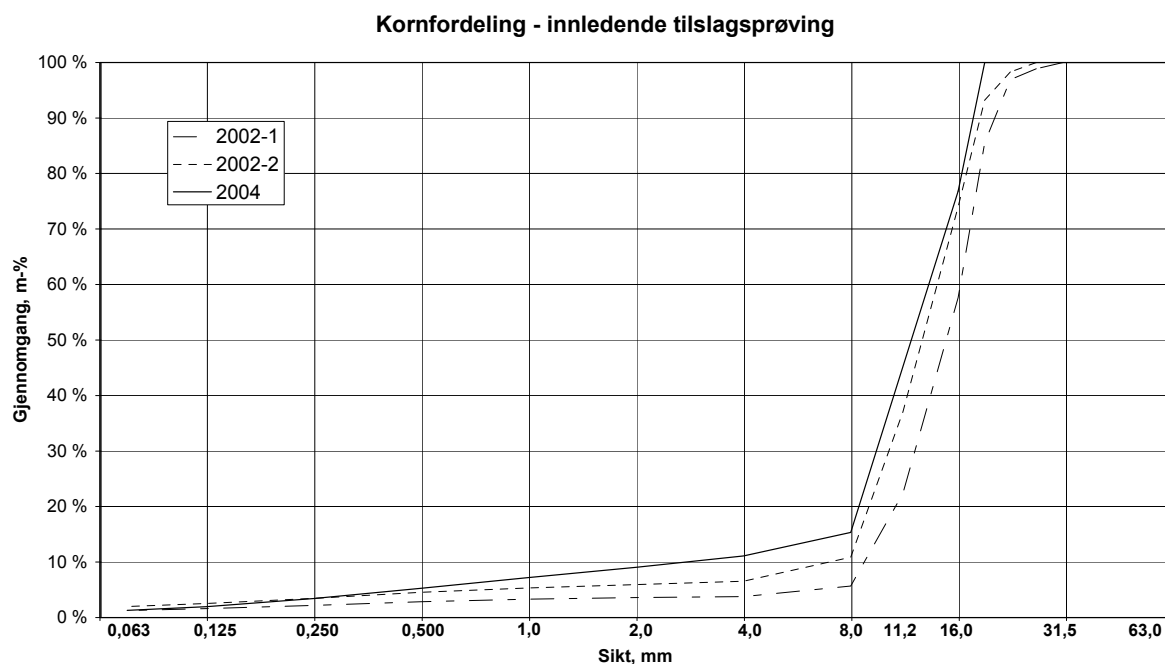
7.1 Innledende prøving av resirkulert tilslag

7.1.1 Generelt

Det ble utført to prøveuttak av det resirkulerte tilslaget i 2002, og ett prøveuttak i 2004. Prøveuttakene er merket 2002-1, 2002-2 og 2004. Resultatene fra undersøkelsene er vurdert opp mot krav gitt i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴, NS-EN 206-1⁹, NS-EN 12620⁷ og Prosesskode-2¹¹. En må her være oppmerksom på at kravene i standardene og i prosesskoden gjelder for tilslag generelt.

7.1.2 Kornfordeling

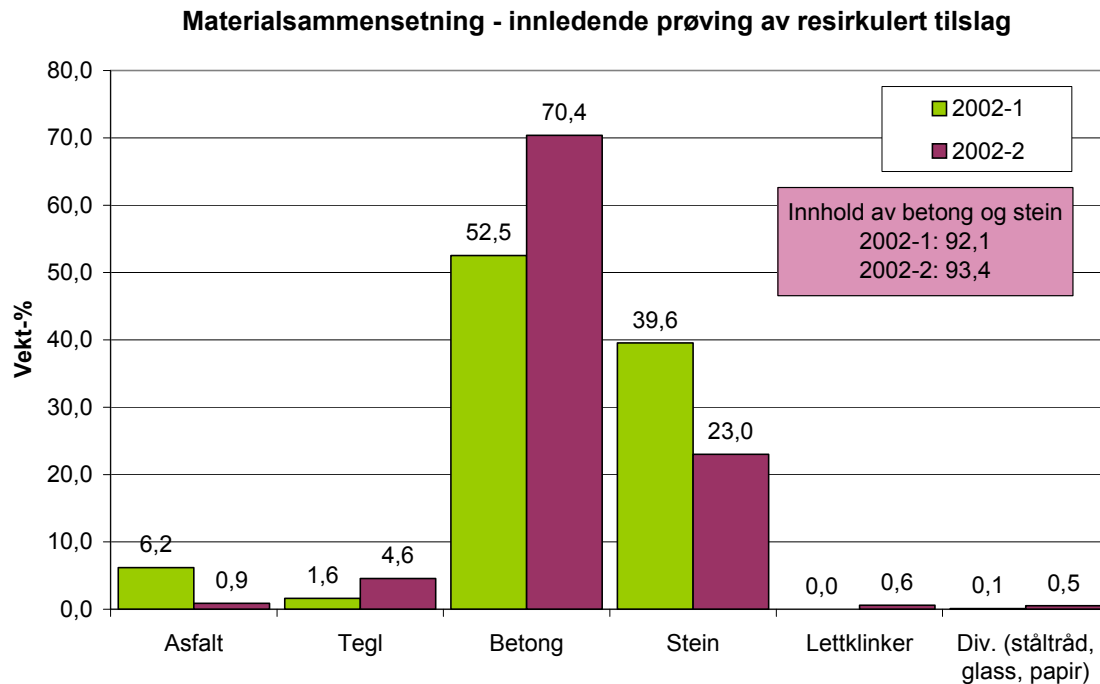
Bestemmelse av det resirkulerte tilslagets kornfordeling er utført i henhold til prosedyre 14.432 i Håndbok 014¹², og resultatene fra undersøkelsene er vist i Figur 1. Det resirkulerte tilslaget er i sorteringene 8-22 mm (2002) og 10-22 mm (2004) og har en jevn fordeling, men med en forholdsvis stor andel med kornstørrelse lavere enn minste nominelle kornstørrelse.



Figur 1: Kornfordelingskurver fra innledende prøving av resirkulert tilslag

7.1.3 Materialsammensetning

Bestemmelse av det resirkulerte tilslagets materialsammensetning er utført i henhold til prEN 933-11¹³, og resultatene fra undersøkelsene er vist i Figur 2. I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴, se Tabell 2, er kravet til andel hoveddelmateriale for resirkulert tilslag av Type 1 Knust betong satt til minimum 94 %. I NB 26⁸, se Tabell 1, er dette kravet satt til 99 %. Ingen av prøveuttakene tilfredsstiller disse kravene. I tillegg er andel asfalt for høy for et av prøveuttakene (2002-1). Bestemmelse av materialsammensetningen for tilslaget fra 2004 ble utført under dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget, se pkt 7.2.4 side 18.



Figur 2: Materialsammensetning fra innledende dokumentasjon av resirkulert tilslag

7.1.4 Korndensitet og vannabsorpsjon

Bestemmelse av det resirkulerte tilslagetets korndensitet og vannabsorpsjon er utført i henhold til NS-EN 1097-6¹⁴, og resultatene fra undersøkelsene er vist i Tabell 9. Det resirkulerte tilslaget oppfyller kravene som er satt til densitet og vannabsorpsjon for Type 1 Knust betong i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag⁴ og i NB 26⁸. Prosesskode-2¹¹ stiller krav om at vannabsorpsjonen for tilslag >8 mm skal være på maks. 1,5 %, er krav som vil være umulig å tilfredsstille for resirkulert tilslag.

Tabell 9: Densitet og vannabsorpsjon fra innledende prøving av resirkulert tilslag

	Korndensitet (g/cm ³)	Vannabsorpsjon (%)
2002-1	2,513	4,4
2002-2	2,531	4,8
2004	2,479	4,6

7.1.5 Klorider og sulfater

Bestemmelse av det resirkulerte tilslagetets innhold av klorider og sulfater er utført i henhold til NS-EN 1744-1¹⁵, og resultatene er vist i Tabell 10. I henhold til NS-EN 12620⁷ skal det, når det kreves, utføres bestemmelse av innhold av vannløselige klorider og syreløselige sulfater. Innhold av klorider skal deklarerer av produsenten på forespørsel, og innhold av sulfater skal deklarerer i samsvar med aktuell kategori. I henhold til det NS-EN 206-1⁹ velges kloridklasse basert på type konstruksjon og eksponeringsbetingelser. I det nasjonale tillegg opereres det med tre kloridklasser, Cl 1,0 %, Cl 0,4 % og Cl 0,1 %, der prosentverdien gir største prosentvise kloridinnhold i forhold til sementmengde. Prosesskode-2¹¹ krever at betongens kloridinnhold ikke skal overstige 0,1 %, og at tilslagetets maksimale kloridinnhold er på 0,01 %. I tillegg krever Prosesskode-2¹¹ at tilslaget skal deklarerer i sulfatkategori AS_{0,2}, det vil si at tilslaget skal ha et innhold av syreløselige sulfater på maksimalt 0,2 %.

Tabell 10: Innhold av klorider og sulfater fra innledende prøving av resirkulert tilslag

	Vannløselige klorider (vekt-%)	Syreløselige klorider (vekt-%)	Vannløselige sulfater (vekt-%)	Syreløselige sulfater (vekt-%)
2002	0,003	0,013	0,045	0,909
2004	–	< 0,007	–	–

For å vurdere tilslagets egnethet når det gjelder kloridinnhold, ble det gjort en omtrentlig beregning av maksimalt tillatt innhold, for ulike kloridklasser, basert på en fiktiv betongblanding. For en betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag, med 300 kg sement og 900 kg resirkulert tilslag (i denne sammenheng en konservativ antagelse), vil det maksimale innholdet av klorider i tilslaget for de ulike kloridklassene bli som vist i Tabell 11. Merk at det her ikke er tatt hensyn til evt. kloridinnhold i andre materialer.

Tabell 11: Maksimalt kloridinnhold i det resirkulerte tilslaget for de enkelte kloridklasser i NS-EN 206-1⁹ når 100 % av det grove tilslaget erstattes med resirkulert tilslag (antatt 300 kg sement og 900 kg resirkulert tilslag)

Kloridklasse	Største Cl ⁻ -innhold i forhold til sementmasse	Beregnet maks tillatt kloridinnhold i det resirkulerte tilslaget ¹⁾
Cl 1,0	1,0 %	0,333 %
Cl 0,40	0,40 %	0,133 %
Cl 0,20	0,20 %	0,067 %
Cl 0,10	0,10 %	0,033 %

¹⁾ her er det ikke tatt hensyn til evt. kloridinnhold i andre tilslagsmaterialer

Det resirkulerte tilslaget tilfredsstiller dermed det strengeste kravet til kloridinnhold i henhold til NS-EN 206-1⁹, og samtidig også kravene til kloridinnhold gitt i Prosesskode-2¹¹. Erstattes imidlertid 100 % av det grove tilslaget med resirkulert tilslag, bør mer nøyaktige utregninger utføres. Når det gjelder syreløselige sulfater kan tilslaget tatt ut i 2002 deklarerer med egen verdi AS_{0,9}. Tilslaget tilfredsstiller dermed ikke kravene til maksimalt sulfatinnhold gitt i Prosesskode-2¹¹.

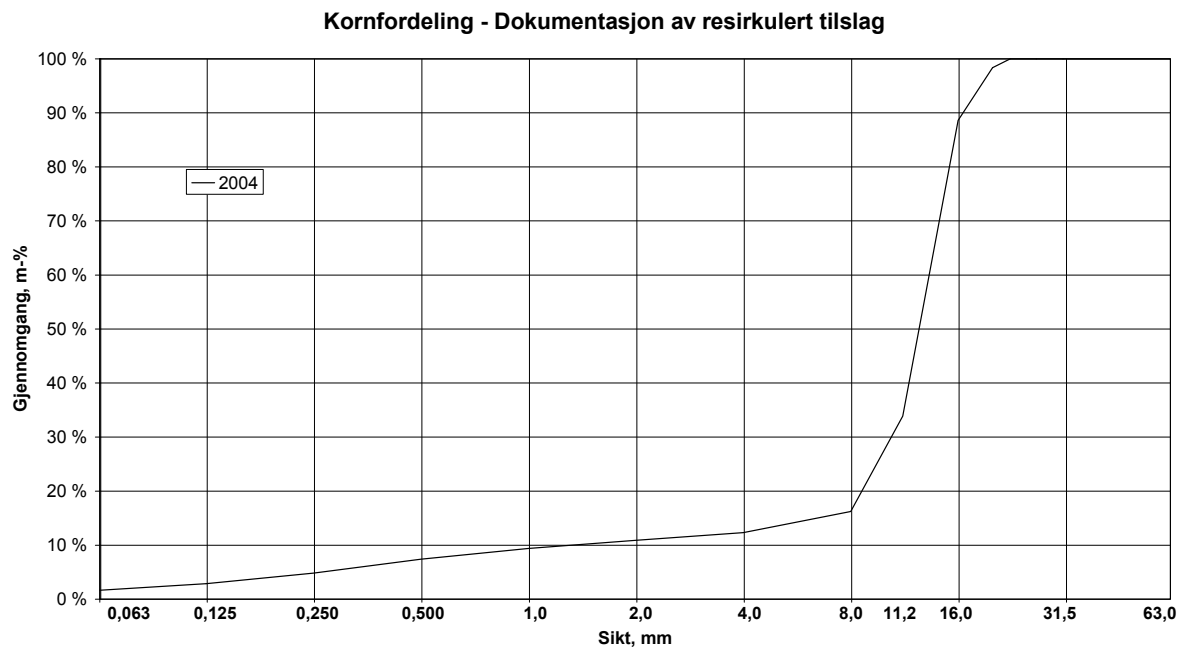
7.2 Dokumentasjon av resirkulert tilslag

7.2.1 Generelt

I henhold til forsøksplanen skulle det utføres grundig dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget. Dette ble dessverre ikke utført i forbindelse med støpingen i 2002. Under pkt. 7.2 er det derfor kun vist resultater fra undersøkelse av resirkulert tilslag i forbindelse med støp i 2004. Også her er resultatene vurdert opp mot krav i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴, NS-EN 206-1⁹, NS-EN 12620⁷ og Prosesskode-2¹¹.

7.2.2 Kornfordeling

Bestemmelse av det resirkulerte tilslagets kornfordeling er utført i henhold til prosedyre 14.432 i Håndbok 014¹², og resultatene fra undersøkelsene er vist i Figur 3. Det resirkulerte tilslaget er i sortering 10-22 mm, men som siktekurven viser har rundt 20 % av tilslaget lavere kornstørrelse enn 10 mm. Se også pkt. 7.1.2.



