

MALBIKUNARSTÖÐIN HLADBÆR COLAS HF

# Kaldblandað malbik með 100% endurunnu malbiki

Rannsóknarverkefni



## Efnisyfirlit

Efnisyfirlit.....	1
Mynda- og töfluskrá .....	1
Helstu niðurstöður .....	2
1) Inngangur .....	3
2) Bakgrunnur verkefnis .....	3
3) Rannsóknir og þróun .....	5
4) Framkvæmd.....	6
5) Niðurstöður .....	9
6) Umræða.....	14
7) Heimildir .....	15
Viðaukar.....	16

## Mynda- og töfluskrá

Mynd 1. Endurrunnið malbik .....	4
Mynd 2. Dæmigerð kúrfa af endurunnu malbiki .....	5
Tafla 1. Niðurstöður fjögurra tegunda af kaldblöndun á 100% endurunnu malbiki.....	6
Mynd 3. Kaldblöndun í stöð. Tankur með bindiefni í baksýn. ....	6
Mynd 4. Yfirborð göngustígs eftir völtun.....	7
Mynd 5. Útlögn í Krýsuvík hefst.....	8
Mynd 6. Yfirborð á seinni akrein varð nokkuð gróft vegna umferðar .....	8
Mynd 7. Yfirsprautun með bikþeytu í gangi .....	9
Mynd 8. Borkjarnar úr útlögn í Krýsuvík 2012 .....	9
Tafla 2. Niðurstöður íslenskrar kaldblöndunar með 100% RAP frá 2012 í samanburði við prófanir frá árinu 2011.....	10
Mynd 9. Kjarnar þjappaðir við 10°C.....	11
Mynd 10. Kjarnar þjappaðir eftir 50°C upphitun .....	12
Mynd 11. Kjarnar þjappaðir eftir 100°C upphitun .....	12
Mynd 12. Heilt og þétt yfirborð .....	13
Mynd 13. Skemmdir í yfirborði .....	13

### Helstu niðurstöður

- Megin tilgangur þessa verkefnis var að kanna möguleika á framleiðslu á kaldblönduðu malbiki með 100% endurunnu malbiki hér á landi. Prófaðar voru nokkrar tegundir af bikþeytu sem henta við kaldblöndun á endurunnu malbiki.
- Framleiðslan fór fram með búnaði sem er til hér á landi og gekk vel. Meðferð og geymsla efnisins var skoðuð og aðferðir sem þekktar eru við útlögn á heitu malbiki henta við útlögn á efninu.
- Framleidd hafa verið rúm 1800 tonn og lögð á Krísuvíkurveg og göngustíga í Grindavík.
- Megin niðurstöður eru þær að úr 100% endurunnu malbiki má gera gott slitlag sem hentar á umferðarminni vegi, göngustíga og plön. Einnig gæti efnið hentað vel sem undirlagsmalbiks.
- Verð á 100% endurunnu malbiki verður mun lægra en á nýju heitblönduðu malbiki.
- Í verkefninu hefur verið þróað malbik sem er framleitt kalt og bindiefnið er bikþeyta. Með búnaði sem hitaði efnið að einhverju leyti upp (volgt malbik) má hugsa sér að enn betra slitlag fáiist sem jafnvel gæfi nýju malbiki ekkert eftir í styrk og stöðugleika. Með öðrum íblöndunarefnum er einnig hugsanlegt að ná slíkum áhrifum fram en það myndi hækka verðið nokkuð.

## 1) Inngangur

Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf (**MHC**), hefur um árabil tekið á móti malbiksafgöngum og upprifnu og fræstu malbiki. Fyrstu árin var efnið eingöngu notað í fyllingar en á seinni árum hefur allt malbik sem til fellur með þessum hætti verið endurrunnið yfir vetrartímamann með steinbrjótum og harpað í 0-11 mm endurrunnið malbik. Fyrir rúmlega áratug hóf MHC að gera tilraunir með að blanda endurrunnið malbik í nýtt heitblandað malbik og þegar ný verksmiðja var reist árið 2008 var með henni sérstakur búnaður sem gerir kleyft að blanda allt að 25% endurrunnið malbik í heitblandað malbik.

Við efnahagshrunið hér á landi haustið 2008 dróst eftirspurn eftir heitu malbiki hratt saman og er nú rúmlega fjórum árum síðar enn aðeins um helmingur þess sem telja verður eðlilegt á markaðssvæði MHC.

Þetta ásamt því að skil á upprifnu og fræstu malbiki hafa stóraukist eftir að bannað var að urða það með öðrum jarðefnum hefur leitt til þess að endurrunnið malbik sem verður til á hverju ári er verulega meira en hægt er að nýta í heitblandað malbik. Það væri því mikill akkur í því að geta nýtt endurrunnið malbik í aðrar verðmætar vörur og ef endurrunna malbikið nýtist 100% er það mikill ávinningur.

Ávinningurinn er peningalegur en ekki síður mikill fyrir umhverfið þar sem verðmæt hráefni sparast.

## 2) Bakgrunnur verkefnis

### 2.1 Endurvinnsla

Fimm megin aðferðir hafa verið skilgreindar við endurvinnslu á malbiki.<sup>1</sup>

- Yfirborðsjöfnun / fræsing (e: Cold Planing CP)
- Heit endurvinnsla (e: Hot Recycling HR)
- Heit endurvinnsla á staðnum (e: Hot In-Place Recycling HIR)
- Köld endurvinnsla (e: Cold Recycling CR)
- Festun og styrking (e: Full Depth Reclamation FDR)

Innan þessara fimm aðferða eru nokkrar undiraðferðir eins og:

- Undir flokknum heit endurvinnsla á staðnum (HIR) er:
  - Endurhitun og þjöppun (e: Surface Recycling, Resurfacing)
  - Endurblöndun (e: Remixing)
  - Endurmalbikun (e: Repaving)

Allt eru þetta aðferðir sem eru útfærðar með langri lest tækja sem hita upp, endurmóta, skrapa eða tæta upp eldra malbik og leggja niður aftur ýmist með eða án nýs malbiks.

---

<sup>1</sup> Federal Highway Administration, ARRA, "Basic Asphalt Recycling Manual" USA 2001

- Undir flokknum kaldri endurvinnslu (CR) er:
  - Köld endur vinnsla á staðnum (e: Cold In-Place Recycling CIR)
  - Köld endurvinnsla í stöð (e: Cold Central Plant Recycling CCPR)

Þessi síðastnefnda aðferð er sú sem notuð var og þróuð í þessu verkefni.

Bakgrunnur þessa verkefnis er því fyrst og fremst sá að leita leiða til að nýta verðmætt hráefni sem fellur til við vegagerð hér á landi og hefur verið endurunnid.



Mynd 1. Endurunnid malbik

## 2.2 Kaldblandað malbik

Á undanförunum áratugum hafa ýmsar vörur og aðferðir verið þróaðar sem flokkast undir kaldblandað malbik. Í þessu sambandi hafa Bandaríkin verið framarlega í þróun á bikbundnum burðarlögum, kaldblönduðu slitlagi og míkromalbiki (e: micro surfacing) eins og Slurry seal. Í Evrópu hefur einnig verið unnið mikið þróunarstarf með bikþeytur og þær notaðar í ýmsar kaldblandaðar vörur og klæðingar. Segja má að markaður með kaldblandað malbik sé að fullu þróaður með þekktar vörur og staðla. Á allra síðustu árum hefur þróunin verið sú að nýta tæknina í kringum kaldblandað malbik á 100% endurunnid malbik sem hráefni. Nægir að nefna Ceka Arkema Group<sup>2</sup> og Colas í Sviss sem hafa þróað kaldblandað malbik úr 100% endurunnu malbiki. Nýjustu rannsóknir ganga svo útá að framleiða svokallað volgt malbik (semi- warm mix) úr 100% endurunnu efni og til dæmis með jurtaolíu sem viðbótar bindiefni. Einnig er verið að þróa ýmis íblöndunarefni sem virkja gamla bindiefnið í endurunna malbikinu.

Á Íslandi hefur fyrirtækið Arnardalur sf unnið með kaldblandað malbik í rúma tvo áratugi og meðal annars blandað burðarlög og slitlög með nýju steinefni og bikþeytu og einnig unnið með míkromalbik- aðferð sem nefnist Ralumac. Arnardalur hefur yfir að ráða kaldblöndunarstöð með einföldum þvingunarblandara og lá beinast við að fá fyrirtækið í samstarf um þetta verkefni.

Einnig var fengið til samstarfs fyrirtæki á Írlandi, Atlantic Bitumen sem er hluti af Colas samstæðunni, sem sérhæfir sig í framleiðslu á bikþeytu og hefur yfir að ráða fullbúinni rannsóknarstofu til að

<sup>2</sup> [http://www.aema.org/index.php?option=com\\_doman&task=doc\\_view&gid=517&Itemid=211](http://www.aema.org/index.php?option=com_doman&task=doc_view&gid=517&Itemid=211) Af vef

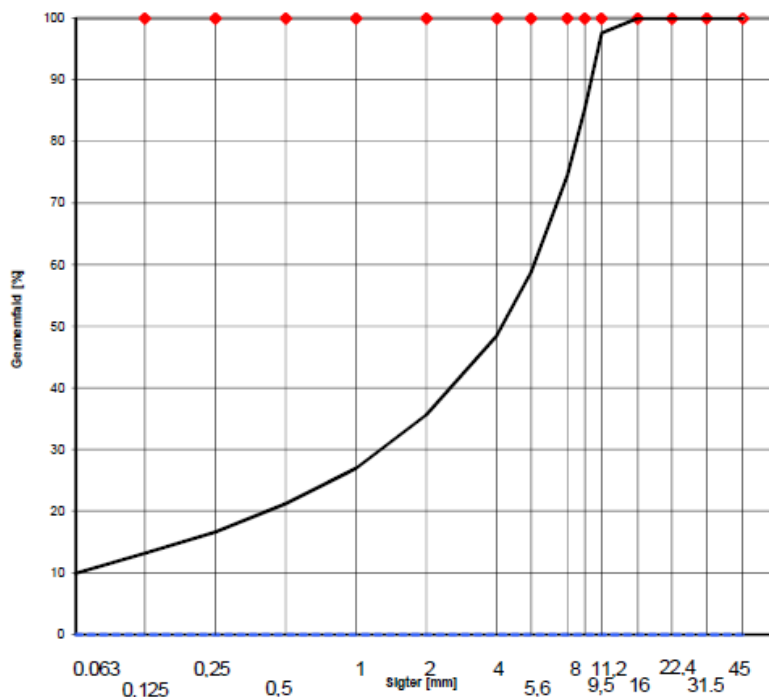
Kaldblandað malbik með 100% endurunnu malbiki rannsaka og þróa bikþeytur og kaldblandað malbik. Þangað voru send sýni af endurunnu malbiki og nokkrar tegundir af bikþeytu prófaðar sem kynnu að henta í kaldblöndun þess.

