

# Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



Desember 2007

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

**TITILBLAÐ**

<b>Skýrsla nr:</b> VH 2007-132	<b>Útgáfudags.: (mán/ár)</b> Desember 2007	<b>Dreifing:</b> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b>  Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX, lokaskýrsla		<b>Upplag:</b> 10 <b>Fjöldi síðna:</b> 89
<b>Höfundur/ar:</b> Gísli Guðmundsson		<b>Verkefnisstjóri:</b> Gísli Guðmundsson
		<b>Verknúmer:</b> 7.009.257
<b>Útdráttur:</b> <p>XYPEX Concentrate virkar mjög vel á tiltölulega lítinn leka í steypu. Með efninu er tiltölulega auðvelt að stjórna því hvar vatn lekur út á steypuyfirborðið.</p> <p>Vettvangsprófanir með XYPEX Admix í sprautusteypu benda til þess að er að XYPEX Admix í sprautusteypu hefur verulega virkni gagnvart tiltölulega litlum leka í gegnum sprautusteypu.</p> <p>Samanburður á vatnsleka um sprungur í steinsteypusýnum með og án XYPEX Admix sýna að XYPEX hefur töluverð áhrif á sprunguleka í sýnunum. Sýni án XYPEX Admix eru með tiltölulega mikinn leka og lekinn er óstöðugur, en engu að síður minnkar lekinn í sýnunum með tíma. Lekinn í sýnunum með XYPEX Admix minnkar hins vegar mun hraðar með tíma.</p>		
<b>Verkkaupi:</b> Vegagerðin, Landsvirkjun og Íbúðalánasjóður	<b>Tengiliður verkkaupa:</b> Hreinn Haraldsson, Björn Stefánsson, Helga Arngrímsdóttir	
<b>Samstarfsaðilar:</b> Íslenskur Aðall, Geotek		
<b>Efnisorð:</b> Steinsteypa, vatnspéttiefni, XYPEX	<b>ISBN:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>	
	<b>Yfirfarið af:</b> Matthíasi Loftssyni	

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

### Efnisyfirlit

Efnisyfirlit .....	iii
Myndaskrá .....	v
Inngangur .....	1
Virgni XYPEX .....	1
Rannsóknir .....	2
XYPEX Concentrate .....	3
Lekablettir með tiltölulega litlum leka .....	4
20-03-2006 – fyrsta umferð af XYPEX Concentrate .....	5
22-03-2006 – önnur umferð af XYPEX Concentrate .....	9
25-03-2006 - Ástandsskoðun .....	10
25-03-2006 – þriðja umferð af XYPEX Concentrate og Patch og Plug .....	12
12-04-2006 - Ástandsskoðun .....	13
Svæði með tiltölulega miklum leka .....	14
24-03-2006 – XYPEX Concentrate og Patch og Plug viðgerð .....	15
25-03-2006 – leki eftir 24 tíma. ....	16
12-04-2006 - Ástandsskoðun .....	18
25-10-2006 – Ástandsskoðun .....	18
Samantekt .....	19
XYPEX Admix .....	20
Prófanir í aðrennslisgöngum Fljótsdalsstöðvar .....	20
06-03-2006 - Yfirsprautað með 1 % XYPEX Admix – trefjasteypa .....	20
11-05-2006 - Ástandsskoðun .....	22
18-09-2007 Ástandsskoðun .....	24
27-07-2006 – Yfirsprautað með 1,5 % XYPEX Admix – steypa án trefja .....	24
Lýsing á svæðum fyrir ásprautun .....	24
23-08-2006 - Ástandsskoðun .....	27
26-10-2006 – Ástandsskoðun .....	30
18-09-2007 – Ástandsskoðun .....	32
Samantekt .....	34
Prófanir í Héðinsfjarðargöngum .....	35
Tímabilið 31-05-2007 til 02-08-2007 - Ástandsskoðun .....	36
Október-2007 - Yfirsprautun .....	42
Samantekt .....	42
Prófanir á Rannsóknarstofu .....	43
Lekaprófun um sprungur .....	43
Prófunaraðferð .....	43
Steinsteypa frá MEST .....	44
Sýni 4584 – án XYPEX .....	44
Sýni 4486 – með XYPEX .....	51
Sýni 4510 – með XYPEX .....	55
Steinsteypa frá BMVallá .....	58

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

Sýni 517 – án XYPEX .....	58
Sýni 515 – með XYPEX .....	58
Sprautusteypa með 1,5 % XYPEX.....	59
Sprautusteypa með 1,0 % XYPEX.....	63
Samantekt .....	64
Vatnsleiðnimælingar - ÍST EN 12390-8:2000 .....	66
Samantekt .....	69
Erlend dæmi um notkun Xypex í sprautusteypu .....	70
Törnskogstunneln .....	70
28-03-2006 - Skoðun.....	70
Yfirlýsing frá BESAB .....	71
Vuosaarensatama.....	73
29-03-2006 - Skoðun.....	73
29-08-2006 - Skoðun.....	77
10-06-2007 - Skoðun.....	80
Samantekt .....	80
Lokaorð .....	81
Þakkarorð .....	83
Viðauki 1 .....	84

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

### Myndaskrá

Mynd 1. Rými stúkað af með milliveggjum. ....	3
Mynd 2. Svæðið þar sem tveir lekablettir voru meðhöndlaðir.....	4
Mynd 3. Staðsetning á kapallofti þar sem XYPEX Concentrate var borið á lekasvæði/bletti.....	5
Mynd 4. Lekablettur 1 – tiltölulega lítið svæði.....	6
Mynd 5. Svæði 2. Nokkur leki er í efri hluta svæðis. ....	7
Mynd 6. Svæði 2. Vatnstaumar í viðgerðarefni. ....	7
Mynd 7. Lekablettur 3 t.v. og lekablettir 2 og 3 t.h. ....	8
Mynd 8. Lekablettur 4 áður en XYPEX Concentrate var borið á svæðið.....	8
Mynd 9. Lekablettur 4.....	9
Mynd 10. Lekablettur 4. Búið er að bera tvö lög af XYPEX á svæðið og lekinn á gólfinu. ....	9
Mynd 11. Lekablettur 3 (minni), lekablettur 2 (stærri) og lekinn frá blett 2. ....	10
Mynd 12. Lekablettur 1. Tiltölulega lítill lekablettur og leki á gólfinu. ....	10
Mynd 13. Lekablettur 2 og lekinn á gólfinu.....	11
Mynd 14. Lekablettir 1 og 2. Búið er að bera tvö lög af XYPEX á blettina.....	11
Mynd 15. Lekablettur 4. Búið er að bera tvö lög af XYPEX á svæðið og lekinn á gólfinu. ....	12
Mynd 16. Lekablettur 3 (minni) og lekablettur 2 (stærri). ....	12
Mynd 17. Lekablettir 1 og 4.....	13
Mynd 18. Lekablettur 2 frá 12-4-2006. Leki um sprungu til hliðar við meðhöndlað svæði.....	14
Mynd 19. Uppsetning á vatnsvarnarlæðningu. ....	14
Mynd 20. Leka sprunga var hreinsuð og rásuð með meitli áður en að efnið var borið á.....	15
Mynd 21. Xypex concentrate með Patch og plug blettum. ....	15
Mynd 22. Viðgerð með Patch og plug og Concentrate. ....	16
Mynd 23. Viðgerð með Patch og plug og Concentrate. ....	16
Mynd 24. Leki sem byrjaði eftir að sprunga var þétt hinum megin við vegginn.....	17
Mynd 25. Lekablettur þar sem XYPEX Patch og plug og Concentrate var borið á. ....	18
Mynd 26. Svæði sem hefur verið meðhöndlað með XYPEX Patch og Plug og Concentrate.....	18
Mynd 27. Göng Jökulsáveitu, stöð 2550, fyrir yfirsprautun. ....	20
Mynd 28. Í loftinu í stöð 2550 er tiltölulega mikill leki, dropar stöðugt og erfitt er að fá steypuna til að tolla uppi.....	21
Mynd 29. Stöð 2550 fyrir ásprautun. ....	21
Mynd 30. Stöð 2550.....	23
Mynd 31. Svæði A. ....	25
Mynd 32. Svæði B.....	25
Mynd 33. Svæði C.....	26
Mynd 34. Svæði D. ....	26
Mynd 35. Svæði E.....	27
Mynd 36. Svæði F. ....	27
Mynd 37. Svæði A eftir ásprautun. ....	28
Mynd 38. Svæði B eftir ásprautun. ....	28
Mynd 39. Svæði C eftir ásprautun. ....	29
Mynd 40. Svæði D eftir ásprautun. ....	29
Mynd 41. Svæði E eftir ásprautun.....	30
Mynd 42. Svæði F eftir ásprautun.....	30

### Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

Mynd 43. Lekablettur B, samanburður aðstæðum eftir 1 og 3 mánuði frá yfirsprautun. ....	31
Mynd 44. Lekablettur D, samanburður á aðstæðum eftir 1 og 3 mánuði frá yfirsprautun. ....	32
Mynd 45. Svæði A tæpum 14 mánuðum eftir ásprautun. ....	33
Mynd 46. Svæði D tæpum 14 mánuðum eftir ásprautun. ....	33
Mynd 47. Tilraunakafli með XYPEXi þar sem lokastyrking ganganna hefur átt sér stað. ....	36
Mynd 48. Svæði 1. ....	37
Mynd 49. Svæði 2. ....	37
Mynd 50. Svæði 3. ....	38
Mynd 51. Svæði 4. ....	38
Mynd 52. Svæði 5. ....	39
Mynd 53. Svæði 6. ....	39
Mynd 54. Svæði 7. ....	40
Mynd 55. Svæði 8. ....	41
Mynd 56. Svæði 9. ....	41
Mynd 57. Uppsetning á lekaprófun. ....	43
Mynd 58. Sýni 4584 - Niðurstöður úr lekaprófunum á sýni 4584. ....	45
Mynd 59. Sýni 4584 - Niðurstöður úr lekaprófunum á sýni 4584. ....	46
Mynd 60. Yfirborð sýnis 4584-6 án XYPEX. ....	47
Mynd 61. Smásjármynd af sprungu í sýni 4584 án XYPEX. ....	48
Mynd 62. Smásjármynd af sprungu í sýni 4584 án XYPEX. ....	49
Mynd 63. Smásjármynd af sprungu í sýni 4584 án XYPEX. ....	50
Mynd 64. Smásjármynd af ettringit útfellingum í holrými við sprunguna. ....	51
Mynd 65. Sýni 4486 - Niðurstöður úr lekaprófunum á þremur sýnum. ....	52
Mynd 66. Smásjármynd af sprungu í sýni 4486 með XYPEX. ....	53
Mynd 67. Smásjármynd af sprungu í sýni 4486. ....	54
Mynd 68. Smásjármynd af sprungu í sýni 4486. ....	55
Mynd 69. Sýni 4510 - Niðurstöður úr lekaprófunum á þremur sýnum. ....	56
Mynd 70. Smásjármynd af sprungu í sýni 4510. ....	57
Mynd 71. Smásjármynd af sprungu og yfirborði sýnis 4510. ....	57
Mynd 72. Sprunguleki í BMVallá sýnum án XYPEX. ....	58
Mynd 73. Sprunguleki í BMVallá sýnum með XYPEX. ....	59
Mynd 74. Sprautusteypa með 1,5 % XYPEX – Niðurstöður úr lekaprófunum á fjórum sýnum. ....	60
Mynd 75. Sprautusteypa með 1,5 % XYPEX – Niðurstöður úr lekaprófunum á fjórum sýnum. ....	60
Mynd 76. Sýni 4510-1 eftir að prófun lauk. ....	61
Mynd 77. Smásjármynd af sprungu í sýni með 1,5 % XYPEX. ....	62
Mynd 78. Smásjármynd af kalsít útfellingum í yfirborði sýnis 4510. ....	62
Mynd 79. Sprautusteypa með 1,0 % XYPEX – Niðurstöður úr lekaprófunum á þremur sýnum. ....	63
Mynd 80. Samanburður á sýnum frá BMVallá með og án XYPEX Admixture. ....	64
Mynd 81. Niðurstöður úr vatnsleiðniþrófunum á sprautusteypu með 1,0 % XYPEX. ....	67
Mynd 82. Niðurstöður úr vatnsleiðniþrófunum á sprautusteypu með 1,5 % XYPEX. ....	68
Mynd 83. Törnskogstunneln í Sollentuna kommun í norður Stokkhólmi. ....	70
Mynd 84. Gangnamunni í Törnskogstunneln. ....	71
Mynd 85. Yfirlýsing frá BESAB um reynslu þeirra af XYPEX. ....	72
Mynd 86. Yfirlitsmynd af nýju frakthöfninni í Vousaari. ....	73
Mynd 87. Veggöngin eru til vinstri og fyrir miðju og járnbrautargöngin eru til hægri. ....	74

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Mynd 88. Dren í göngunum. ....	75
Mynd 89. Vatnslæðingar, sem kom til greina að nota í göngunum. ....	76
Mynd 90. Leki í sprautusteypu.....	78
Mynd 91. Lekablettur í sprautusteypu sem virðist hafa þéttst. ....	79
Mynd 92. Lekablettur í sprautusteypu í nærmynd. ....	79
Mynd 93. Lekablettur tv og sprunga th með hvítar útfellingar. ....	80



## Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

---

### Inngangur

Í þessari skýrslu er fjallað um virkni vatnspéttiefnisins XYPEX í steinsteypu og sprautusteypu. XYPEX hefur verið til í um 40 ár, en það hefur verið lítið notað hér á landi fyrr en á allra seinustu árum. Vegagerðin hefur þó notað XYPEX í nokkrar brýr (brúarhluta) fyrir um 15 árum síðan (Breiðbalakvísl, Gljúfurá í Borgarfirði, og fleiri). Efnið hefur einnig verið borið á brúarhluta (stöpla og/eða bríkur) á síðustu árum.

Markmið með þessum rannsóknum var að kanna virkni XYPEX, bæði Admix og Concentrate í íslenski steinsteypu, bæði í sprautusteypu og venjulegri steypu. Lítil reynsla er af efninu hér á landi og þar sem svo virðist sem efnið hafi ekki verið prófað mikið af hlutlausum rannsóknarstofum í Norður Evrópu, né í Norður Ameríku (svæðum sem við berum okkur við), var talið mikilvægt að rannsaka eiginleika þessa efnis til hlítar. Sér í lagi svo einhver reynsla verði fyrir hendi um efnið og eiginleika þess, sem vísa má til við hönnun mannvirkja hér á landi.

Mörg viðgerðarefni eru til á markaðnum í dag. Ekki er markmið með þessari rannsókn að gera samanburð við önnur efni. Virkni XYPEX er mjög sérstæð og það er ekkert efni sem hefur sambærilega virkni, þótt árangurinn geti verið sá sami. Slíka samanburðarrannsókn yrði mjög yfirgripsmikil og dýr í framkvæmd, og verður hún að bíða betri tíma.

Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar styrkti Hönnun hf við rannsóknir á XYPEX Concentrate í steypu og kom skýrslan um þær athuganir út árið 2005.<sup>1</sup> Vegagerðin og Landsvirkjun styrkja þessa rannsókn nú á virkni XYPEX í sprautusteypu og Íbúðalánasjóður veitti styrk til rannsókna á XYPEX í venjulegri steypu. Báðar þessar rannsóknir voru í gangi á tímabilinu frá 2005 til 2007 og þær voru unnar meira eða minna samhliða. Í þessari skýrslu er því gerð grein fyrir niðurstöðum úr báðum verkefnum.

### Virkni XYPEX

Viðgerðarefnið XYPEX hefur einstaka virkni miðað við önnur viðgerðarefni sem ætluð eru til vatnspéttingar á steinsteypu. Í stuttu máli þá kristallast efnið í holrými þar sem rakastigið er tiltölulega hátt, eins og t.d. í lekum sprungum, og þannig þéttist steypan smám saman og á endanum lokar það fyrir leið vatns inn í steypuna, sem leiðir til þess að steypan þornar. Þannig eykst veðrunarþol (frostþol, tæring í bendistáli, alkalívirgkni, sulfat skemmdir) steypunnar smám saman.

Ekki er fullljóst hvernig XYPEX virkar nákvæmlega, en framleiðendur þess hafa ekki gefið það upp. Virkin XYPEX gegn alkalívirgkni hefur verið lauslega lýst.<sup>2</sup> Virkni XYPEX var þannig háttáð að kalsíum complex (frá XYPEX), hvarfaðist við kísil og myndaði kalsíum silikat, jafnframt bundust alkalímálmur við sulfat (frá XYPEX).

---

<sup>1</sup> Gísli Guðmundsson (2005) Virkni XYPEX í íslenski steinsteypu. HN 2005-081, 55 bls.

<sup>2</sup> Kuramoto, Y; Matsuda, Y; Nakamura, Y; Irie, M (2000) Verification of suppression of AAR by a metal carrying compound. Í (ritstjórar: Bérubé, MA; Fournier, B; Durand, B): Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, proceedings 11<sup>th</sup> International Conference, 683-692



## Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

---

### **Rannsóknir**

Verkefnið er eins og áður hefur komið fram tvískipt, annars vegar er verið að kanna virkni XYPEX Concentrate og hins vegar er verið að kanna virkni XYPEX Admix. XYPEX concentrate er vatnspéttiefni sem borið er á yfirborð harðnaðar steypu, en XYPEX Admix er vatnspéttiefni sem bætt er út í ferska steypu.

Rannsóknir á virkni XYPEX Concentrate voru unnar í Stöðvarhúshelli í Fljótsdalsstöð, þar sem XYPEX Concentrate var borið á lekar sprungur í yfirborði sprautusteypu.

Rannsóknir á virkni XYPEX Admix í sprautusteypu voru unnar í aðrennslisgöngum Jökulsárveitu, sem liggja í aðrennslisgöng Fljótsdalsstöðvar frá Kárahnjúkum, í Héðinsfjarðargöngum og á rannsóknarstofu VGK Hönnunar. Einnig voru vettvangsferðir farnar til Svíþjóðar og Finnlands þar sem verið var að vinna með efnið. Virkni XYPEX Admix í steinsteypu var einnig könnuð á rannsóknarstofu VGK Hönnunar.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum úr áður nefndum rannsóknum og vettvangsferðum.

---

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### **XYPEX Concentrate**

Rannsóknir á virkni XYPEX Concentrate voru unnar í Stöðvarhúshelli í Fljótsdalsstöð, þar sem XYPEX Concentrate var borið á lekar sprungur í yfirborði sprautusteypu.

Verktakinn var Fosskraft sf., sem er sameignarfélag fjögurra fyrirtækjanna (Joint Venture): Íslenskir aðalverktakar hf., E. Phil & Søn, Ístak hf. og Hochtief Construction AG. Í þessum prófunum sáu starfsmenn verktaka um að undirbúa fleti og bera efnið á þá.

XYPEX Concentrate var notað á tveimur svæðum, annars vegar þar sem tiltölulega lítill leki var í gegnum sprautusteypana, sjá mynd 1 og hins vegar þar sem meiri leki var í gegnum sprautusteypana, sjá mynd 2. Ekki var unnt að mæla lekann og ekki var reynt að meta hve lekinn var mikill, en í báðum svæðum var aðeins verið að vinna með leka þar sem dropaði mismikið úr berginu.

Staðsetning þessara lekabletta er á svokölluðu kapallofti fyrir ofan spennahellinn við hliðina á stöðvarhúshellinum.



**Mynd 1. Rými stúkað af með milliveggjum.**

Örin bendir á rýmið þar sem byrjað var að prófa XYPEX.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

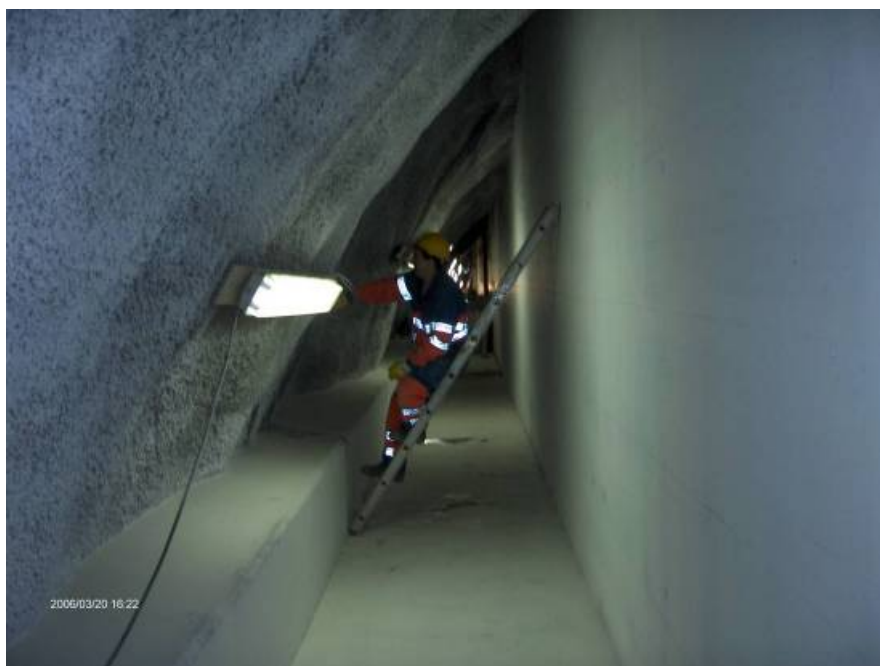


**Mynd 2.** Svæðið þar sem tveir lekablettir voru meðhöndlaðir.  
Sjá má lekablettina vinstra megin á myndinni.

### Lekablettir með tiltölulega litlum leka

Vatnsþéttiefnið XYPEX Concentrate var borið á fjóra tiltölulega litla lekabletti í sprautusteypu. Lekinn var mismikill, en í heildina var lekinn lítill. Pollur myndaðist á gólfi undir þremur lekablettum, sjá mynd 3.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 3. Staðsetning á kapallofti þar sem XYPEX Concentrate var borið á lekasvæði/bletti.**

Á myndinni má sjá hvar verið er að bera á lekablett tvö eða þrjú. Lekablettur 1 er fjærst á myndinni og lekablettur 4 er á milli þessara svæða. Sjá má tvo polla á gólfinu, sá sem er fjær er af svæði 4 og pollurinn sem er nær er af svæði 3.