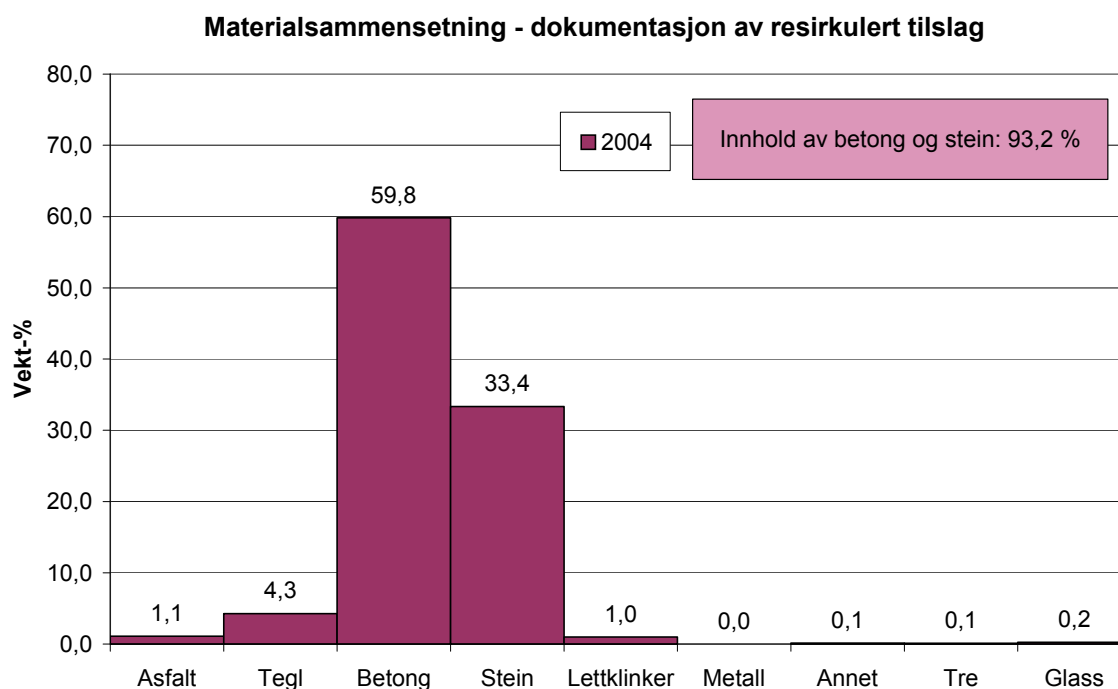
Figur 3: Kornfordelingskurve fra dokumentasjon av resirkulert tilslag

7.2.3 Finstoffinnhold – innhold av materiale < 0,063 mm

Bestemmelse av det resirkulerte tilslaget finstoffinnhold (innhold av materiale mindre enn 0,063 mm) utføres samtidig som kornfordelingen. Finstoffinnholdet for materialet fra 2004 er 2,03 %. Det er ikke gitt krav til maksimalt innhold av finstoff i grovt tilslag, men tilslaget deklarerer i henhold til tabell 11 i NS-EN 12620⁷. Finhetskategorien blir da f_4 . Kravet til finstoffinnhold for grovt tilslag i Prosesskode-2¹¹ er at tilslaget skal kunne klassifiseres i finhetskategori $f_{1,5}$. Dette kravet er ikke tilfredsstillt.

7.2.4 Materialsammensetning

Bestemmelse av det resirkulerte tilslaget materialsammensetning er utført i henhold til prEN 933-11¹⁶, og resultatene fra undersøkelsene er vist i Figur 4. Prøveuttaket tilfredsstiller ikke kravet til andel hoveddelmateriale (betong og stein) gitt i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for Klasse V Resirkulert tilslag⁴ eller i NB 26⁸. Se også pkt. 7.1.3.



Figur 4: Materialsammensetning fra dokumentasjon av resirkulert tilslag

7.2.5 Innhold av organisk materiale – humusinnhold

Bestemmelse av det resirkulerte tilslaget innhold av organisk materiale er utført i henhold til prosedyre 14.445 i Håndbok 014¹² (glødetapsmetoden). Resultatene fra undersøkelsen viste et humusinnhold på 4,1 % på materialet fra 2004. Et høyt humusinnhold kan øke størkningstiden og gi redusert trykkfasthet. Både NS-EN 12620 og Prosesskode-2 stiller krav til maksimal tillatt økning av størkningstiden og maksimal tillatt reduksjon av 28 døgns trykkfasthet. I NS-EN 12620 henvises det imidlertid ikke til glødetapsmetoden, men til en annen prøvemåte fra NS-EN 1744-1. Resultatene fra denne undersøkelsen kan dermed ikke benyttes til å vurdere om tilslaget kan ha skadelige virkninger for betongen. I NB 26 står det kun at ”det skal foreligge nødvendig dokumentasjon på at rivningsmaterialer som skal benyttes til produksjon av resirkulert tilslag til betongformål ikke inneholder slike stoffer i skadelige mengder”.

7.2.6 Kornform

Bestemmelse av det resirkulerte tilslaget kornform, flisighetsindeks, er utført i henhold til NS-EN 933-3¹⁷. Resultatene fra undersøkelse av prøveuttak 2004 ga et FI-tall på 13. Det er ikke gitt krav til det grove tilslaget kornform i NS-EN 206-1⁹, men tilslaget deklarerer etter tabell 8 i NS-EN 12620, flisighetskategorien blir da FI₁₅. Kravet til flisighet i Prosesskode-2¹¹ er flisighetskategori FI₃₅. Tilslag i flisighetskategori FI₁₅ tilfredsstiller automatisk kravene til FI₃₅.

7.2.7 Korndensitet og vannabsorpsjon

Bestemmelse av det resirkulerte tilslaget korndensitet og vannabsorpsjon er utført i henhold til NS-EN 1097-6¹⁴, og resultatene fra undersøkelsen er vist i Tabell 12. Det resirkulerte tilslaget oppfyller kravene som er satt til densitet og vannabsorpsjon for Type 1 Knust betong i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag⁴ og i NB 26⁸. Prosesskode-2¹¹ stiller krav om at

vannabsorpsjonen for tilslag >8 mm skal være på maks. 1,5 %, et krav som resirkulert tilslag ikke vil kunne oppfylle. For korndensitet gjelder at krav til betongens densitet skal oppfylles. Tilslagets vannabsorpsjon vil influere på betongens vannbehov og eventuelt støpeligheten.

Tabell 12: Korndensitet og vannabsorpsjon fra dokumentasjon av resirkulert tilslag

	Overflatetørr korndensitet ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
2004	2,42	2,27	6,61

7.2.8 Kloridinnhold

Pga. lavt kloridinnhold fra de innledende tilslagsundersøkelsene ble det ikke utført prøvinger av det resirkulerte tilslagets kloridinnhold i forbindelse med dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget.

7.2.9 Innhold av sulfater

Bestemmelse av det resirkulerte tilslagets sulfatinnhold er utført i henhold til NS-EN 1744-1¹⁸. I forbindelse med dokumentasjon av resirkulert tilslag ble bestemmelse av sulfatinnhold kun utført på prøveuttak fra 2004. Resultatet fra undersøkelsen viste et sulfatinnhold på 0,72, noe som ikke tilfredsstillende kravene til sulfatinnhold gitt i Prosesskode-2¹¹. Se også pkt. 7.1.5.

7.3 Dokumentasjon av egenskaper til fersk betong

7.3.1 Generelt

Dokumentasjon av egenskaper til fersk betong skulle, i henhold til forsøksplanene, omfatte undersøkelse av synkmål og utbredelsesmål ved 0, 30 og 60 min, densitet, luftinnhold og temperatur. Undersøkelsene ble dessverre kun delvis gjennomført, spesielt gjelder dette utbredingsmål og densitet.

7.3.2 Synkmål

Bestemmelse av den ferske betongens synkmål er utført i henhold til prosedyre 14.622 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 13. Betongene med resirkulert tilslag har merkbart lavere synkmål og større konsistenstap enn betongen uten resirkulert tilslag. Dette gjaldt spesielt resept 4, der det var nødvendig med tilsetning av SP-stoff pga at det store konsistenstapet. Både i 2002 og 2004 ble det rapportert om en litt seigere betong som ga mer arbeid, men likevel innfor det akseptable.

RESIBA-prosjektets² målinger viser at bruk av 100 % resirkulert tilslag ikke gir betydelig redusert støpelighet over tid, men at dette forutsetter at det tas hensyn til det resirkulerte tilslagets evne til å absorbere vann.

Tabell 13: Synkmål

	Andel resirkulert tilslag	Synk (mm)		
		0 min	30 min	60 min
Resept 1	0 %	190	180	–
Resept 2	20 %	70	–	–
Resept 3	40 %	110	60	–
Resept 4	100 %	200	175	155
Resept 5	40 % ¹	85	65	60
Resept 6	20 %	130	70	50
Resept 7	40 %	90	–	–

¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

7.3.3 Utbredingsmål

Bestemmelse av den ferske betongens utbredelse ble utført i henhold til prosedyre 14.622 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 14. Det ble ikke utført måling av utbredingsmål for støp i 2004. Betongens utbredingsmål er, som synkmål, et mål på betongens konsistens og støpbarhet.

Tabell 14: Utbredingsmål

	Andel resirkulert tilslag	Utbredelse (mm)		
		0 min	30 min	60 min
Resept 1	0 %	–	–	–
Resept 2	20 %	330	–	–
Resept 3	40 %	310	300	–
Resept 4	100 %	–	–	–
Resept 5	40 % ¹	350	350	375
Resept 6	20 %	340	320	300
Resept 7	40 %	–	–	–

¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

7.3.4 Densitet

Bestemmelse av den ferske betongens densitet er utført i henhold til prosedyre 41.624 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 15. Få måleverdier gjør det vanskelig å trekke konklusjoner, men økende andel resirkulert tilslag i betongen vil gi redusert densitet pga. at resirkulert tilslag har lavere korndensitet enn naturtilslag. Densiteten avhenger også av luftinnholdet. Bestemmelse av den herdede betongens densitet ble utført i forbindelse med testing av kapillær sugehastighet og porøsitet, se pkt. 7.4.9.

RESIBA-prosjektets² målinger viste at densiteten ble redusert ved økende mengde resirkulert tilslag.

Tabell 15: Densitet

	Andel resirkulert tilslag	Densitet (kg/m ³)
Resept 1	0 %	2400
Resept 2	20 %	–
Resept 3	40 %	–
Resept 4	100 %	2145
Resept 5	40 % ¹	–
Resept 6	20 %	–
Resept 7	40 %	–

¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

7.3.5 Luftinnhold

Bestemmelse av den ferske betongens luftinnhold er utført i henhold til prosedyre 14.625 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 16. Variasjonene i luftinnhold i betongene med opptil 40 % resirkulert tilslag er ikke større enn normalt. Den høye andelen resirkulert tilslag i resept 4 er den mest naturlige forklaringen på det høye luftinnholdet.

RESIBA-prosjektet² registrerte ikke større variasjoner i målt luftinnhold enn normalt.

Tabell 16: Luftinnhold

	Andel resirkulert tilslag	Luft (%)
Resept 1	0 %	4,1
Resept 2	20 %	3,4
Resept 3	40 %	4,6
Resept 4	100 %	8,0
Resept 5	40 % ¹	2,5
Resept 6	20 %	3,8
Resept 7	40 %	4,8

¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

7.3.6 Temperatur

Resultatene fra temperurmålinger er vist i Tabell 17. Ingen av betongblandingene hadde lav betongtemperatur. (Temperaturen i den ferske betongen skal ikke være lavere enn 5 °C på leveringstidspunktet. Dette vil kunne være et problem for vinterstøp.)

Tabell 17: Luft- og betongtemperatur

	Andel resirkulert tilslag	Lufttemperatur (°C)	Betongtemperatur (°C)
Resept 1	0 %	0	26
Resept 2	20 %	–	20
Resept 3	40 %	3	21
Resept 4	100 %	- 1	16
Resept 5	40 % ¹	–	–
Resept 6	20 %	–	–
Resept 7	40 %	7	20

¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

7.4 Dokumentasjon av egenskaper til herdet betong

7.4.1 Generelt

I henhold til forsøksplanene omfatter dokumentasjon av egenskaper til herdet betong undersøkelser av mekaniske og bestandighetsrelaterte egenskaper, samt spesielle betongundersøkelser. Betongen ble i stor grad testet i henhold til forsøksplanen, med unntak av at det ikke ble utført karbonatiseringsmålinger og tynnslip. I tillegg mangler det undersøkelse av neddykket kloridinntrengning for støpen i 2002.

7.4.2 Trykkfasthet

Bestemmelse av den herdede betongens trykkfasthet er utført i henhold til prosedyre 14.631 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 18 og Figur 5. Antall prøver er for få til å kunne vurdere statistisk om betongene tilfredsstillende krav til karakteristisk fasthet. I Tillegg A (normativt) i NS-EN 206-1⁹ er det gitt kriterier for godkjenning av innledende prøvinger av en ny betongsammensetning, der bl.a. betongens trykkfasthet skal overstige verdiene av f_{ck} med en tilstrekkelig margin. Denne marginen skal minst være $\geq f_{ck} + 5$ for gjennomsnittet av tre prøver, og $\geq f_{ck} - 5$ for enkeltresultater, og bør være ca det dobbelte av forventet standardavvik, altså minst 6-12 MPa.

For reseptene 1-3 og 7 ligger prøveresultatene godt over kravet til karakteristisk terningfasthet for tilsiktet fasthetsklasse, og vurderes å kunne tilfredsstillende kravet til aktuell fasthetsklasse B35 (C45), dvs. $f_{ck, terning} = 45$ MPa.. Disse betongblandingene hadde en margin på over 20 MPa.

For resept 4 er kravet til minste karakteristiske terningfasthet, f_{ck} , også på 45 MPa, mens prøveresultatet for 28-døgns fasthet var 42,3 MPa. Resirkulert tilslag har lavere mekanisk styrke enn naturtilslag, og sammen med det høye luftinnholdet kan dette være forklaringene på den lave trykkfastheten, se pkt. 7.3.5, side 21..

Kravet til minste karakteristiske terningfasthet, f_{ck} , for tilsiktet fasthetsklasse for resept 5 og 6 er 35 MPa. Resept 5 vil mest sannsynlig kunne tilfredsstillende kravet til karakteristisk terningfasthet. For resept 6 mangler 28-døgns-prøving, men ut fra 90-døgns-prøvingen er det lite sannsynlig at resultatene ligger innenfor margin. Av disse to reseptene ville det være nærliggende å tro at resept 5 ville få lavest trykkstyrke, både pga. at den hadde større andel resirkulert tilslag og at tilslaget er av Type 2 Blandet masse.