### 3) Rannsóknir og þróun

Árið 2011 var hafist handa og verkefnið skilgreint. Markmiðið var að þróa kaldblandað malbik sem eingöngu nýtti endurinnið malbik sem ígildi steinefna. Endurinnið malbik inniheldur bindiefni sem er á bilinu 5-6%. Það er þó ekki nóg til að efnið myndi harðan massa eða slitlag ef það er notað ómeðhöndlað. Það þurfti því að finna út hvað hægt væri að komast af með lítið viðbótarbindiefni en jafnframt velja það magn bindiefnis sem nægjanlegt væri svo efnið gæti flokkast sem slitlag (mikill burður, lítil holrým). Jafnframt þurfti nýja efnið að vera meðfærilegt við útlögn með hefðbundnum tækjum, geymast hæfilega lengi en brotna og harðna fljótt eftir útlögn og henta við íslenskar aðstæður.

Ákveðið var að hefja þróunarvinnuna með bikþeytu og voru send sýni af endurunnu malbiki til Írlands til að fá mat á hvaða tegundir af bikþeytu gætu hentað í verkefnið. Starfsmenn Atlantic Bitumen (AB) gerðu að tillögu sinni að prófa fjórar þekktar tegundir sem notaðar eru á Írlandi í kaldblöndun (sjá töflu 1). Blandað var 1,5% bikþeytu af hverri gerð úti endurunna malbikið á rannsóknarstofu og úr blöndunni steypfir kjarnar til rannsókna og þakning metinn.

Byrjað var á að skoða kornakúrfu og bikinnihald á endurunnu malbiki og reyndist bik vera að meðaltali 6,1% og meðalrakastig 4,1%. Kornakúrfan var dæmigerð 0-10 mm malbikskúrfa með frekar miklu fínefnainnihaldi eða 10-15% undir 0,063 mm (sjá mynd 2).



Mynd 2. Dæmigerð kúrfa af endurunnu malbiki

Þakningarpróf sýndi að allar tegundirnar af bikþeytu sem prófaðar voru náðu 100% þakningu á endurunna efnið með aðeins 1,5% bikþeytu sem gerir um 1% restbik. Ákveðið var að gera 150 mm

kjarna úr blöndu af endurunnu efni með 4,2% raka og 1,5% bikþeytu og mæla stífleika ( e. Stiffness Modulus) við 20°C og gera vatnsnæmnipróf með því að mæla og reikna Duriez gildi.

Emulsion	Stiffness Modulus at 20 °C (MPa)	Duriez Wet Strength (kN)	Duriez Dry Strength (kN)	Duriez Ratio
Grave 2000L	1593	20.9	33	0.63
Grave 2005 SBP	891	18.5	29.3	0.63
Grave W5+Peral 417	1038	15.9	28.8	0.55
Grave 2000 Ethon Diamine	1265	15.3	29	0.53

Tafla 1. Niðurstöður fjögurra tegunda af kaldblöndun á 100% endurunnu malbiki

Starfsmenn AB bentu á að styrkurinn væri góður og stífleiki einnig. Duriez hlutfallið milli styrks kjarna, þurr og blautur væri þó undir kröfum. Franskur staðall segir til um að hlutfallið sé hærra en 0.7 en það bendir til að efnið lokist nægjanlega vel.

Niðurstaða Atlantic Bitumen var að mæla með svokallaðri Grave emulsion (hægbrotnandi bikþeytu sem hentar í kaldblöndun) sem sýndi mesta styrk<sup>3</sup>. Ákvarða þyrfti frekar um magn bikþeytu og aðrar aðferðir.

#### 4) Framkvæmd

Kaldblöndun (CCPR aðferð) byggist upp á því að fræst og upprifið malbik er endurinnið með mölun og hörpun og þannig sett á lager hjá blöndunarstöð. Nýtt steinefni er til staðar ef bæta þarf því við í uppskriftina en um slíkt var ekki að ræða í okkar tilfalli. Bikþeyta sem hentar steinefninu er framleidd og flutt í tankbíl að stöð. Kaldblöndunarstöð er búin vigt á færibaldi og lítramæli fyrir bindiefni ásamt möguleika á að bæta við réttu hlutfalli af vatni til að fá stöðugt rakastig. Framleitt malbik fer beint af færibaldi á bíl eða í haug.

Hér á landi er til búnaður til kaldblöndunar í eigu Arnardals sf. sem var fengið til samstarfs í þessu verkefni. Kaldblöndunarstöðin er með svokölluðum þvingunarblandara.



Mynd 3. Kaldblöndun í stöð. Tankur með bindiefni í baksýn.

<sup>3</sup> Emulsions for cold-mix ex-situ recycling, Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory, Feb 2012

Ákveðið var að framleiða bikþeytu sem er hönnuð fyrir kaldblöndun og hefur verið notuð hér á landi. Um er að ræða hægbrotnandi 64% bikþeytu úr stungubiki SB160/220 með 1% fluxefni.

Fyrsta tilraunablöndun var gerð í september 2011. Ákveðið var að nota 100% endurrunnið malbik eða ekkert nýtt steinefni, annarsvegar með 3% af bikþeytu og hinsvegar með 3,5% (samsvarar 1,92% og 2,24 % restbindiefni þegar vatn er rokið úr). Vegkafla til tilraunaútlagnar var valin og varð úr að lagt var á malarveg utan við MHC í Hafnarfirði. Blöndun fór fram á lóð MHC svo mjög stutt var að fara með efnið sem blandað var beint á bíla og ekið með í útlagningarvél, hefðbundna malbikunarvél. Útlögn og völtun gekk vel og sást ekki teljandi munur á köflum með 3% eða 3,5% bikþeytu. Við sjónmat eftir völtun og þegar reynt var að meta bindingu efnis á vegi var þó talið að efnið með meira bindiefnismagni væri ívið stöðugra og var ákveðið að við framhald tilrauna skyldi nota 3,5% bikþeytu.

Eftir vel heppnaða tilraun árið 2011 var sótt um rannsóknarstyrk til að halda áfram með verkefnið. Eins var leitað til veghaldara til að „kaupa“ verkefnið, en þegar farið er í tilraunaframleiðslu í stórum skala þarf varan sem slík að seljast á að minnsta kosti kostnaðarverði. Fór svo að Vegagerðin á SV-svæði féllst á að taka þátt í verkefninu og var ákveðið að blanda og leggja út á 1 km langan kafla á Krýsuvíkurvegi við Seltún. Vegarkafllinn er ekki fjölfarinn en þó er vaxandi umferð ferðamanna um svæðið á sumrin. Til samantýðingar var lögð hefðbundin tvöföld klæðing. Samhliða þessari ákvörðun tók Grindavíkurbær þá ákvörðun að kaupa efnið í stað hefðbundins malbiks á töluvert magn af göngustígum í sveitarfélaginu. Um var að ræða stíga í frjálsum landi 1,5-2 metra breiðir og voru þeir lagðir út með lítilli malbikunarvél og þjappaðir með litlum 1,7 tonna valtara. Ákvörðun Grindavíkurbæjar byggðist á umhverfisstefnu bæjarins sem vill stuðla að notkun umhverfisvænna vara eins og mögulegt er.

Eftir reynslu ársins 2011 var ákveðið að blanda 3,5% bikþeytu í malbikið og fór framleiðslan fram í lok ágúst og byrjun september. Sömu tæki og áður voru notuð við blöndun og sömu tæki við útlögn á Krýsuvíkurvegi og árið áður í fyrsta tilraunakaflanum. Framleidd voru 836 tonn af kaldblönduðu malbiki með 3,5% bikþeytu og lögð út á Krýsuvíkurveg á 2 dögum í lok ágúst. Framleidd voru 1050 tonn af sama efni og lagt út á nokkra mismunandi göngustíga í Grindavík á 4 dögum í byrjun september. Hluti af því efni sem lagt var út í göngustíga var lagerað í haug eftir blöndun í þrjá sólarhringa og hafði það lítil áhrif á gæði útlagnar.



Mynd 4. Yfirborð göngustígs eftir völtun





Mynd 5. Útlögn í Krýsuvík hefst

Eins og áður sagði gekk útlögn í öllum tilfellum vel. Útlögð þykkt var nokkuð mikil eða um og yfir 7 cm en útreiknað magn reyndist vera um 135 kg/m<sup>2</sup> þjappað. Lagt var beint á hefлаð og þjappað þúkk en hluti verkefnisins fyrir Vegagerðina gekk útá að leggja bundið slitlag með þessari aðferð fyrir sama einingaverð og annars væri fyrir jöfnunarlag og tvö lög af klæðingu. Vegna grófleika í undirlagi er líklegt að útlögn hafi orðið heldur ósléttari en hefði annars getað orðið. Sérstaklega þegar leið á útlögn seinni akreinar þar sem þúkkið hafði keyrst nokkuð uppúr veginum vegna umferðar. Þjöppun gekk vel en valtað var með hefðbundnum malbiksvalta með gúmmíhjólum að framan.



Mynd 6. Yfirborð á seinni akrein varð nokkuð gróft vegna umferðar

Á Krýsuvíkurvegi er nokkur umferð og var því ákveðið að yfirsprauta slitlagið með 200-250 kg/m<sup>2</sup> af venjulegri límingarbikþeytu til að tryggja lokun yfirborðsins. Var það gert nokkrum dögum eftir

útlögn. Á göngustíga á ekki að vera þörf á slíkri yfirborðsmeðhöndlun en verður metið eftir fyrsta vetur, hvernig yfirborð lítur út.



Mynd 7. Yfirsprautun með bikþeytu í gangi

### 5) Niðurstöður

Tekin voru nokkur sýni af hinu kaldblandaða efni. Hluti sýna var sendur til Írlands en hluti þess nýttur til rannsókna á rannsóknarstofu MHC í Hafnarfirði. Borkjarnar voru teknir úr malbikinu sem lagt var 2011 ári seinna og voru þeir þéttir og lokaðir og náðust upp í fyllri þykkt eða um 5 cm. Reynt var að taka borkjarna úr malbikinu sem lagt var út haustið 2012 tveimur vikum eftir útlögn en malbikið hafði þá ekki tekið sig (harðnað) nema um 1,5-2 cm frá yfirborði. Það verður að teljast eðlilegt þar sem kaldblandað malbik með bikþeytu þarf nokkrar vikur til að taka endanlegan styrk og því lengur sem kaldara er í veðri. Þar sem efnið var lagt frekar seint út að hausti var fullur styrkur ekki kominn fram þegar borkjarnar voru teknir. Teknir verða borkjarnar á ný sumarið 2013 til rannsókna.



Mynd 8. Borkjarnar úr útlögn í Krýsuvík 2012

### 5.1 Kaldblandað malbik

Helstu niðurstöður rannsókna Atlantic Bitumen (AB) á kaldblandaða efninu voru þær að bikinnihald væri alls 8,1% sem er meira en æskilegt er. Rakastig mældist 4,4% sem er dæmigert fyrir slíkt efni. Eðlisþyngd mældist 2400 kg/m<sup>3</sup>. Efniskúrfan væri í heildina frekar fínefnarík miðað við t.d franska staðla um kaldblandað malbik.<sup>4</sup>

Þá voru gerðar kjarnar til rannsókna á stífleika og vatnsnæmi og það borið saman við rannsóknir frá árinu áður.