### 20-03-2006 – fyrsta umferð af XYPEX Concentrate

XYPEX Concentrate var borið á með kalkkúst, sjá Mynd 5. Upphaflega var gert ráð fyrir því að bera efnið á í samræmi við leiðbeiningar frá framleiðanda, þ.e. að bera efnið á í tveimur tiltölulega þunnum lögum. Verktaki hafði áhuga á að kanna virkni XYPEX Patch og Plug<sup>3</sup>, því var gripið til þess ráðs að bera Patch og Plug á lekablettina eftir að búið var að meðhöndla þá með Concentrate. XYPEX Concentrate eitt og sér var því aldrei prófað.

Lekablettirnir voru númeraðir, sá fyrsti sem var meðhöndlaður varð númer 1, o.s.frv. Tiltölulega lítið lak úr öllum lekablettunum. Mestur leki í 4. lekabletti, einnig var áberandi leki í lekabletti 2.

Sama blanda var notuð á lekabletti 1, 2 og 3, samkvæmt uppskrift. Á lekablett 4 var nokkuð þykkari blanda útbúin (aðeins meira XYPEX en framleiðandi gerir ráð fyrir).

### Lekablettur 1.

Sjá Mynd 4.

<sup>3</sup> Patch og Plug er hraðharðnandi viðgerðarefni frá XYPEX

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 4. Lekablettur 1 – tiltölulega lítið svæði.**

Búið er að bera efni á svæðið, sem er um 20x20 cm að stærð. Lekinn hefur e.t.v. verið meira áður.

**Lekablettur 2**

Greinilegur leki er í gegnum sprautusteypuna í lekabletti 2, sjá Mynd 5.

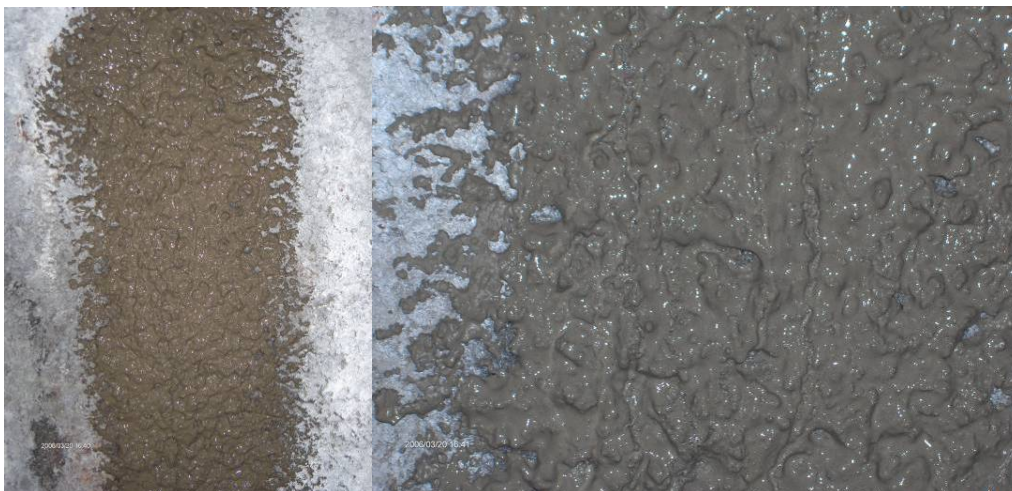


Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 5. Svæði 2. Nokkur leki er í efri hluta svæðis.

Þegar búið var að bera efnið á sprautusteypuna, sjá Mynd 5, mátti sjá vatnstauma í viðgerðarefninu, sjá Mynd 6.



Mynd 6. Svæði 2. Vatnstaumar í viðgerðarefni.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

**Lekablettur 3**

Tiltölulega lítið svæði, svipað og svæði 1, sjá Mynd 7.



Mynd 7. Lekablettur 3 t.v. og lekablettir 2 og 3 t.h.

**Lekablettur 4**

Frá lekabletti 4 var mestur leki, sjá Mynd 8.



Mynd 8. Lekablettur 4 áður en XYPEX Concentrate var borið á svæðið. Pollur á gólfinu sem sýnir lekann í svæði 4.

Á Mynd 9 er lekablettur 4 sýndur eftir að búið var að bera XYPEX Concentrate á svæðið.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 9. Lekablettur 4.**

Myndin t.v. sýnir efri hluta svæðis þar sem leki kemur úr berginu/steypunni (sprautusteypan hefur verið drenuð með röri) og myndin t.h. sýnir svæðið þegar búið var að bera XYPEX Concentrate á svæðið.

**22-03-2006 – önnur umferð af XYPEX Concentrate**

Efnið var aftur borið á lekablettina þann 22-3-2005. Blettirnir voru skoðaðir einum sólarhring seinna, sjá myndir 10 til 12.



**Mynd 10. Lekablettur 4 og lekinn á gólfinu.**

Búið er að bera tvö lög af XYPEX Concentrate á svæðið, 24 tímar frá seinni umferð.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 11. Lekablettur 3 (minni), lekablettur 2 (stærri) og lekinn frá blett 2.**  
Eftir að búið er að bera tvö lög af XYPEX Concentrate á svæðið. 24 tímar frá seinni umferð.



**Mynd 12. Lekablettur 1. Tiltölulega lítill lekablettur og leki á gólfinu.**  
Eftir að búið er að bera tvö lög af XYPEX Concentrate á svæðið. 24 tímar frá seinni umferð.

**25-03-2006 - Ástandsskoðun**

Ennþá er einhver leki tilstaðar, en lekinn hefur minnkað verulega, sjá myndir 13 til 15.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 13. Lekablettur 2 og lekinn á gólfinu.**

Búið er að bera tvö lög af XYPEX á svæðið. Um 3 sólarhringar eru frá seinni umferðinni.



**Mynd 14. Lekablettir 1 og 2. Búið er að bera tvö lög af XYPEX á blettina.**

Um 3 sólarhringar eru frá seinni umferðinni.

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



**Mynd 15. Lekablettur 4.** Búið er að bera tvö lög af XYPEX á svæðið og lekinn á gólfinu. Um 3 sólarhringar eru frá seinni umferðinni.

**25-03-2006 – þriðja umferð af XYPEX Concentrate og Patch og Plug**

Verktaki ákvað að bera lag af Patch og Plug yfir alla blettina. Í raun og veru var þetta óæskilegt þar sem markmiðið var að kanna virkni XYPEX Concentrate. Þar sem leki fór minnkandi var áhugavert að fylgjast með framvindunni, en þar sem verktakinn hafði áhuga á hraðari virkni var ákveðið að bera Patch og Plug yfir blettina.

Blettirnir voru skoðaðir eftir 16 daga, frá því að XYPEX Concentrate var borið fyrst á. Engan leka var að sjá í viðgerðunum, en sjá mátti að staðbundinn yfirborðsraka á nokkrum stöðum, sjá myndir 16 og 17. Pollar á gólfi höfðu þornað upp.



**Mynd 16. Lekablettur 3 (minni) og lekablettur 2 (stærri).** Búið er að bera tvö lög af Concentrate og eitt lag af Patch og Plug. 16 sólarhringar frá upphafi.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 17. Lekablettir 1 og 4.**

Búið er að bera tvö lög af Concentrate og eitt lag af Patch og Plug. 16 sólarhringar frá upphafi.

**12-04-2006 - Ástandsskoðun**

Byrjað að leka út frá blett 2, þ.e. við hlið viðgerðarinnar er sprunga í sprautusteypunni þar sem sprautusteypan hefur ekki verið meðhöndluð, lekinn hefur fært sig þangað, a.m.k. er byrjað að leka þar, sjá Mynd 18. Annars staðar er enginn leki til staðar.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 18. Lekablettur 2 frá 12-4-2006. Leki um sprungu til hliðar við meðhöndlað svæði.

**Svæði með tiltölulega miklum leka**

Í ljósi jákvæðra niðurstaðna úr prófunum með XYPEX Concentrate ákvað verktaki að nota efnið á svæðum þar sem tiltölulega mikill leki var í gegnum sprautusteypuna og þess krafist að viðkomandi svæði væru klædd af með vatnsvarnardúk. Með því að þetta viðkomandi svæði á þennan hátt reyndist ekki þörf á því að skerma lekasvæðið af með vatnsvarnardúk og leggja drenlagnir frá dúknum. Þannig sparaðist verulegur tími og kostnaður, auk þess sem viðgerðin fellur mun betur að umhverfinu. Á Mynd 19 er sýnt dæmi um hvernig vatnsvarnaklæðning er sett upp.



Mynd 19. Uppsetning á vatnsvarnaklæðningu.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

**24-03-2006 – XYPEX Concentrate og Patch og Plug viðgerð**

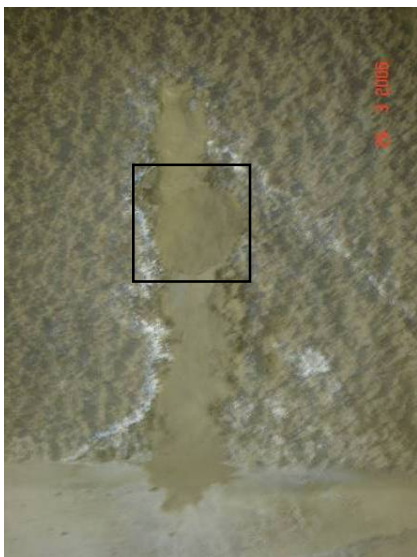
Patch og Plug og síðan Concentrate var borið á tvö svæði þar sem verulegur leki var í gegnum sprautusteypuna.

Á Mynd 20 er sprungan sýnd á öðru svæðin. Fyrst var brotið upp úr sprungunni. Síðan var efnið, þ.e. Patch og Plug borið í sprunguna. Sprungan var fyllt með tiltölulega stífri blöndu með múrskeið.



**Mynd 20. Leka sprunga var hreinsuð og rásuð með meitli áður en að efnið var borið á.**

Svo virtist sem leki næði strax í gengum eða framhjá efninu á tveimur stöðum. Í staðinn fyrir að bíða og sjá hvernig málin þróuðust, þá var mjög þurri blöndu klesst á lekann og henni haldið þar uns hún harðnaði, sjá Mynd 21. Efnið harðnaði á um 5 mínútum, eftir það stöðvaðist lekinn.



**Mynd 21. Xypex Concentrate með Patch og plug blettum.**

Ramminn sýnir hvar tiltölulega þurr Patch og plug blanda hefur verið sett ofan á lag af Patch og plug.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

XYPEX Concentrate var síðan borið yfir viðgerðina eftir einn sólarhring, sjá Mynd 22. Sjá má að þar sem lekin var mestur, upp við steypa veginn, virðist sem vatn nái að smita út í gegnum vatnsþéttiefnið.



Mynd 22. Viðgerð með Patch og plug og Concentrate.

25-03-2006 – leki eftir 24 tíma.

Svæðið var athugað eftir einn sólarhring. Svo virðist sem að sprungan hafi þéttst, engan leka var að sjá á svæðinu sem búið var að meðhöndla með XYPEX, sjá Mynd 23.



Mynd 23. Viðgerð með Patch og plug og Concentrate. 24 tímum eftir að vatnsþétti efni var borið á.

---

### Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Athyglisvert var að sjá að eftir að leki var stöðvaður á svæðinu, þá byrjaði að leka hinum megin við vegginn, en veggurinn er um 40 cm þykkur, sjá Mynd 24. Ekki var þörf á því að þétta leka þar, vegna þess að krafa er ekki gerð til þéttingar vatnsleka í þessu rými.

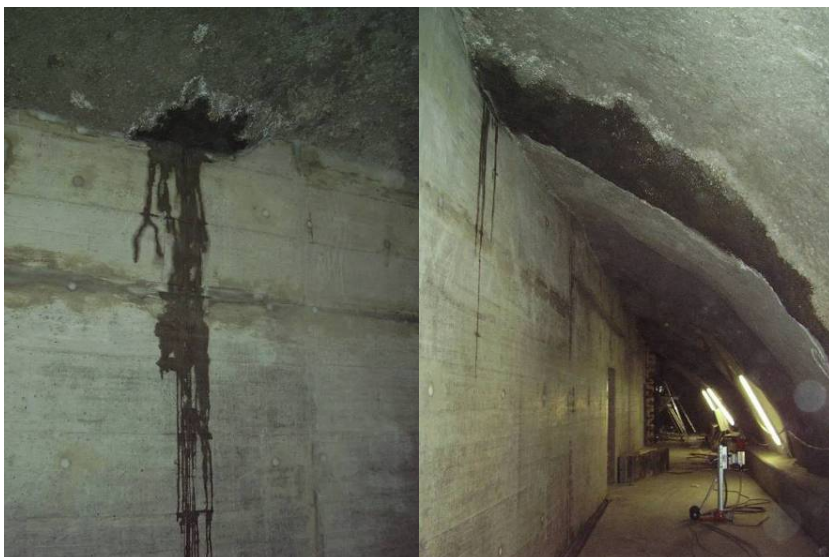


**Mynd 24. Leki sem byrjaði eftir að sprunga var þétt hinum megin við vegginn.**

Myndin t.v. er tekin einum sólarhring og myndin t.h. er tekin um 11 sólarhringum eftir að sprungan var meðhöndluð með XYPEX.

Annað svæði með tiltölulega miklum leka, sjá Mynd 25, var meðhöndlað með Patch og Plug og síðan með Concentrate, sjá Mynd 26. Lekinn er sitt hvoru megin við um 40 cm þykkann vegg. Aðeins var borið á blettinn öðrum megin. Borið var á blettinn sem er sýndur á myndinni til vinstri. Á myndinni til hægri er töluvert meiri leki, en ekki var nauðsynlegt að bera á lekann hægra megin við vegginn, vegna þess að krafa var ekki gerð um þéttingu vatnsleka í því rými.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 25. Lekablettur þar sem XYPEX Patch og plug og Concentrate var borið á.**

Lekinn er sitt hvoru megin við um 40 cm þykkann vegg. Aðeins var borið á blettinn öðrum megin, borið var á blettinn sem er sýndur á myndinni til vinstri. Á myndinni til hægri er töluvert meiri leki, ekki var nauðsynlegt að bera á leka hægra megin við vegginn.

XYPEX Patch og Plug og Concentrate var borið á lekasvæðið á svipaðan hátt og á fyrri lekasvæði. Á Mynd 26 má sjá svæðið eftir að búið er að meðhöndla það með XYPEX.



**Mynd 26. Svæði sem hefur verið meðhöndlað með XYPEX Patch og Plug og Concentrate.**

### 12-04-2006 - Ástandsskoðun

Enginn leki sjáanlegur, en undir lekabletti á Mynd 26 var smá vatn á gólfinu, en blettur og veggur voru þurrir. Fosskrafts menn vour ánægðir með árangurinn og höfðu hug á að nota efnið á fleiri stöðum.

### 25-10-2006 – Ástandsskoðun

Enginn leki er sjáanlegur og byrjað er að setja upp tæki undir viðgerðum svæðum.

---

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### Samantekt

Mun meiri/hraðari virkni (vatnsþétting) er með Patch and Plug, en með Concentrate. Sennilega stafar það af því að Patch and Plug-blanda hefur mun hærri byrjunarstyrk en Concentrate blanda. Patch and Plug blanda harðnaði aðeins á nokkrum mínútum, meðan styrkleikaþróun Concentrate er mun hægari og því er vatnsþéttingin með Concentrate ekki eins mikil í byrjun.

Framleiðandi hefur bent á að nota 50:50 blöndu af Patch and Plug og Concentrate, þar sem þörf er á mikilli vatnsþéttingu. Þetta var ekki prófað.

Verktakinn var almennt mjög ánægður með virkni XYPEX Concentrate.

Ljóst er að efnið virkar mjög vel á tiltölulega lítinn leka og með því að nota efnið er hægt að þétta steypu með efninu. Einnig er tiltölulega auðvelt að stýra því hvar vatn lekur út um sprungur, sbr. mynd 25, þar sem lekanum var beint yfir 40 cm þykkkan steinsteypnan vegg.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### **XYPEX Admix**

Rannsóknir á virkni XYPEX Admix voru unnar í aðrennslisgöngum Fljótsdalsstöðvar, í Héðinsfjarðargöngum og á rannsóknarstofu VGK Hönnunar. Einnig voru vettvangsferðir farnar til Svíþjóðar og Finnlands þar sem verið var að vinna með efnið.

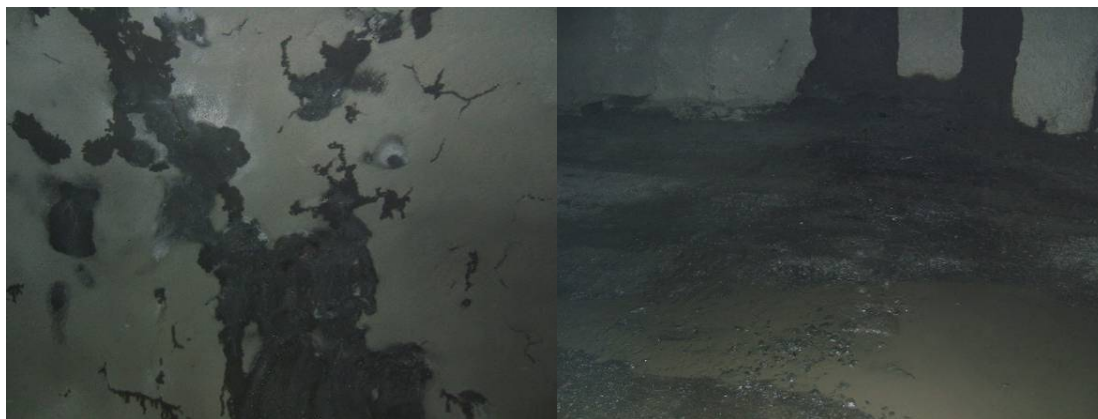
Virgni XYPEX Admix á vettvangi var metin þannig að viðkomandi svæði, sem voru ásprautuð með XYPEX, voru skoðuð og mynduð bæði fyrir og eftir ásprautun og síðan var ástandið metið. Engar beinar mælingar voru framkvæmdar til þess að meta virknina.

### **Prófanir í aðrennslisgöngum Fljótsdalsstöðvar**

XYPEX Admix var prófað í sprautusteypu á tveimur stöðum í göngum Jökulsárveitu í aðrennslisgöng Fljótsdalsstöðvar, þ.e. milli Jökulsá Diversion Valve Chamber og Ufsarstíflu í Jökulsá í Fljótsdal. Jarðvinnuverktakinn var Arnarfell. Í báðum tilvikum var XYPEX Admix komið fyrir beint í hráefnaskúffuna í steypustöðinni hjá Arnarfelli. Um var að ræða C24/30:XC2 steypu.

#### **06-03-2006 - Yfirsprautað með 1 % XYPEX Admix – trefjasteypa**

Þann 01-03-2006 voru göngin skoðuðum, ákveðið var á yfirsprautu með XYPEX Admix í stöð 2550 í göngunum, sjá myndir 27 til 29.



Mynd 27. Göng Jökulsáveitu, stöð 2550, fyrir yfirsprautun



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 28.** Í loftinu í stöð 2550 er tiltölulega mikill leki. Stöðugt dropar úr loftinu og erfitt er að fá steypuna til að tolla uppi.



**Mynd 29.** Stöð 2550 fyrir ásprautun

Þann 06-03-2006 var steypa hrærð kl 20 um kvöldið, einn bíll með 6 m<sup>3</sup> af steypu. Nokkuð erfiðlega gekk að sprauta yfir lekasvæðið í þakinu, sjá mynd 28. Sprautusteypan náði illa að loða við þakið þar sem helsti lekinn var. Vatn safnaðist bak við steypuna og sprautusteypan féll niður.