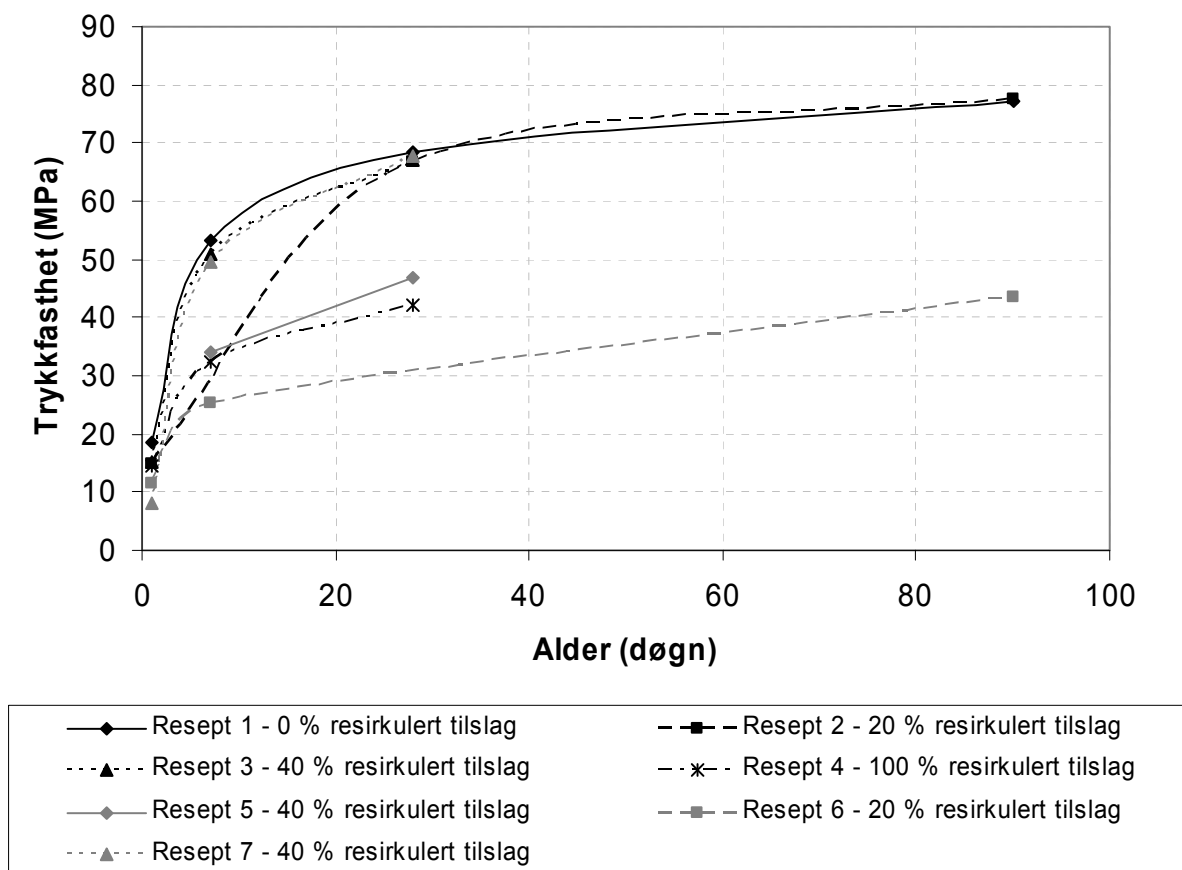
Det kan tyde på at å erstatte det grove tilslaget med inntil 40 % resirkulert tilslag ikke har noen vesentlig betydning for betongens trykkfasthet. Å erstatte alt det grove tilslaget med resirkulert tilslag vil derimot kunne medføre en stor fasthetsreduksjon.

RESIBA-prosjektets² resultater tyder på en reduksjon i trykkfasthet ved økende innblanding av resirkulert tilslag, men resultatene var ikke entydige. I tillegg ble det konkludert med at det burde tas høyde for et høyere standardavvik på trykkfastheten ved bruk av resirkulert tilslag.

Tabell 18: Trykkfasthet

	Andel resirkulert tilslag	Tilsiktet fasthetsklasse	Trykkfasthet (MPa)			
			1	7	28	90
Resept 1	0 %	C45	18,5	53,3	68,5	77,3
Resept 2	20 %	C45	14,9	-	66,8	77,5
Resept 3	40 %	C45	15,3	50,8	67,1	-
Resept 4	100 %	B35	14,6	32,4	42,3	-
Resept 5	40 % ¹	C35	-	33,9	46,9	-
Resept 6	20 %	C35	11,6	25,3	-	43,6
Resept 7	40 %	C45	8,1	49,4	67,7	-

¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse



Figur 5: Trykkfasthet

7.4.3 Elastisitetsmodul

Bestemmelse av den herdede betongens elastisitetsmodul er utført i henhold til prosedyre 14.634 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 19. Resultatene fra E-modulprøvingen følger resultatene fra trykkfasthetsprøvingen, med unntak av resept 4, der E-modulen ligger lavere enn forventet i forhold til de andre betongblandningene.

Resultatene fra RESIBA-prosjektet² viser det samme som for trykkfasthet, at E-modulen ble redusert med økende andel resirkulert tilslag, samt at standardavviket ble større.

Tabell 19: Elastisitetsmodul

	Andel resirkulert tilslag	E-modul (MPa)					
		E _o			E _c		
		7	28	90	7	28	90
Resept 1	0 %	27000	33500	37500	27500	34000	38000
Resept 2	20 %	–	33000	–	–	33500	–
Resept 3	40 %	27000	33000	–	28000	34000	–
Resept 4	100 %	17500	20000	–	18500	20500	–
Resept 5	40 % ¹	23000	26500	–	23000	27500	–
Resept 6	20 %	20500	–	27000	21500	–	27500
Resept 7	40 %	–	–	–	–	–	–

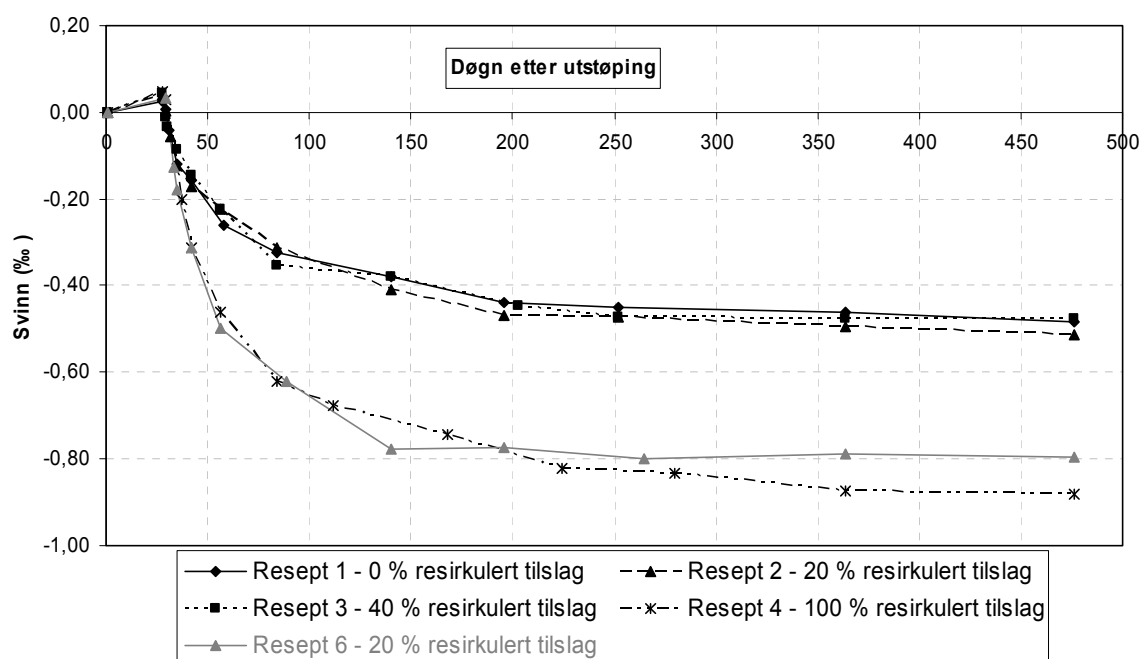
¹ Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse

7.4.4 Uttørkingssvinn

Bestemmelse av den herdede betongens uttørkingssvinn er utført i henhold til ASTM C 157¹⁹, resultatene er vist i Figur 6.

Resept 4 og resept 6 skiller seg ut med et betydelig høyere uttørkingssvinn enn de andre reseptene. Det er i hovedsak vannmengden i betongen som er bestemmende for uttørkingssvinn, og reseptene 4 og 6 hadde høyere vannmengde enn de andre. Men vannmengden alene kan ikke forklare det økte uttørkingssvinn. Resept 6 hadde et v/c-tall på 0,57, i motsetning til de andre som alle hadde v/c-tall på rundt 0,40. I tillegg var det i samme resept benyttet standardsement, mens det for resten av blandingene var benyttet anleggsement. Standardsementen er raskere enn anleggsementen, og vil dermed kunne gi høyere uttørkingssvinn. V/c-tallet i resept 4 var lavt (0,40) og er dermed ikke årsaken til det høye uttørkingssvinn. Imidlertid vil sementlimet i det resirkulerte tilslaget ha et eget uttørkingssvinn, og den høye andelen resirkulert tilslag i resept 4 vil dermed trolig være hovedårsaken til det økte uttørkingssvinn. Dette henger også sammen med at denne betongblandingen hadde en veldig lav E-modul.

RESIBA-prosjektets² erfaringer var at bruk av resirkulert tilslag ikke medførte signifikante endringer i svinnegenskapene. Rapporten viser imidlertid også til internasjonale erfaringer med bruk av resirkulert tilslag, som sier at man må forvente økt uttørkingssvinn for betonger med resirkulert tilslag.



Det ble også målt svinn på resept 4 etter 716 døgn, men det var liten endring i forhold til målingen ved 476 døgn (fra -0,88 til -0,92).

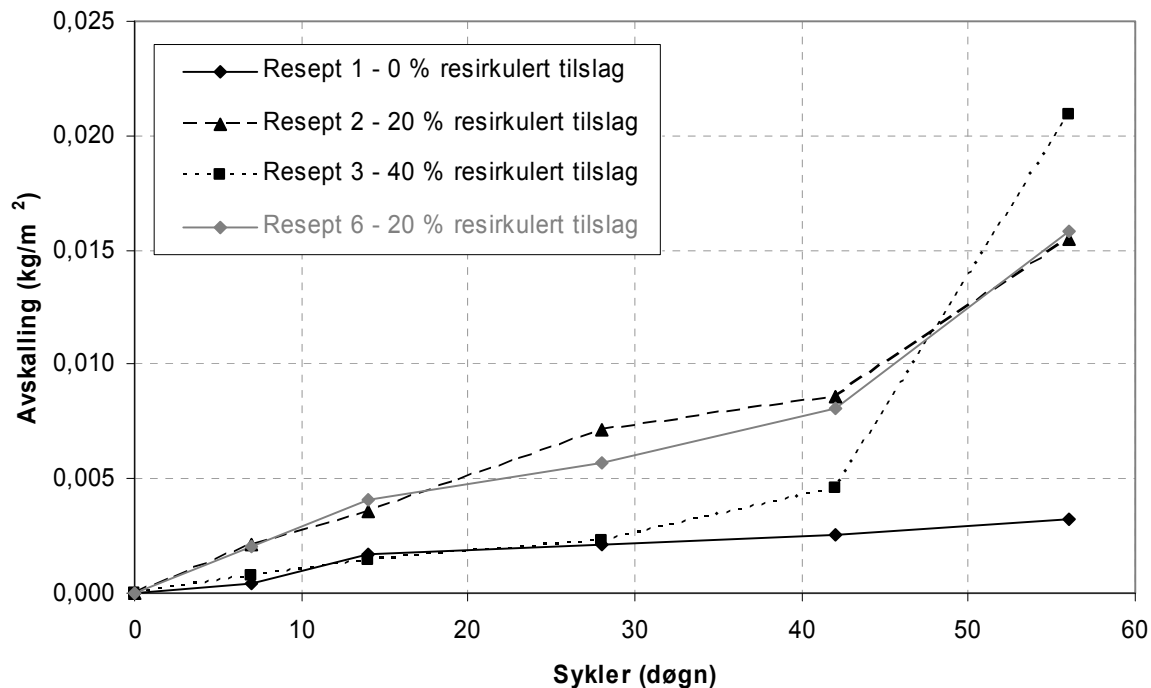
Figur 6: Uttørkingssvinn.

7.4.5 Avskalling ved frostprøving

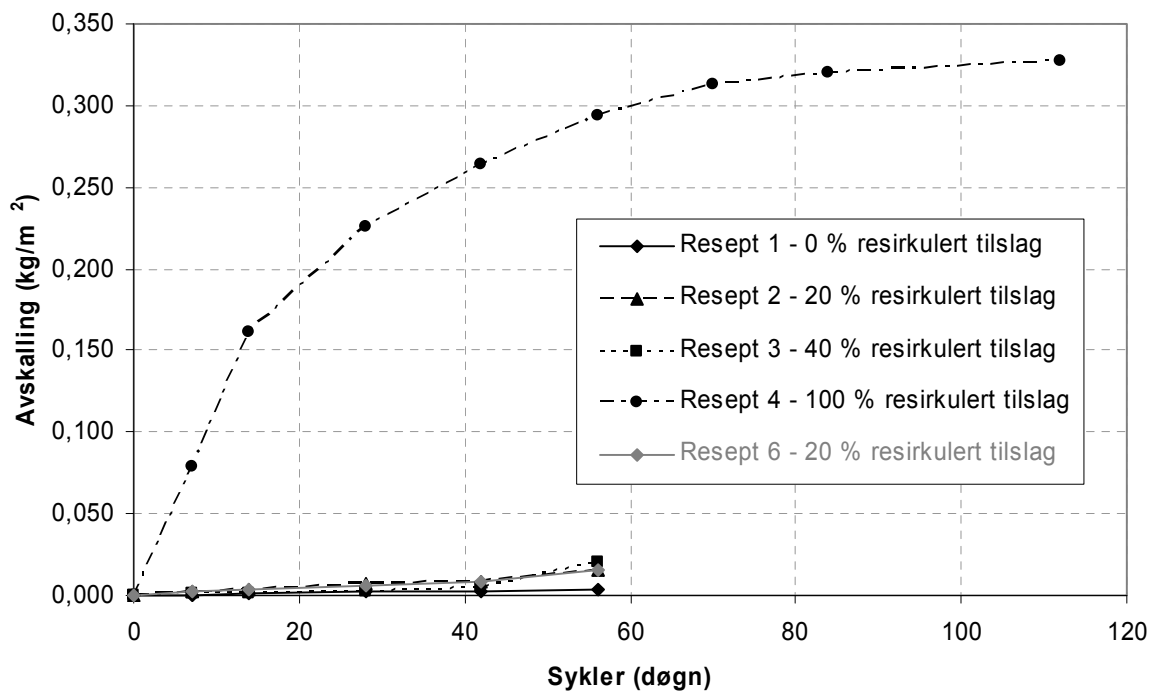
Bestemmelse av den herdede betongens avskalling ved frostprøving er utført i henhold til Svensk Standard SS 13 72 44²⁰, Boråsmetoden, og resultatene er vist i Figur 7 og Figur 8. Reseptene 1, 2, 3 og 6 tilfredsstiller kravene til meget god frostbestandighet og resept 4 til god frostbestandighet i henhold til SS 13 72 44²⁰. Det høye luftinnholdet i resept 4 kan være en del av årsaken til at denne blandingen har så god frostbestandighet. Selv om alle betongene har god til meget god frostbestandighet, viser Figur 8 at betongen med 100 % resirkulert tilslag får merkbart høyere avskalling enn betongene med

lavere andel resirkulert tilslag. Dette tyder på at økt andel resirkulert tilslag gir økt avskalling ved frostprøving.