Emulsion	Stiffness Modulus at 20 °C (MPa)	Duriez Wet Strength (kN)	Duriez Dry Strength (kN)	Duriez Ratio	
2012 Iceland RAP mix	660	15.2	20.2	0.75	
French Specification	-		≥ 15.1	≥ 0.7	
See Atlantic Bitumen Report No. 012	Grave 2000L	1593	20.9	33	0.63
	Grave 2005 SBP	891	18.5	29.3	0.63
	Grave W5+Peral 417	1038	15.9	28.8	0.55
	Grave 2000 Ethon Diamine	1265	15.3	29	0.53

Tafla 2. Niðurstöður íslenskrar kaldblöndunar með 100% RAP frá 2012 í samanburði við prófanir frá árinu 2011

Í töflu 2 sjást niðurstöður mælinga á stífleika og vatnsnæmi fyrir kaldblandað malbik sem blandað var hér á landi haustið 2012 og sent til Írlands. Samanburður er við blöndur úr samskonar efni, það er endurunnu malbiki sem sent var til Írlands haustið 2011 en blandað þar á rannsóknarstofu við fjórar mismunandi bikþeytur. Sérstaklega ber að athuga að írsku blöndurnar eru aðeins með 1,5% bikþeytu sú íslenska 3,5% miðað við þyngd.

Helstu niðurstöður úr rannsóknum á kjörnum sem gerðir voru úr efninu frá 2012 voru þær að stífleiki (e: Stiffness Modulus) mældist aðeins 660 MPa sem telst vera í lægri kantinum. Mun lægra en árið áður í tilraunablöndum. Ástæðan er líklega sú að bikinnihaldið er mjög hátt eða 8,1% og fínefni frekar mikil. Hér þarf að hafa í huga að 3,5% bikþeyta í blöndunni skilur eftir 2,2% svokallað rest- bindiefni og endurinnið malbik hefur mælst með á bilinu 4-6% bindiefni. Sýnið sem var sent til Írlands er því nálægt hámarksbindiefnisinnihaldi.

Engar kröfur eru í írskum stöðlum um lágmarks gildi á stífleika. Mat starfsmanna AB var það að þrátt fyrir lágt gildi gæti þessi kaldblöndun hentað vel fyrir íslenskar aðstæður (veður) og litla umferð. Einnig bent á að lágur stífleikastuðull bendi til aukins sveigjanleika efnisins til dæmis gagnvart

<sup>4</sup> Ex-situ recycled Cold-mix Asphalt, Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory, Nov 2012

Kaldblandað malbik með 100% endurunnu malbiki frostsveiflum og þannig gegn sprungumyndun. Athuga þarf betur hvort aðrir staðlar gefi upp lágmarksgildi fyrir stífleika.

Vatnsnæmniprófið var gert á sama hátt og árið áður með Duriez prófi á styrk kjarna, þurrum og blautum. Duriez hlutfallið reyndist vera 0,75. Hér eru til franskir staðlar um kaldblöndun sem hægt er að bera sig saman við en þar er krafa um lágmarksgildi 0,7. Styrkur ( Duries þurr styrkur) er yfir 20kN en lágmarkskrafa í franska staðlinum er >15.1. Sjá töflu 2. Niðurstaða AB að kaldblandaða efnið væri með hátt viðnám gagnvart skemmdum vegna vatnsálags.

Heildarniðurstaða þeirra er því að efnið geti verið gott efni sem slitlag á vegi með litla umferð. En vegna mikils bikinnihalds og fínefna væri þó hættu á hjólfaramyndun við mikla þungaumferð.

### **5.2 Borkjarnar þjappaðir á rannsóknarstofu**

Á rannsóknarstofu MHC í Hafnarfirði voru þjappaðir kjarnar til skoðunar og geymslu úr kaldblandaða efninu. Efnið var þjappað kalt og svo annars vegar hitað að 50°C og hinsvegar 100°C fyrir þjöppun.

Niðurstöður (sjónmat) voru nokkuð athyglisverðar. Allir kjarnar voru þéttir, heilir og mjög sannfærandi sem sýni úr slitlagi en eftir því sem efnið var heitara við þjöppun urðu kjarnarnir lokaðri.

Kjarnar þjappaðir eftir hitun uppí 100°C eru mjög þéttir og lokaðir og líkjast helst kjörnum úr heitblönduðu 8 mm slitlagsmalbiki (SL8)



Mynd 9. Kjarnar þjappaðir við 10°C



Mynd 10. Kjarnar þjappaðir eftir 50°C upphitun



Mynd 11. Kjarnar þjappaðir eftir 100°C upphitun

Þetta er vísbending um að sé endurunna malbikið hitað upp, fyrir eða eftir íblöndun á nýju bindiefni verði það ennþá líkara venjulegu malbiksslitlagi. Þetta í takt við þróun erlendis til dæmis í Sviss þar sem volgt malbik er framleitt úr 100% endurunnu efni. Áhugavert væri að halda áfram með verkefnið á þessum nótum. Bæði þarf að kynna sér aðferðir við upphitun á volgu malbiki og yfirfæra þær á íslenskar aðstæður og kanna hvernig efnið þolir flutninga og útlögn.

Einnig þarf að skoða ný efni sem eru komin á markaðinn sem „endurlífga“ gamla bikið í endurunna malbikinu en slík efni hafa lítið sem ekkert verið reynd hér á landi.

### 5.3 Úttekt á yfirborði mars 2013

Eftir veturinn 2012-2013 var farin vettvangsferð til skoðunar á ástandi kafla sem lagðir voru út haustið 2012. Skoðun var eingöngu sjónmat og fór fram í lok mars 2013. Við skoðun á göngustígum í Grindavík kom í ljós að yfirborðið er jafnt og allt óskemmt, það er orðið mjög hart og líkt venjulega malbiki.

Við skoðun á vegarkafla í Krýsuvík í mars 2013 kom í ljós að malbikið er orðið mjög hart og hefur tekið fullan styrk. Hluti kaflans lítur mjög vel út og yfirborðið eins á heitblönduðu venjuleg malbiki.

Hinsvegar komu einnig í ljós nokkrar skemmdir á hluta vegarkaflans líklega eftir snjótönn.

Sérstaklega eru skemmdir áberandi á kafla sem var ósléttari en æskilegt var eftir útlögn og þjöppun, eða á vinstri akrein horft frá Krýsuvík til Hafnarfjarðar. Þúkkið (undirlagið) á þeirri akrein sem lagt var á seinni daginn var orðið nokkuð ýft vegna umferðar eins og áður hefur komið fram. Eftir útlögn var yfirborðið ósléttara en æskilegt er og hugsanlegt að snjóruðningstæki hafi náð að skemma yfirborðið vegna þess.



Mynd 12. Heilt og þétt yfirborð



Mynd 13. Skemmdir í yfirborði

## 6) Umræða

Niðurstaða verkefnisins er að einfalt er að blanda og leggja út kaldblandað malbik með bikþeytu hér á landi. Þá er einsýnt að kaldblandað malbik úr 100% endurunnu efni getur verið ódýr og góð lausn. Ljóst er að efnið sparar notkun á náttúrulegu hráefni, eða allt að 100% af steinefni og 60-70% af bindiefni sem annars þyrfti að nota í sambærilegt verkefni. Sýnt hefur verið fram á að kaldblandað malbik hentar vel í göngustíga og einnig á umferðarminni vegi en skoða þarf betur ástæður skemmda á yfirborði útlögn í Krýsuvík áður en lengra er haldið.

Takmarkanir eru þó á hversu hagkvæm notkunin er og miðast í raun eingöngu við höfuðborgar-svæðið eins og staðan er núna. Safna þarf saman malbiki til endurvinnslu á einn stað og vinna það þegar magn er orðið nægjanlegt svo vinnslan sé hagkvæm. Þetta er hinsvegar vel hægt að gera og rétt að hvetja sveitarfélög til að huga að því að safna á einn stað malbiksúrgangi. Leggja ber áherslu á að nýta malbiksúrgang, ef ekki í ný burðar- eða slitlög, þá að minnsta kosti malað niður í efra burðarlag undir nýtt slitlag. Þar sem hægt er að nýta endurinnið malbik í nýtt heitt malbik verða þó verðmætin mest.

Besti tíminn til að blanda og leggja kaldblandað malbik er fyrrihluti sumars vegna eðlis bikþeytunnar sem þarf nokkurn tíma við sæmilega hátt hitastig (> 10°C) til að brotna og binda sig alveg og þar með ná upp fullum styrk.

Helstu samstarfsaðilar verkefnisins voru Arnardalur sf, Colas Danmark, Colas Írland, Grindavíkurbær og Vegagerðin og eru þeim færðar bestu þakkir fyrir samstarfið.

31. mars 2013, Sigþór Sigurðsson



## 7) Heimildir

- 1 Federal Highway Administration, ARRA, "Basic Asphalt Recycling Manual" USA 2001
- 2 [http://www.aema.org/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=517&Itemid=211](http://www.aema.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=517&Itemid=211) af vef
- 3 Emulsions for cold-mix ex-situ recycling, Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory, Feb 2012
- 4 Ex-situ recycled Cold-mix Asphalt, Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory, Nov 2012





Kaldblandað malbik með 100% endurunnu malbiki

### Viðaukar

- A) Emulsions for cold-mix ex-situ recycling, Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory, Feb 2012
- B) Ex-situ recycled Cold-mix Asphalt, Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory, Nov 2012
- C) Veggspjald um verkefnið birt á ráðstefnu Vegagerðarinnar, nóv 2012
- D) Kornakúrfur endurunnins malbiks (fjögur dæmi)

Vidanki A



A Report on the  
Laboratory Testing of a

---

## *Emulsions for cold-mix ex-situ recycling*

consisting of:

RAP aggregate supplied by **Colas Iceland**.

and

bitumen emulsions supplied by **Cold Chon (Galway) Ltd.**

Report No: 12/012  
Report Date: February 2012



## 1.0 Introduction

Cold ex-situ recycling is the process used to recycle asphalt plannings or RAP using a bitumen emulsion binder. Colas Iceland requested Cold Chon (Galway) Ltd. and Atlantic Bitumen to design and recommend an emulsion that they can use to recycle their exiting RAP stockpile.

Samples of the RAP stockpile were sent to the Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory for analysis and testing. Four different emulsions were designed by Cold Chon (Galway) Ltd. and representative samples were produced for this lab study.

The laboratory tests that were performed include:

- a) Binder content and aggregate grading analysis of the RAP material;
- b) Coating tests;
- c) Stiffness modulus of the recycled material; and
- d) Duriez water sensitivity tests of the recycled material.

The results of the lab tests are contained in this report.

## 2.0 Analysis of the RAP material

The RAP material was delivered in three drums. It appeared to be already coated with binder (see Figure 1 overleaf). However, on inquiry with Colas Iceland, we were told that the material was planed/milled from the pavement.

The material was analysed and the existing binder content was found to be 6.1 % on average with an average moisture content of 4.1 % (see Table 1 below). The aggregate had a 0/10 mm fine grading (see full analysis report in Annex A).

Container	Binder Content (%)	Moisture Content (%)
A	5.5	3.6
B	6.0	4.1
C	6.8	4.7

Table 1: Binder content and moisture content of RAP material



**Figure 1: The RAP material from Iceland**

The density of the RAP material was measured in accordance with EN 1097-6 and found to be 2.43 Mg/m<sup>3</sup> (see Annex A).

### **3.0 Coating tests with emulsion**

Coating tests were performed using four different emulsion supplied by Cold Chon (Galway) Ltd. For all four emulsions, 100 % coating was achieved by adding 1.5 % emulsion (i.e. 1 % added bitumen).