Sýni voru sprautuð í þrjá prufubakka og send til Reykjavíkur.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

11-05-2006 - Ástandsskoðun

Ásprautunarstaður var skoðaður um 2 mánuðum eftir ásprautunina. Í ljós kom að verktakinn var búinn að bora holu frá yfirborði og niður í svæðið sem var yfirsprautað. Holan var notuð fyrir rafmagn og vatnslögn frá yfirborði niður í göngin, sjá mynd 30. Með holunni er opnað fyrir aukið rennsli vatns sem lekur yfir sprautusteypuna og þar með var erfiðara að meta virkni XYPEX Admix á svæðinu. Þrátt fyrir holuna er hægt að meta virkni XYPEX Admix vinstra megin í göngunum. Þegar myndir fyrir og eftir ásprautun eru bornar saman kemur í ljós að lekasvæðin hafi minnkað, þ.e. þau hafa dregist saman.



## Jökulsárgöng stöð 2550

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

06-03-2006

Yfirsprautun með 1 % XYPEX

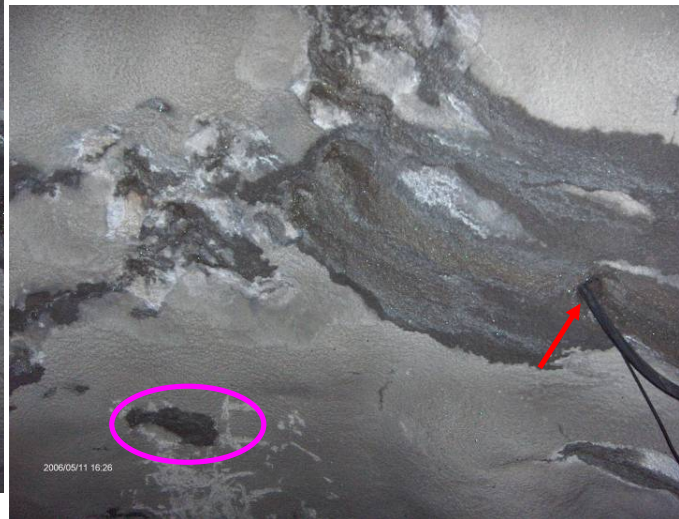


01-03-2006

Fyrir sprautusteypu



Mynd 30. Stöð 2550



11-05-2006

2 mánuðum eftir yfirsprautun

Samanburður á lekasvæðum fyrir yfirsprautun og um 2 mánuðum eftir yfirsprautun. Örin vísar á borholuna. Hringur er dreginn utan um lekablett sem hafði minnkað verulega, þann 18-09-2007

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

18-09-2007 Ástandsskoðun

Nokkur leki er enn til staðar í loftinu, en leki stafar af því að ekki tókst að þétta bergið þegar yfirsprautað var 06-03-2006. Jafnframt kemur tiltölulega mikið vatn inn um borholuna. Sjá mátti greinilegar útfellingar í sprautusteypunni. Lekablettur sem sjá mátti á mynd 30, hefur minnkað verulega.

Því miður reyndist erfitt að taka ljósmyndir inn í göngunum vegna þess hve mikil móða var í þeim.

### **27-07-2006 – Yfirsprautað með 1,5 % XYPEX Admix – steypa án trefja**

Tilraunum með XYPEX Admix sem vatnsþéttiefni í sprautusteypu var haldið áfram hjá Arnarfelli þann 27-7-2006. Útbúin var sprautusteypa með 1,5 % XYPEX Admix í steypustöðinni hjá Arnarfelli við Jökulsárveitu.

Steypan var með dönsku Aalborg Portlandsementi (CEM I 52,5). Um er að ræða C24/30:XC2 steypu. Vatns/sements-hlutfallið var um 0,45.

Sprautað var yfir 6 lekasvæði í Jökulsárgöngum (milli stöðva 1425 – 1464). Ásprautun fór fram milli kl. 00:00 – 4:00 um nóttina þann 27 Júlí. Tveir menn unnu í steypustöð og tveir við ásprautun í göngum.

Göngin eru 6 m há og 6 m breið, skeifulaga. Samfelld sprautusteypulag er í þekju, frá “springlínu” til “springlínu” en veggir eru ósprautaðir. “Springlína” er í 3 m hæð frá gólfi. Mörk bergþekju og veggs er hér kallað öxl. Bergið er stórstuðlað ólívínbasalt með tektónískum sprungum sem liggja þvert á gangastefnu. Leirskæni á sprunguflötum.

Sprautusteyputækið er nýtt af gerðinni: Sika PM500 PC (Putzmeister). Ásprautunarhraði var um 13 m<sup>3</sup>/klst. Hraðara notkun við ásprautun var um 6 %. Sprautusteypan var fremur þunn til að byrja með en þykknaði eftir því sem á leið nóttina – sigmál 25 cm í byrjun. Miðað var við að þykkt ásprautunarlagsins væri um 5 cm.

### Lýsing á svæðum fyrir ásprautun

Sprautað var á 6 lekasvæði í Jökulsárgöngum (sjá lista hér að neðan). Svæðið er á bilinu frá st. 1425 til 1475 og voru grafin í mars 2006, um 4 mánuðum fyrir tilraun. Bergið er fremur þurr en það dropar viðvarandi úr stöku sprungum.

Sýni voru sprautuð í þrjá prufubakka og send til Reykjavíkur.

### **Svæði A**

Lýsing fyrir ásprautun (VIJV): Væta seitlar út úr hægri öxl ofan springlínu, sjá mynd 31.

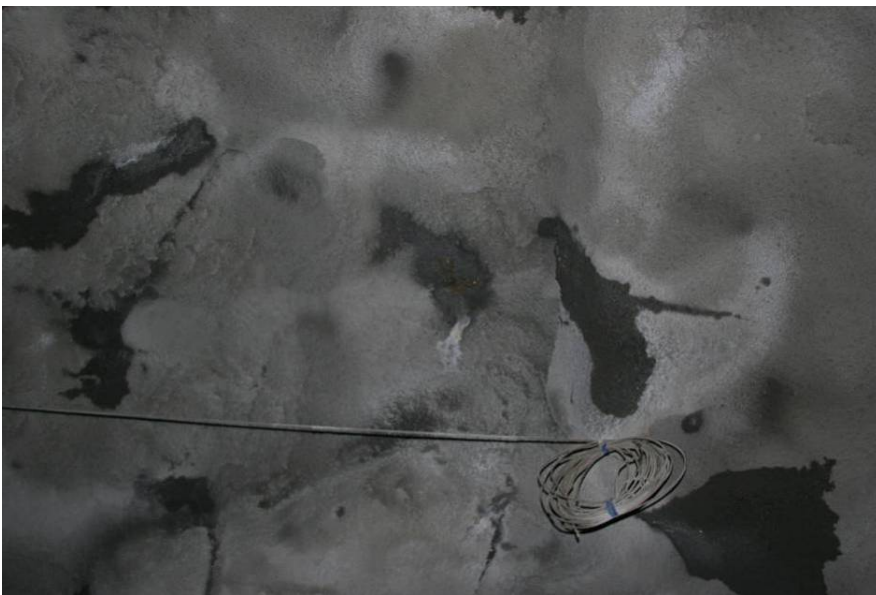
Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



Mynd 31. Svæði A

**Svæði B**

Lýsing fyrir ásprautun (VIJV): Nokkur dropasvæði í efsta lofti jarðganga, sjá mynd 32.



Mynd 32. Svæði B

**Svæði C**

Lýsing fyrir ásprautun (VIJV): Nokkur dropasvæði í efsta lofti jarðganga – 1 dropi á 20 sek, sjá mynd 33.



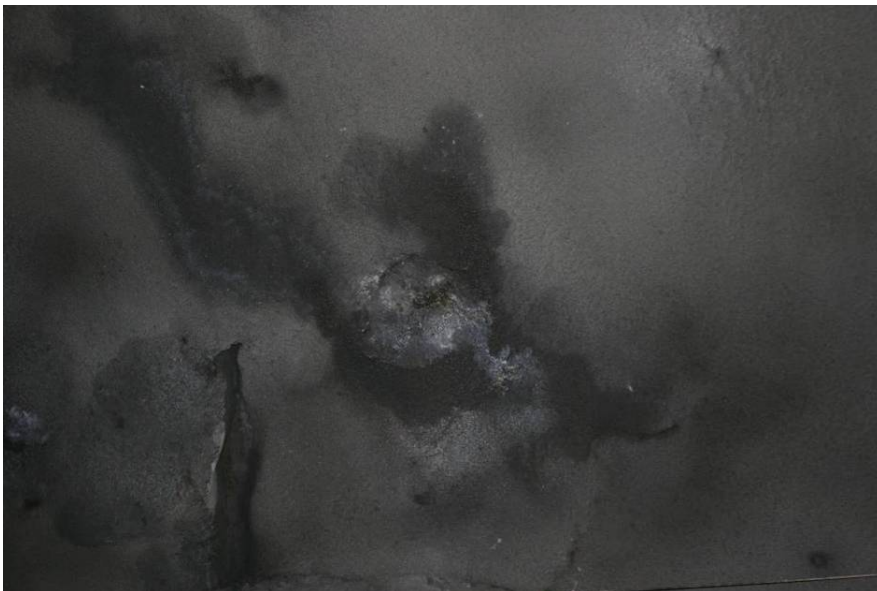
Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 33. Svæði C

**Svæði D**

Lýsing fyrir ásprautun (VIJV): Stöð 1450. Nokkur dropasvæði efst í lofti jarðganga – 1 dropi á 10 sek, sjá mynd 34.

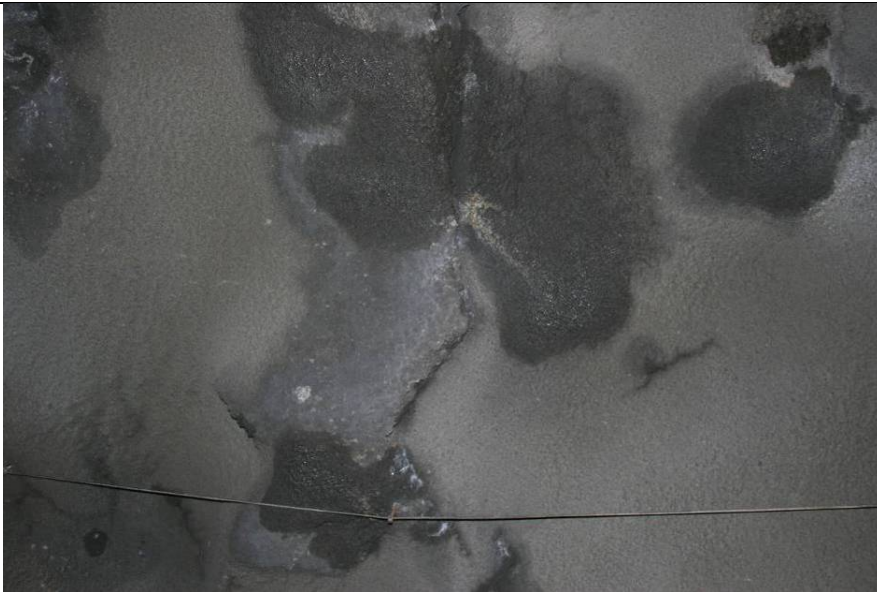


Mynd 34. Svæði D

**Svæði E**

Lýsing fyrir ásprautun (VIJV): Stöð 1431. Nokkur dropasvæði við hægri öxl og einnig svolítið í lofti – 1 dropi á sek, sjá mynd 35.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 35. Svæði E

**Svæði F**

Lýsing fyrir ásprautun (VIJV): Stöð 1425. Dropasvæði í lofti, sjá mynd 36.



Mynd 36. Svæði F

23-08-2006 - Ástandsskoðun

Hitinn í göngunum var ekki mældur en það er tiltölulega kalt í göngunum, um og yfir 5°C.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

**Svæði A**

Lýsing 23-8-2006. Tiltölulega mikill leki, ekki er að sjá að XYPEX Admix hafi gert mikið til að þétta sprautusteypuna, sjá mynd 37.



Mynd 37. Svæði A eftir ásprautun.

**Svæði B**

Lýsing 23-8-2006. Enn má sjá nokkur lekasvæði í sprautusteypunni, sjá mynd 38.



Mynd 38. Svæði B eftir ásprautun.

**Svæði C**

Lýsing 23-8-2006. Enn má sjá nokkur lekasvæði í sprautusteypunni, sjá mynd 39.



Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



Mynd 39. Svæði C eftir ásprautun.

**Svæði D**

Lýsing 23-8-2006. Enn má sjá nokkur lekasvæði í sprautusteypunni, sjá mynd 40.



Mynd 40. Svæði D eftir ásprautun.

**Svæði E**

Lýsing 23-8-2006. Enn má sjá nokkur lekasvæði í sprautusteypunni, sjá mynd 41.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 41. Svæði E eftir ásprautun.

**Svæði F**

Lýsing 23-8-2006. Enn má sjá nokkur lekasvæði í sprautusteypunni, sjá mynd 42.



Mynd 42. Svæði F eftir ásprautun.

26-10-2006 – Ástandsskoðun

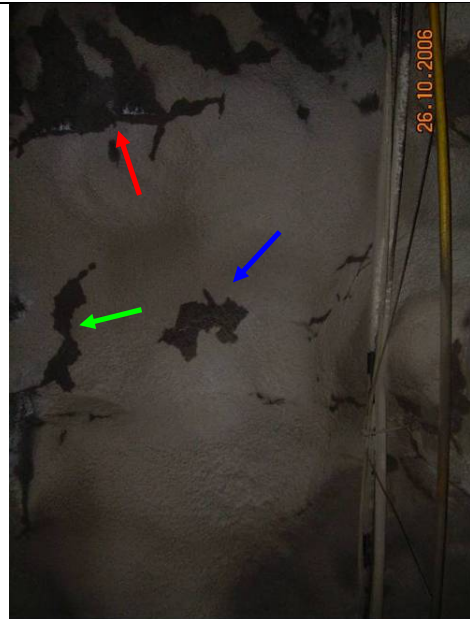
**Lekablettur B**

Á mynd 43 er sýndur samanburður á aðstæðum eftir 1 og 3 mánuði frá yfirsprautun. Svo virðist sem lekablettirnir hafi stækkað með tíma og nýir lekablettir hafa myndast.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Um 1 mánuð eftir ásprautun



Um 3 mánuðum eftir ásprautun

**Mynd 43. Lekablettur B, samanburður aðstæðum eftir 1 og 3 mánuði frá yfirsprautun.**  
Örvarnar vísa á lekabletti, samstæðir litir vísa á sömu lekabletti.

Lekablettur D

Á mynd 44 er sýndur samanburður á aðstæðum eftir 1 og 3 mánuði frá yfirsprautun. Svo virðist sem lekablettirnir hafi stækkað með tíma.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 44. Lekablettur D, samanburður á aðstæðum eftir 1 og 3 mánuði frá yfirsprautun.

Sömu sögur er að segja um aðra lekabletti, þ.e að lekinn hefur aukist eða að lekablettirnir hafa stækkað.

18-09-2007 – Ástandsskoðun

Þegar göngin voru skoðuð kom í ljós að merkingar á svæðum voru að mestu horfnar og einnig var búið að taka lofttúðu niður, en það torveldaði að finna svæðin nákvæmlega þar sem XYPEX Admix verið notað.

Á mynd 45 er lekablettur A sýndur tæpum 14 mánuði frá því að yfirsprautað var með XYPEX Admix. Lekabletturinn hefur þornað upp og sjá má mikil merki um útfellingar út frá sprungu í sprautusteypunni, sjá myndir 31 og 37 til samaburðar.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 45. Svæði A tæpum 14 mánuðum eftir ásprautun.**

Lekablettur hefur þornað upp og útfellingar hafa myndast á yfirborði steypu og í sprungum.

Á mynd 46 er lekablettur D sýndur tæpum 14 mánuði frá því að yfirsprautað var með XYPEX Admix. Lekablettirnir hafa þornað upp og verulegar útfellingar hafa átt sér stað í yfirborði steypunnar, sjá myndir 40 og 44 til samaburðar.



**Mynd 46. Svæði D tæpum 14 mánuðum eftir ásprautun.**

Lekablettir hafa þornað upp og útfellingar hafa myndast á yfirborði steypu og í sprungum.

Í heild má segja að veruleg vatnsþétting hafi átt sér stað í steypunni sem var meðhöndluð með XYPEX Admix, tæpum 14 mánuðum frá því að svæðin voru yfirsprautuð. Lekablettir hafa þornað upp þar sem XYPEX Admix var notað í sprautusteypuna og mikið er um útfellingar í yfirborði steypunnar.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### Samantekt

Við prófanir í stöðvum 1425 til 1464 var XYPEX Admix aðeins notað á tiltölulega lítil svæði og aðeins í um 5 cm þykka yfirsprautun. Því er ekki vel greinilegt hvar mörkin liggja á milli sprautusteypu með XYPEX Admix og án þess. Ef XYPEX Admix þéttir sprautusteypu kemur lekavatnið væntalega undan steypunni þar sem XYPEX Admix var ekki notað. Þess vegna er ennþá leki á öllum svæðunum, en virðist hafa færst til.

Vænlegra hefði verið að nota XYPEX Admix á tiltölulega stórum svæðum, eins og t.d. var gert í stöð 2550. Í stöð 2550 tókst hins vegar ekki vel til með yfirsprautunina og tiltölulega stórir lekablettir eru til staðar þar sem ekki tókst að yfirsprauta vegna þess að vatn safnaðis bak við steypuna og torveldaði viðloðun við bergið. Auk þess sem borhola var boruð í hluta af svæðisins, en þar lekur vatn inn yfir sprautusteypuna, sem gerir það að verkum að ómögulegt er að greina áhrif XYPEX Admix á steypuna.

Ýmislegt bendir þó til þess að XYPEX Admix í sprautusteypu hafi verulega virkni gagnvart tiltölulega litlum leka í gegnum sprautusteypu. Sjá mátti hvar lekablettir þornuðu upp og útfellingar mynduðust í sprungum og yfirborði steypu þar sem vatn seitraði áður í gegnum steypuna.

Fylgst var með þessum svæðum í um 14 mánuði, frá því að svæðin voru yfirsprautuð með XYPEX Admix. Eftir 1 og 3 mánuði jókst lekinn í gegnum sprautusteypuna, þ.e. lekablettir stækkuðu á tímabilinu. Síðan eftir 14 mánuði voru veruleg ummerki um vikni XYPEX Admix. Erfitt er að draga ályktanir um hve langan tíma það tekur XYPEX Admix að virka, umfram það að engin sjáanleg virkni var efir 3 mánuði. Hitastig í göngunum (lofthiti, berghiti og hiti á grunnvatni) hefur áhrif á virknina. Lofthitinn í göngunum er um 5 °C, allt árið um kring. Miðað við upplýsingar frá framleiðanda er virkni XYPEX Admix hæg ef hitastigið er undir 5 °C, því má gera ráð fyrir að virkni XYPEX Admix hafi verið tiltölulega hæg í þessum prófunum.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### Prófanir í Héðinsfjarðargöngum

Þann 7. mars 2007 var byrjað að nota Xypex Admix í sprautusteypuna (vinnustyrkingar) Ólafsfjarðarmegin. Ákveðið var að sprauta um 100 m langa kafla, með Xypex Admix og síðan skilja stutt svæði efir án Xypex og síðan aftur með Xypex Admix o.s.frv. yfir allan kafla í göngunum.

Byrjað var að nota Xypex Admix í stöð 13.032 þann 07.03.2007 (stafn er í 13.850 og voru göngin því orðin um 818 m löng) og notkun Xypex Admix hætt í stöð 12.919 þann 17.03.2007; alls 113 m langur kafla.

Notkun Xypex Admix hófst aftur í stöð 12.905 þann 21.03.2007 (og var því um 14 m kafla án Xypex) og náði þetta síðara Xypex Admix svæði inn að stöð 12.741 þann 05.04.2007; alls 164 m kafla. Þykkt sprautusteypunnar á þessum kafla er um 7 til 9 cm.

Heildarmagn af steypu sem var sprautað á þessa tvo kafla sem var um  $385 \text{ m}^3$  og voru notaðar um 40 kg af Xypex Admix í hverja  $6 \text{ m}^3$ , þ.e. um 1,35 % af XYPEXi miðað við þyngd sements (ca. 495 kg af sementi per rúmmetra steypu).

Eftir heimsókn söluaðila var ákveðið að prófa Xypex Admix í þykkari steypu og blanda því í lokastyrkingar. Var valið svæði innan þess svæðis sem verktakinn var að vinna að lokastyrkingum, sjá mynd 47 (vegna stopps hjá þeim sökum vatnsaga og tækjaskorts til grautunar hófu þeir vinnu við lokastyrkingar).