RESIBA-prosjektet² gjennomførte frostprøving kun på C35 NA betong med 37 % resirkulert tilslag, også der var frostbestandigheten meget god.



Figur 7: Avskalling ved frostprøving



Figur 8: Avskalling ved frostprøving

7.4.6 Karbonatisering

Bestemmelse av karboniseringsdybde ble ikke utført i Gjenbruksprosjektet.

RESIBA-prosjektet² fant ingen økning i karboniseringsdybde som resultat av økende andel resirkulert tilslag, og registrerte heller ikke karboniserte tilslagskorn i bulkbetongen. Men rapporten viser til andre undersøkelser som har vist at karboniseringsdybden er nesten doblet etter ett år.

7.4.7 Neddykket kloridinntrengning

Bestemmelse av den herdede betongens neddykkede kloridinntrengning er utført i henhold til prosedyre 14.651 i Håndbok 014¹², og er kun utført på resept 4 (tre parallelle prøver). Kloridprofilene er kurvetilpasset løsningen av Ficks 2. lov som gir C_s (overflatekonsentrasjon) og D (diffusjonskoeffisienten). C_s og D er, sammen med k (0,1 %) vist i Tabell 20. Kloridprofiler er vist i vedlegg 2. Det ble ikke utført bestemmelse av den herdede betongens neddykkede kloridinntrengning for støp i 2002. Sammenlignet med tilsvarende betonger med normalt tilslag er kloridkonsentrasjonen på overflaten, C_s , høy, men ligger lavere enn tilsvarende betonger med lett tilslag. Grunnen til den høye kloridkonsentrasjonen på overflaten kan være at resirkulert tilslag er mer porøst enn naturtilslag, og når prøvene har sagflater vil de avsagde tilslagskornene eksponeres direkte. Normalt vil prøver med støpehud få lavere C_s enn prøver med sagflater. Diffusjonskoeffisienten D er lav og er karakteristisk for en god betong med hensyn på kloridinntrengning. Inntrengningen k er en ekstrapolert verdi og viser dybde hvor kloridkonsentrasjonen er 0,1 % etter 1 år eksponering. En inntrengning på over 30 mm etter ett år er mye og er en motsetning til den lave diffusjonskoeffisienten. Siden k er en ekstrapolert verdi er den mer usikker enn diffusjonskoeffisienten.

RESIBA-prosjektet² gjennomførte ikke prøving av kloridinntrengning.

Tabell 20: Kloridkonsentrasjon på overflaten, diffusjonskoeffisient, regresjonskoeffisient og inntrengning ($CI = 0,1$ % av betongvekt)

Prøve nr.	Kloridkonsentrasjon C_s % av betongvekt	Diffusjonskoeffisient D $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Regresjonskoeffisient R^2	Inntrengning k (0,1 %) cm
2004-1	1,312	4,58	0,9992	3,07
2004-2	1,218	4,26	0,9991	2,85
2004-3	1,226	6,45	0,9998	3,57
Gj.snitt	1,252	5,10		3,16
St.avvik	0,05	1,18		0,37

7.4.8 Tynnslip

Det ble ikke utført tynnslip verken i RESIBA-prosjektet² eller i Gjenbruksprosjektet.

7.4.9 Kapillær sugeshastighet og porøsitet, PF

Bestemmelse av den herdede betongens kapillære sugeshastighet og porøsitet er utført i henhold til prosedyre 14.637 i Håndbok 014¹², og resultatene er vist i Tabell 21. Kapillærsugforløpet for alle reseptene er vist samlet i Figur 9 mens enkeltdiagrammer er vist i vedlegg 3.

Kapillaritetstallet k er stigningstallet til den steile trendlinja i kapillærsugdiagrammene, og er et uttrykk for hastigheten vannfronten passerer gjennom betongen med. Ut fra undersøkelsene gjennomført her, vises det ingen økning i kapillaritetstall for betonger med opptil 40 % resirkulert tilslag, mens betongen med 100 % resirkulert tilslag har et høyere kapillaritetstall. Se Figur 10. Man vil kunne forvente at betong med høy andel resirkulert tilslag vil få en større mengde oppsuget vann,

spesielt tidlig i absorpsjonsforløpet, pga. flere porøse tilslagskorn i overflaten. Forslag: Derav en økende trend i kapillaritetstall. Størrelsen på økningen kan man imidlertid ikke si noe om siden betongen med 100 % resirkulert tilslag ikke kan sammenlignes direkte med de andre betongene.

Motstandstallet m er proporsjonalt med tiden vannfronten bruker på å trenge gjennom hele prøven, og gir dermed et mål på finheten i det kapillære poresystemet. Resept 4, med 100 % resirkulert tilslag, har høyere motstandstall enn de andre reseptene, se Figur 11. Selv om det primært er de sammenhengende porene i sementpastaen som styrer hastigheten på vannoppsuget, er det nærliggende å tro at vann som suges opp av det resirkulerte tilslaget kan være en årsak til at det tar lenger tid for vannfronten å nå gjennom hele prøven. At total mengde oppsuget vann er høyere for resept 4 enn for de andre betongene underbygger dette.

Makroporøsiteten er det samme som luftporøsiteten, og resultatene fra undersøkelsene på herdet betong gir lavere luftinnhold enn i fersk betong, se Figur 12. Dette kommer av at noe av luften forsvinner under utstøping. Resept 4 hadde høyere luftinnhold i fersk betong, og dette er nok noe av forklaringen til den høye makroporøsiteten. I tillegg vil porer i det resirkulerte tilslaget fylles med vann under trykk, og dermed også telles med som luftporer.

Sugporøsiteten utgjør summen av gel- og kapillærporene. Siden sugporøsiteten er avhengig av blant annet volumandelen pasta, er det naturlig at resept 4, med 100 % resirkulert tilslag, har høyere sugporøsitet enn de andre betongblandingene ved at også det resirkulerte tilslaget har et visst vannsug. Totalt sett viser ikke betonger med opptil 40 % resirkulert tilslag noen endringer i porøsitet, mens betong med 100 % resirkulert tilslag har høyere porøsitet, se Figur 12.

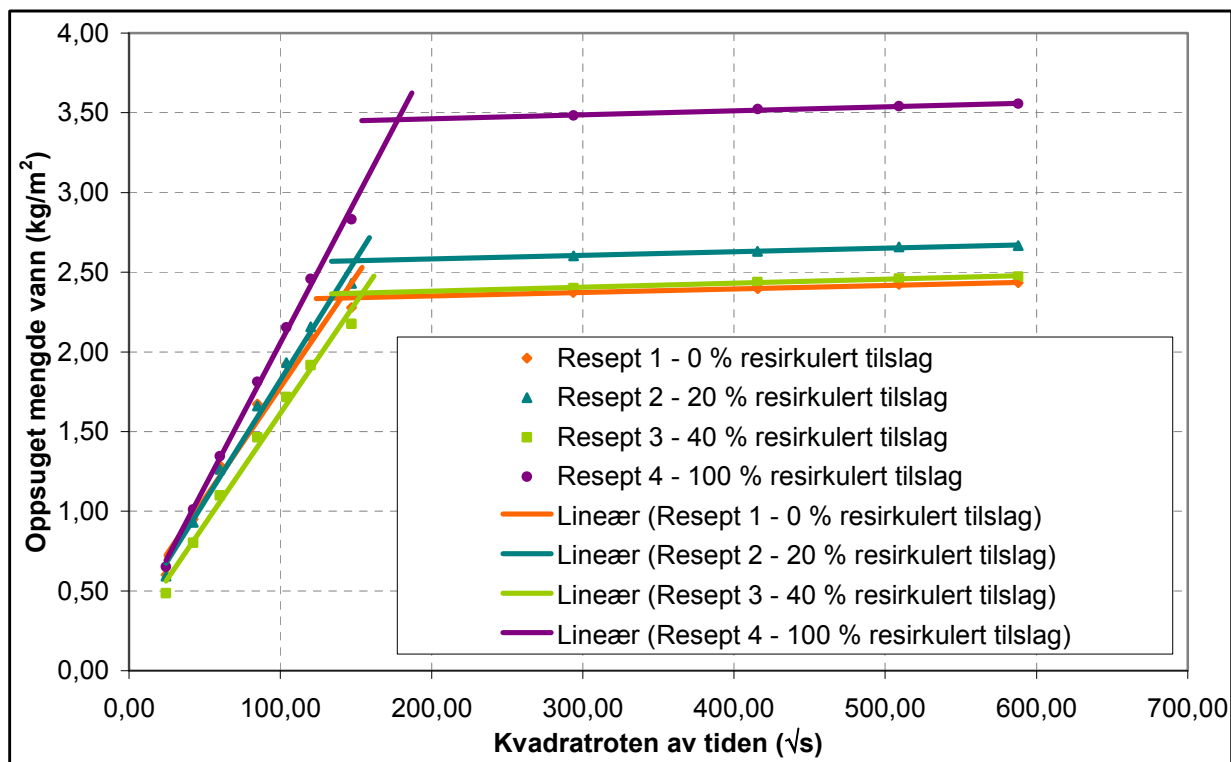
Faststoffdensiteten er stor sett lik for alle de fire betongene, mens tørrdensiteten for resept 4 er merkbart lavere. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra måling av densitet på fersk betong (kun utført på resept 1 og 4), se 7.3.4.

RESIBA-prosjektets resultater viser ingen signifikant endring i kapillaritetstall og motstandstall for betonger med opptil 60 % resirkulert tilslag. For betong med 100 % resirkulert tilslag var kapillaritetstallet lavere og motstandstallet høyere enn for betonger med lavere andel resirkulert tilslag. Det lavere kapillaritetstallet for betong med 100 % tilslag er ikke i overensstemmelse med resultatene fra Gjenbruksprosjektets undersøkelser, men det må nevnes at datamengden her er svært begrenset.

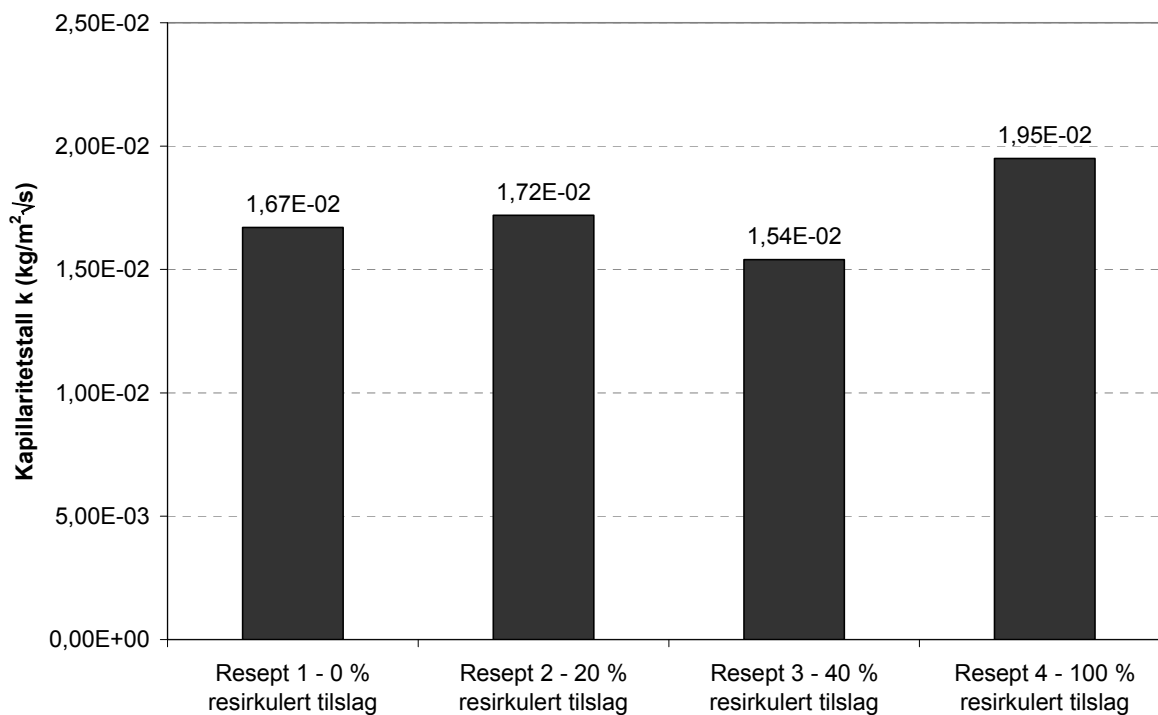
Totalt sett viser resultatene fra undersøkelse av kapillær sugeshastighet og porøsitet at resept 4 har vesentlig høyere porøsitet og sugeshastighet enn de andre betongene. Det er nærliggende å tro at årsaken til dette er den høye andelen resirkulert tilslag, selv om resept 4 ikke er direkte sammenlignbar med de andre betongene. Med unntak av motstandstallet, er resultatene for resept 4 forenelig med en betong med høyere v/c -tall.