### **3.0 Stiffness Modulus**

150 mm diameter cylindrical specimens were manufactured using the four emulsions for determination of the stiffness modulus in accordance with EN 12697-26. Three cylindrical specimens were compacted for each RAP + emulsion combination. The specimens were produced at a target moisture content of 4.2 % and 1 % added bitumen. All specimens were conditioned in the laboratory before being tested. The conditioning regime consisted of curing the specimens for 3 days at 60 °C in a ventilated oven. The results are presented in Table 2 overleaf.

### **4.0 Water sensitivity (Duriez) Test**

The water sensitivity of the recycled material made using the four different emulsions was tested in accordance with NF P 98-251-4. The results are presented in Table 2

---

below. Once, again, the specimens were produced at a target moisture content of 4.2 % and 1 % added bitumen. (The full Duriez reports are contained in Annex B.)

Emulsion	Stiffness Modulus at 20 °C (MPa)	Duriez Wet Strength (kN)	Duriez Dry Strength (kN)	Duriez Ratio
Grave 2000L	1593	20.9	33	0.63
Grave 2005 SBP	891	18.5	29.3	0.63
Grave W5+Peral 417	1038	15.9	28.8	0.55
Grave 2000 Ethon Diamine	1265	15.3	29	0.53

**Table 1 – Results of Stiffness Modulus and Water Sensitivity Tests**

## 5.0 Conclusion

Based on the results achieved, we would recommend use of the Grave 2000L emulsion. However, there may be instances where one of the other emulsions will be more suitable, for example if the mixed material is to be stockpiled or laid by hand instead of by paver.

---

## 6.0 Author Details

Name: Alan Kavanagh  
Position: Technical Manager  
Company: Atlantic Bitumen  
Address: c/o Cold Chon (Galway) Ltd.  
Oranmore,  
Co. Galway  
  
Telephone: 087 1631761

**Commercial Authorisation:** Gearoid Lohan, General Manager

---

## 7.0 Distribution List

		Copies
External Recipients:	Colas Iceland	1
Internal Recipients:	Atlantic Bitumen File	1

This is a CONFIDENTIAL document. Any distribution beyond the parties listed within must be authorized by the sponsoring or requisitioning company. All recipients must use the contents of this document with discretion.



ATLANTIC | BITUMEN

---

# Annex A

---

## Results of Sample Analyses

**EN 933-1:1997 Tests for geometrical properties of aggregates -  
Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method**

Laboratory ID: Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory



Aggregate Source: Iceland

Sample No. A

Fraction size = 0/10

Found Binder Content: 5.5 %

Test date: 29/08/11

Found Moisture Content: 3.6 %

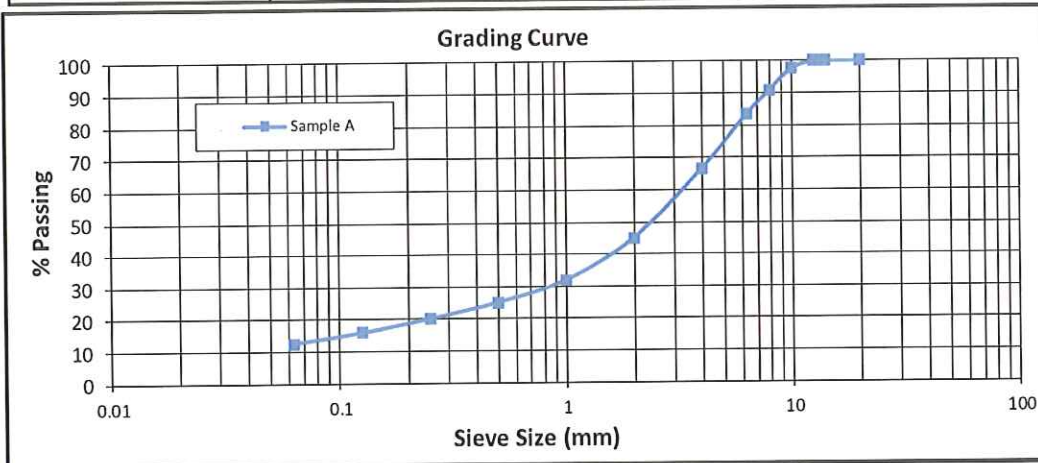
Sample Weight = 1577.0 g

Weight after washing & drying,  $M_2$  = 1388.2 g

Oven dried,  $M_1$  = 1577.0 g

Removed by washing,  $M_1 - M_2$  = 188.8 g

Sieve Size (mm)	Weight Retained (g)	% Retained	% Passing
20	0	0.0	100
14	0	0.0	100
12.5	0	0.0	100
10	38.7	2.5	98
8	105.8	6.7	91
6.3	118.2	7.5	83
4	264	16.7	67
Passing 4.0 mm	861.5	54.6	
Riffled to:	861.5		
2.00	339.4	21.5	45
1.00	205.3	13.0	32
0.500	108.4	6.9	25
0.250	78	4.9	20
0.125	68	4.3	16
0.063	52	3.3	12.6
Pan	10.4	12.6	
Difference =	0.0		



Notes:

**Figure A1: Analysis of Sample A**



**EN 933-1:1997 Tests for geometrical properties of aggregates -  
Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method**

Laboratory ID: Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory



Aggregate Source: Iceland

Sample No. B

Fraction size = 0/10

Found Binder Content: 6.0 %

Test date: 29/08/11

Found Moisture Content: 4.1 %

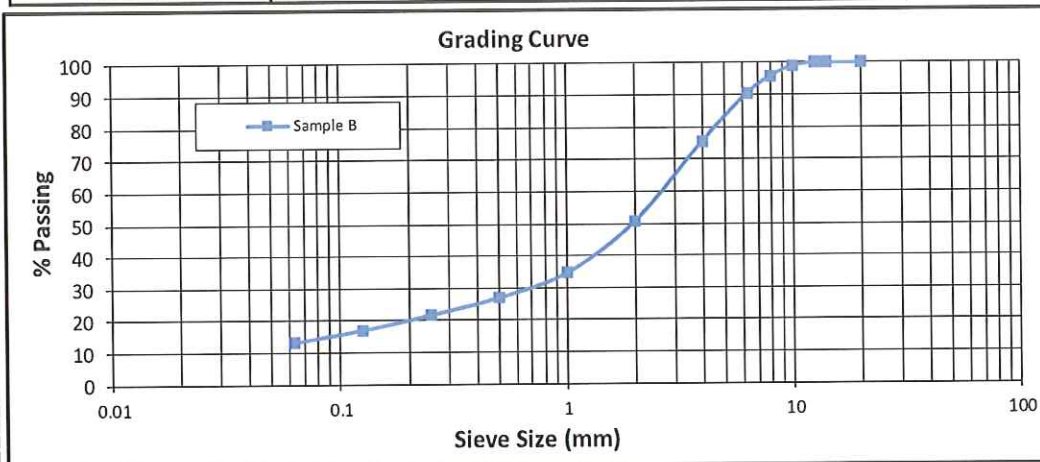
Sample Weight = 1680.3 g

Weight after washing & drying,  $M_2$  = 1474.5 g

Oven dried,  $M_1$  = 1680.3 g

Removed by washing,  $M_1 - M_2$  = 205.8 g

Sieve Size (mm)	Weight Retained (g)	% Retained	% Passing
20	0	0.0	100
14	0	0.0	100
12.5	0	0.0	100
10	16.4	1.0	99
8	54.9	3.3	96
6.3	89.9	5.4	90
4	249.2	14.8	76
Passing 4.0 mm	<u>1064.1</u>	63.3	
Riffled to:	<u>1064.1</u>		
2.00	420.9	25.0	51
1.00	267.4	15.9	35
0.500	128.8	7.7	27
0.250	89.6	5.3	22
0.125	78.5	4.7	17
0.063	63.4	3.8	13.2
Pan	15.5	13.2	
Difference =	0.0		



Notes:

**Figure A1: Analysis of Sample B**

**EN 933-1:1997 Tests for geometrical properties of aggregates -  
Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method**

Laboratory ID: Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory



Aggregate Source: Iceland

Sample No. C

Fraction size = 0/10

Found Binder Content: 6.8 %

Test date: 29/08/11

Found Moisture Content: 4.7 %

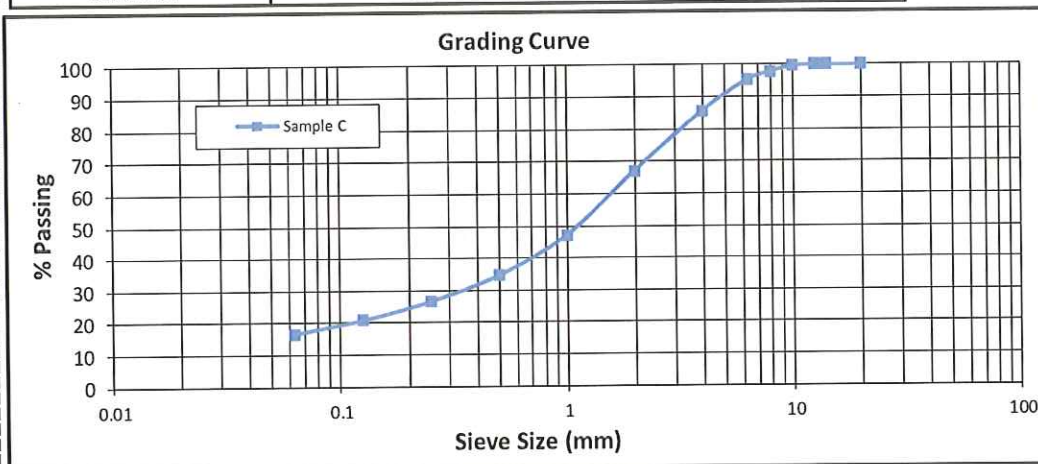
Sample Weight = 1746.2 g

Weight after washing & drying,  $M_2$  = 1467.3 g

Oven dried,  $M_1$  = 1746.2 g

Removed by washing,  $M_1 - M_2$  = 278.9 g

Sieve Size (mm)	Weight Retained (g)	% Retained	% Passing
20	0	0.0	100
14	0	0.0	100
12.5	0	0.0	100
10	6.1	0.3	100
8	32.2	1.8	98
6.3	44.8	2.6	95
4	167.9	9.6	86
Passing 4.0 mm	<u>1216.3</u>	69.7	
Riffled to:	<u>1216.3</u>		
2.00	324.3	18.6	67
1.00	347.4	19.9	47
0.500	217.7	12.5	35
0.250	141.7	8.1	27
0.125	101.1	5.8	21
0.063	73.4	4.2	16.6
Pan	10.7	16.6	
Difference =	0.0		



Notes:

**Figure A1: Analysis of Sample C**

**EN 1097-6:2000**

Tests for mechanical and physical properties of aggregates -

**Part 6: Determination of particle density and water absorption****Annex A: Determination of pre-dried particle density of aggregate**

Sample No:	<u>2011022</u>	Nominal Size:	<u>0/10</u>
Date of Test:	<u>05/09/2011</u>	Mass of Dry sample (test1):	<u>889.3 g</u>
Method Used:	<u>Pyknometer</u>		