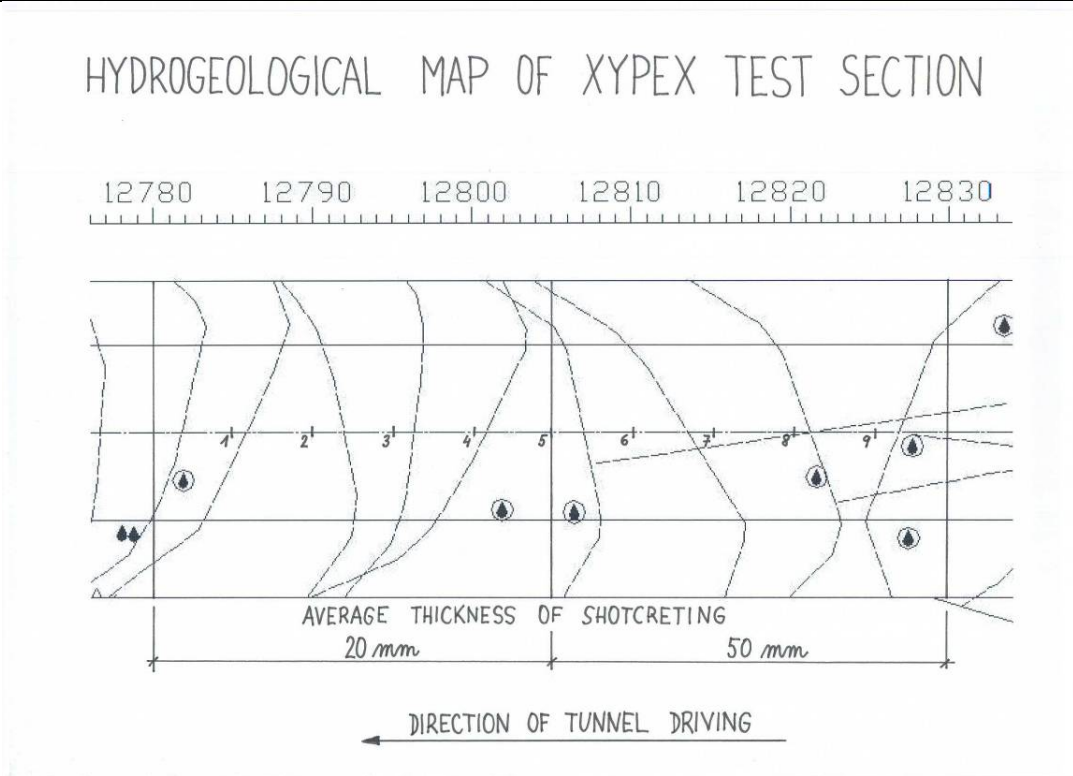
Ákveðið var að setja ca. 5 cm lag til lokastyrkinga á einn kaflan en ca. 2 cm á hitt svæðið (sem passaði við ákvörðun eftirlits um nauðsynlega heildarþykktarþörf steypu á þetta svæði). Þann 21. maí 2007 fór fram þessi prufuásprautun, sem hluti lokastyrkinga með Xypexi Admix. Meðalþykkt ásprautunar til vinnustyrkinga var skv. þykktamælingum ca. 6,5 cm á þessu svæði. Á kaflanum 12.830 til 12.805 var sprautað um 5 cm þykku seinna lagi og heildarþykkt steypu með Xypex var um 10-12 cm. Á kaflanum 12.805 til 12.780 var sprautað um 2 cm þykku seinna lagi og heildarþykkt steypu með Xypex um 7-9 cm.

Af þessum tveimur svæðum hefur umsjónarmaður verkkaupa (Geotek) síðan tekið myndir nokkuð reglulega af sömu svæðum, merkt með punktum 1-9, í hvert sinn, en alls eru svæðin 9 talsins. Svæðin eru sýndir á myndum frá 47 til 56.

Samanburður á svæðum með og án XYPEX Admix hefur ekki verið borin saman á kerfisbundinn hátt.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 47. Tilraunakafli með XYPEXi þar sem lokastyrking ganganna hefur átt sér stað.**

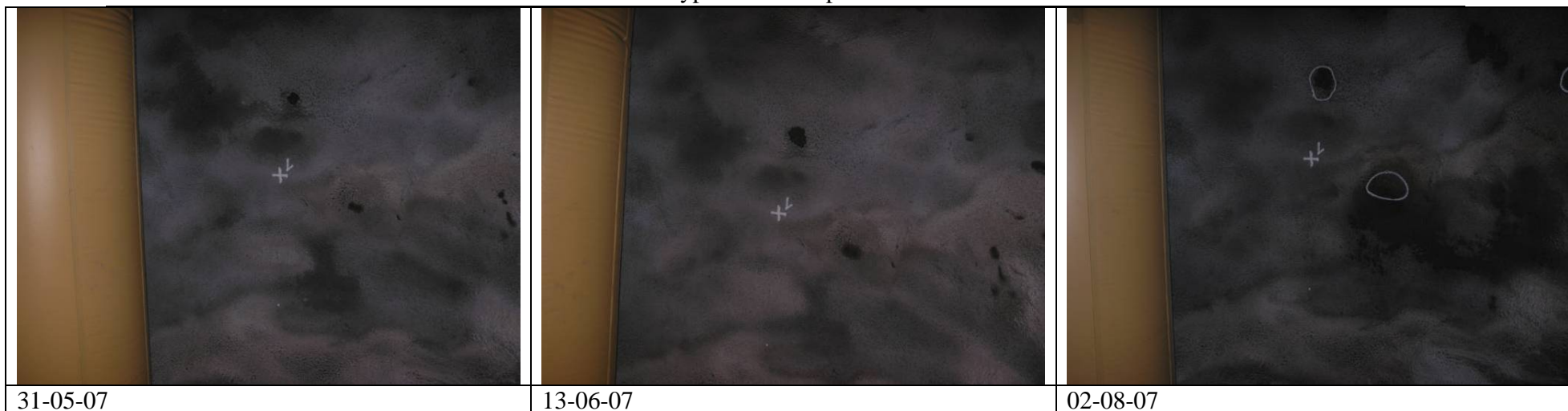
Vinnustyrking var ásprautuð þann 21.03.2007 og lokastyrking þann 21.05.2007. Á kaflanum 12.830 til 12.805 var sprautað um 5 cm þykku seinna lagi og heildarþykkt steypu með Xypex var um 10-12 cm. Á kaflanum 12.805 til 12.780 var sprautað um 2 cm þykku seinna lagi og heildarþykkt steypu með Xypex um 7-9 cm.

**Tímabilið 31-05-2007 til 02-08-2007 - Ástandsskoðun**

Á myndum 48 til 52 eru svæði 1 til 5 sýnd. Vinnustyrking var ásprautuð þann 05-04-2007 í um 5 til 7 cm lagi og yfirsprautun þann 21-05-2007 með um 2 cm lagi. Alls er sprautusteypan því um 7-9 cm. Bæði lögin eru með XYPEX Admix. Myndirnar voru teknar 31-05-2007, 13-06-2007 og 02-08-2007. Þegar myndirnar eru skoðaðar kemur í ljós að lekablettir hafa stækkað í flestum tilvikum og jafnvel hafa nýir lekablettir myndast á nýjstu myndunum.

Á myndum 53 til 56 eru svæði 6 til 9 sýnd. Vinnustyrking var ásprautuð þann 05-04-2007 í um 5 til 7 cm lagi og yfirsprautun þann 21-05-2007 með um 5 cm lagi. Alls er sprautusteypan um 10-12 cm. Bæði lögin eru með XYPEX Admix. Myndirnar voru teknar 31-05-2007, 13-06-2007 og 02-08-2007. Tilhneigingin virðist vera að nýir lekablettir nái að myndast í steypunni stuttu eftir ásprautunina og þeir koma vel fram á myndum frá 13-06. Jafnfram hafa tiltölulega smáir blettir minnkað og nýir blettir hafa minnkað í sprautusteypunni þann 02-08

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



**Mynd 48. Svæði 1.**

Sjá má að lekablettir hafa stækkað á mynd frá 02-08-2007.



**Mynd 49. Svæði 2.**

Sjá má að nýir lekablettir hafa myndast á myndinni frá 02-08-2007.

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



**Mynd 50. Svæði 3.**

Sjá má að nýir lekablettir hafa myndast á myndinni frá 02-08-2007.



**Mynd 51. Svæði 4.**

Svo virðist að lekablettur á mynd frá 31-05-2007, sem örin vísar á, hafi horfið á nýrri myndum.



Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 52. Svæði 5.**

Nýr lekablettur hefur myndast á myndinni frá 02-08-2007.



**Mynd 53. Svæði 6.**

Svo er að sjá að lekablettur, sem sést á mynd frá 31-05-2007, hafi minnkað, sjá ör.

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



**Mynd 54. Svæði 7.**

Svo er að sjá að lekablettir, sem sést á myndum frá 31-05 og 16-06-2007, hafi minnkað á mynd frá 02-08-2007, en jafnframt hefur nýr lekablettur myndast á myndinni frá 02-08-2007, sjá hægra horn neðri hluti.



Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



**Mynd 55. Svæði 8.**

Tiltölulega stór lekablettur fyrir miðri mynd frá 31-05-2007 hefur minnkað verulega á myndum frá 13-06 og 02-08-2007.



**Mynd 56. Svæði 9.**

Nýir tiltölulega stórir lekablettir hafa myndast á myndinni frá 13-06, en svo virðist sem þeir hafi minnkað á myndinni frá 02-08-2007.

## Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

---

Svo virðist sem tiltölulega þykkt sprautusteypulag með XYPEX Admix hafi áhrif á leka í gegnum sprautusteypuna og sýni virkni í þá átt að leki minnki. Þegar lekasvæði eru skoðuð má sjá á myndum frá 02-08-2007 að útfellingar eiga sér stað í lekasvæðum, en það eru vísbendingar um að XYPEXið er að falla út og þar með að þétta steypuna.

### Október-2007 - Yfirsprautun

Bæði tilraunasvæðin voru yfirsprautuð með um 1,35 % af XYPEX Admix í október. Því miður voru ekki teknar myndir af svæðunum fyrir yfirsprautunina. Ástand tilraunakaflanna eftir yfirsprautunina hefur ekki verið skoðað nákvæmlega.

### Samantekt

Markmið prófana með XYPEX Admix í Héðinsfjarðargöngum var að prófa efnið á tiltölulega stórum svæðum, milli tilraunakaflanna átti síðan að vera sprautusteypa sem var án XYPEX Admix. Þannig væri hægt að kanna virkni efnisins í sérhverjum tilraunakafla og einnig með því að bera tilraunakafla saman við kafla þar sem ekkert XYPEX Admix var notað.

Ekki reyndist mögulegt að bera saman kafla sem voru með XYPEX Admix í sprautusteyptunni við kafla sem voru án efnisins, því var virkni efnisins aðeins skoðuð í sérhverjum kafla fyrir sig. Fylgst var með hvernig leki breytist með tíma frá því að steypu með XYPEX Admix var sprautað á bergið. Niðurstöður prófana í Héðinsfjarðargöngum benda til þess að þegar XYPEX Admix er notað í um 10-12 cm þykku lag má virðist efnið draga úr leka í gegnum sprautusteypu á aðeins nokkrum mánuðum. Því miður voru tilraunakaflar yfirsprautaðir með XYPEX Admix, og því er ekki hægt að fullyrða um virkni efnisins við tiltölulega eðlilegar aðstæður, þ.e. í um 7 til 12 cm þykku sprautusteypulagi.

Samkvæmt framkvæmdaefirliti (Geotek) hefur notkun á XYPEX Admix í sprautusteypu jákvæð áhrif á vatnspéttleika steypunnar.

---

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### Prófanir á Rannsóknarstofu

Steypusýni með og án XYPEX Admix hafa verið rannsökuð á rannsóknarstofu VGK Hönnunar. Bæði er um að ræða sprautusteypu frá Arnarfelli, frá 06-03-2006 og 27-07-2006 og steinsteypusýni frá Steypustöðinni Mest (sýni 4510, 4584 og 4486) og BM Vallá (sýni 515 og 517).

### Lekaprófun um sprungur

Markmið með prófununum var að sýna fram á virkni XYPEX Admix til að þétta sprungur í steypu. Ekki tókst að finna hentugar staðlaðar prófanir til þess og því var útbúin prófunaraðferð til þess að mæla vatnsleka í gegnum sprungna steypu.

### Prófunaraðferð

Markmið með prófuninni var að mæla leka í gegnum sprungna steypu. Prófunin var framkvæmd þannig að steypusívalningur með 10 cm þvermál var sagaður niður í 5 cm þykkar sneiðar. Hver sneið var síðan brotin í sundur þvert á endafleti. Reynt var að brjóta steypuna þannig að hvor helmingur yrði jafn stór. Brotin voru síðan sett aftur saman, komið fyrir í gúmmíhulsu og hert að með hosuklemmu. Gúmmíhulsan var þannig að a.m.k. 1 líter af vatni rúmaðist fyrir ofan sýnið, miðað við að steypa væri höfð í neðri hluta hulsunnar. Hulsunni var síðan komið fyrir í um 10 l fötu þar sem hulsan hékk á stálteini, sjá mynd 57.



Mynd 57. Uppsetning á lekaprófun.

Á myndinni t.h. má sjá hvar búið er að koma fyrir steypusýni í gúmmíhulsu. Ef vel er að gáð má sjá sprunguna í steypunni.

Ekki var gerð tilraun til þess að mæla sprunguvídd í sýnunum en reynt var að stjórna sprunguvíddinni með því að stýra leka í gegnum sprunguna. Hosuklemman, sem hélt utan um hulsuna, var hert eða losuð og þannig var hægt að prófa samskonar sýni við mismunandi leka. Tilgangurinn er að sjá hvort XYPEX Admix þétti tiltölulega breiðar sprungur. Lekann í gegnum sýnið var hægt að meta á tvennan hátt :

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

1. Leki metinn þannig að rúmmál vatns ofan á sýninu var þekkt (vanalega um 1 l), síðan var rúmmál þess mælt reglulega og vatni bætt í að upphaflegu rúmmáli. Vandamál við þess aðferð er að um leið og vatnshæðin ofan á sýninu minnkar, þá minnkar lekinn í gegnum það, þess vegna er nauðsynlegt að gæta þess að vatnshæðin haldist svipuð út prófunina. Ef lekinn er mikill þá er þessi aðferð óhentug.

2. Sírennsli var haft á sýnunum og það stillt þannig að vatnshæðin ofan á sýnunum væri stöðug. Sírennslið var síðan mælt.

Prófunarniðurstöður voru settar þannig fram að valinn var ákveðinn viðmiðunarleki, þegar lekinn í sýnunum var búinn að ná ákveðnum stöðugleika. Vanalega var stöðugleika náð eftir að búið var að prófa sýnin í nokkrar vikur. Hluta af óstöðugleika, sem kom fram, má skýra með þeirri ástæðu að aðferð 1 var tiltölulega mikið notuð við mælingarnar. Viðmiðunarlekinn var settur sem 100 % og síðan var reiknað út frá viðmiðunarlekanum leka fyrir ákv. tímapunkta.

### **Steinsteypa frá MEST**

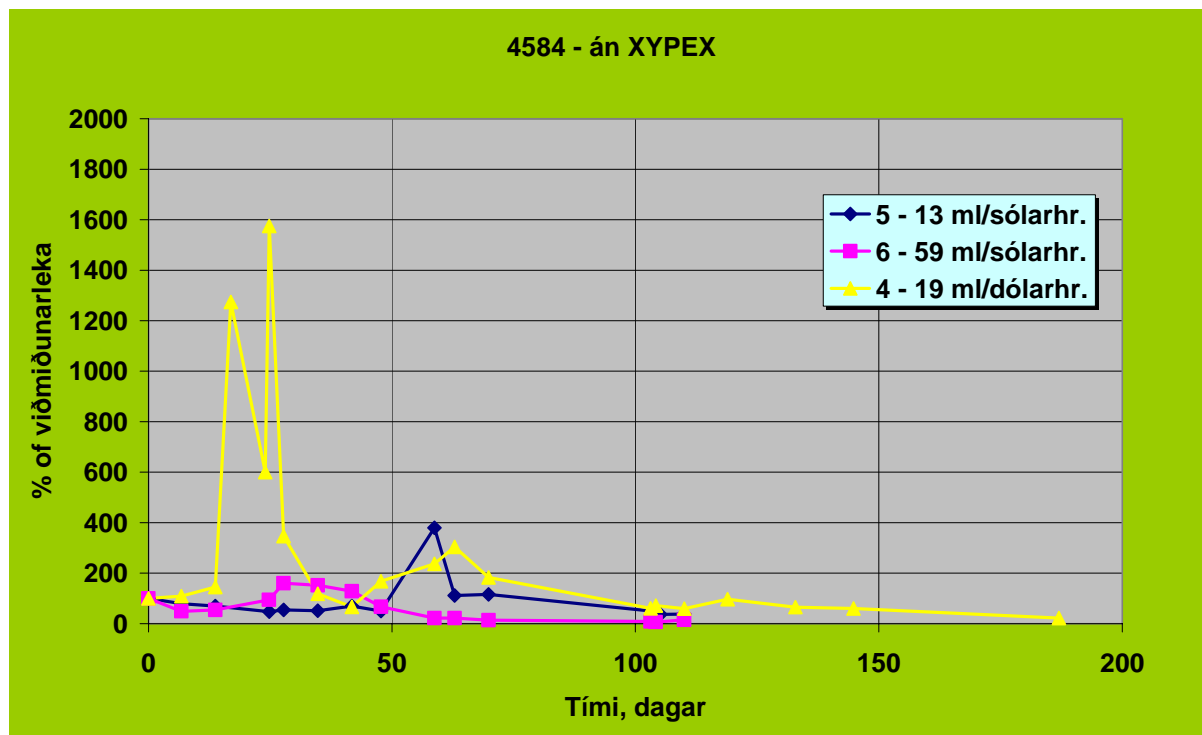
Steinsteypa frá Mest var prófuð með og án XYPEX Admix. Steypan með XYPEX Admix var með um 1,5 % af efninu miðað við sementsþyngd.

Sýni 4584 – án XYPEX Admix

Á myndum 58 og 59 eru sýndar niðurstöður úr sprunguleka mælingum. Viðmiðunarlekinn er tiltölulega lágur eða frá 13 til 59 ml/sólarhring. Á mynd 58 má sjá að lekinn í sýni 4 eykst verulega eftir um 15 daga, en lekinn lækkar þó aftur eftir um 30 daga. Lekinn í sýnum 4 og 5 eykst eftir um 40 daga, nær hámarki eftir um 60 daga og minnkar eftir það.



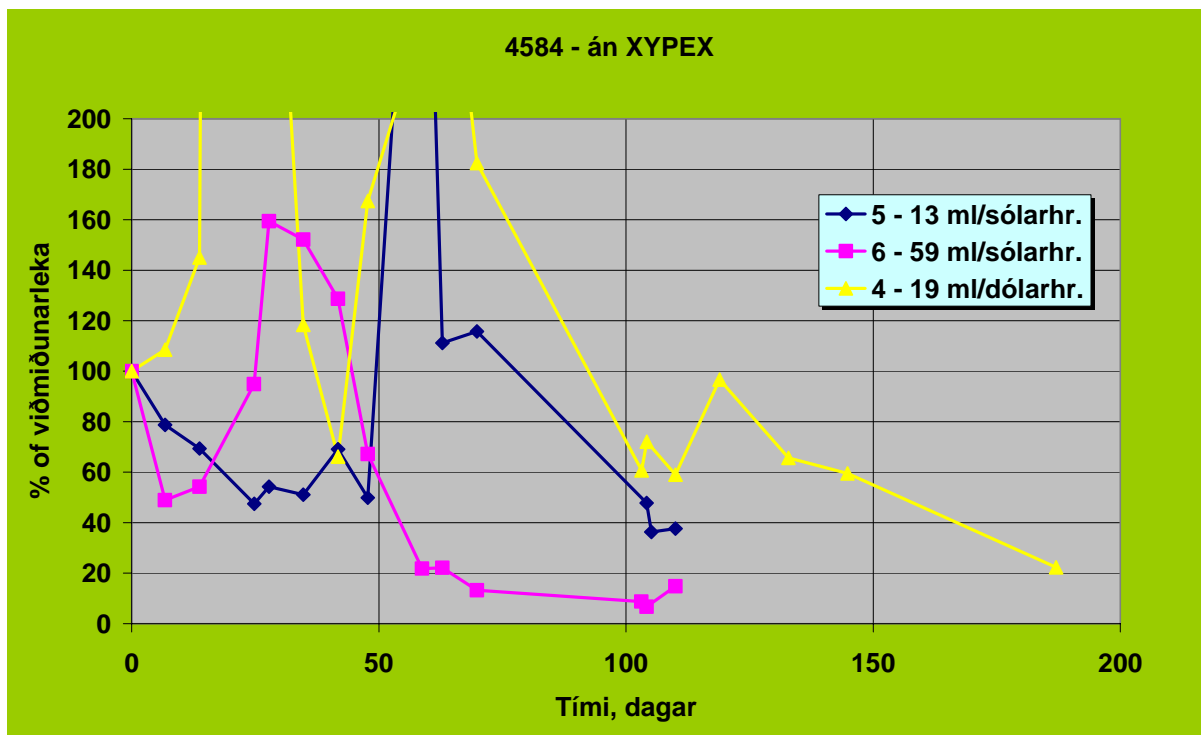
Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 58. Sýni 4584 - Niðurstöður úr lekaprófunum á sýni 4584. Viðmiðunarlekinn fyrir hvert sýni er gefið upp á myndinni.