Tabell 21: Kapillær sugeshastighet og porøsitet

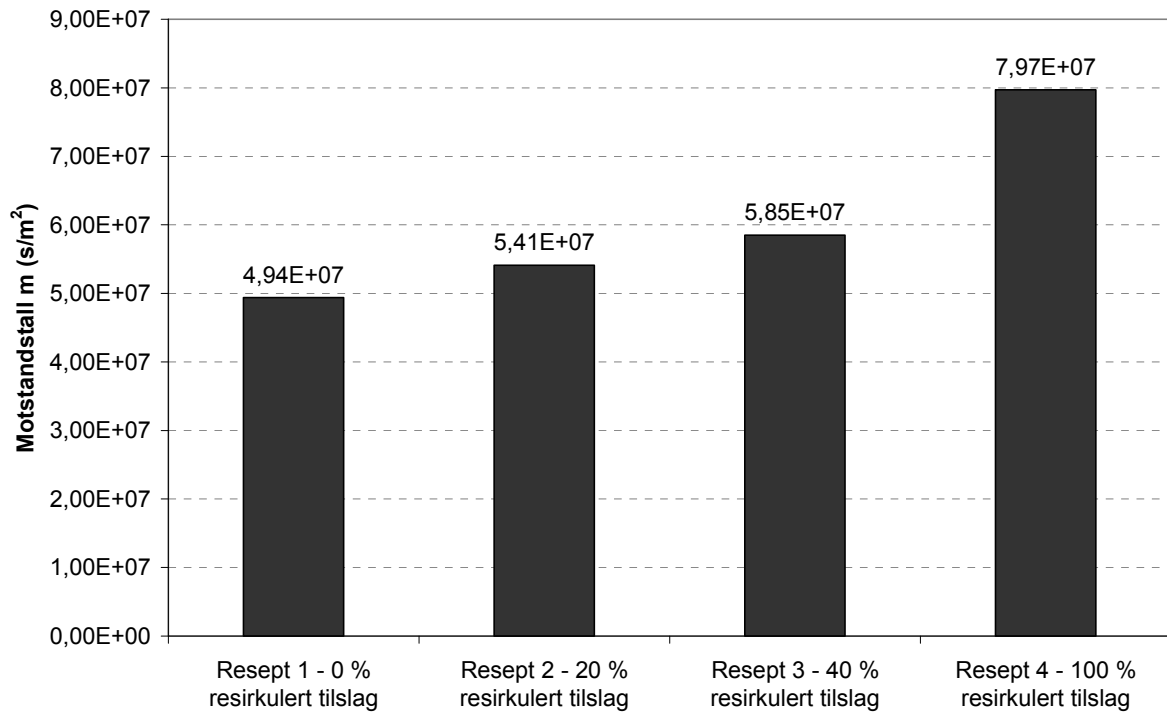
	Resept 1 0 % resirk	Resept 2 20 % resirk	Resept 3 40 % resirk	Resept 4 100 % resirk
Kapillaritetstallet k ($\text{kg}/\text{m}^2\sqrt{\text{s}}$)	1,67E-02	1,72E-02	1,54E-02	1,95E-02
Motstandstallet m (s/m^2)	4,94E+07	5,41E+07	5,85E+07	7,97E+07
Densitet tørr (kg/m^3)	2285	2242	2261	2057
Densitet faststoff (kg/m^3)	2696	2694	2677	2690
Sugporøsitet (%)	12,5	13,5	12,6	18,7
Makroporøsitet (%)	2,8	3,2	2,9	4,9
Total porøsitet (%)	15,2	16,8	15,5	23,5
Q_{kap}	2,34	2,57	2,37	3,46
$\sqrt{t_{\text{kap}}}$	140,2	149,5	154,6	177,5
t_{kap}	19674	22347	23987	31544



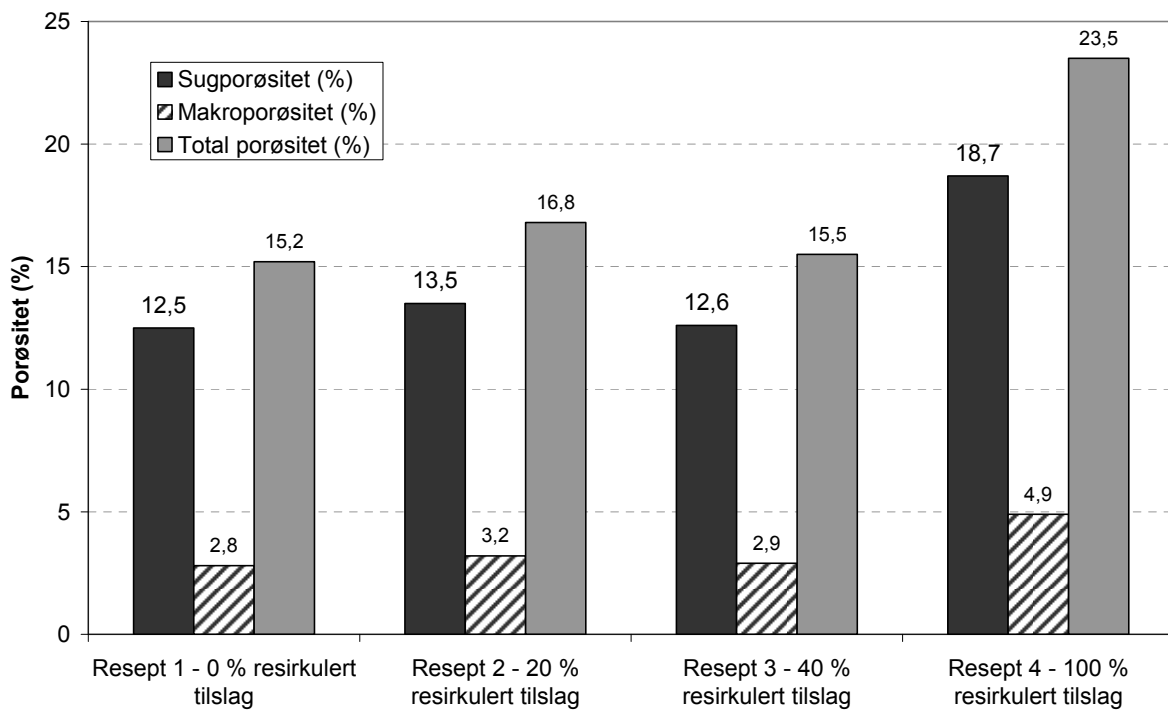
Figur 9: Kapillærsugforløpet



Figur 10: Kapillaritetstallet k



Figur 11: Motstandstallet m



Figur 12: Porøsitet

7.4.10 Vanninntrengning

Bestemmelse av den herdede betongens vanninntrengning er utført i henhold til NS-EN 12390-8²¹, og resultatene er vist i Tabell 22. Avvik fra standard er at det er benyttet prøvestykker med diameter/bredde 100 mm i stedet for 150 mm. NS-EN 206-1⁹ anbefaler ikke bruk av denne metoden som et mål på betongens motstand mot vanninntrengning, da metoden kan gi relativt store variasjoner i vanninntrengningsdybden. I 1986-utgaven av NS 3420²² var kravet til maksimal vanninntrengning på 25 mm. Kravet er fjernet i senere utgaver. Alle betongene tilfredsstillte dette kravet.

Dokumentasjon fra tidligere forsøk er ikke tilfredsstillende, og resultatene fra undersøkelsene gjennomført i Gjenbruksprosjektet viser ingen sammenheng mellom vanninntrengning og andel resirkulert tilslag. Resultatene fra undersøkelsen er for ordens skyld likevel tatt med her.

Tabell 22: Vanninntrengning

	Andel resirkulert tilslag	Maksimal vanninntrengningsdybde (mm)
Resept 1	0 %	4
Resept 2	20 %	8
Resept 3	40 %	7
Resept 4	100 %	6

Heller ikke i RESIBA-prosjektet² ble det observert noen sammenheng mellom vanninntrengning og andel resirkulert tilslag. Vanninntrengningen ble der målt til mellom 40 og 100 mm, uavhengig av andel resirkulert tilslag. Den målte vanninntrengningen er så høy, og spesielt i forhold til hva som ble målt i Gjenbruksprosjektet, at det er grunn til å tro at det er utført etter en helt annen metode, eller at angitt enhet er feil. Hvilken metode som er benyttet er ikke oppgitt.

Resultatene av prøvingen utført i RESIBA og Gjenbruksprosjektet gir ikke grunnlag til å trekke konklusjoner om det resirkulerte tilslaget påvirkning på vanninntrengning.

8 Konklusjon

8.1 Sammenfatning av resultater

8.1.1 Resirkulert tilslag

Det resirkulerte tilslaget som er benyttet i disse forsøkene er vurdert opp mot kravene til Type 1A i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag⁴. Det er også lagt vekt på et lavt innhold av klorider. I tillegg er resultatene vurdert opp mot krav gitt i NS-EN 206-1⁹, NS-EN 12620⁷, NB 26⁸ og Prosesskode-2¹¹.

Totalt sett har det resirkulerte tilslaget en meget god kvalitet og tilfredsstillende stort sett de kravene som ble gitt til materialet på forhånd. Unntak fra dette er materialsammensetningen, der andel hoveddelmateriale – betong og stein – lå litt lavere enn kravene. I tillegg viser siktekurvene at tilslaget hadde et høyt finstoffinnhold.

Det vises også til Prosjektrapport nr 13²³ i Gjenbruksprosjektet for mer informasjon om material-egenskaper til resirkulert tilslag.

8.1.2 Fersk betong

Det ble utført få prøvinger på fersk betong, men de tyder på at betong med resirkulert tilslag får lavere synkmål og høyere konsistenstap enn ”vanlig” betong. Betongen var seigere å jobbe med, men likevel støpbar.

8.1.3 Herdet betong

Resultatene fra undersøkelsen på herdet betong tyder på at å erstatte inntil 40 % av det grove tilslaget med resirkulert tilslag har lite å si for både mekaniske og bestandighetsrelaterte egenskaper. Erstattes 100 % av det grove tilslaget med resirkulert tilslag, merkes dette på resultatene fra stort sett alle undersøkelsene som ble utført på herdet betong i dette prosjektet. Spesielt gjelder dette for de mekaniske egenskapene. I følge tidligere undersøkelser² kan det å erstatte inntil 60 % av det resirkulerte tilslaget ha lite å si for enkelte egenskaper til herdet betong, men resultatene er ikke entydige.

8.2 Avsluttende kommentarer

Prøving av betong med resirkulert tilslag utført over flere år, i RESIBA-prosjektet og Gjenbruksprosjektet, gir et godt grunnlag for revisjon av NB 26⁸ på alle punkter unntatt designregler. Det er dokumentert at:

- andelen betong og stein i resirkulert tilslag ikke behøver å være så høy som 99 %, selv for de beste betongblandinger
- det er rom for å øke andel tillatt resirkulert tilslag i betongen
- begrenset bruk i høyere eksponeringsklasser er mulig

Produsert *utenom* kontinuerlig produksjon på en betongstasjon, krever imidlertid betong med resirkulert tilslag en atskillig nøyere oppfølging i alle ledd enn ved bruk av naturtilslag. Dette krever både menneskelige og økonomiske ressurser.

Til tross for stort sett gode erfaringer med bruk av resirkulert tilslag i betong, er ubunden bruk mest aktuell for Statens vegvesen. Statens vegvesen stiller høye krav til sin betong pga eksponeringsbetingelser. Ubunden bruk (vegbygging) er også gunstig i forhold til avfallsmengder, da man konsumerer mye større volum rivemasser enn ved bruk i betong.

Referanser

-
- ¹ www.gjenbruksprosjektet.net
 - ² Lahus, O., et al.: Bruk av resirkulert tilslag i sementbaserte produkter, RESIBA – Prosjektrapport 07/2002, NBI, 2002
 - ³ Karlsen, J., Petkovic, P. og Lahus, O.: Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, RESIBA – Prosjektrapport 04/2002, NBI, 2002
 - ⁴ Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, Kontrollrådet, 2003
 - ⁵ Tangen, D. A.: Støttemur ved E6 Taraldrud. Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i nye betong, Prosjektrapport nr. 17A, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2479, Statens vegvesen, 2007
 - ⁶ NS-EN 13242: Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging, 2003
 - ⁷ NS-EN 12620: Tilslag for betong, 2003
 - ⁸ Norsk betongforenings publikasjon nr 26: Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon, 2003
 - ⁹ NS-EN 206-1: Betong – Del 1: Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar, 2007
 - ¹⁰ NS-EN 13055-1: Lett tilslag – Del 1: Lett tilslag for betong, mørtel og injiseringsmasse
 - ¹¹ Prosesskode-2, Standard beskrivelse for bruer og kaier, Statens vegvesen, 2007
 - ¹² Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 1997
 - ¹³ prEN 933-11: Tests for geometrical properties of aggregates – Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregates
 - ¹⁴ NS-EN 1097-6: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 6: Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon, 2000
 - ¹⁵ NS-EN 1744-1: Prøvmingsmetoder for kjemiske egenskaper til tilslag – Del 1: Kjemisk analyse
 - ¹⁶ prEN 933-11: Tests for geometrical properties of aggregates – Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregates
 - ¹⁷ NS-EN 933-3: Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 3: Bestemmelse av kornform Flisighetsindeks, 1997
 - ¹⁸ NS-EN 1744-1: Prøvmingsmetoder for kjemiske egenskaper til tilslag – Del 1: Kjemisk analyse
 - ¹⁹ ASTM C 157-93: Standard Test Method for Length of Hardened Hydraulic- Cement Mortar and Concrete, 1993
 - ²⁰ Svensk Standard SS 13 72 44: Betongprovning - Hårdnad betong - Avflagning vid frysning, 1995 (ny utgave i 2005)
 - ²¹ NS-EN 12390-8: Prøvming av herdnet betong – Del 8: Inntrengningsdybde av vann under trykk, 2001
 - ²² NS 3420: Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner, 1986
 - ²³ Myren, S. A. og J. Mehus: Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag – Uttesting av deklarasjonsordning, Prosjektrapport nr. 13, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2431, Statens vegvesen, 2007

VEDLEGG

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1A: FORSØKSPLAN 2002.....	III
VEDLEGG 1B: FORSØKSPLAN 2004.....	VII
VEDLEGG 2: KLORIDPROFILER.....	XV
VEDLEGG 3: KAPILLÆR SUGEHASTIGHET, DIAGRAMMER	XVII
VEDLEGG 4: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"	XIX
VEDLEGG 5: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005	XXI

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1A: FORSØKSPLAN 2002



Hovedkontor Avdelingskontor

Forskningsveien 3b Høgskoleringen 7
Postboks 123 Blindern 7491 TRONDHEIM
0314 OSLO
Telefon 22 96 55 55 Telefon 73 59 33 90
Telefaks 22 69 94 38 Telefaks 73 59 33 80

E-mail firmapost@byggforsk.no
Internett www.byggforsk.no
Foretaksnr.NO 943 813 361 MVA

Oppdragsgiver
Statens vegvesen Vegdirektoratet

Oppdragsgivers adresse
Postboks 8142 Dep.
0033 Oslo

Oppdragsgivers referanse
Gordana Petkovic

Prosjektnr./arkivnr. O10633	Dato 21.05.02	Rev.dato	Antall sider 22	Antall vedlegg	Gradering Lukket	Forfatter(e) Jacob Mehus
Prosjektleder JAM	Sign.	Ansvarlig linjeleder TRT	Sign.	Kvalitetssikrer TF	Sign.	

Oppdragsrapport

Forslag til prøveprogram for betong med resirkulert tilslag – Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt

Kort sammendrag

I forbindelse av bygging av nytt hovedkontor for Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling på Helsfyr i Oslo er det i deler av konstruksjonen besluttet å benytte betong der 40% av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag. I tillegg vil det også bli støpt ut en prøveblanding der 60% av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag. Det planlagte prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i betongkonstruksjonen utføres som en del av Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt.

Norges byggforskningsinstitutt har på oppdrag fra Vegteknisk avdeling utarbeidet et forslag til prøveprogram for dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget, den ferske betongen og den herdede betongen. Forslaget til dokumentasjonen av det resirkulerte tilslaget er basert på *Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag*, RESIBA - prosjektrapport 04/2002.