**Test 1:**

Mass		A	D
Gas Jar & Lid	$M_1$	869.3 g	849.3 g
Gas Jar + Lid + Water		N/A	N/A
Water Temp. °C		N/A	N/A
Temperature Correction Factor		N/A	N/A
Vol of Gas Jar		1282.6 ml	1242.0 ml
Mass of Aggregate		437.3 g	452.0 g
Gas Jar + lid + Aggregate	$M_2$	1306.6 g	1301.3 g
Gas Jar + lid + Aggregate + Water	$M_3$	2407.2 g	2355.4 g
Mass of Water		1100.6 g	1054.2 g
Water Temp. °C		20.0	20.0
Temperature Correction Factor		0.9982	0.9982
Vol of Aggregate		180.0 ml	186.0 ml
Aggregate Density	$\rho_a$	2.429 Mg/m <sup>3</sup>	2.430 Mg/m <sup>3</sup>
Avg. Aggregate Density		2.43 Mg/m <sup>3</sup>	

**Figure A4: Density of RAP material**

---

# Annex B

---

## Duriez Test Reports

Duriez Test - Specimen Testing - Grave 200L													NF P 98-251-4	
Mix Reference Number: <b>2011022 Iceland Recycling</b>						Test Date: <b>19-Sep-2011</b>								
Added Binder Content = <b>1.0 %</b>						Mix m.c. before compaction = <b>4.20%</b>								
Agg./RAP Density = <b>2430.0 kg/m³</b>						Specimen Diameter = <b>0.08 m</b>								
Binder Density = <b>1020.0 kg/m³</b>						Area = <b>0.0050 m²</b>								
Max Dry Density = <b>2396.9 kg/m³</b>														
NF P 98-251-4 Curing Conditions: Place all specimens in incubator for 7 days at 18 °C, 50 % R.H. Remove and soak the Wet Set in water at 18 °C for a further 7 days. Test the Wet and Dry Sets at 18 °C.														
Specimen No.	Uncompacted		Compacted		Air cured - 7 days		H <sub>AvG</sub>	Volume	Dry Mix Bulk Density	Total Voids Content	% Voids in Mineal Agg.	% Voids Filled with Binder		
	Wet Mass	Dry Mass	Wet Mass	Moisture Content	Mass	Moisture Content								
		M <sub>0</sub>	M <sub>Day1</sub>	m.c. <sub>Day1</sub>	M <sub>Day8</sub>	m.c. <sub>Day8</sub>								
									MVR	V <sub>Geo</sub>	V <sub>MA</sub>	V <sub>FB</sub>		
1	1043.4	1001.3	1025.3	2.39%	1010.7	0.93%	84.08	0.42 cm³	2369 kg/m³	1.15%	3.46%	66.8%		
2	1043.6	1001.5	1025.2	2.36%	1012.1	1.05%	83.26	0.42 cm³	2393 kg/m³	0.16%	2.50%	93.5%		
3	1043.3	1001.2	1027.3	2.60%	1012.2	1.09%	83.70	0.42 cm³	2380 kg/m³	0.71%	3.03%	76.6%		
4	1042.2	1000.2	1025.6	2.54%	1010.9	1.07%	83.92	0.42 cm³	2371 kg/m³	1.07%	3.39%	68.4%		
5	1043.3	1001.2	1026.5	2.52%	1012.3	1.10%	84.29	0.42 cm³	2363 kg/m³	1.40%	3.71%	62.2%		
6	1044	1001.9	1026.2	2.42%	1012.6	1.07%	84.11	0.42 cm³	2370 kg/m³	1.12%	3.44%	67.3%		
Avg. =	1043.3 g	1001.2 g	1025.9 g	2.46%	1011.8 g	1.05%	83.81	0.42 cm³	2377 kg/m³	0.84%	3.16%	74.51%		
Average Moisture content of Dry specimens = <b>1.06%</b>						Upper Limit: 2424 kg/m³								
Average Moisture content of Wet specimens = <b>1.01%</b>						Lower Limit: 2329 kg/m³								
Wet Samples						Dry Samples								
Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c. <sub>Day15</sub>	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>wet</sub> (kN)	R <sub>c</sub> (Wet) MPa	Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c. <sub>Day15</sub>	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>dry</sub> (kN)	r <sub>c</sub> (Dry) MPa			
1	1031.8	3.04%	1.15%	21.21	4.2	2	1010.1	0.86%	0.16%	33.28	6.6			
3	1028.8	2.75%	0.71%	22.20	4.4	4	1008.8	0.86%	1.07%	33.18	6.6			
5	1030.2	2.89%	1.40%	19.26	3.8	6	1010.5	0.86%	1.12%	32.50	6.5			
Avg. =	1030.3	2.89%	1.09%	20.9	4.2	Avg. =	1009.8	0.86%	0.79%	33.0	6.6			
% Water Absorption = <b>1.88%</b>						r <sub>c</sub> /R <sub>c</sub> = <b>0.63</b>								

Figure B1: Duriez Report for Grave 2000L

Duriez Test - Specimen Testing - Grave 2005 SBP NF P 98-251-4												
Mix Reference Number:		2011022 Iceland Recycling						Test Date:		3-Nov-2011		
Added Binder Content =		1.0 %			Mix m.c. before compaction =		4.20%					
Agg./RAP Density =		2430.0 kg/m <sup>3</sup>			Binder Density =		1020.0 kg/m <sup>3</sup>					
Binder Density =		1020.0 kg/m <sup>3</sup>			Max Dry Density =		2396.9 kg/m <sup>3</sup>					
Max Dry Density =		2396.9 kg/m <sup>3</sup>			Specimen Diameter =		0.08 m					
					Area =		0.0050 m <sup>2</sup>					
NF P 98-251-4 Curing Conditions: Place all specimens in incubator for 7 days at 18 °C, 50 % R.H. Remove and soak the Wet Set in water at 18 °C for a further 7 days. Test the Wet and Dry Sets at 18 °C.												
Specimen No.	Uncompacted		Compacted		Air cured - 7 days		H <sub>Avg</sub>	Volume	Dry Mix Bulk Density	Total Voids Content	% Voids in Mineal Agg.	% Voids Filled with Binder
	Wet Mass	Dry Mass	Wet Mass	Moisture Content	Mass	Moisture Content						
	M <sub>0</sub>	M <sub>Day1</sub>	m.c. <sub>Day1</sub>	M <sub>Day8</sub>	m.c. <sub>Day8</sub>							
1	1043.1	1001.1	1030.9	2.98%	1014.3	1.32%	84.32	0.42 cm <sup>3</sup>	2362 kg/m <sup>3</sup>	1.46%	3.77%	61.2%
2	1042.3	1000.3	1029.3	2.90%	1014.7	1.44%	84.28	0.42 cm <sup>3</sup>	2361 kg/m <sup>3</sup>	1.48%	3.79%	60.8%
3	1043.4	1001.3	1031.4	3.00%	1015.1	1.37%	84.62	0.43 cm <sup>3</sup>	2354 kg/m <sup>3</sup>	1.78%	4.08%	56.4%
4	1043.8	1001.7	1030.1	2.83%	1015.4	1.36%	84.64	0.43 cm <sup>3</sup>	2355 kg/m <sup>3</sup>	1.77%	4.07%	56.5%
5	1043.1	1001.1	1031.1	3.00%	1015.5	1.44%	84.24	0.42 cm <sup>3</sup>	2364 kg/m <sup>3</sup>	1.37%	3.67%	62.8%
6	1043.2	1001.2	1031.1	2.99%	1015.5	1.43%	84.05	0.42 cm <sup>3</sup>	2370 kg/m <sup>3</sup>	1.13%	3.45%	67.1%
Avg. =	1043.2 g	1001.1 g	1030.6 g	2.94%	1015.1 g	1.40%	84.38	0.42 cm <sup>3</sup>	2360 kg/m <sup>3</sup>	1.53%	3.83%	60.41%
Average Moisture content of Dry specimens =						1.40%	Upper Limit:		2408 kg/m <sup>3</sup>			
Average Moisture content of Wet specimens =						1.35%	Lower Limit:		2313 kg/m <sup>3</sup>			
Wet Samples						Dry Samples						
Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c. <sub>Day15</sub>	V <sub>geo</sub>	Load <sub>wet</sub> (kN)	R <sub>c</sub> (Wet) MPa	Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c. <sub>Day15</sub>	V <sub>geo</sub>	Load <sub>dry</sub> (kN)	r <sub>c</sub> (Dry) MPa	
1	1034	3.29%	1.46%	19.06	3.8	2	1011.9	1.16%	1.48%	29.21	5.8	
3	1035.8	3.44%	1.78%	17.91	3.6	4	1009.9	0.82%	1.77%	29.35	5.8	
5	1035.5	3.44%	1.37%	18.67	3.7	6	1012.8	1.16%	1.13%	29.45	5.9	
Avg. =	1035.1	3.39%	1.54%	18.5	3.7	Avg. =	1011.5	1.05%	1.46%	29.3	5.8	
% Water Absorption =						2.04%			r <sub>c</sub> /R <sub>c</sub> =			0.63

Figure B2: Duriez Report for Grave 2005 SPB

Duriez Test - Specimen Testing - Grave W5+Peral 417													NF P 98-251-4	
Mix Reference Number: <b>2011022 Iceland Recycling</b>						Test Date: <b>2-Nov-2011</b>								
Added Binder Content =		1.0 %						Mix m.c. before compaction =		4.20%				
Agg./RAP Density =		2430.0 kg/m <sup>3</sup>						Specimen Diameter =		0.08 m				
Binder Density =		1020.0 kg/m <sup>3</sup>						Area =		0.0050 m <sup>2</sup>				
Max Dry Density =		2396.9 kg/m <sup>3</sup>												
NF P 98-251-4 Curing Conditions: Place all specimens in incubator for 7 days at 18 °C, 50 % R.H. Remove and soak the Wet Set in water at 18 °C for a further 7 days. Test the Wet and Dry Sets at 18 °C.														
Specimen No.	Uncompacted		Compacted		Air cured - 7 days		H <sub>AvG</sub>	Volume	Dry Mix Bulk Density	Total Voids Content	% Voids in Mineal Agg.	% Voids Filled with Binder		
	Wet Mass	Dry Mass	Wet Mass	Moisture Content	Mass	Moisture Content								
		M <sub>0</sub>	M <sub>Day1</sub>	m.c. <sub>Day1</sub>	M <sub>Day8</sub>	m.c. <sub>Day8</sub>			MVR	V <sub>Geo</sub>	V <sub>MA</sub>	V <sub>FB</sub>		
1	1043.0	1001.0	1037.1	3.61%	1020	1.90%	85.10	0.43 cm <sup>3</sup>	2340 kg/m <sup>3</sup>	2.38%	4.66%	49.0%		
2	1043.6	1001.5	1037.7	3.61%	1021	1.94%	85.36	0.43 cm <sup>3</sup>	2334 kg/m <sup>3</sup>	2.61%	4.89%	46.6%		
3	1043.4	1001.3	1036.9	3.55%	1018.3	1.69%	86.02	0.43 cm <sup>3</sup>	2316 kg/m <sup>3</sup>	3.38%	5.64%	40.1%		
4	1042.6	1000.6	1034.3	3.37%	1015.5	1.49%	84.80	0.43 cm <sup>3</sup>	2347 kg/m <sup>3</sup>	2.07%	4.36%	52.6%		
5	1043.0	1001.0	1035.7	3.47%	1016	1.50%	84.92	0.43 cm <sup>3</sup>	2345 kg/m <sup>3</sup>	2.17%	4.45%	51.4%		
6	1043.0	1001.0	1035.1	3.41%	1016.7	1.57%	85.06	0.43 cm <sup>3</sup>	2341 kg/m <sup>3</sup>	2.32%	4.61%	49.6%		
Avg. =	1043.1 g	1001.1 g	1036.2 g	3.51%	1017.9 g	1.68%	85.27	0.43 cm <sup>3</sup>	2336 kg/m <sup>3</sup>	2.55%	4.83%	47.57%		
Average Moisture content of Dry specimens =						1.72%	Upper Limit:		2382 kg/m <sup>3</sup>					
Average Moisture content of Wet specimens =						1.80%	Lower Limit:		2289 kg/m <sup>3</sup>					
Wet Samples						Dry Samples								
Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c. <sub>Day15</sub>	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>wet</sub> (kN)	R <sub>c</sub> (Wet) MPa	Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c. <sub>Day15</sub>	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>dry</sub> (kN)	r <sub>c</sub> (Dry) MPa			
1	1044.9	4.39%	2.38%	16.62	3.3	2	1018.3	1.67%	2.61%	28.42	5.7			
3	1043.1	4.17%	3.38%	15.42	3.1	4	1012.7	1.21%	2.07%	28.82	5.7			
5	1040.5	3.95%	2.17%	15.62	3.1	6	1013.8	1.28%	2.32%	29.12	5.8			
Avg. =	1042.8	4.17%	2.64%	15.9	3.2	Avg. =	1014.9	1.39%	2.33%	28.8	5.7			
% Water Absorption =						2.37%		r <sub>c</sub> /R <sub>c</sub> =		0.55				