Á mynd 59 má sjá að miklar sveiflur eru í leka í gegnum öll sýnin. Eftir um 110 daga prófun er lekinn á milli 20 og 60 % af viðmiðunarleka. Ekkert samband er á milli viðmiðunarleka og leka í lok mælingar.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 59. Sýni 4584 - Niðurstöður úr lekaprófunum á sýni 4584.

Myndir 58 og 59 sýna sömu niðurstöður, aðeins lóðréttu-skalanum hefur verið breytt.

Á mynd 60 má sjá sýni 6 í próflok. Sprungan í sýninu sést greinilega þar sem útfelling hefur myndast í sprungunni.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 60. Yfirborð sýnis 4584-6 án XYPEX

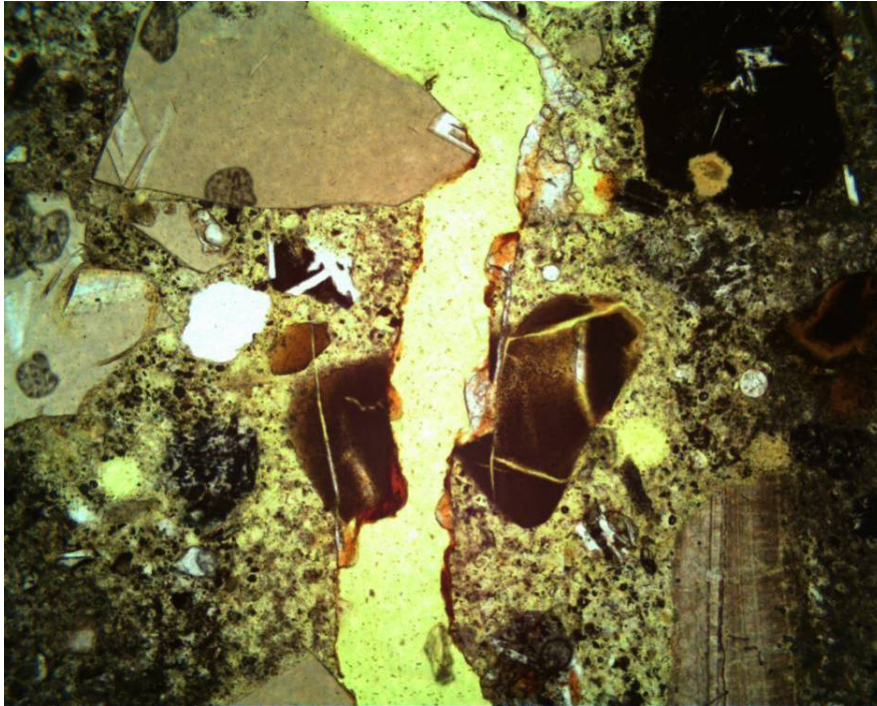
Þann 05-09-2007 var mælingum á sýnum nr. 5 og 6 hætt, en mælingum á sýni 4 var haldið áfram. Þegar prófun var hætt voru sýnahelmingar grónir fast saman.

#### *Smásjárgreining sýni 6*

Útbúin var þunnsneið af sýni nr. 6 og þunnsneiðin var síðan skoðuð í smásjá. Þunnsneiðin nær frá neðra yfirborði sýnisins og nær um 30 mm upp í sýnið og þunnsneiðin var gerð af þeim hluta sýnisins þar sem sprungan liggur.

Þar sem sprungan liggur næst efra borðinu (um 20 mm frá því), hefur veruleg útskolun af kalsíum átt sér stað í sementsefjunni. Sjá má allt að um 600 míkron þykkt lag sitt hvoru megin við sprunguna þar sem kalsíum hefur skolast út út sementsefjunni, sjá mynd 61. Sprungan á myndinni er um 160 míkron á breidd.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 61. Smásjármynd af sprungu í sýni 4584 án XYPEX.**

Myndin er tekin um 20 mm frá vatnsyfirborðinu. Veruleg útskolun hefur átt sér stað úr sementsefjunni. Myndin er tekin í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Þegar nær dregur neðra yfirborði steypunnar minnkar útskolunin, en jafnframt verður meira og meira af kalsít kristöllum í sprunguveggjunum, sjá mynd 62. Sprungan á myndinni er um 160 míkron á breidd.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

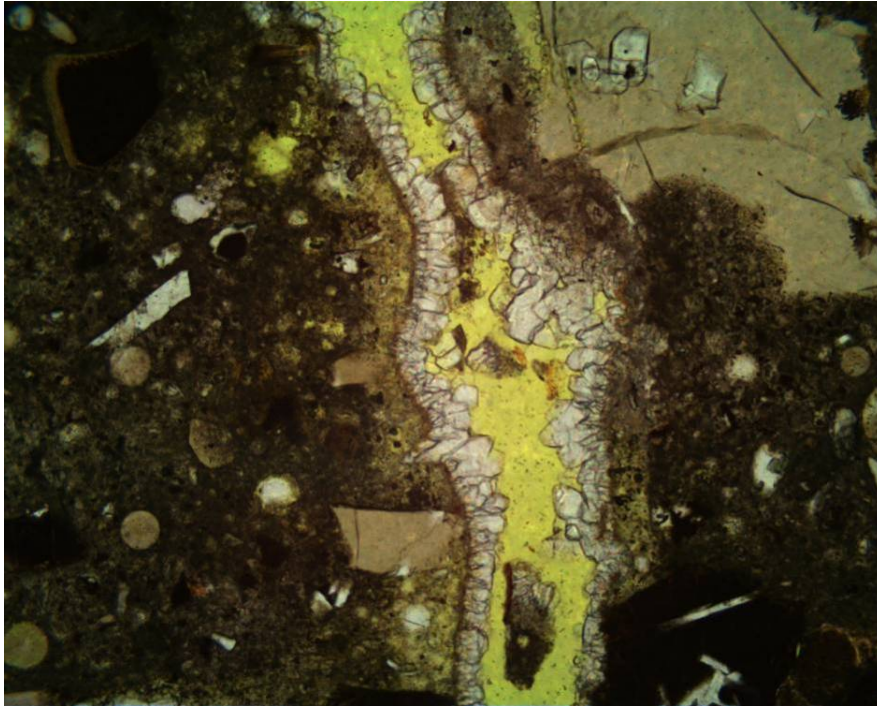


**Mynd 62. Smásjármynd af sprungur í sýni 4584 án XYPEX.**

Myndin er tekin nálægt neðra yfirborði sýnisins. Engin útskolun á sér stað úr sementsefjunni og kalsít útfellingar eru á sprunguveggunum. Myndin er tekin í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Við yfirborð mátti sjá hvar sprungan var nánast fyllt kalsít kristöllum, sjá mynd 63.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

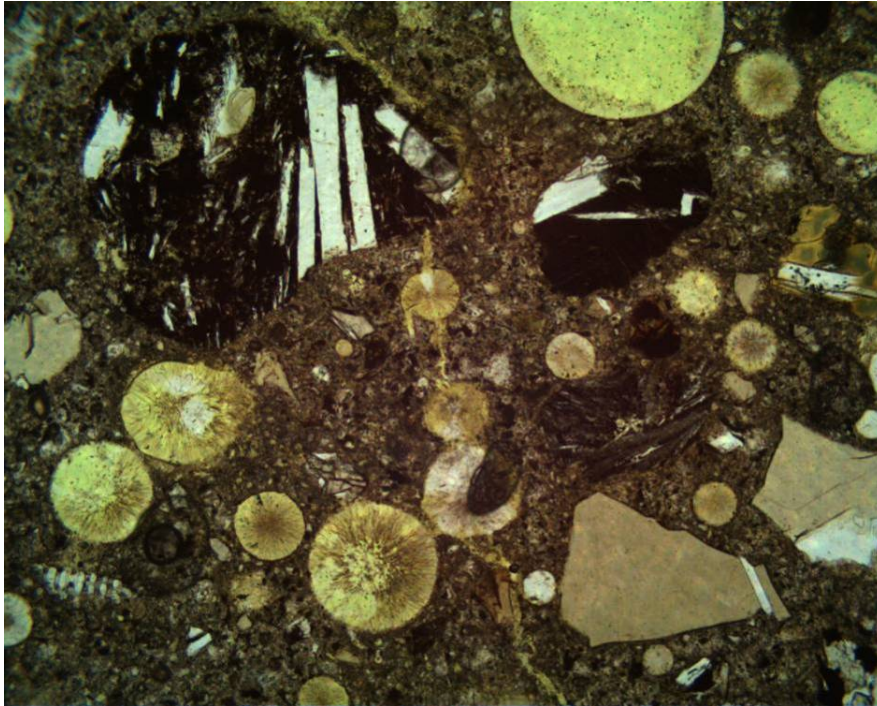


**Mynd 63. Smásjármynd af sprungu í sýni 4584 án XYPEX.**

Myndin er tekin nálægt neðra yfirborði sýnisins. Kalsít útfellingar fylla nánast sprunguna. Myndin er tekin í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Við sprunguna má sjá ettringit útfellingar í holrými, sjá mynd 64, en ettringit fannst ekki í sprungunni sjálfri.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

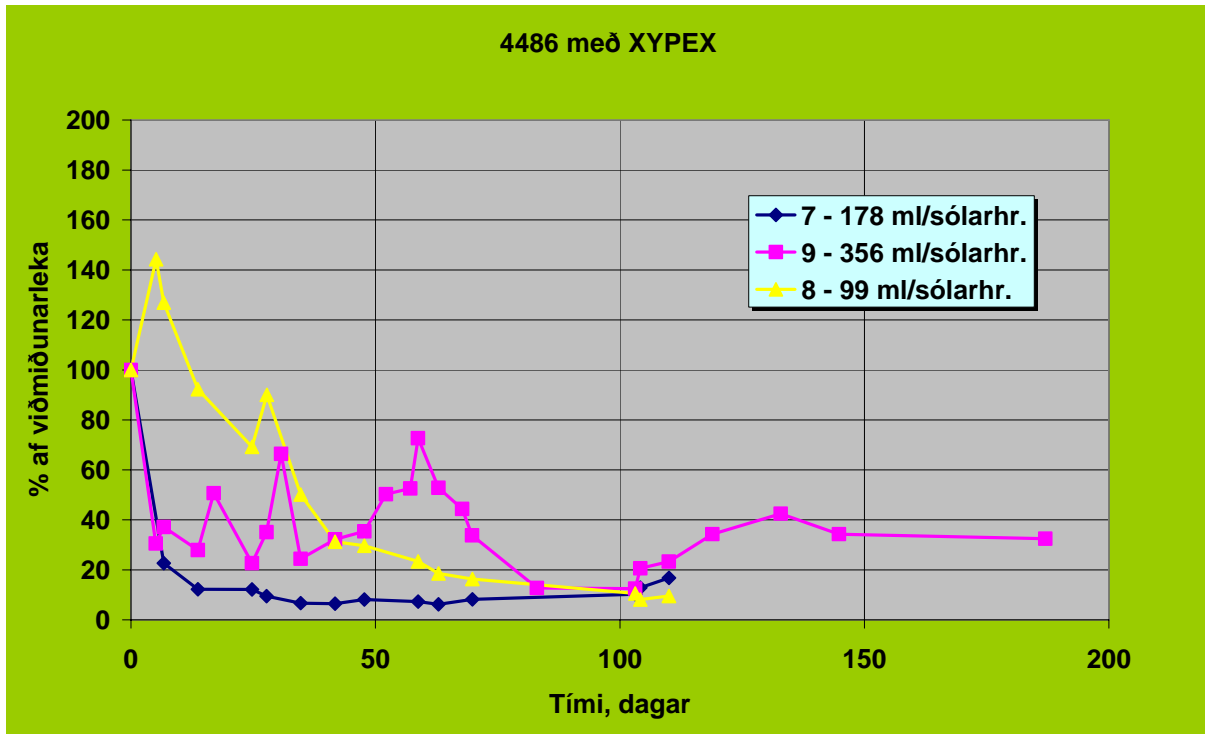


**Mynd 64. Smásjármynd af ettringit úfellingum í holrými við sprunguna.**  
Myndin er tekin í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Sýni 4486 – með XYPEX Admix

Á mynd 65 á má sjá niðurstöður úr lekamælingum á þremur sýnum. Lekinn er nokkuð sveiflukenndur, en hann minnkar stöðugt eftir því sem líður á prófunina. Í lok prófunarinnar eftir 110 daga, er lekinn á bilinu frá 10 til 20 % af viðmiðunarlekanum. Viðmiðunarlekinn í sýnunum var tiltölulega hár, eða frá 99 til 358 ml/sólarhring.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 65. Sýni 4486 - Niðurstöður úr lekaprófunum á þremur sýnum. Viðmiðunarlekinn fyrir hvert sýni er gefið upp á myndinni.

Þann 05-09-2007 var mælingum á sýnum nr. 7 og 8 hætt, en mælingum á sýni 9 var haldið áfram. Þegar prófun var hætt voru sýnahelmingar grónir fast saman.

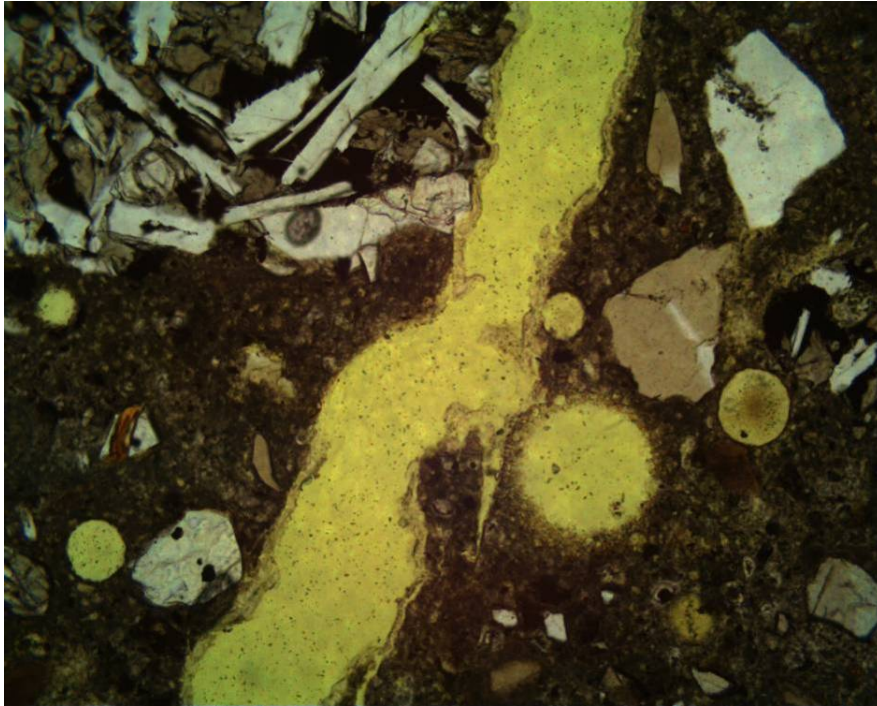
*Smásjargreining sýni 8*

Útbúin var þunnsneið af sýni nr. 8 og þunnsneiðin var síðan skoðuð í smásjá. Þunnsneiðin nær frá neðra yfirborði sýnisins og nær um 30 mm upp í sýnið og þunnsneiðin var gerð af þeim hluta sýnisins þar sem sprungan liggur.

Engin útskolun efna hefur átt sér stað úr sementsefjunni, en hins vegar hafa myndast fínkristallaðar útfellingar á sprunguveggjum, sjá mynd 66. Sprungan á myndinni er breiðust um 230 míkron.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

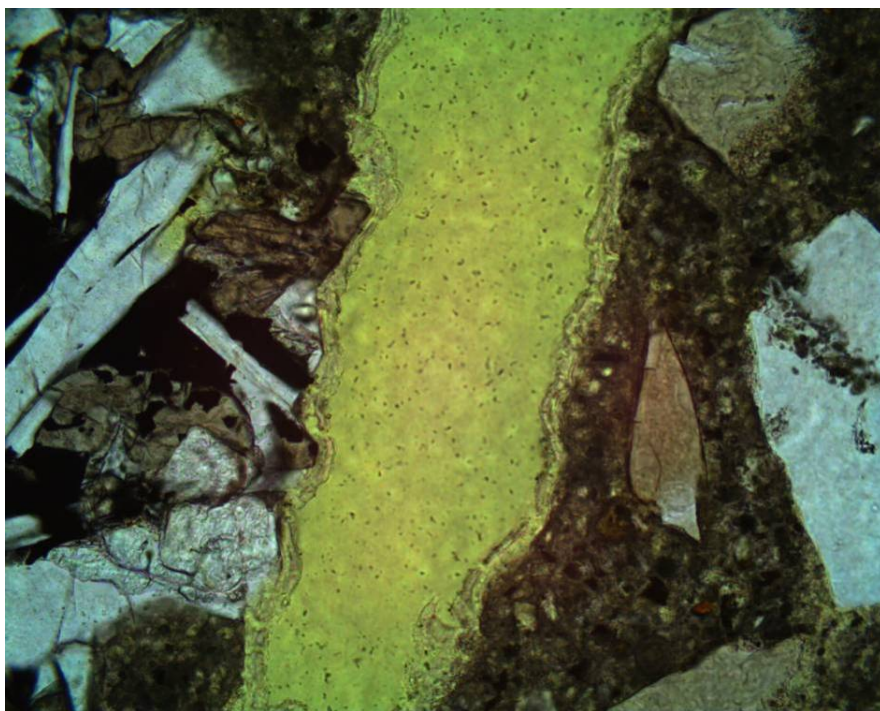


**Mynd 66. Smásjarmynd af sprungu í sýni 4486 með XYPEX.**

Á myndinni má sjá að engin útskolun úr efjunni hefur átt sér stað og jafnframt má sjá fíkkristallaðar útfellingar á sprunguveggjum. Myndin er tekin í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Ekki er mögulegt að greina útfellingar á sprunguveggjum nánar vegna þess hve smásæir kristallarnir eru, sjá mynd 67. Til þess að greina steindirnar nánar þarf að skoða sýnin í rafeindasmásjá.

## Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX



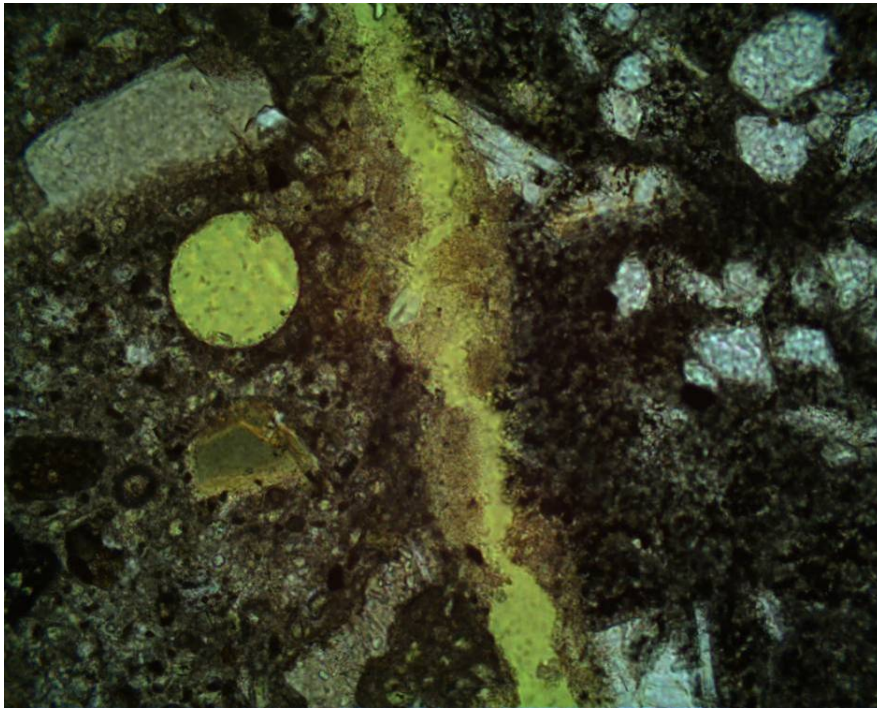
**Mynd 67. Smásjármynd af sprungu í sýni 4486.**

Ekki er mögulegt að greina útfellingarnar til tegunda. Myndin er tekin í 20x stækkun. Myndflöturinn er um 0,55x0,695 mm.

Algennt er að sjá ettringít útfellingar í holrými við sprunguna, eins og í sýni 4584, sjá mynd 64.