Byggverkets adresse			Byggeår 2002
Virksomhetsområde 3.4 Materialteknikk	Metode Laboratorieundersøkelse	Emneord Resirkulert tilslag, Betong, Miljø	Filnavn Prøveprogram resirk betong.doc

Utdragsvis eller forkortet gjengivelse av rapporten er ikke tillatt uten NBIs spesielle godkjenning.
Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder NBI seg retten til å godkjenne oversettelsen. Kostnader belastes oppdragsgiver.

Innledning

I forbindelse av bygging av nytt hovedkontor for Statens vegvesen, Vegdirektoratet, på Helsfyr i Oslo er det i deler av konstruksjonen besluttet å benytte betong der 40 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag. I tillegg vil det også bli støpt ut en prøveblanding der 60 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag. Det planlagte prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i betongkonstruksjonen utføres som en del av Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt.

Norges byggforskningsinstitutt har på oppdrag fra Vegteknisk avdeling utarbeidet et forslag til prøveprogram for dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget, den ferske betongen og den herdede betongen. Forslaget til dokumentasjonen av det resirkulerte tilslaget er basert på *Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag*, RESIBA - prosjektrapport 04/2002.

Det må også utarbeides et opplegg som sikrer at data fra betongleverandørens egenkontroll samles inn.

Resirkulert tilslag

Resirkulert tilslag i sortering 10-20 mm leveres av BA Gjenvinning. Tilslaget skal være Type-1A i henhold til *Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag*, RESIBA - prosjektrapport 04/2002. Tilslaget skal anses å være alkalieraktivt og det må benyttes sement med lavt alkalieinnhold.

Betong

Betong til utstøpning av prøver produseres av Unicon AS. Betongblandinger som benyttes i prosjektet er gitt i Tabell 1:

Tabell 1. Betongblandinger

Type	Betongkvalitet	Resirkulert tilslag (vekt-%)	Kommentar
C35-REF	C 35 NA	0	Brukes i konstruksjonen
C35-40	C 35 NA	40	Brukes i konstruksjonen
C35-60	C 35 NA	60	Brukes ikke i konstruksjonen, kun til utstøpning av prøvestykker

Dokumentasjon av tilslag

Utføres iht. RESIBA Prosjektrapport 04/2002 Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, 2002. Type 1A, ref. vedlegg 2. Innledende prøving av tilslaget før produksjon av betong hos Unicon i Tabell 2. Det gjøres to prøveuttak for innledende prøving. Prøveuttaket gjøres av Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.

Tabell 2. Innledende prøving av resirkulert tilslag

Testparameter	Prøvemethode	Antall prøver fra hvert prøveuttak	Utføres av
Kornfordeling	NS-EN 933-1	2	VEGTEK
Densitet	EN 1097-6	3	VEGTEK
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	3	VEGTEK

I tillegg gjennomføres kontroll av det resirkulerte tilslaget under produksjon / støping. Dette utføres i henhold til RESIBA Prosjektrapport 04/2002 *Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag*. Det skal gjøres tre prøveuttak på ulike tidspunkt under produksjon. Prøveuttaket gjøres av Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. For hver av prøvene skal det gjennomføres dokumentasjon i henhold til Tabell 3.

Tabell 3. Deklarasjon av tilslag

Testparameter	Prøvemethode	Antall prøver fra hvert prøveuttak	Utføres av
Kornfordeling	NS-EN 933-1	2	VEGTEK
Finstoffinnhold	NS-EN 933-1	2	VEGTEK
Materialsammensetning	prEN 933-11	3	VEGTEK
Organisk materiale (humus)	NS-EN 1744-1	2	VEGTEK
Kornform	NS-EN 933-3	2	VEGTEK
Densitet	EN 1097-6	3	VEGTEK
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	3	VEGTEK
Kloridinnhold	NS-EN 1744-1	3	VEGTEK
Innhold av sulfater	NS-EN 1744-1	3	Eksternt

Fersk betong

I forbindelse med utstøping av prøver skal det gjøres kontroll av fersk betong egenskaper for hver av de tre betongblandingene i henhold til Tabell 4. Prøving av egenskaper for fersk betong og utstøping av prøver for dokumentasjon av herdet betong utføres av Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Vegteknisk avdeling har også ansvar for former og prøveutstyr. Fuktinnhold og absorpsjon for resirkulert tilslag kontrolleres løpende av betongprodusenten.

Tabell 4. Dokumentasjon av fersk betong egenskaper

Testparameter	Prøvemethode	Antall pr. betongresept	Utføres av
Synk	NS 3662	3 per blanding (0, 30 og 60 min.)	VEGTEK
Utberedelse	NS 3664	3 per blanding (0, 30 og 60 min.)	VEGTEK
Densitet	NS 3660	1	VEGTEK
Luftinnhold	NS 3659	1	VEGTEK
Temperatur		1	VEGTEK

Herdet betong

Det støpes ut prøver for dokumentasjon av herdet betong for hver av betongreseptene i henhold til oversikt gitt i Tabell 5. Det støpes en serie med prøver for C35-REF og C35-60 og tre serier med C35-40 støpt ut på forskjellige dager. Prøvene avformes og lagres i henhold til gjeldende standarder.

Tabell 5. Prøving av herdet betong

Testparameter	Prøvemethode /Håndbok 014 prosessnr.	Antall pr. betongresept	Prøvestørrelser	Utføres av
Trykkfasthet	NS 3668 /14.631	6 stk. (1d, 7d, 28d)	Terning 100x100 mm	VEGTEK
E-modul	NS 3676 / 14.634	6 stk. (7d, 28d)	Sylinder 150x300 mm	VEGTEK
Svinn	ASTM C 157-93	3 stk.	Bjelke 100x100x500 mm	Eksternt
Fryse/tine	SS 13 72 44	2 stk.	Terning 150x150 mm	Eksternt
Karbonatisering		1 stk.	Bjelke 100x100x500 mm	VEGTEK
Neddykket kloridinntrengning (bulk diffusjon)	NT BUILD 443 / 14.651	3 stk.	Sylinder 100x200 mm	VEGTEK
Tynnslip		1 stk.	Terning 100x100 mm	VEGTEK
Kap. abs./PF	NT BUILD 368 / 14.637	1 stk.	Sylinder 100x200 mm	VEGTEK
Vanninntrengning	/ 14.633	3 stk.	Terning 150x150 mm	VEGTEK
Ekstra prøver (vannlagres)		3 stk.	Terning 100x100 mm	VEGTEK

Ved ustøpning av prøver er det behov for følgende former pr. betongresept:

- Terninger 100x100x100 mm : 10 stk.
- Terninger 150x150x150 mm : 2 stk.
- Sylindere 150 x 300 mm : 6 stk.
- Sylindere 100 x 200 mm : 7 stk.
- Bjelker 100x100x500 mm : 4 stk.

Oslo, 21.05.02
for Norges byggforskningsinstitutt

Jacob Mehus

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1B: FORSØKSPLAN 2004

Forslag til prøveprogram og prosedyrer for be tong med resirkulert tilslag

Kort sammendrag			
<p>I forbindelse av støttemur under Taraldrud bru er det besluttet å benytte betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag. Det planlagte prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i betongkonstruksjonen utføres som en del av Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt.</p> <p>Vedlagt finnes et forslag til prøveprogram for dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget, den ferske betongen og den herdede betongen. Dokumentasjonen av det resirkulerte tilslaget er basert på <i>Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra kontrollrådet for betongprodukter datert mars 2003</i>.</p>			
Byggverkets adresse: Støttemur under Taraldrud – E6			Byggeår: 2004
Delprosjekt 3-6 Knust betong Bunden bruk	Metode Laboratorieundersøkelse	Emneord Resirkulert tilslag, Betong, Miljø	Filnavn Forsøksplan Klemetsrud.doc

Bakgrunn
<p>I forbindelse av bygging av støttemur under Taraldrud bru er det i veggen besluttet å benytte betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag (sortering 10 – 22 mm). Sålen støpes i vanlig betong uten resirkulert tilslag.</p> <p>Hovedhensikten med prosjektet er å ha en synlig klimautsatt konstruksjon hvor det er benyttet resirkulert tilslag. Det er ønskelig å se på flere egenskaper som vannbehov, støpelighet, egenskaper i forhold til svinn og riss, fasthet osv.</p> <p>Det planlagte prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i betongkonstruksjonen utføres som en del av Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt.</p> <p>Forslaget til dokumentasjonen av det resirkulerte tilslaget er basert på <i>Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra kontrollrådet for betongprodukter datert mars 2003</i>. I tillegg til egne prøver må det sikres at data fra betongleverandørens egenkontroll, resepter og eventuelle korreksjoner av resepter er dokumentert og blir tatt vare på.</p>

<p>Innledende prøver klorider</p> <p><u>Materialer:</u> 5 materialprøver fra forskjellige steder i produksjonen</p> <p><u>Kritisk</u> <i>Innen det resirkulerte tilslaget godkjennes for bruk i ny konstruksjonsbetong må vi være sikre på at det ikke er klorider i tilslaget.</i></p> <p><u>Utførelse fredag 19. nov</u> Prøver tas av haugen som skal i knuseren og fraktes til NBI Prøver tørkes og klargjøres Testing utføres i løpet av helga</p> <p><u>Utførelse mandag 22 nov</u> Resultat analyseres Avgjørelse om videre framdrift fattes</p> <p><u>Krav</u> Maks 0,1 % klorider i forhold til prøvens betongvekt, forutsatt at det ikke finnes klorider i sanden som brukes i betongproduksjonen.</p>	<p><i>D A Tangen</i> <i>NBI</i> <i>NBI</i></p> <p><i>NBI</i> <i>D A Tangen</i></p>
<p>Tilslag - innledende prøver densitet og absorpsjon</p> <p><u>Materialer:</u> Prøveuttak resirkulert tilslag i sortering 10-22 mm</p> <p><u>Kritisk</u> <i>Forsøk i RESIBA-prosjektet viste ingen nedgang i støpelighet over tid selv om det ble benyttet inntil 100% resirkulert tilslag. Dette forutsetter imidlertid at vannabsorpsjon (1-times sug) i betongen er kjent og blir kompensert.</i> <i>Viktig med rent nok tilslag, ingen asfalt og ikke mer enn 1% tegl, jern etc.</i> <i>Det er fare for mye finstoff og fare for produksjonsstans v snøfall</i></p> <p><u>Utførelse fredag 19. sept</u> 5 stk prøver hentes ut av produksjonen på Grønmo Prøven vurderes for visuelt for renhet Prøven siktes for overstein og legges i vann, prøven merkes</p> <p><u>Utførelse mandag 22 nov</u> Første prøve analyseres (jfr fredag) Prøveskjema for vannabsorpsjon og densitet føres. Tilslaget knuses og siktes på ny 22 mm sikt på Grønmo. Tilslaget vurderes visuelt ute på Grønmo før opplasting Tilslaget kjøres ned til blanderiet Det tas ut prøve for bestemmelse av vannabsorpsjon , korndensitet og kornfordeling Prøvene merkes og prøveskjema for vannabsorpsjon og densitet føres.</p> <p><u>Krav</u> Tilslaget må tilfredsstillende type-1A i henhold til <i>Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra Kontrollrådet for betongprodukter (mars 2003).</i></p>	<p><i>D.A.Tangen</i> <i>DA Tangen/</i> <i>B Moldal</i></p> <p><i>NorBetong v Moldal</i> <i>NorBetong v Moldal</i> <i>BA-Gjenvinning</i> <i>DA Tangen + B Moldal</i> <i>Mesta v T. Grinden</i> <i>NorBetong</i></p> <p><i>NorBetong</i></p>

Innledende prøver av tilslag*Kornkurve*

Det tas ut en prøve for vurdering av kornfordeling. Dersom snøen gir problem med at finstoffet kleber seg fast under siktingen må det gjøres en vurdering av eventuell betydning for resepten.

Renhet

Tilslaget må tilfredstille type-1A i henhold til *Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra Kontrollrådet for betongprodukter (mars 2003)*.

Klorider

Prøvene som ble tatt ut fredag 19. nov må sannsynliggjøre at det ikke blir mer enn 0,1 % klorider av betongvekt for den ferdige betongen. Med dette på plass tar man sjansen på å gjennomføre prøvestøpen med det aktuelle tilslaget.

Tabell 1. Innledende prøving av resirkulert tilslag

Testparameter	Prøvemethode	Antall prøver fra hvert prøveuttak	Utføres av
Klorider	NS-EN 1744-1	1 (19.nov)	NBI
Kornfordeling	NS-EN 933-1	3 (22.nov)	NorBetong
Korndensitet	EN 1097-6	1 (19.nov) + 5 (22.nov)	NorBetong
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	1 (19.nov) + 5 (22.nov)	NorBetong

Kontroll av det resirkulerte tilslaget under produksjonMaterialer:

Prøveposer

3 prøveuttak a 60 kg fordelt på 24 prøveposer a 15 kg.

Kritisk

Lab-Øst har et logistikk problem med tanke på produksjonsprøvetaking. Det beste er derfor hvis NorBetong kan ta ut prøvene etter veiledning fra Geir Andersen

Det er viktig at NBI får oversendt sine prøver

Utførelse mandag 22 nov

Geir Andersen fra Lab-Øst stikker innom betongstasjonen og instruerer Bjørn Moldal om hvordan tilslagsprøvene skal tas ut. Samtidig overleveres prøveposer.

Utførelse tirsdag 23 nov

Det tas ut tre prøver a 60 kg under produksjonen

1 prøveuttak før første lass

1 prøveuttak mellom lassene

1 prøveuttak i etterkant av betongproduksjonen.

Prøvene hentes bringes til Lab-Øst

Prøvene splittes og den del som skal til NBI kjøres dit

For hver av prøvene skal det gjennomføres dokumentasjon i henhold til Tabell 2.

Krav

Tilslaget må tilfredsstillende type-1A i henhold til *Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra Kontrollrådet for betongprodukter (mars 2003)*, .

*Lab-Øst kontakter
NorBetong*

NorBetong
NorBetong
NorBetong
Lab-Øst
Lab-Øst
Lab-Øst og NBI

Tabell 2. Dokumentasjon av tilstandsegenskaper

Testparameter	Prøvemethode	Antall prøver fra hvert av 3 prøveuttak *	Utføres av
Kornfordeling	NS-EN 933-1	2	Lab-Øst
Finstoffinnhold	NS-EN 933-1	2	Lab-Øst
Materialsammensetning	prEN 933-11	3	Lab-Øst
Organisk materiale	NS-EN 1744-1	2	Lab-Øst
Kornform	NS-EN 933-3	1	Lab-Øst
Korndensitet	EN 1097-6	1	NBI
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	1	NBI
Kloridinnhold	NS-EN 1744-1	3	NBI
Innhold av sulfater	NS-EN 1744-1	3	NBI

*) Det tas ut tre prøveuttak nå, men hvor mange prøver som skal gjennomføres avgjøres senere.