Figure B3: Duriez Report for Grave W5+Peral 417

Duriez Test - Specimen Testing - Grave 2005+Ethon Diamine													NF P 98-251-4	
Mix Reference Number:			2011022 Iceland Recycling						Test Date:			4-Nov-2011		
Added Binder Content =			1.0 %			Mix m.c. before compaction =			4.20%					
Agg./RAP Density =			2430.0 kg/m <sup>3</sup>			Binder Density =			1020.0 kg/m <sup>3</sup>					
Max Dry Density =			2396.9 kg/m <sup>3</sup>			Specimen Diameter =			0.08 m					
						Area =			0.0050 m <sup>2</sup>					
NF P 98-251-4 Curing Conditions: Place all specimens in incubator for 7 days at 18 °C, 50 % R.H. Remove and soak the Wet Set in water at 18 °C for a further 7 days. Test the Wet and Dry Sets at 18 °C.														
Specimen No.	Uncompacted		Compacted		Air cured - 7 days		H <sub>AvG</sub>	Volume	Dry Mix Bulk Density	Total Voids Content	% Voids in Mineal Agg.	% Voids Filled with Binder		
	Wet Mass	Dry Mass	Wet Mass	Moisture Content	Mass	Moisture Content								
		M <sub>0</sub>	M <sub>Day1</sub>	m.c.-Day1	M <sub>Day8</sub>	m.c.-Day8			MVR	V <sub>Geo</sub>	V <sub>MA</sub>	V <sub>FB</sub>		
1	1042.6	1000.6	1031.3	3.07%	1015.0	1.44%	84.11	0.42 cm <sup>3</sup>	2367 kg/m <sup>3</sup>	1.26%	3.57%	64.8%		
2	1043.3	1001.2	1030.2	2.89%	1015.5	1.42%	83.73	0.42 cm <sup>3</sup>	2379 kg/m <sup>3</sup>	0.75%	3.07%	75.7%		
3	1043.4	1001.3	1032.4	3.10%	1015.1	1.37%	84.62	0.43 cm <sup>3</sup>	2354 kg/m <sup>3</sup>	1.78%	4.08%	56.4%		
4	1042.7	1000.7	1029.6	2.89%	1012.1	1.14%	84.24	0.42 cm <sup>3</sup>	2363 kg/m <sup>3</sup>	1.41%	3.72%	62.1%		
5	1041.9	999.9	1027.4	2.75%	1010.4	1.05%	84.18	0.42 cm <sup>3</sup>	2363 kg/m <sup>3</sup>	1.41%	3.71%	62.1%		
6	1042.0	1000.0	1027.7	2.77%	1009.0	0.90%	84.21	0.42 cm <sup>3</sup>	2363 kg/m <sup>3</sup>	1.43%	3.74%	61.7%		
Avg. =	1042.7 g	1000.6 g	1030.2 g	2.94%	1012.9 g	1.22%	84.18	0.42 cm <sup>3</sup>	2365 kg/m <sup>3</sup>	1.32%	3.63%	64.13%		
Average Moisture content of Dry specimens =						1.28%	Upper Limit:		2412 kg/m <sup>3</sup>					
Average Moisture content of Wet specimens =						1.41%	Lower Limit:		2318 kg/m <sup>3</sup>					
Wet Samples						Dry Samples								
Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c.-Day15	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>wet</sub> (kN)	R <sub>c</sub> (Wet) MPa	Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.c.-Day15	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>dry</sub> (kN)	r <sub>c</sub> (Dry) MPa			
1	1036.5	3.59%	1.26%	15.21	3.0	2	1011.7	1.04%	0.75%	29.5	5.9			
3	1035.7	3.43%	1.78%	15.68	3.1	4	1008.4	0.77%	1.41%	28.2	5.6			
5	1035.8	3.59%	1.41%	15.07	3.0	6	1004.8	0.48%	1.43%	29.21	5.8			
Avg. =	1036.0	3.54%	1.48%	15.3	3.0	Avg. =	1008.3	0.77%	1.20%	29.0	5.8			
% Water Absorption =						2.13%								
						r <sub>c</sub> /R <sub>c</sub> =						0.53		

Figure B4: Duriez Report for Grave 2000 Ethon Diamine



Vidauki B



A Report on the  
Laboratory Testing of

---

***Ex-situ recycled Cold-mix Asphalt***

produced by:

**Colas Iceland.**

Report No: 12/034  
Report Date: November 2012



## 1.0 Introduction

Cold ex-situ recycling is the process used to recycle asphalt planings or RAP using a bitumen emulsion binder. Colas Iceland produced a 0/10 mm cold-mix asphalt using recycled asphalt planings (RAP) and an emulsion supplied by an Icelandic emulsion manufacturer.

Samples of the mixed material were sent to the Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory for analysis and testing.

The laboratory tests that were performed include:

- a) Binder content and aggregate grading analysis of the RAP material;
- b) Stiffness modulus of the recycled material; and
- c) Duriez water sensitivity tests of the recycled material.

The results of the lab tests are contained in this report and are compared with values specified in the French Standard NF P 98-139 for cold-mix asphalt surface course mixtures. The values obtained are also compared with the values that were obtained in the laboratory study reported in Atlantic Bitumen Report No. 012.

## 2.0 Analysis of the Cold-mix Asphalt

The RAP material was delivered in two drums. It appeared to be uniform and well coated with binder. The material was analysed and the existing binder content was found to be 8.1 % on average. The typical maximum binder content for this type of material is 6.5 %.

The moisture content of the material was found to be 4.4 %. This is a typical value for such cold-mix asphalts.

The material was found to have a very close graded (i.e. fine or dense) 0/10 mm aggregate grading (see full analysis report in Annex A). The % passing the 6.3 mm and 2.0 mm sieves was found to be 80 and 47 %, respectively. The French Standard NF P 98-139 recommends 65 and 35 % passing on these two sieves respectively.

The density of the RAP material was measured in accordance with EN 1097-6 and found to be 2.40 Mg/m<sup>3</sup> (see Annex B).



Figure 1: The RAP material from Iceland

### 3.0 Stiffness Modulus

Three 150 mm diameter cylindrical specimens were manufactured for determination of the stiffness modulus in accordance with EN 12697-26. The specimens were compacted to a height of 70 mm using a gyratory compactor in accordance with EN 12697-31. All specimens were conditioned in the laboratory before being tested. The conditioning regime consisted of curing the specimens for 3 days at 60 °C in a ventilated oven. The stiffness modulus was determined at 20 °C and the results are presented in Table 1 overleaf.

The average Stiffness Modulus was found to be 660 MPa. This below the values achieved for the lab specimens tested in Atlantic Bitumen Report No. 012. However, the lower stiffness modulus is probably due to the higher binder content of 8.1 %, compared to 6.1 %.

There is no stiffness modulus requirement in NF P 98-139 or in the Irish Standards for cold-mix surface course mixtures. A stiffness modulus of 660 MPa may be satisfactory for the area of application in Iceland. However, if a higher stiffness modulus is required, consideration would have to be given to reducing the total binder content of the mixture and/or using a different emulsion formulation (e.g. a lower penetration grade bitumen, a lower flux oil content or a different emulsifier.)

#### 4.0 Water sensitivity (Duriez) Test

The water sensitivity of the recycled material was tested in accordance with NF P 98-251-4. The results are presented in Table 1 below. (The full Duriez report is contained in Annex B.)

The results of the Duriez Test comply with the requirements of the French Standard NF P 98-139 for cold-mix asphalt surface course mixtures made using 160/220 pen base bitumen emulsion.

For comparison purposes, the results of our laboratory study performed with four other emulsifiers (see Report No. 012) are also presented in Table 1 below.

	Emulsion	Stiffness Modulus at 20 °C (MPa)	Duriez Wet Strength (kN)	Duriez Dry Strength (kN)	Duriez Ratio
	2012 Iceland RAP mix	660	15.2	20.2	0.75
	French Specification	-		≥ 15.1	≥ 0.7
See Atlantic Bitumen Report No. 012	Grave 2000L	1593	20.9	33	0.63
	Grave 2005 SBP	891	18.5	29.3	0.63
	Grave W5+Peral 417	1038	15.9	28.8	0.55
	Grave 2000 Ethon Diamine	1265	15.3	29	0.53

**Table 1 – Results of Stiffness Modulus and Water Sensitivity Tests**

#### 5.0 Conclusion

Based on the above results, the Iceland Recycled Cold-mix Asphalt material should perform well as a surface course material for low volume roads. It has a high resistance to damage by water, as indicated by a Duriez Wet/Dry ratio of 0.75. The Duriez Dry Strength is also well above the specified minimum of 15.1 kN (i.e. 3.0 MPa).

The stiffness modulus of the material is not very high at 660 MPa but may be sufficient for its area of application in Iceland. In addition, a material with a low stiffness modulus will tend to be more flexible and, consequently, more crack resistant at low ambient temperatures.

Because of the dense (fine) aggregate grading and relatively high binder content, the material may be prone to permanent deformation in the form of ruts, especially under channelized traffic conditions. Due to time constraints, resistance to rutting has not been assessed in this laboratory analysis.

---

## 6.0 Author Details

Name: Alan Kavanagh  
Position: Technical Manager  
Company: Atlantic Bitumen  
Address: Deerpark Industrial Estate  
Oranmore,  
Co. Galway  
  
Telephone: 087 1631761

**Commercial Authorisation:** Gearoid Lohan, General Manager

---

## 7.0 Distribution List

		Copies
External Recipients:	Colas Iceland	1
Internal Recipients:	Atlantic Bitumen File	1

This is a CONFIDENTIAL document. Any distribution beyond the parties listed within must be authorized by the sponsoring or requisitioning company. All recipients must use the contents of this document with discretion.