Við neðra yfirborð sýnisins má eru náralaga útfellingar sem nánast fylla sprunguna, sjá mynd 68.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 68. Smásjármynd af sprungu í sýni 4486.**

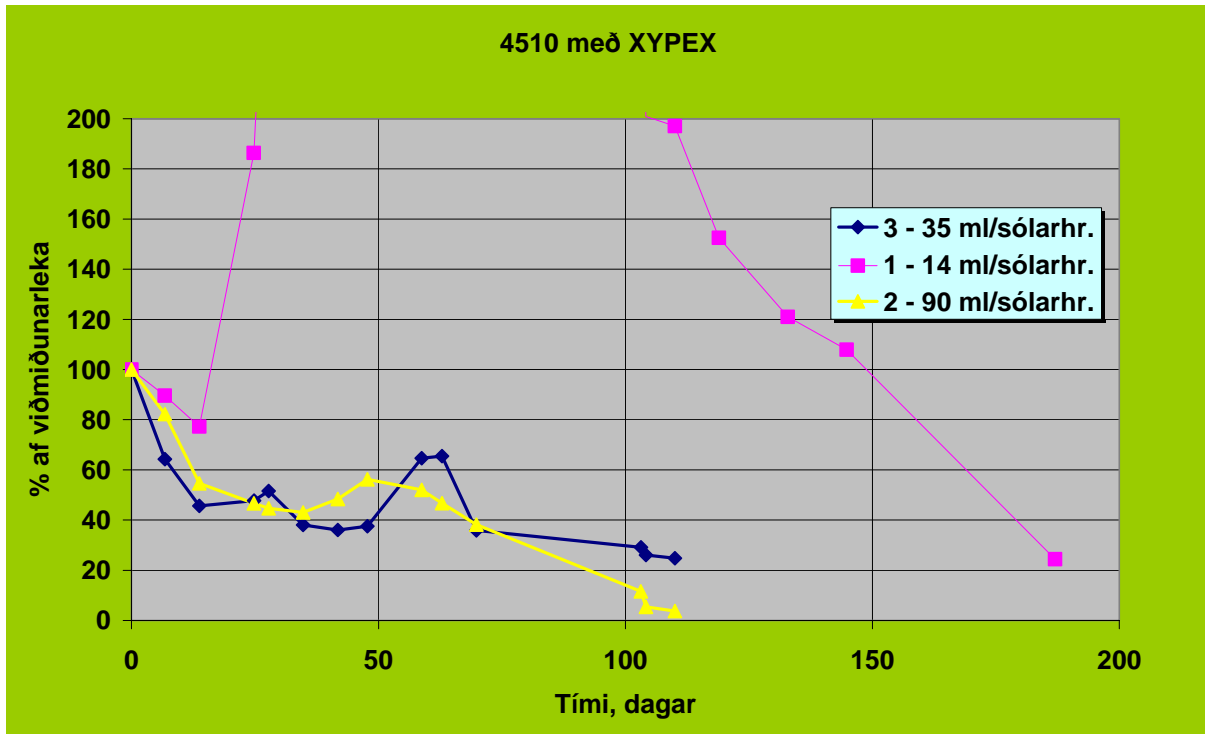
Myndin ver tekin við neðra yfirborð sýnisins. Myndin er tekin í 20x stækkun. Myndflöturinn er um 0,55x0,695 mm.

Margt bendir til þess að útfellingarnar séu ettringit, en til þess að fá fullvissu fyrir því þarf að greina sýnin með rafeindasmásjá.

#### Sýni 4510 – með XYPEX Admix

Á mynd 69 á má sjá niðurstöður úr lekamælingum á þremur sýnum. Viðmiðunarlekinn var frá 14 til 90 ml/sólarhring, sem er mitt á milli sýna 4486 og 4584. Lekinn er nokkuð sveiflukenndur í sýni nr. 1, en stöðugur og stöðugt minnkandi í sýnum 2 og 3. Í lok prófunarinnar er lekinn í sýni 1 kominn yfir 200 % af viðmiðunarlekanum en í sýnum 2 og 3 er lekinn um og undir 20 % af viðmiðunarlekanum.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 69. Sýni 4510 - Niðurstöður úr lekaprófunum á þremur sýnum. Viðmiðunarlekinn fyrir hvert sýni er gefið upp á myndinni.

Þann 05-09-2007 var mælingum á sýnum nr. 2 og 3 hætt, en mælingum á sýni 1 var haldið áfram. Útbúin var þunnsneið af sýni nr. 2. Þegar prófun var hætt voru sýnahelmingar grónir fast saman.

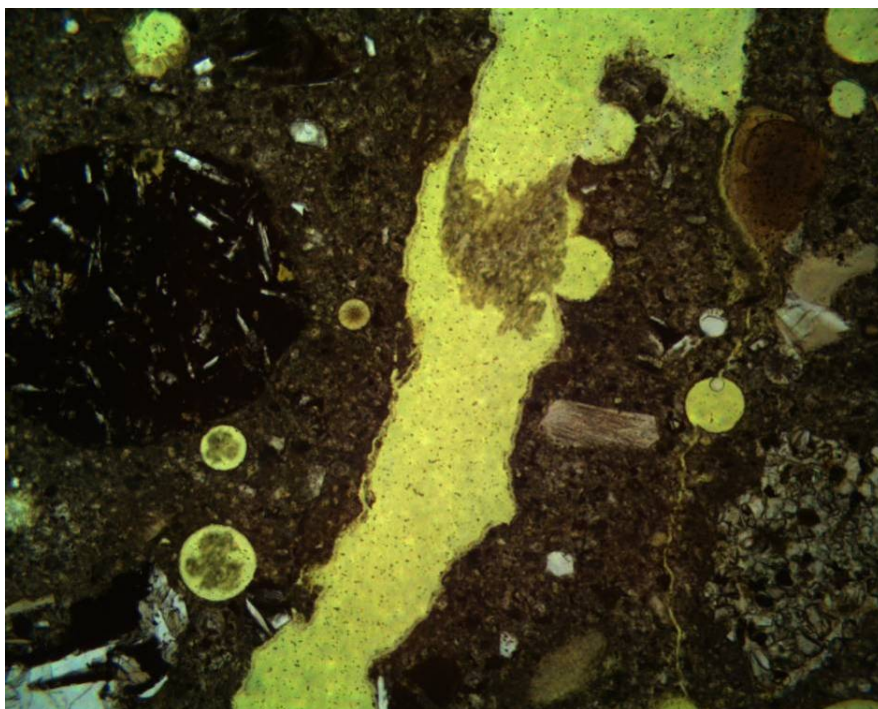
*Smásjargreining sýni 2*

Útbúin var þunnsneið af sýni nr. 2 og þunnsneiðin var síðan skoðuð í smásjá. Þunnsneiðin nær frá neðra yfirborði sýnisins og nær um 30 mm upp í sýnið og þunnsneiðin var gerð af þeim hluta sýnisins þar sem sprungan liggur.

Engin útskolun efna hefur átt sér stað úr sementsefjunni við sprunguna og smá útfellingar skæni hefur myndast á sprunguveggnum, sjá mynd 70. Sprungan er um 210 mícron á breidd.



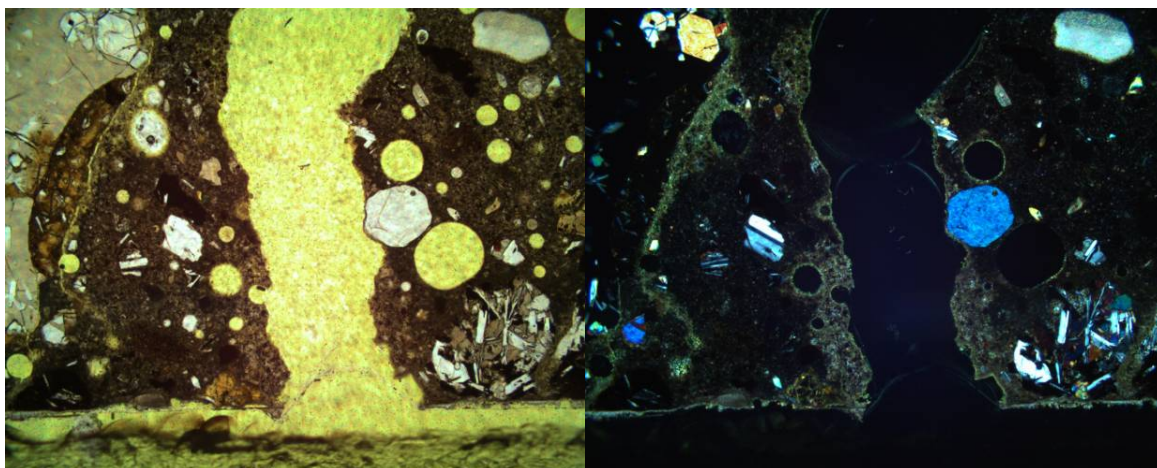
## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 70. Smásjármynd af sprungu í sýni 4510.**

Myndin er tekin nálægt yfirborðinu sem snéri að vatninu. Engin útskolun hefur átt sér stað úr semetnsefjunni og sjá má votta fyrir útfellingum á sprunguflötunum. Myndin er tekin í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Í neðra yfirborði var ekki að sjá neinar útfellingar í sprungunni og yfirborð steypunnar við sprunguna var aðeins kolsýrt, sem bendir til þess að steypan hafi verið að þorna út, þ.e. sprungan hefur verið þurr, sjá mynd 71.



**Mynd 71. Smásjármynd af sprungu og yfirborði sýnis 4510.**

Sementsefjan í sprunguflötinum hefur verið byrjuð að kolsýrast. Myndin til vinstri er tekin í einskautuðu ljósi og myndin til hægri er tekin í tvískautuðu ljósi. Myndirnar eru teknar í 5x stækkun. Myndflöturinn er um 2,22x2,78 mm.

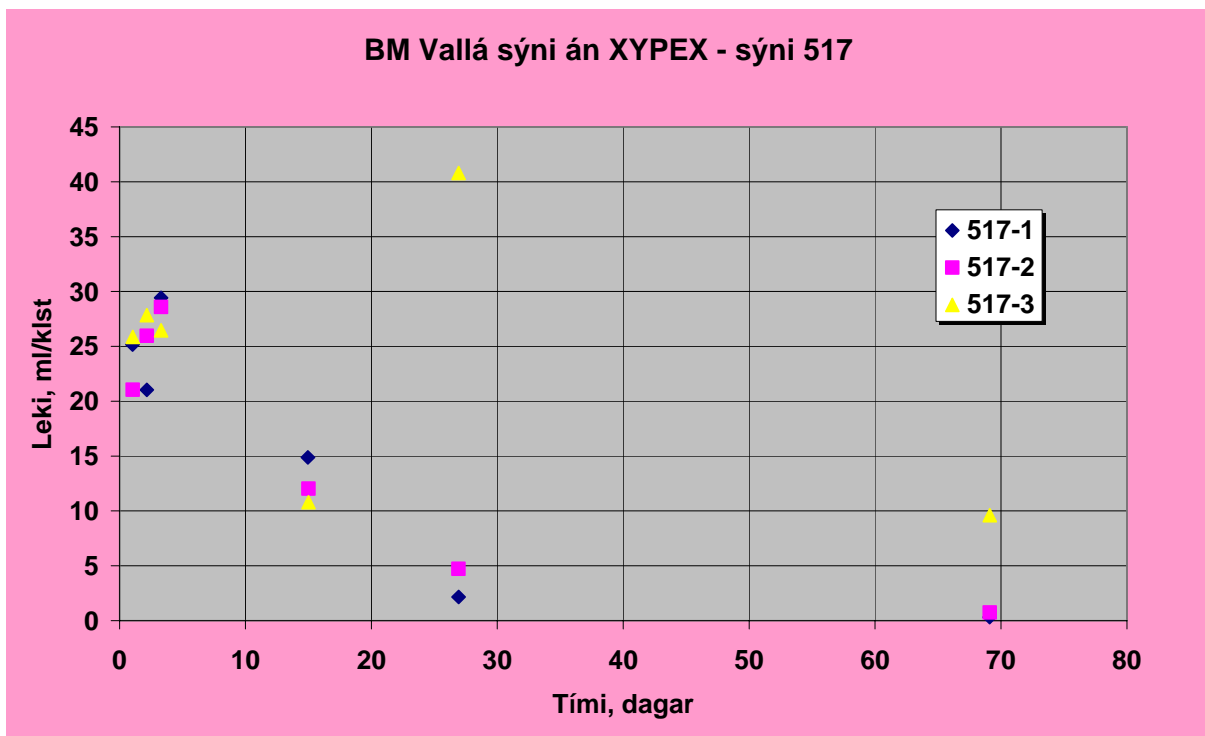
Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

**Steinsteypa frá BMVallá**

Steinsteypusýni frá BMVallá voru rannsökuð. Um er að ræða C35 steypu með v/s-hlutfall um 0,4. Sýni 517 var án Xypex Admix og sýni 515 var með um 1,25 % af XYPEX Admix miðað við sementsþyngd. Steypurnar voru steyptar þann 23-03-2007.

Sýni 517 – án XYPEX Admix

Á mynd 72 á má sjá niðurstöður úr lekamælingum á þremur sýnum, lekinn er sýndur sem ml/klst.



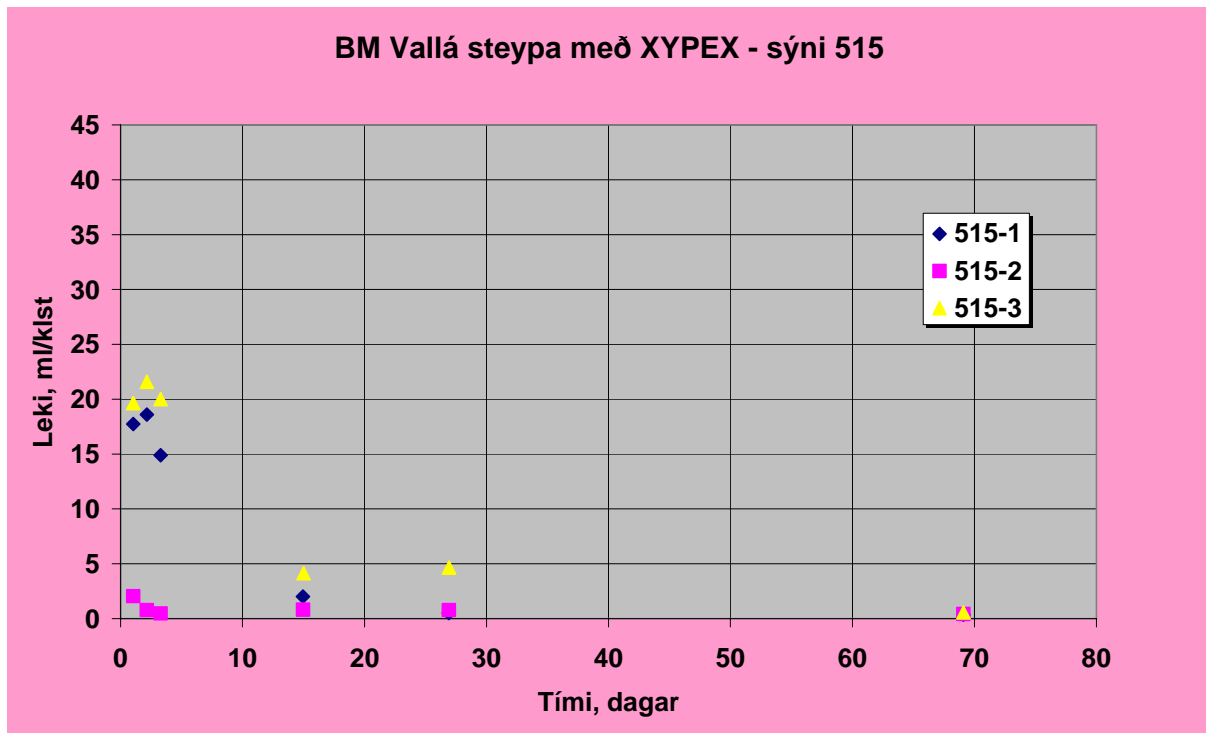
Mynd 72. Sprunguleki í BMVallá sýnum án XYPEX Admix.

Í upphafi er lekinn um 20 til 25 ml/klst. Nokkrum dögum frá því að prófunin hóst hefur lekinn aukist og er orðin um 25 til 30 ml/klst. Í sýni 517-3 minnkar lekinn, en heldur síðan áfram að aukast, en minnkar síðan aftur og í lok prófunarinnar, eftir um 70 daga, er lekinn orðin um 10 ml/klst. Í sýnum 1 og 2 minnkar lekinn jafnt og þétt og í próflok er lekinn orðinn aðeins um 0,3 og 0,7 ml/klst.

Sýni 515 – með XYPEX Admix

Á mynd 73 á má sjá niðurstöður úr lekamælingum á þremur sýnum, lekinn er sýndur sem ml/klst.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



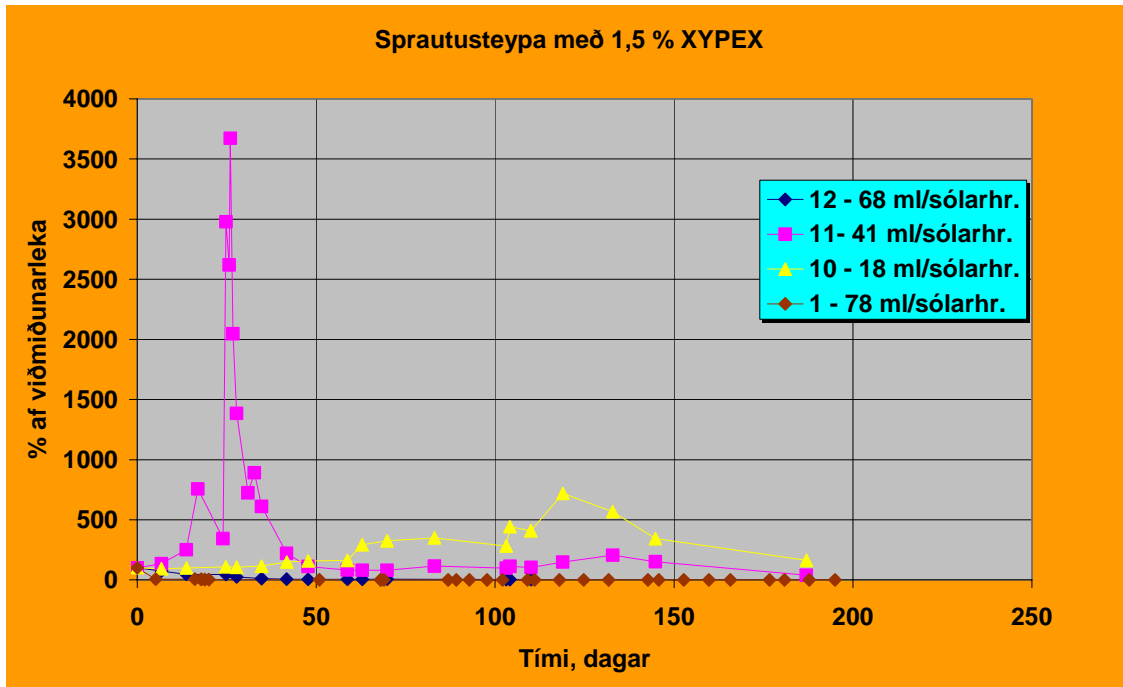
Mynd 73. Sprunguleki í BMVallá sýnum með XYPEX Admix.

Lekinn er tiltölulega lágur í sýni nr. 1, en svipaður og stöðugt minnkandi í sýnum 2 og 3. Í lok prófunarinnar eftir um 70 daga er lekinn í öllum sýnunum orðinn um 0,37 til 0,57 ml/klst, en lekinn varð mestur um 20 ml/klst í upphafi prófunar.