Betong – prøveblanding og blanding	
<p><u>Materialer:</u> Betong B35 MF 40 i ht -NS-EN 206-1 (tilsvarer tidligere SV40 C 45 m luft) Det resirkulerte tilslaget er 10-22 mm og skal utgjøre 100 % av det grove tilslaget</p> <p><u>Kritisk</u> <i>Finne resept med god støpelighet, så nær opptil ordinær resept som mulig. Huske å dokumentere resept og korrigeringer av denne Husk å dokumentere prøver – også de som tas av blanderiet.</i></p> <p><u>Utførelse tirsdag 23 nov</u> <i>Forsøk I RESIBA-prosjektet tyder på en fasthetsreduksjon i området 10-15% ved bruk av 100% resirkulert grovt tilslag. Erfaringstallene fra NorBetong avgjør om resepten skal justeres for å kunne oppnå tilstrekkelig fasthet..</i> Utgangsresept bestemmes ut fra densitet/vannabsorpsjon Det kjøres en prøveblanding på 1m3 betong. Første vurdering gjøres i selve blandetrommelen. Dersom betongen virker stiv tilsettes vann og sement i forholdet 4:10, eventuelt supplert med ekstra SP-stoff. Det tas slumpmåling og øvrige betongprøver når blandingen er godkjent Prøveblandingen helles deretter over på bil med langsomt roterende trommel. Denne kjøres 15-30 min mens man kontinuerlig følger med på blandingen. Det tas ny slumpmåling som sammenlignes med den første. Er man fornøyd blandes den øvrige betongen som forutsatt. I motsatt fall justeres resept, ny prøveblanding og ny vurdering Prøveskjema fylles ut fortløpende og tas vare på Log for blandeprosedyrer og eventuell justeringer av resepter føres fortløpende</p> <p><u>Krav</u> Betong B35 MF 40 i ht -NS-EN 206-1 (tilsvarer tidligere SV40 C 45 m luft) Det må benyttes sement med lavt alkalieinnhold (anleggscement)</p>	<p><i>Utføres av NorBetong vedv B Moldal I samarbeide med: Mesta v T Grinden og GjBrPr v D A Tangen</i></p>

<p>Mottak betong på anleggsstedet – prøving – støp</p> <p><u>Materialer:</u> <i>Betong</i> <i>Måleutstyr og former</i></p> <p><u>Kritisk</u> <i>Eventuell fall i støpelighet må kompenseres med SP stoff</i> <i>Få frem nok former til alle prøvene (noen må lånes av NBI)</i> <i>Ta ut nok betong til å fylle alle prøveformene</i> <i>Prøvene må merkes godt og sikres mot kulde</i></p> <p><u>Utførelse mandag 22 nov</u> Nødvendige prøveformer klargjøres De formene som er nødvendig å låne fra NBI hentes</p> <p><u>Utførelse tirsdag 23 nov</u> Ute på anlegget gjøres det en vurdering av om betongen trenger SP-stoff. Dersom betongen har for dårlig støpelighet kjøres betongen opp i mot åpningen, det tilsettes 3 liter SP. Trommelen kjøres for fullt i 5 min. Betongprøver tas ut, synk, densitet, luftinnhold og temperatur måles. Betongen pumpes i forma og støpingen begynner Det støpes ut prøver for dokumentasjon av herdet betong for hver av betongreseptene i henhold til oversikt gitt i tabell 4.</p> <p>* * * * *</p> <p>Andre lasset utføres som over * * * * *</p> <p>Det tas bilder av prøvetaking og støping</p> <p><u>Krav</u> NS-EN 12350-2, NS-EN-12350-6, NS-EN-12350-7</p>	<p><i>Lab-Øst</i> <i>Lab-Øst</i></p> <p><i>Støpeleder Mesta</i> <i>Støpeleder Mesta</i></p> <p><i>Lab-Øst *</i> <i>Støpeleder Mesta</i> <i>Lab-Øst *</i></p> <p><i>Dag Atle Tangen</i></p>
--	--

Tabell 3. Dokumentasjon av fersk betong egenskaper

Testparameter	Prøvemethode	Antall pr. betongresept	Utføres av
Synk	NS-EN 12350-2	6 (0, 30 og 60 min)	Lab-Øst *
Densitet	NS-EN-12350-6	2 (hver bil)	Lab-Øst *
Luftinnhold	NS-EN-12350-7	2 (hver bil)	Lab-Øst *
Temperatur		2 (hver bil)	Lab-Øst *

*) *Robert Dahl*
Per Sysether
Øystein Lahaug

Kortfattet framdriftsplan

Fredag 19 nov	Uthenting av div prøver	
Mandag 22 nov	Kusing + sikting over nymonter 22 mm duk Vurdering av tilsaget Lab-Øst må hente formene hos NBI Transport av tilslag til Blanderiet Prøver tas ut for absorpsjon/densitet/kornkurve	For detaljert ansvarfordeling Se prosedyrer over
Tirsdag 23 nov	Prøveblanding 1m3 inkl justering av resept Slumpmåling og ventetid på blandebil Ny slumpmåling og godkjenning av betong Eventuelle justeringer av resept logges Første lass blandes ferdig Uttak av tilslagsprøver under produksjonen Ankomst støpested og vurdering av støpelighet Eventuell justering med SP Måling av synk +uttak av første prøveserie Første støp Andre støp ankomst og vurdering av støpelighet Eventuelle justeringer av resept logges Måling av synk og uttak av ferskbetongprøver Andre støp utføres Prøvene transporteres til frostfri oppbevaring Tilslagsprøver fra NorBetong hentes til Lab-Øst	
Onsdag 24. nov	Prøvene avformes og lagres forskriftsmessig De prøvene som skal til NBI kjøres dit 1 døgns prøvingen utføres.	Lab-Øst v Robert Dahl og Olav Bårdseth
Tirsdag 30. nov	7 døgns fasthet	Lab-Øst og NBI
Osv	Øvrige resultat etter hvert Resultat fra betongprodusent hentes og samordnes med øvrig.	Dag Atle Tangen

Telefonliste

Dag Atle Tangen	91339384	Vegdirektoratet & Gjenbruksprosjektet
Bjørn Moldal	95987795	NorBetong
Tormod Grinden	95199014	Mesta
Edgar Dønåsen	90139230	BA Gjenvinning & Gjenbruksprosjektet
Robert Dahl	99743109	Vegdirektoratet
Christian Engelsen	93821882	NBI & Gjenbruksprosjektet
Gordana Petkovic	97508047	Vegdirektoratet & Gjenbruksprosjektet
Jacob Mehus	47015702	Standard Norge & Gjenbruksprosjektet

GJENBRUKSPROSJEKTET

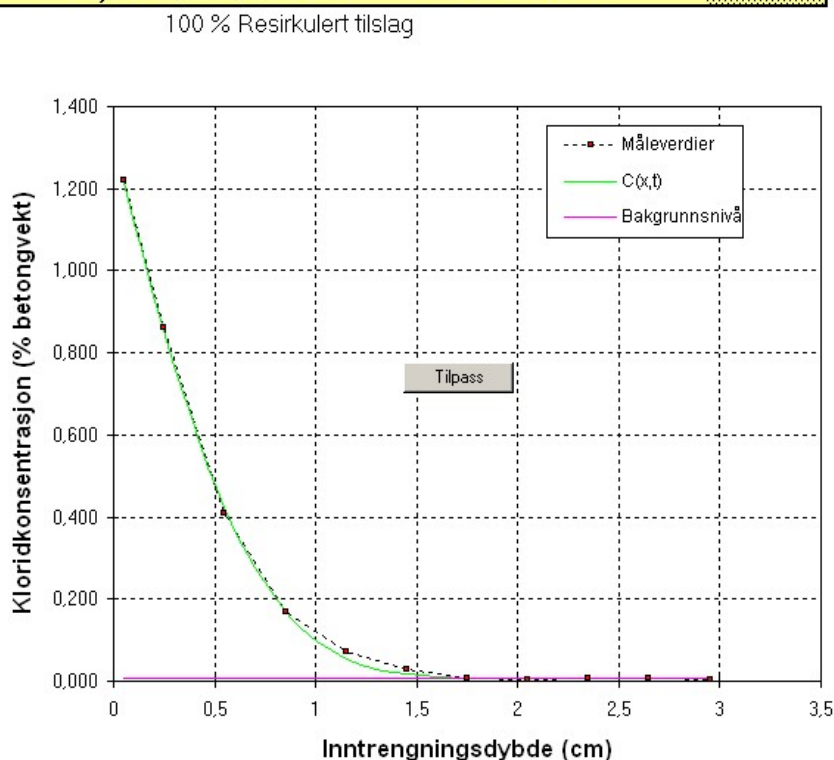


VEDLEGG 2: KLORIDPROFILER

Beregning av C_s og D Prosjekt: Gjenbruksprosjektet DP3-6 Prøve nr. 2004-1 ©1998-06-30 ss

Ekspontert tid	920	timer
Bakgrunn	0,007	% betong
C_s	1,312	% betong
D	4,58	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9992	
Inntrengning	182,9	g/m^2
k (0,1 %)	3,07	cm

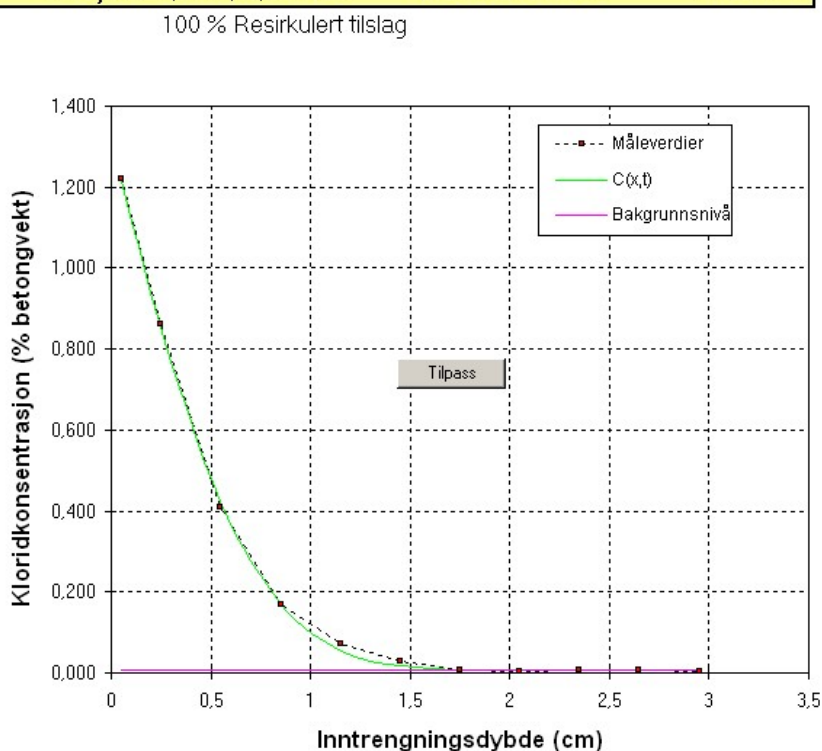
x	målt	status
0,05	1,220	
0,25	0,860	ok
0,55	0,410	ok
0,85	0,170	ok
1,15	0,070	ok
1,45	0,030	ok
1,75	0,006	ok
2,05	0,003	ok
2,35	0,007	ok
2,65	0,007	ok
2,95	0,005	ok



Beregning av C_s og D Prosjekt: Gjenbruksprosjektet DP3-6 Prøve nr. 2004-2 ©1998-06-30 ss

Ekspontert tid	920	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
C_s	1,218	% betong
D	4,26	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9991	
Inntrengning	177,5	g/m^2
k (0,1 %)	2,85	cm

x	målt	status
0,05	1,270	
0,25	0,780	ok
0,55	0,360	ok
0,85	0,130	ok
1,15	0,050	ok
1,45	0,030	ok
1,75	0,006	ok
2,05	0,004	ok
2,35	0,003	ok
2,65	0,004	ok
2,95	0,003	ok



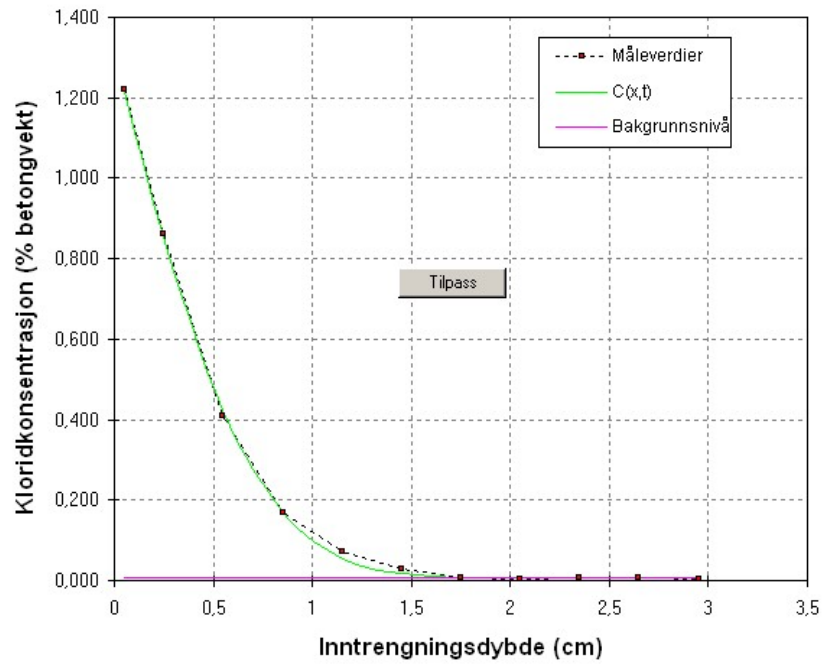
Beregning av C_s og D	Prosjekt: Gjenbruksprosjektet DP3-6	Prøve nr. 2004-3
--	-------------------------------------	------------------