ATLANTIC | BITUMEN

---

# Annex A

---

## Results of Mix Analysis

**EN 933-1:1997 Tests for geometrical properties of aggregates -  
Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method**

Laboratory ID: Atlantic Bitumen Asphalt Laboratory



Aggregate Source: Iceland

Sample No. A

Fraction size = 0/10

Found Binder Content: 8.1 %

Test date: 15/10/12

Found Moisture Content: 4.4 %

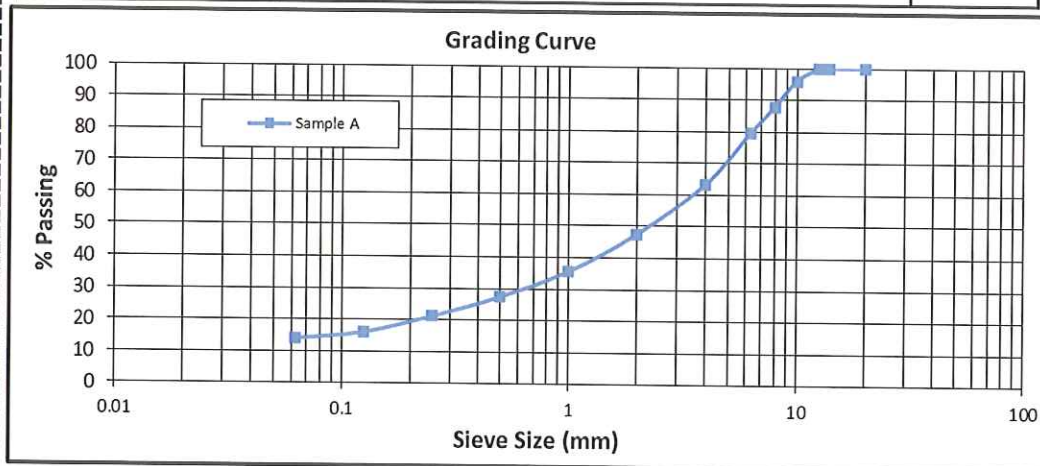
Sample Weight = 1345.7 g

Weight after washing & drying,  $M_2$  = 1174.5 g

Oven dried,  $M_1$  = 1345.7 g

Removed by washing,  $M_1 - M_2$  = 171.2 g

Sieve Size (mm)	Weight Retained (g)	% Retained	% Passing	French Spec
20	0	0.0	100	
14	0	0.0	100	
12.5	3.6	0.3	100	
10	50.3	3.7	96	
8	111.4	8.3	88	
6.3	108.8	8.1	80	65
4	218.8	16.3	63	
Passing 4.0 mm	<b>681.8</b>	50.7		
Riffled to:	681.8			
2.00	214.1	15.9	47	35
1.00	161.4	12.0	35	
0.500	109.9	8.2	27	
0.250	83.2	6.2	21	
0.125	69.3	5.1	16	
0.063	27.5	2.0	13.9	7
Pan	16.2	13.9		
Difference =	0.2			



Notes:

The aggregate grading is very fine.

**Figure A1: Analysis of Iceland Recycled Cold-mix**

EN 1097-6:2000

Tests for mechanical and physical properties of aggregates -

**Part 6: Determination of particle density and water absorption**



**Annex A: Determination of pre-dried particle density of aggregate**

Sample No:	<u>Iceland</u>	Nominal Size:	<u>0/10</u>
Date of Test:	<u>16/10/2012</u>	Mass of Dry sample (test1):	<u>                    </u>
Method Used:	<u>Pyknometer</u>		

**Test 1:**

Mass		A	D
Gas Jar & Lid	$M_1$	869.3 g	849.3 g
Gas Jar + Lid + Water		N/A	N/A
Water Temp. °C		N/A	N/A
Temperature Correction Factor		N/A	N/A
Vol of Gas Jar		1282.6 ml	1242.0 ml
Mass of Aggregate		480.5 g	504.1 g
Gas Jar + lid + Aggregate	$M_2$	1349.8 g	1353.4 g
Gas Jar + lid + Aggregate + Water	$M_3$	2431.5 g	2382.2 g
Mass of Water		1081.7 g	1028.9 g
Water Temp. °C		20.0	20.0
Temperature Correction Factor		0.9982	0.9982
Vol of Aggregate		198.9 ml	211.3 ml
Aggregate Density	$\rho_a$	2.415 Mg/m <sup>3</sup>	2.385 Mg/m <sup>3</sup>
Avg. Aggregate Density		2.400 Mg/m <sup>3</sup>	

**Figure A2: Density of Iceland Recycled Cold-mix**



---

# Annex B

## Duriez Test Report

Duriez Test - Specimen Testing NF P 98-251-4												
Mix Reference Number: 2012010 Iceland Recycling						Test Date: 2-Nov-2012						
Added Binder Content = 0.0 %			Agg./RAP Density = 2400.0 kg/m <sup>3</sup>			Binder Density = 1020.0 kg/m <sup>3</sup>			Max Dry Density = 2400.0 kg/m <sup>3</sup>			
Mix m.c. before compaction = 4.40%						Specimen Diameter = 0.08 m						
Area = 0.0050 m <sup>2</sup>												
NF P 98-251-4 Curing Conditions: Place all specimens in incubator for 7 days at 18 °C, 50 % R.H. Remove and soak the Wet Set in water at 18 °C for a further 7 days. Test the Wet and Dry Sets at 18 °C.												
Specimen No.	Uncompacted		Compacted		Air cured - 7 days		H <sub>AvG</sub>	Volume	Dry Mix Bulk Density	Total Voids Content	% Voids in Mineal Agg.	% Voids Filled with Binder
	Wet Mass	Dry Mass	Wet Mass	Moisture Content	Mass	Moisture Content						
	M <sub>0</sub>	M <sub>Day1</sub>	m.C. <sub>Day1</sub>	M <sub>Day8</sub>	m.C. <sub>Day8</sub>	MVR						
1	1044.0	1000.0	1027.7	2.77%	1011.6	1.16%	84.79	0.43 cm <sup>3</sup>	2346 kg/m <sup>3</sup>	2.23%	2.23%	0.0%
2	1044.0	1000.0	1029.7	2.97%	1011.8	1.18%	85.03	0.43 cm <sup>3</sup>	2340 kg/m <sup>3</sup>	2.51%	2.51%	0.0%
3	1044.0	1000.0	1028.8	2.88%	1012.2	1.22%	84.75	0.43 cm <sup>3</sup>	2348 kg/m <sup>3</sup>	2.19%	2.19%	0.0%
4	1044.0	1000.0	1026.6	2.66%	1011	1.10%	84.75	0.43 cm <sup>3</sup>	2347 kg/m <sup>3</sup>	2.19%	2.19%	0.0%
5	1044.0	1000.0	1028.9	2.89%	1011.7	1.17%	83.97	0.42 cm <sup>3</sup>	2369 kg/m <sup>3</sup>	1.28%	1.28%	0.0%
6	1044.0	1000.0	1027.8	2.78%	1010.4	1.04%	85.01	0.43 cm <sup>3</sup>	2344 kg/m <sup>3</sup>	2.49%	2.49%	0.0%
Avg. =	1044.0 g	1000.0 g	1028.1 g	2.81%	1011.5 g	1.15%	84.86	0.43 cm <sup>3</sup>	2344 kg/m <sup>3</sup>	2.32%	2.32%	0.00%
Average Moisture content of Dry specimens = 1.14%						Upper Limit: 2391 kg/m <sup>3</sup>						
Average Moisture content of Wet specimens = 1.19%						Lower Limit: 2297 kg/m <sup>3</sup>						
Wet Samples						Dry Samples						
Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.C. <sub>Day15</sub>	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>dry</sub> (kN)	R <sub>c</sub> (Wet) MPa	Specimen No.	Mass, M <sub>Day15</sub>	m.C. <sub>Day15</sub>	V <sub>Geo</sub>	Load <sub>dry</sub> (kN)	r <sub>c</sub> (Dry) MPa	
1	1026.6	2.66%	2.23%	14.87	3.0	2	1007.9	0.79%	2.51%	20.17	4.0	
3	1027.9	2.79%	2.19%	15.25	3.0	4	1007.3	0.73%	2.19%	19.73	3.9	
5	1027.6	2.76%	1.28%	15.54	3.1	6	1006.5	0.65%	2.49%	20.66	4.1	
Avg. =	1027.4	2.74%	1.90%	15.2	3.0	Avg. =	1007.2	0.72%	2.40%	20.2	4.0	
% Water Absorption = 1.55%						r <sub>c</sub> /R <sub>c</sub> = 0.75						

Figure B1: Duriez Report for Iceland Recycled Cold-Mix

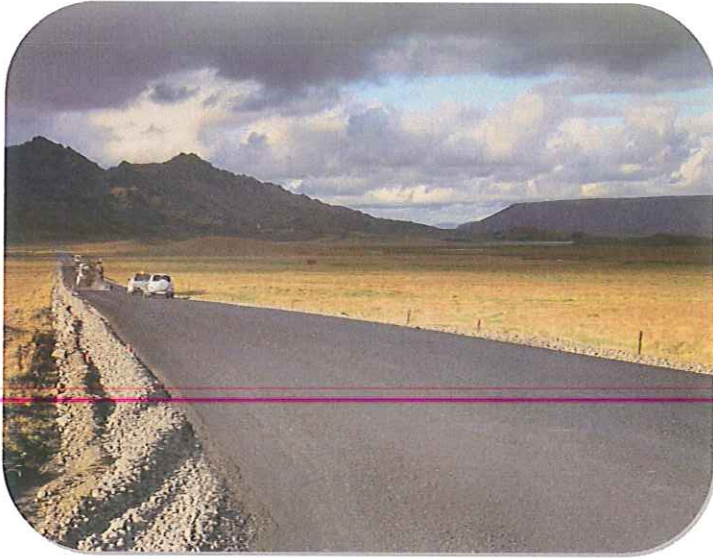
Víðauki C

# HLAÐBÆR COLAS

## Kaldblandað malbik 100% endurunnið



ATLANTIC | BITUMEN



### 100% endurunnið malbik

(hægt að endurvinna allt steinefni og bik úr vegakerfinu)

### 3,5% umhverfisvæn bikpeyta

(hægbrotnandi bikpeyta, 64% stungubik og vatn)

### Hagkvæmt

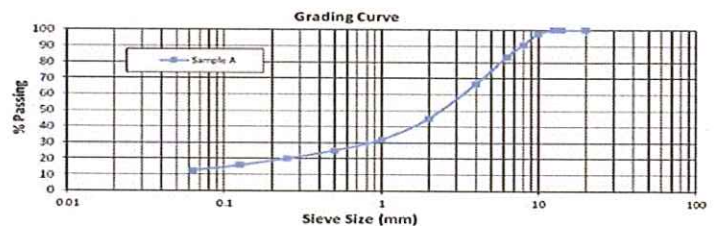
- Sparar hráefni (100% steinefni og allt að 60% af bindiefni)
- Sparar orku (allt að 50% miðað við heitt malbik)
- Minnkar flutninga á hráefnum