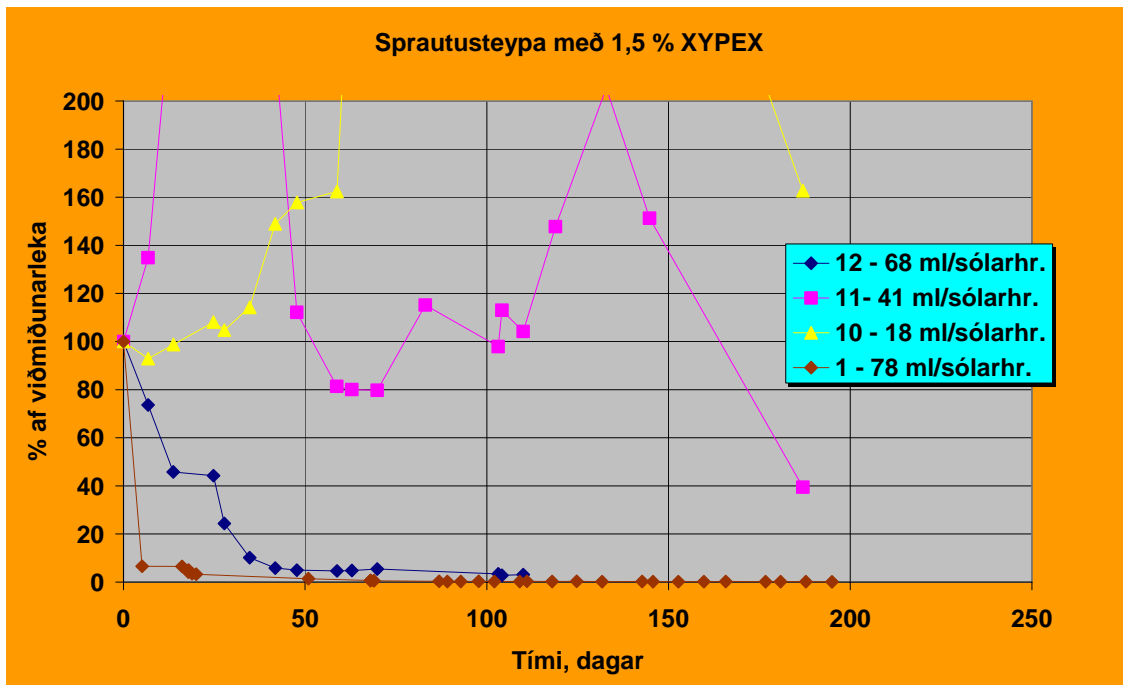
**Sprautusteypa með 1,5 % XYPEX Admix**

Sprautusteypa frá Arnarfelli með 1,5 % XYPEX Admix (frá 06-03-2006) var prófuð og niðurstöður prófunarinnar eru sýndar á myndum 74 og 75. Viðmiðunarlekinn var frá 18 til 78 ml/sólarhring. Lekinn í þremur sýnum (1, 11 og 12) minnkar með tíma, en lekinn í einu sýni (10) eykst með tíma. Lekinn í sýni 11 eykst verulega eftir um 30 daga en lækkar aftur tiltölulega hratt. Lekinn í sýni 10 eykst smám saman með tíma og í próflok er lekinn um 160 % af viðmiðunarleka. Lekinn í sýnum 1 og 12 minnkar tiltölulega hratt og í próflok er nánast um engan leka að ræð, í sýni 1 mældist lekinn um 0,1 % og í sýni 12 var lekinn um 3,1 %. Sýni 1 var prófað mun lengur en önnur sýni eða í um 200 daga, meðan önnur sýni voru prófuð í um 110 daga.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 74. Sprautusteypa með 1,5 % XYPEX Admix – Niðurstöður úr lekaprófunum á fjórum sýnum. Viðmiðunarlekinn fyrir hvert sýni er gefið upp á myndinni.



Mynd 75. Sprautusteypa með 1,5 % XYPEX Admix – Niðurstöður úr lekaprófunum á fjórum sýnum. Myndir 74 og 75 eru sýna sömu niðurstöður, aðeins y-skalanum hefur verið breytt.



---

### Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Á mynd 76 má sjá sýni 1 eftir að prófuninni lauk. Sprungan í sýninu sést mjög vel þar sem tiltölulega mikil útfelling hefur myndast í sprungunni, en úfellingin er kalsít, sjá mynd 76.



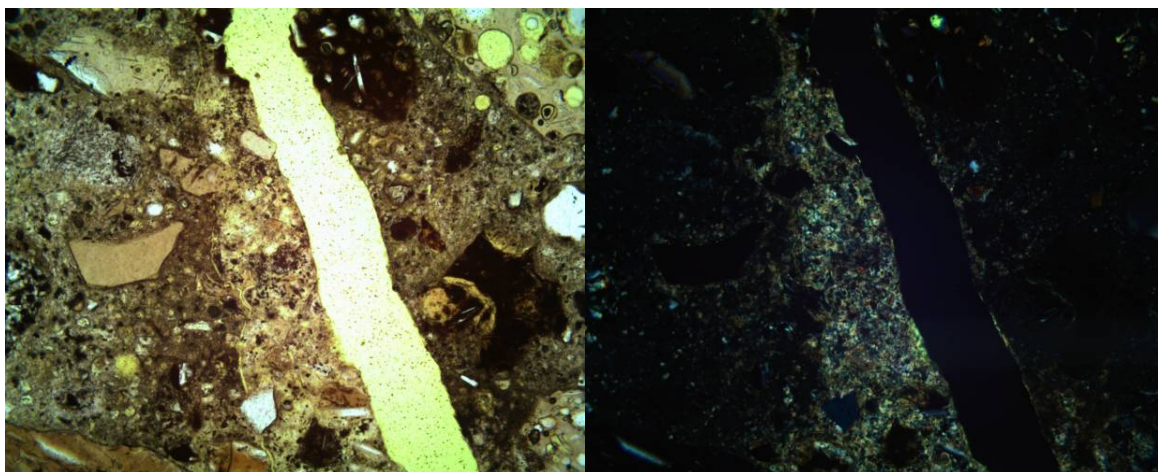
**Mynd 76. Sýni 4510-1 eftir að prófun lauk.**  
Sjá má hvíta útfellingu í sprungunni

Þann 05-09-2007 var mælingum á sýnum nr. 1 og 12 hætt, en mælingum á sýnum 10 og 11 var haldið áfram. Útbúin var þunnsneið af sýni nr. 1. Þegar prófun var hætt voru sýnahelmingar nánast ekkert grónir saman.

#### *Smásjárgreining sýni 1*

Sprungan í sýninu er án útfellinga, en sjá má útskolun efna úr sementsefjunni, jafnframt hefur einhver endurkristöllun í sementsefjunni átt sér stað, sjá mynd 77. Sprungan er um 180 míkron að breidd.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

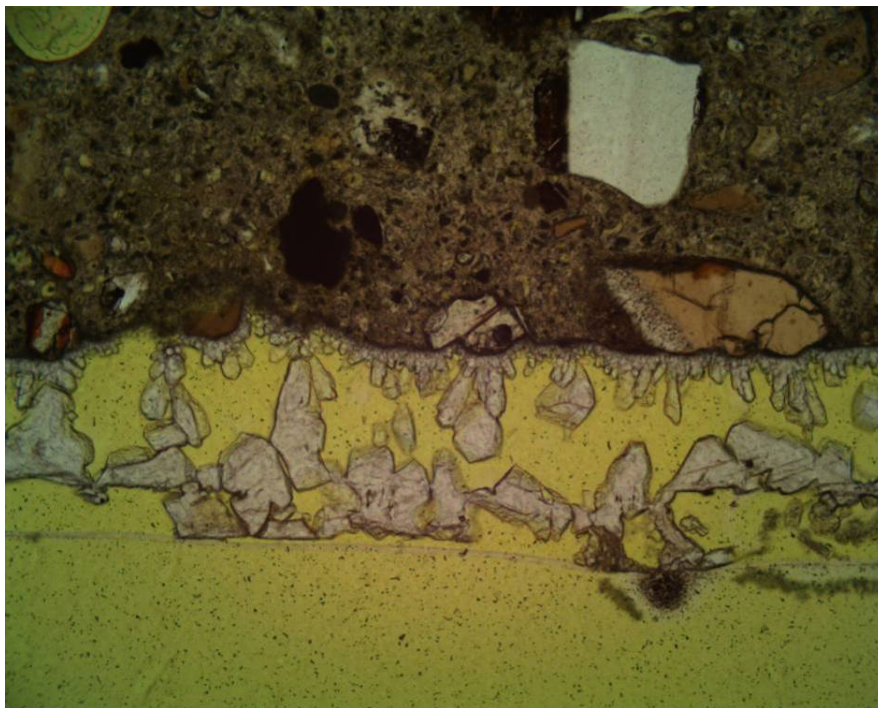


**Mynd 77. Smásjármynd af sprungu í sýni með 1,5 % XYPEX.**

Nokkur útskolun efna hefur átt sér stað í sementsefjunni sem og endurkristöllum. Myndin til vinstri er tekin í einskautuðu ljósi og myndin til hægri er tekin í tvískautuðu ljósi. Myndirnar eru teknar í 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

Við yfirborð nær útskolunin allt að um 1,4 mm inn í sementsefjuna, sitthvorumegin við sprunguna.

Verulegar kalsít útfellingar eru í yfirborði steypunnar, sjá mynd 78.



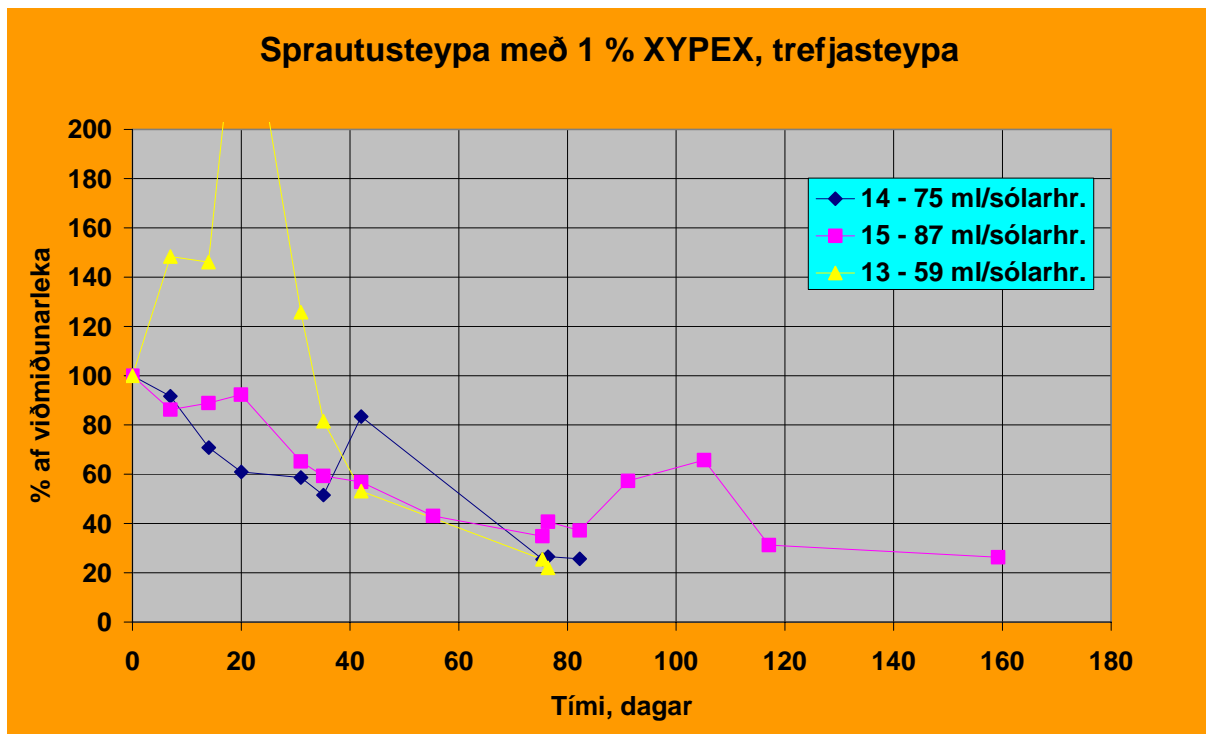
**Mynd 78. Smásjármynd af kalsít útfellingum í yfirborði sýnis 4510.**

Myndin er tekin með 10x stækkun. Myndflöturinn er um 1,11x1,39 mm.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

### Sprautusteypa með 1,0 % XYPEX Admix

Sprautusteypa frá Arnarfelli með 1,0 % XYPEX Admix (frá 27-07-2006) var prófuð og niðurstöður prófunarinnar eru sýndar á mynd 79. Steypan er með stáltrefjum. Viðmiðunarlekinn var frá 59 til 87 ml/sólarhring. Lekinn í öllum sýnunum minnkar stöðugt með tíma, þó eykst lekinn í sýni 13 tímabundið í fyrri hluta prófunarinnar. Hámarksleki í sýni 13 varð 272 % af viðmiðunarleka. Í próflok er lekinn í sýnunum þremur á milli 20 og 40 % af viðmiðunarlekanum. Hafa ber í huga að um er að ræða steypu með stáltrefjum, eftir að búið var að brjóta sýnin í sundur stóðu stáltrefjar út úr sýninu og nokkuð erfðilega gekk að koma sýnunum aftur saman og eins og sjá má á mynd 79 er viðmiðunarlekinn í öllum sýnunum tiltölulega hár. Því má gera ráð fyrir að sprunguvídd í þessum sýnum sé tiltölulega mikil. Í samanburði við önnur sýni þá er einnig mikilvægt að geta þess að þessi sýni voru aðeins prófuð í um 80 daga, meðan önnur sýni voru vanalega prófuð í a.m.k. í um 110 daga, sýni nr. 15 var þó prófað í 160 daga.



Mynd 79. Sprautusteypa með 1,0 % XYPEX – Niðurstöður úr lekaprófunum á þremur sýnum. Viðmiðunarlekinn fyrir hvert sýni er gefið upp á myndinni.

Þann 05-09-2007 var mælingum á sýnum nr. 13 og 14 hætt, en mælingum á sýni 15 var haldið áfram. Útbúin var þunnsneið af sýni nr. 14. Þegar prófun var hætt voru sýnahelmingar nánast ekkert grónir saman.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

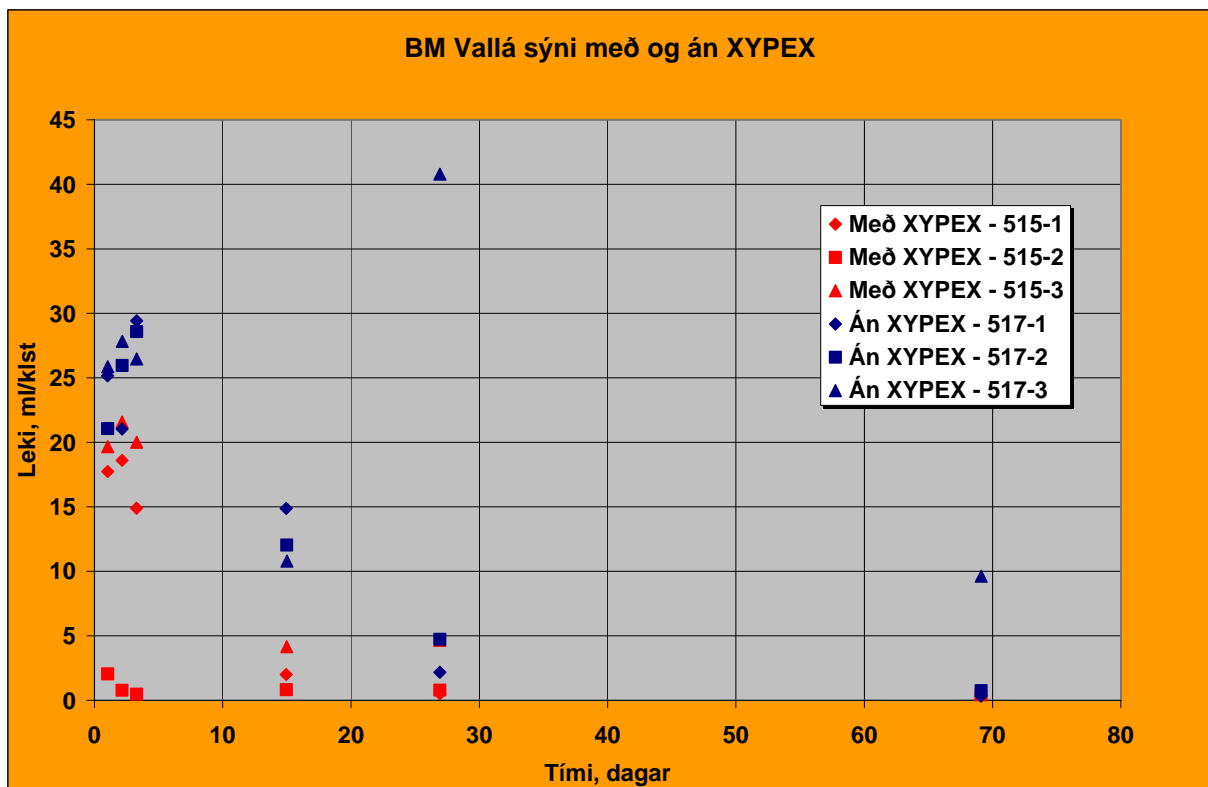
Smásjárgreining sýni 14

Veruleg útskolun efna (aðallega kalsíts) hefur átt sér stað úr sementsefjunni við sprunguna og sjá má kalsítútfellingar í sprungunni, en ekki er mikið um þær. Útskolunin er til staðar í allri þunnsneiðinni. Kalsítútfellingar eru á neðra yfirborðis sýnisins.

Samantekt

Samanburður á steinsteypusýnum með og án XYPEX Admix sýna að XYPEX Admix hefur töluverð áhrif á sprunguleka í sýnunum. Sýni án XYPEX Admix eru með hlutfallslega meiri leka, miða við viðmiðunarleka, þ.e. lekinn í sýnunum hefur aukist. Þegar leið á prófunina, byrjaði lekinn hins vegar að minnka í sýnunum með tíma. Lekinn í sýnunum með XYPEX Admix minnkar hins vegar mun hraða með tíma og er í lok prófana mun minni en í sýnum án XYPEX Admix. Viðmiðunarleki í sýnum með XYPEX Admix var oftast talsvert hærri en í sýnum án XYPEX Admix, sem bendir til þess að XYPEX Admix getur þétt nokkuð víðar sprungur.

Á mynd 80 má sjá samanburð á sýnum 517 sem er án XYPEX Afmix og sýni 515 sem er með XYPEX Admix.



Mynd 80. Samanburður á sýnum frá BMVallá með og án XYPEX Admix.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Sýni 517 er með meiri leka og hann eykst í byrjun, en síðan minnkar hann, en jafnframt virðist lekinn vera nokkuð óstöðugur. Hins vegar er leki í sýni 515 stöðugt að minnka.

Niðurstöður úr sprautusteypusýnunum eru á svipuðum nótum og steinsteypusýnunum, en þó eru tvö sýni sem skera sig nokkuð úr, þar sem lekinn minnkaði ekki í einu sýni og í einu jókst lekinn. Í prófunum á sprautusteypu voru samanburðarprófanir við steypu án XYPEX Admix ekki gerðar.

Þegar lekasprungur er skoðaðar í smásjá má sjá verulegan mun á steypusýnum sem eru með XYPEX Admix og þeirra sem eru án XYPEX.

- Þegar XYPEX Admix er ekki til staðar á sér stað veruleg útskolu efna úr sementsefjunni í efri hlutanum. Að öllum líkinum er kalsíum að skolast út úr semenstefjunni. Í neðri hlutanum, er töluvert um kalsít útfellingar. Útfellingarnar voru það miklar að sprungan gat nánast lokast.
- Í sýnum sem voru með XYPEX Admix átti engin sjáanleg útskolun efna sér stað úr semetnsefjunni, en hins vegar mátti sjá fínkristallaðar útfellingar á sprunguveggjum, dæmi voru um að kristallarnir náðu að loka sprungunum. Engar kalsít útfellinga var að sjá í sprungunum, en hins vegar voru kalsít kristallar algengir á yfirborði steypunnar, sem bendir til þess að einhver útskolun á kalsíum hefur átt sér stað úr sementsefjunni.

Munurinn á sýnum með og án XYPEX Admix er að án þess, skolast kalsít verulega út úr semetnsefjunni og kalsít fellur síðan út neðar í sprungunni og þess vegna þéttast sprungur þótt XYPEX Admix sé ekki til staðar. Þegar XYPEX Admix er til staðar, á sér stað engin útskolun (a.m.k. verulega minni en þegar ekkert XYPEX Admix er til staðar), hins vegar myndast mjög fínkristallaðar steindir sem þetta sprunguna smám saman.

Í sprautusteypu virðist málum vera aðeins öðruvísi háttað, a.m.k. við fyrstu skoðun. Sýni með 1,5 % XYPEX Admix hagar sér svipað og steypa með XYPEX Admix, þ.e. að engin kalsít útfelling á sér stað í sprungunni, en hins vegar á sér stað veruleg útskolun efna úr sementsefjunni. Sýni með 1 % XYPEX Admix svipar hins vegar mjög til sýna án XYPEX Admix, mikil útskolun á sér stað og mikil útfelling kalsíts í sprungunum eru til staðar. Þegar niðurstöður úr lekaprófunum eru skoðaðar eru niðurstöður mjög svipaðar og sýna án XYPEX, þ.e. lekinn er mjög misjafn. Því er margt sem bendir til þess að 1 % XYPEX Admix sé ekki nógu mikið magn til þess að þetta sprautusteypu.

Sprunguvíddir í sýnunum, eins og þær eru á myndum 61, 62, 66, 70 og 77, eru á bilinu frá 160 til 230 míkron. Verulega gott samband virðist vera á milli viðmiðunarleka og sprunguvíddar, en þetta samband var ekki kannað frekar í þessari rannsókn. Miðað við mældar sprunguvíddir þá þéttir XYPEX Admix a.m.k. 230 míkrona víða sprungur. Í þeim fjórum sýnum með XYPEX Admix, sem voru skoðuð í smásjá, mátti aðeins sjá í einni sprungu dæmi þar sem útfellingar lokuðu sprungunni (sjá mynd 68). Gera verður því ráð fyrir að þéttingin eigi sér aðallega stað við steypu-vatns snertiflötinn, en sýni voru ekki skoðuð af því svæði í smásjá.