©1998-06-30 ss

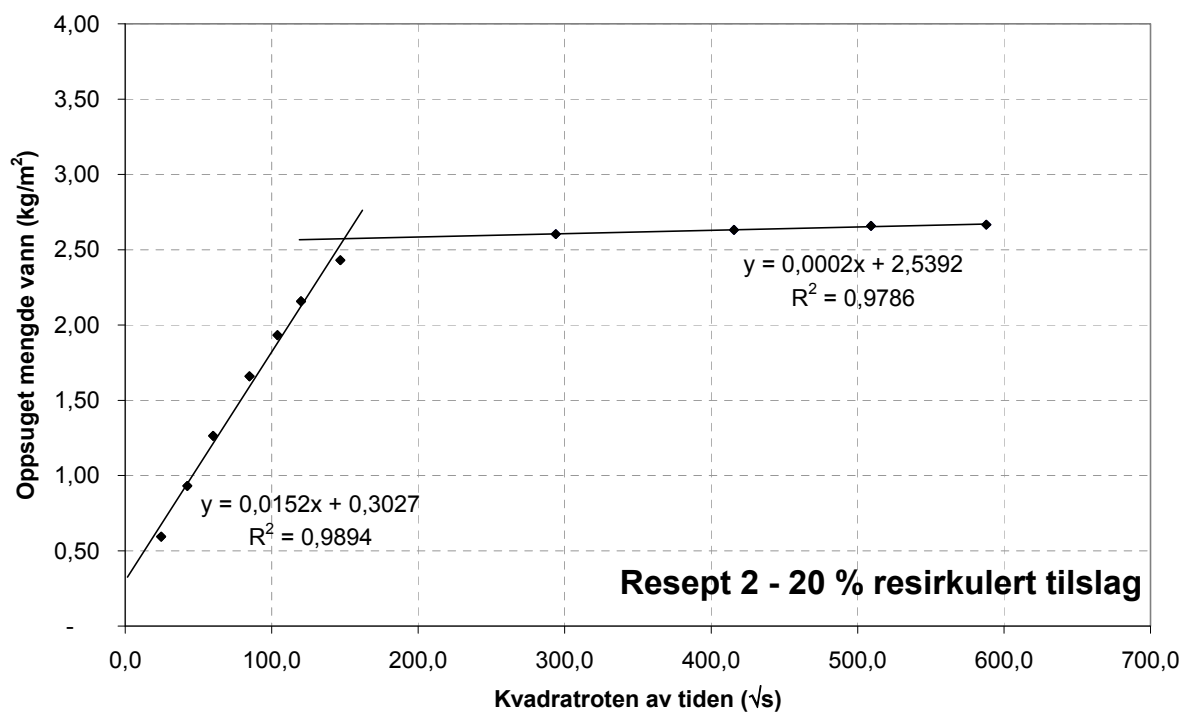
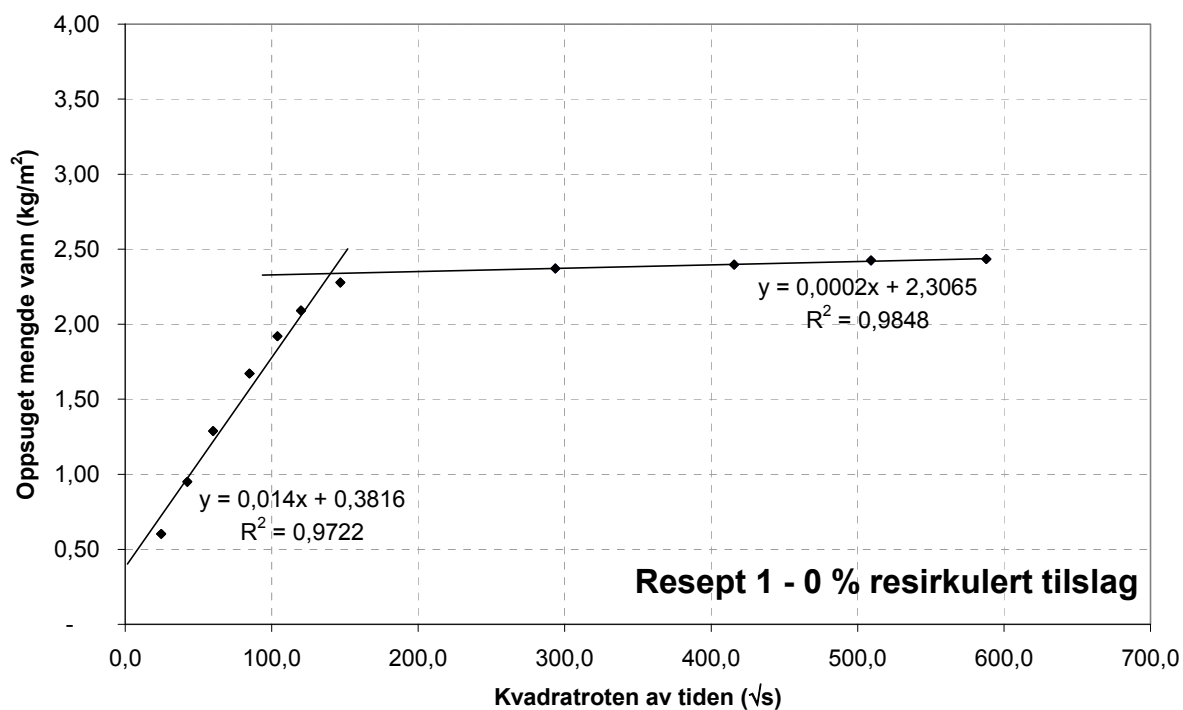
100 % Resirkulert tilslag

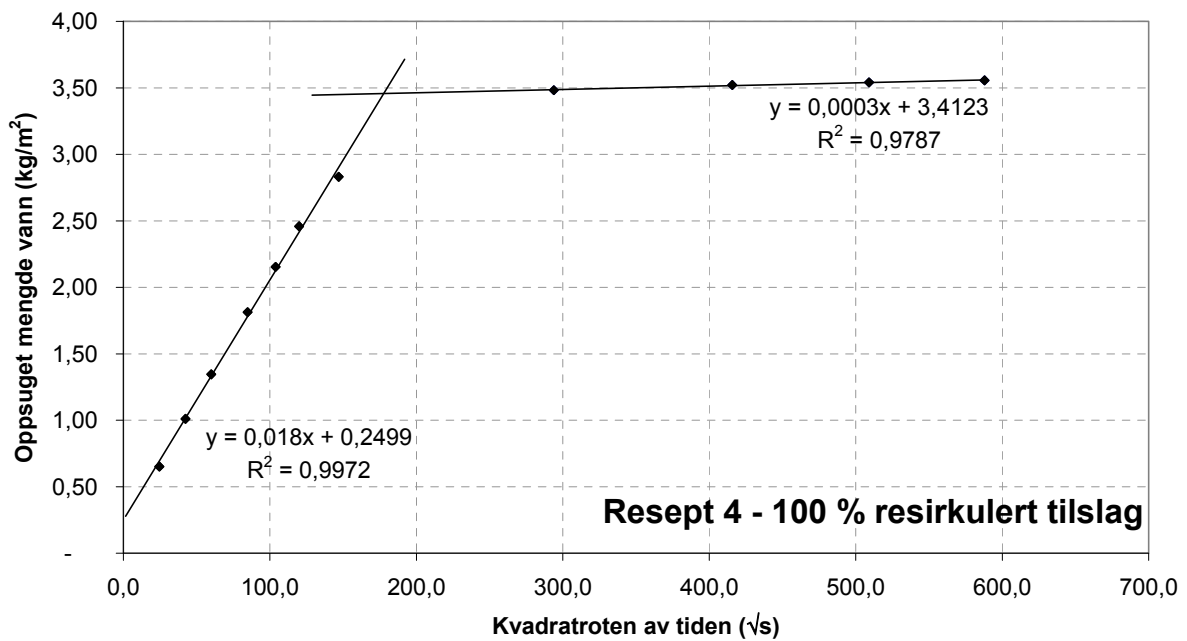
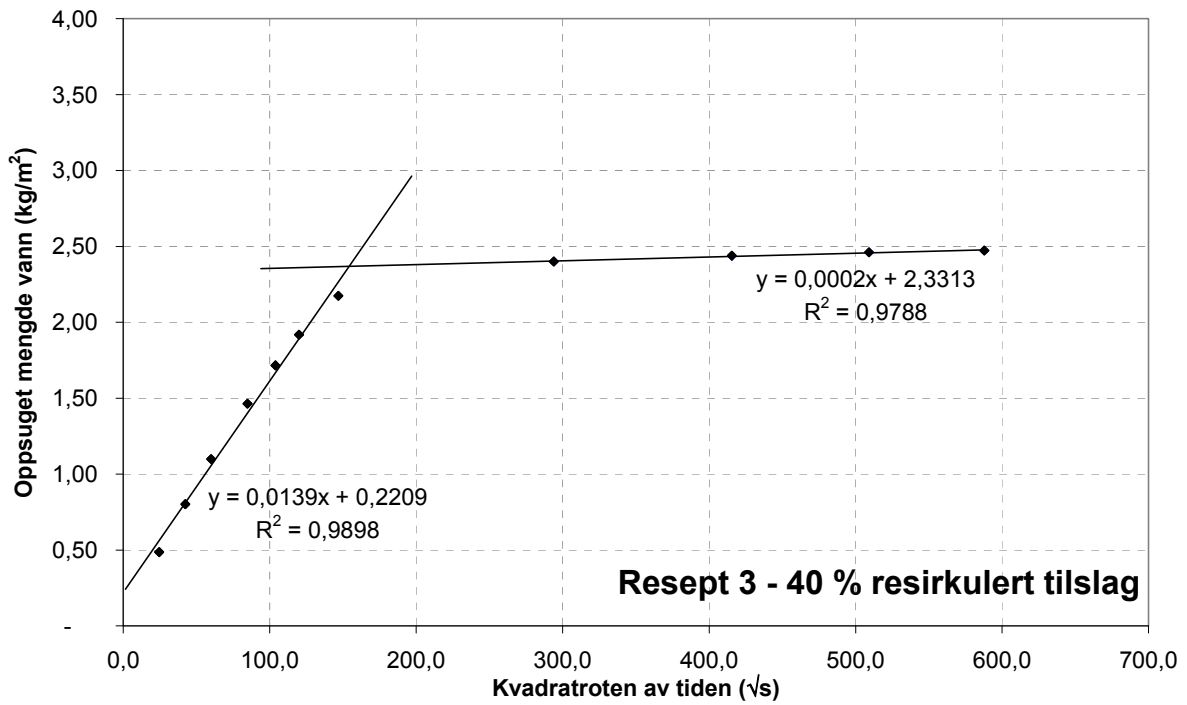
Eksponeert tid	920	timer
Bakgrunn	0,006	% betong
C_s	1,226	% betong
D	6,45	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9998	
Inntrengning	182,2	g/m^2
k (0.1 %)	3,57	cm

x	målt	status
0,05	0,990	
0,25	0,860	ok
0,55	0,500	ok
0,85	0,240	ok
1,15	0,100	ok
1,45	0,040	ok
1,75	0,004	ok
2,05	0,002	ok
2,35	0,003	ok
2,65	0,005	ok
2,95	0,004	ok



VEDLEGG 3: KAPILLÆR SUGEHASTIGHET, DIAGRAMME







VEDLEGG 4: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"

Overordnet mål for DP3 er å formulere et forslag til anvendbare retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag til vegformål og på denne måten gjøre det enklere for bestiller å ta i bruk materialet. Samtidig vil produsenter av resirkulert tilslag vite hvilke kvalitetskrav som gjelder. I tillegg skal også en deklarasjonsordning foreslått gjennom RESIBA-prosjektet utprøves.

En egen aktivitet i delprosjektet vil bli knyttet til resirkulert tilslag til ny betong, selv om det trolig er lite aktuelt å bruke vesentlige mengder resirkulert tilslag i bruere og kaikonstruksjoner. Tidligere prosjekter har vist at fasthet og egenskaper av fersk betong ikke er særlig påvirket av resirkulert tilslag brukt i grovere fraksjoner. Bestandighetsrelaterte egenskaper er lite undersøkt.

Delprosjekt 3 "Gjenbruk av betong" er delt inn i 7 aktiviteter:

- DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning
- DP3-2 Mekaniske egenskaper
- DP3-3 Kjemisk nedbrytning
- DP3-4 Frostnedbrytning
- DP3-5 Finstoffets betydning
- DP3-6 Bunden bruk
- DP3-7 Feltprøving

DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning

RESIBAs forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag ønskes utprøvd på resirkulert tilslag tilgjengelig på markedet. På den måten får man kjennskap til materialenes egenskaper samtidig som vi skaffer erfaring med laboratorieprøving av slike materialer.

DP3-2 Mekaniske egenskaper

Tradisjonelle laboriemetoder for testing av mekaniske egenskaper av steinmaterialer er ikke optimale for resirkulert tilslag. Målet med aktiviteten er å beskrive mekanismer som fører til mekanisk nedbrytning, beskrive aktuelle testmetoder og vurdere hvilke krav som bør stilles til resirkulert tilslag.

DP3-3 Kjemisk nedbrytning

Aktiviteten tar for seg nedbrytning av resirkulert tilslag på grunn av gjennomstrømning av vann. Målet er å vurdere om dette er et problem ved bruk av resirkulert tilslag i vegbygging, å vurdere hvilke materialegenskaper som best beskriver kjemisk nedbrytning og å vurdere hvilke krav som bør stilles til materiale og bruksmåte.

DP3-4 Frostnedbrytning

Motstand mot frostnedbrytning er viktig for resirkulert tilslag. Metoder for testing av frostegenskaper av vanlige steinmaterialer har vist seg å være for tøffe for resirkulert tilslag i forhold til realistiske eksponeringsforhold. Målet er å foreslå passende testmetode og realistiske krav til frostbestandighet.

DP3-5 Finstoffets betydning

Overordnet målsetting for denne aktiviteten er å beskrive og vurdere finstoffets sammensetning og dets betydning for oppførselen til resirkulert tilslag i vegkonstruksjoner, så som stivhetsøkning pga etterbinding, utvasking osv. Til slutt ønskes det å formulere et forslag til krav mht finstoffinnhold.

DP3-6 Bunden bruk

Bruk av resirkulert tilslag som tilslag i ny betong er ikke det største bruksområdet for resirkulert tilslag i Statens vegvesen, men man ønsker å supplere erfaringer fra RESIBA-prosjektet med bestandighetsrelaterte egenskaper. Aktiviteten er knyttet til bygging av Vegdirektoratets kontorbygg på Alnabru i Oslo.

DP3-7 Feltprøving

Overordnet målsetting er å ta vare på og systematisere erfaringer fra utførte prosjekter med gjenbruksmaterialer, bl.a. med tanke på innspill til feltforsøk i DP 6. For bedre oppfølging av prosjekter med gjenbruksmaterialer er det utviklet en database med kortfattet informasjon om utførelser med gjenbruksmaterialer, tilhørende laboratorie- og feltmålinger, rapporter, bilder m.v.

Delprosjektgruppen for DP3 ”Gjenbruk av betong” består av:

- Geir Berntsen, Statens vegvesen (delprosjektleder)
- Nils Uthus, Franzefoss Pukk AS (nå Statens vegvesen)
- Edgar Dønåsen, Veidekke ASA
- Joralf Aurstad, Sintef (nå Statens vegvesen)
- Brit Sylte, Statsbygg (fram til 2003)
- Jacob Mehus, Norges byggforskningsinstitutt, NBI (nå Standard Norge)
- Jan Erik Dahlhaug, Statens vegvesen
- Jostein Aksnes, Statens vegvesen
- Øystein Myhre, Statens vegvesen
- Gordana Petkovic, Statens vegvesen

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 5: 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 gjenbruksafalt - Vurdering av tilstandsutvikling og dekkelevetid	DP4	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
7	2420	Materialegenskaper for kaldblandet gjenbruksafalt - 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)