Emulsion	Stiffness Modulus at 20 °C (MPa)	Duriez Wet Strength (kN)	Duriez Dry Strength (kN)	Duriez Ratio
Grave 2000L	1593	20.9	33	0.63
Grave 2005 SBP	891	18.5	29.3	0.63
Grave W5+Peral 417	1038	15.9	28.8	0.55
Grave 2000 Ethon Diamine	1265	15.3	29	0.53

Table 1 – Results of Stiffness Modulus and Water Sensitivity Tests

### Umhverfisvænt

- Minni CO<sub>2</sub> losun (vegna framleiðsu og flutninga)
- Minni orkunotkun (vegna framleiðslu og flutninga)
- Sparar náttúruleg hráefni (steinefni úr námum, bik og olíur)





## Rávareanalyse Genbrug

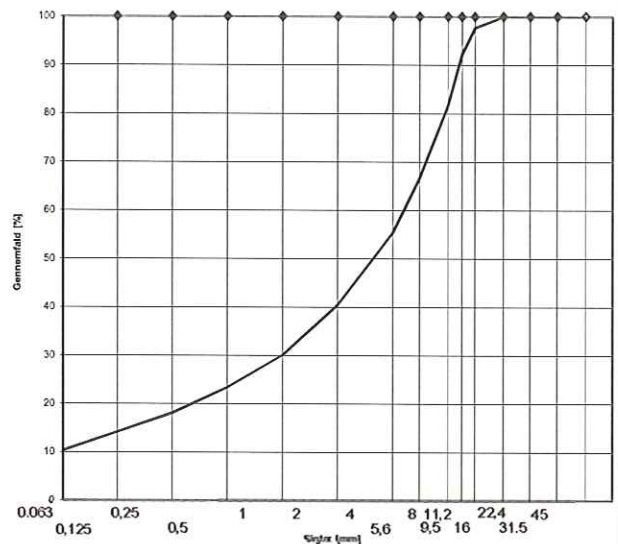
Udskrevet: 06-03-2012

Betegnelse: Endurrunnið Malbik Rávaretype: 8 Rávare nr: 6600008  
 Fraktion: 0/11 Leverandør: MHC Gældende fra: 07-04-2011  
 Analyse nr: 11542 Udtaget dato: 01-03-2012 Modt.dato: 01-03-2012 Signeret: GEY  
 Laboratorium: MHC Prøveleverandør: Fabrik

Materialedata:	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.	Analysemetode
Stendensitet, Mg/m <sup>3</sup> :		2,927					DS/EN 1097-6
Granit, %:		100					DS 405.1
Flint, %:							
Kalk, %:							
Lette Korn, %:							
Sprødhedstal %:							
Flisethedstal:							
Ctc/Cc/Cr/Ctr:							
K & R-genindv, °C		49,5					DS/EN 1427
Bindemiddel indh. %	4,3	4,8					DS/EN 12697-39
Penetration, 1/10mm		69					DS/EN 1426
Vand, %:							

## Gennemfald %

Sigte mm	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.
45	100,0	100				
31,5	100,0	100				
22,4	100,0	100				
16	100,0	100				
11,2	97,7	99				
9,5	92,3	92				
8	81,8	83,3				
5,6	66,7	70,5				
4	55,4	60,7				
2	40,4	44,7				
1	30,1	32,6				
0,5	23,4	24,6				
0,25	18,1	19,3				
0,125	14,2	14,7				
0,063	10,3	10,9				



Bemærkning: FR12001 - Ósplittað sýni



## Rávareanalyse Genbrug

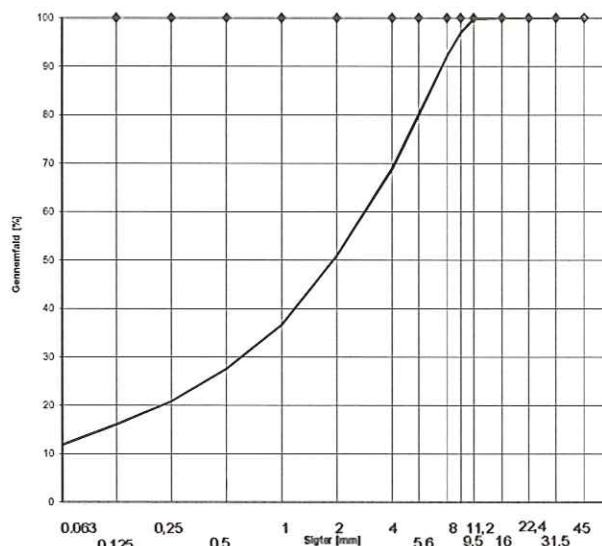
Udskrevet: 06-03-2012

Betegnelsen: Endurinnið Malbik	Rávaretype: 8	Rávare nr: 6600008
Fraktion: 0/11	Leverandør: MHC	Gældende fra: 07-04-2011
Analyse nr: 11543	Udtaget dato: 01-03-2012	Modt.dato: 01-03-2012
Laboratorium: MHC	Prøveleverandør: Fabrik	Signeret: GEY

Materialedata:	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.	Analysemetode
Stendensitet, Mg/m <sup>3</sup> :		2,927					DS/EN 1097-6
Granit, %:		100					DS 405.1
Flint, %:							
Kalk, %:							
Lette Korn, %:							
Sprødhedstal %:							
Flisethedstal:							
Ctc/Cc/Cr/Ctr:							
K & R-genindv, °C		49,5					DS/EN 1427
Bindemiddel indh.%	5,1	4,8					DS/EN 12697-39
Penetration, 1/10mm		69					DS/EN 1426
Vand, %:							

### Gennemfald %

Sigte mm	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.
45	100,0	100				
31,5	100,0	100				
22,4	100,0	100				
16	100,0	100				
11,2	99,8	99				
9,5	97,0	92				
8	92,2	83,3				
5,6	80,1	70,5				
4	68,9	60,7				
2	50,9	44,7				
1	36,6	32,6				
0,5	27,6	24,6				
0,25	20,8	19,3				
0,125	16,1	14,7				
0,063	11,8	10,9				



Bemærkning: FR12002 - Sýnataka TAK



## Rávareanalyse Genbrug

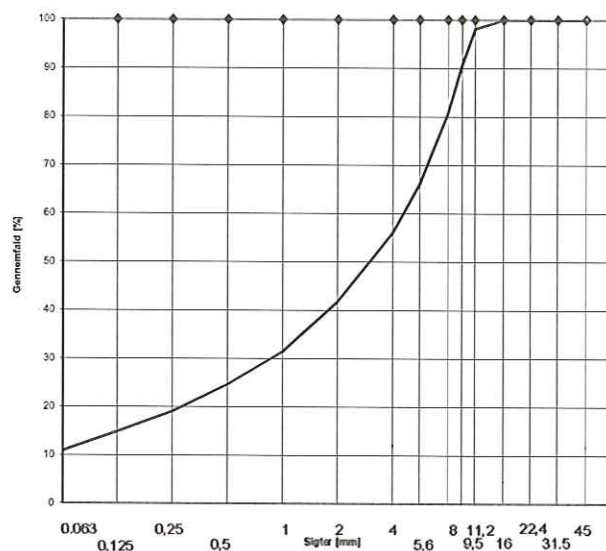
Udskrevet: 06-03-2012

Betegnelse: Endurunnið Malbik Rávaretype: 8 Rávare nr: 6600008  
Fraktion: 0/11 Leverandør: MHC Gældende fra: 07-04-2011  
Analyse nr: 11544 Udtaget dato: 01-03-2012 Modt.dato: 06-03-2012 Signeret: GEY  
Laboratorium: MHC Prøveleverandør: Fabrik

Materialedata:	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.	Analysemetode
Stendensitet, Mg/m <sup>3</sup> :		2,927					DS/EN 1097-6
Granit, %:		100					DS 405.1
Flint, %:							
Kalk, %:							
Lette Korn, %:							
Sprødhedstal %:							
Flisethedstal:							
Ctc/Cc/Cr/Ctr:							
K & R-genindv, °C		49,5					DS/EN 1427
Bindemiddel indh. %	4,5	4,8					DS/EN 12697-39
Penetration, 1/10mm		69					DS/EN 1426
Vand, %:							

### Gennemfald %

Sigte mm	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.
45	100,0	100				
31,5	100,0	100				
22,4	100,0	100				
16	100,0	100				
11,2	98,2	99				
9,5	90,8	92				
8	80,9	83,3				
5,6	66,1	70,5				
4	56,1	60,7				
2	41,8	44,7				
1	31,4	32,6				
0,5	24,6	24,6				
0,25	19,1	19,3				
0,125	14,9	14,7				
0,063	10,8	10,9				



Bemærkning: FR12003 - Splittað sýni



## Rávareanalyse Genbrug

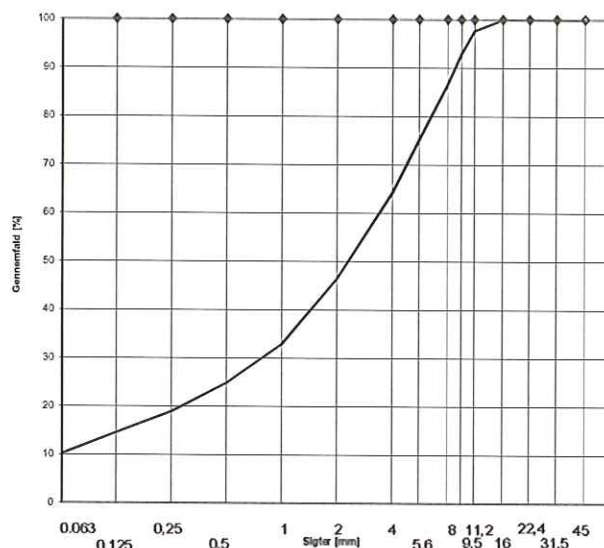
Udskrevet: 10-07-2012

Betegnelse: Endurrunnið Malbik Rávaretype: 8 Rávare nr: 6600008  
Fraktion: 0/11 Leverandør: MHC Gældende fra: 07-04-2011  
Analyse nr: 11948 Udtaget dato: 06-07-2012 Modt.dato: 06-07-2012 Signeret: GEY  
Laboratorium: MHC Prøveleverandør: Fabrik

Materialedata:	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.	Analysemetode
Stendensitet, Mg/m <sup>3</sup> :		2,927					DS/EN 1097-6
Granit, %:		100					DS 405.1
Flint, %:							
Kalk, %:							
Lette Korn, %:							
Sprødhedstal %:							
Flisethedstal:							
Ctc/Cc/Cr/Ctr:							
K & R-genindv, °C		49,5					DS/EN 1427
Bindemiddel indh. %	5,3	4,8					DS/EN 12697-39
Penetration, 1/10mm		69					DS/EN 1426
Vand, %:	1,2						

### Gennemfald %

Sigte mm	Resultat	Spec.	Nedre tol.	Nedre ac.	Øvre ac.	Øvre tol.
45	100,0	100				
31,5	100,0	100				
22,4	100,0	100				
16	100,0	100				
11,2	97,7	99				
9,5	92,9	92				
8	86,7	83,3				
5,6	75,2	70,5				
4	64,2	60,7				
2	46,5	44,7				
1	32,9	32,6				
0,5	24,8	24,6				
0,25	18,9	19,3				
0,125	14,5	14,7				
0,063	10,2	10,9				



Bemærkning: FR12004: Splittað og rakamælt