---

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### ***Vatnsleiðnimælingar - ÍST EN 12390-8:2000***

Markmið með þessum mælingum var aðeins til að fá hugmynd um vatnsleiðni í sprautusteypunni. Ekki er raunhæft að gera ráð fyrir að XYPEX Admix hafi áhrif á vatnsleiðni í steypu á þeim tiltölulega stutta tíma sem prófunin tekur, en sýnin voru aðeins 28 daga gömul þegar prófunin var gerð.

Á mynd 81 eru sýndar niðurstöður úr mælingum á sýni með 1 % XYPEX Admix, vatnsleiðnin er á bilinu frá 7 til 12 mm.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

Dags : <u>11/13/2006</u>	PRÓFANIR Á STEYPU													
Verk-rannss.nr <u>7 009 257</u>	<b>VATNSINNÞRENGING</b>													
Framkvæmd: <u>SÁ</u>	<b>UNDIR ÞRÝSTINGI</b>													
<b>Verkkaupi:</b>	<u>Hönnun hf</u>													
<b>Heimilisfang:</b>	_____													
Fulltrúi verkkaupa:	<u>Gísli Guðmundsson</u>													
<b>Verk:</b>	<u>0</u>													
Sýni:	<u>Xypex 1,0% með stáltrefjum.</u>													
Prófunarstaðall:	<b>ÍST EN 12390-8:2000</b>													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Auðkenni sýnis</th> <th>Upphafsdagur prófunar</th> <th>Vatnsleiðni, mesta dýpt (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 1</td> <td>10.11.06-14:30</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1 - 2</td> <td>10.11.06-14:30</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1 - 3</td> <td>10.11.06-14:30</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Stærð prófhluta: 150 mm teningar Vatnsþrýstingur gegnt steypustefnu</p>			Auðkenni sýnis	Upphafsdagur prófunar	Vatnsleiðni, mesta dýpt (mm)	1 - 1	10.11.06-14:30	12	1 - 2	10.11.06-14:30	11	1 - 3	10.11.06-14:30	7
Auðkenni sýnis	Upphafsdagur prófunar	Vatnsleiðni, mesta dýpt (mm)												
1 - 1	10.11.06-14:30	12												
1 - 2	10.11.06-14:30	11												
1 - 3	10.11.06-14:30	7												

Vatnsleiðni.xls

**Mynd 81. Niðurstöður úr vatnsleiðniþrófunum á sprautusteypu með 1,0 % XYPEX Admix.**

Á mynd 82 eru sýndar niðurstöður úr mælingum á sýni með 1,5 % XYPEX Admix, vatnsleiðin er á bilinu frá 12 til 23 mm.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

Dags : <u>11/28/2006</u>	PRÓFANIR Á STEYPU																																										
Verk-rannss.nr <u>7 009 257</u>	<b>VATNSINNÞRENGING</b>																																										
Framkvæmd: <u>SÁ</u>	<b>UNDIR ÞRÝSTINGI</b>																																										
<b>Verkkaupi:</b>	<u>Hönnun hf</u>																																										
<b>Heimilisfang:</b>	_____																																										
Fulltrúi verkkaupa:	<u>Gisli Guðmundsson</u>																																										
<b>Verk:</b>	<u>0</u>																																										
Sýni:	<u>Xypex 1,5%</u>																																										
Prófunarstaðall:	<b>ÍST EN 12390-8:2000</b>																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Auðkenni sýnis</th> <th>Upphafsdagur prófunar</th> <th>Vatnsleiðni, mesta dýpt (mm)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5-1</td> <td>24.11.06-17:30</td> <td>11</td> <td>Eftir 4 sólarhringa</td> </tr> <tr> <td>1,5-2</td> <td>24.11.06-17:30</td> <td>27</td> <td>Eftir 4 sólarhringa</td> </tr> <tr> <td>1,5-3</td> <td>24.11.06-17:30</td> <td>16</td> <td>Eftir 4 sólarhringa</td> </tr> <tr> <td><b>Endurtekið</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1,5-1</td> <td>1.12.06-13:25</td> <td>23</td> <td>Eftir 3 sólarhringa</td> </tr> <tr> <td>1,5-2</td> <td>1.12.06-13:25</td> <td>12</td> <td>Eftir 3 sólarhringa</td> </tr> <tr> <td>1,5-3</td> <td>1.12.06-13:25</td> <td>18</td> <td>Eftir 3 sólarhringa</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>Stærð prófluta: 150x150x100 mm teningar Vatnsþrýstingur gegnt steypustefnu</p>				Auðkenni sýnis	Upphafsdagur prófunar	Vatnsleiðni, mesta dýpt (mm)		1,5-1	24.11.06-17:30	11	Eftir 4 sólarhringa	1,5-2	24.11.06-17:30	27	Eftir 4 sólarhringa	1,5-3	24.11.06-17:30	16	Eftir 4 sólarhringa	<b>Endurtekið</b>				1,5-1	1.12.06-13:25	23	Eftir 3 sólarhringa	1,5-2	1.12.06-13:25	12	Eftir 3 sólarhringa	1,5-3	1.12.06-13:25	18	Eftir 3 sólarhringa								
Auðkenni sýnis	Upphafsdagur prófunar	Vatnsleiðni, mesta dýpt (mm)																																									
1,5-1	24.11.06-17:30	11	Eftir 4 sólarhringa																																								
1,5-2	24.11.06-17:30	27	Eftir 4 sólarhringa																																								
1,5-3	24.11.06-17:30	16	Eftir 4 sólarhringa																																								
<b>Endurtekið</b>																																											
1,5-1	1.12.06-13:25	23	Eftir 3 sólarhringa																																								
1,5-2	1.12.06-13:25	12	Eftir 3 sólarhringa																																								
1,5-3	1.12.06-13:25	18	Eftir 3 sólarhringa																																								

Vatnsleiðni.xls

Mynd 82. Niðurstöður úr vatnsleiðniþrófunum á sprautusteypu með 1,5 % XYPEX Admix.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### Samantekt

Sambærileg sprautusteypa og prófuð var en án XYPEX Admix, mælist með vatnsleiðni á bilinu frá 10 til 20 mm. Sprautusteypa með XYPEX Admix mælist með svipaða vatnsleiðni, þannig að XYPEX Admix hefur ekki áhrif á vatnsleiði í sprautusteypu. Prófunin tekur aðeins 3 sólarhringa og því er ekki við því að búast að XYPEX Admix hafi nein áhrif á vatnsleiðnina, virkni efnisins er mun hægvirkari en svo að hægt sé að merkja neinar breytingar eftir 3 sólarhringa.

## Erlend dæmi um notkun Xypex í sprautusteypu

### *Törnskogstunneln*

Greinargerð um ferð Íslensk Aðals, VGK-Hönnunar og Con-Seal í Törnskogstunnelen í Svíþjóð þann 28-03-2006.

Um er að ræða tvöföld veggöng sem liggja í norður af Stokkhólmi (Sollentuna kommun), sjá mynd 83. Sænska vegagerðin stendur fyrir framkvæmdunum, en verktakinn er ODIN. BESAB sá um bergstyrkingu, vatnsþéttingu og sprautusteypu.



Mynd 83. Törnskogstunneln í Sollentuna kommun í norður Stokkhólmi.

### **28-03-2006 - Skoðun**

Göngin voru heimsótt þann 28-03, sjá mynd 84.

---

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---



Mynd 84. Gangnamunni í Törnskogstunneln.

XYPEX Admix hefur verið notað í sprautusteypuna á nokkrum völdum stöðum. Magnið af Admix var rétt rúmlega 1 % af sementsþunga. Steypustöðin er um 15-20 km í burtu frá byggingarstað og XYPEXið var bætt út í steypuna í steypubílunum.

Við fórum ekki almennilega inn í göngin, til þess var ekki tími. Heimsóknin byggðist aðallega á því að spjalla við verktaka. Eftirfarandi eru minnispointar úr ferðinni :

Reynsla verktaka af notkun á XYPEX Admix er nokkuð góð og telur hann að þar sem XYPEX Admix hefur verið notað, þar sé minni leki í göngunum. Hins vegar er nokkur leki í sprautusteypu sem hefur verið meðhöndluð með XYPEX Admix, þetta á sérstaklega við þar sem hitastigið er tiltölulega lágt í göngunum, undir 5°C. Hafa ber í huga að veturinn var tiltölulega kaldur og nokkuð kalt var í göngunum, en samkvæmt upplýsingum frá XYPEX Admix þá virkar efnið ekki almennilega ef hitastigið er undir 5 °C. Tilraunir eru að fara í gang þar sem göngin eða sprautusteypan verður hituð upp. Einnig má gera ráð fyrir að með hækkandi sól, hækki hitastigið í göngunum og því má búast við meiri þéttingu í sprautusteypunni. Greinilegur munur er á virkni XYPEX Admix innar í göngunum þar sem hitastigið er aðeins hærra, um 7 °C. Í samræðum við verktaka kom fram að hann hefur hug á að nota meira af XYPEX Admix en hann hefur gert til þessa.

### Yfirlýsing frá BESAB

Yfirlýsingu frá BESAB um reynslu þeirra af virkni XYPEX Admix er að finna á mynd 85. Yfirlýsingin frá BESAB á aðeins við hluta af göngunum þar sem þeir notuðu XYPEX Admix, þ.e. á tvo um 200 m og um 700 m langa kafla

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

### BetongPartner

BetongPartner Sverige AB  
Stora Badhusgatan 18-20  
SE-411 21 Göteborg

Tel 031-711 62 60  
Fax 031-711 62 60

E-mail info@betongpartner.se  
Web www.betongpartner.se  
Web www.con-seal.com

Org. nr. 556654-6288

Till

Den som är intresserad

Erfarenheter av användning av Xypex Admix i sprutbetong.

Törnskogstunneln är en av två tunnlar på sträckan mellan Sollentuna och Täby kyrkby. BESAB AB (Betongsprutningsaktiebolaget) har utfört injektering, betongsprutningsarbete och arbete med vatten- och frostskydd i Törnskogstunneln. Man har verkat för att tunneln skulle byggas på et kostnadseffektivt sätt.

Kraven på en droppfri miljö i färdiga tunnlar har ökat markant och för att förbättra betongens förmåga till självläkning har BESAB i samarbete med BetongPartner Sverige AB använt en tillsats som ger betongen dessa egenskaper. Tekniken har använts under lång tid i gjutna betongkonstruktioner utsatta för vattentryck med utmärkta resultat. En stor fördel är att funktionen finns kvar även efter mycket lång tid. Medlet heter Xypex Admix och har mycket lämpliga egenskaper för användning i sprutbetong. Tillsatsen i sprutbetong bör vara min 1,2% av bindemedlet (cementvikten) och tjockleken 75 mm för att tillsatsen skall få optimal möjlighet att verka.

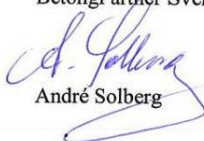
Efter att ha utvärderat resultatet från sträckan man använt Xypex Admix i sprutbetongen och jämfört med sträckan utan tillsats, har man kommit fram till följande :

1. Tillsatsen av Xypex Admix har inte påverkat egenskaperna hos den färska betongen på något märkbart sätt.
  - a. Vattenmängden är densamma och vct är därmed oförändrat.
  - b. Inget ökat pumptryck kan märkas och därmed inget ökat slitage på utrustningen.
  - c. Sprutegenskaperna har inte förändrats, ett minskat återslag kan märkas utan att mätning har gjorts.

Droppkartering visar att tunneln med Xypex Admix har signifikant mindre vattenläckage än motsvarande sträcka utan tillsats. Man har räknat fram att det är gjort en stor besparing på drän, vilket har gett en ekonomisk vinst på ca SEK 6.900.000:-

Göteborg, 2006-10-30.

BetongPartner Sverige AB



André Solberg

Mynd 85. Yfirlýsing frá BESAB um reynslu þeirra af XYPEX Admix.



### *Vuosaarensatama*

Verið er að byggja nýja höfn í Vousaari (útborg Helsinki). Heildar kostnaður verkefnisins er um 300 milljónir Evra. Verkið gengur út á að byggja nýja vöruhöfn í Helsinki, þar með talið vinnusvæði, vegi og járnbrautaspor til og frá svæðinu, dýpkun hafnarinnar og viðskiptahverfi, sjá mynd 86. Verkinu er stjórnað af Höfninni í Helsinki í samvinnu við finnsku Siglingamála-stofnunina (e. Finnish Maritime Administration), Járnbrautirnar og Vegagerðina þar í landi. Verkið hófst í janúar 2003 og áætlað er að því ljúki á árinu 2009. Alls eru um 20 km af jarðgöngum hluti framkvæmdar, tvenn tvíbreið veggöng og lestargöng. Göngin liggja frekar grunnt undir yfirborði og á kafla undir á.



Mynd 86. Yfirlitsmynd af nýju frakthöfninni í Vousaari.

### **29-03-2006 - Skoðun**

Hluti af jarðgöngunum var skoðaður af Gísla Guðmundssyni (VGK-Hönnun hf) og Jóni Kristleifssyni, umboðsmaður Xypex á Íslandi (Íslenskur Aðall) þann 29-3-2006, sjá mynd 87. Auk þeirra voru André Solberg frá Con-Seal as, yfirmaður Xypex í Noregi, Svíþjóð, Finnlandi og Íslandi, í för með þeim. Frá Finnlandi mættu: Jari Heikkilä, geoengineer frá Ramboll Finland Oy, Vuosaari Harbour Project Traffic Connections, Guido Nuijten hjá Kalliosuunnittelu OY Rockplan Ltd, yfirmaður gangna- og byggingarframkvæmdanna og Dick Sulin, Sulin Engineering ltd, umboðsmaður Xypex á Finnlandi.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 87. Veggöngin eru til vinstri og fyrir miðju og járnbrautargöngin eru til hægri.

Bergið er mest megnis myndbreytt berg, nokkurs konar flöguberg, schist. Bergið var tiltölulega þétt og stórkleift. Leki var ekki mikill í göngunum. Samkvæmt verklýsingu bar vertaka að framkvæma þrjár aðgerðir til þess að koma í veg fyrir leka í göngunum:

1. Bergþétting
2. Dren
3. Dúkar

### 1. Bergþétting :

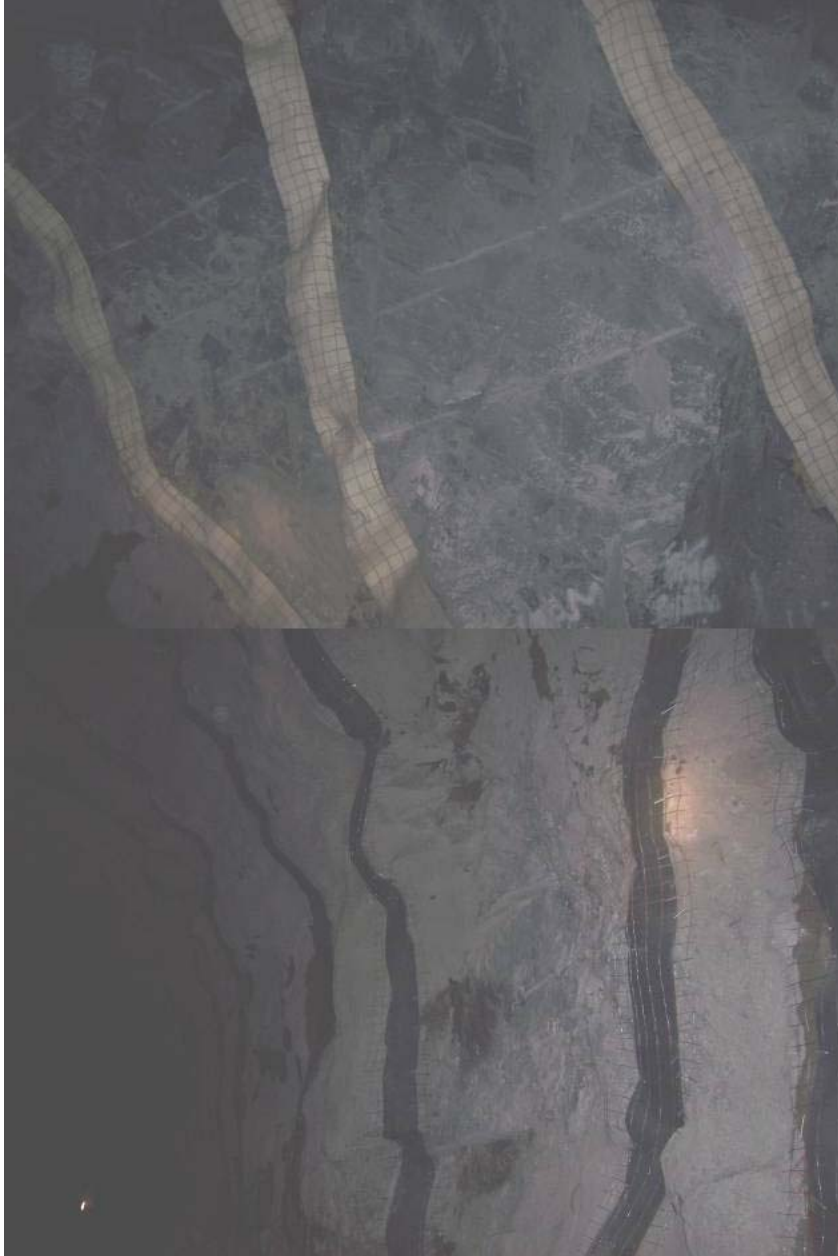
Verktaka var gert að þétta bergið ef Lugeon gildi í lektarprófunum fór yfir ákveðin viðmiðunarmörk. Ef Lugeon gildið var undir 0,2 þurfti ekki að þétta bergið, ef Lugeon gildið í þakinu var meira en 0,2 þurfti að þétta það, ef Lugeon gildið í veggjunum var meira en 0,6 þurfti einnig að þétta veggina og ef Lugeon gildið í gólfinu var meira en 1,8 þurfti að þétta allan prófílinn.

Bergþétting var gerð með forþéttingu eða með því að bora og dæla sementsefju í borholur fram fyrir stafn ganga áður en sprengt var áfram.

### 2. Dren

Mikið var um innsteypt dren í göngunum, sjá mynd 88. Drenrör voru sett upp og lögð að lekasvæðum, dúkur lagður yfir drenrörið og síðan var rörið og dúkurinn festur niður með járnneti sem var neglt fast við bergið, áður en sprautusteypt var yfir.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 88. Dren í göngunum.

3. Dúkar

Þar sem leki kom fram í göngunum, þrátt fyrir bergþéttingu og dren, bar verktaka að setja upp vatnslæðingar, sjá mynd 89.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



Mynd 89. Vatnslæðningar, sem kom til greina að nota í göngunum.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Gerð var tilraun með notkun á Xypex Admix og í ljósi árangurs var ákveðið var að hætta við að setja upp dúka, en þess í stað að nota alfarið Xypex Admix í sprautusteypu sem sprautuð var yfir dren.

Kostnaður við þéttingu með dúk var áætlaður um 10 milljónir Evra fyrir veggöngin, en kostnaður við notkun á Xypex var áætlaður um 2 milljónir Evra, en þar af eru um 750 þús. Evra vegna Xypex Admix. Aukakostnaður er vegna meiri notkunar á dreni en upphaflega var áætlað. Mismunur er áætlaður sparnaður verkkaupa með því að nota Xypex Admix í stað dúks eða um 8 milljónir Evra.

Sementsmagnið í sprautusteypunni var frá 350 til 400 kg/m<sup>3</sup> og notað var um 5 til 10 % kísilryk í sementið (sem slurry). Magn XYPEX Admix var um 1,2 % af sementsmagninu. Xypexið var sett út í steypubílana. Xypexið var pakkað í 5 kg plast poka sem leysast upp í steypunni og var miðað við að einn poki færi í einn rúmmetra af steypu.

Sprautusteypan var sprautuð í nokkrum lögum og Xypex Admix var ekki notað í öll lög heldur aðeins notað þar sem leki var fyrir í berginu, þ.e. Xypexið kom í staðin fyrir dúkinn.

Á einum stað í göngunum þar sem opið var á milli vegganganna var hægt að meta virkni Xypex Admix í sprautusteypunni. Öðru megin var búið að sprautusteypa með Xypex Admix og hinum megin átti eftir að sprautusteypa, en búið var að koma dreninu fyrir. Þar sem búið var að sprautusteypa var mjög lítil leki í gegnum sprautusteypu. Eftirlitið sagði að áður en að bergið var sprautusteypt var verulegur leki þar. Þeim megin þar sem ekki var búið að sprautusteypa var verulegur leki úr berginu.

Eftirlitsaðili með verklegum framkvæmdum í göngunum var mjög jákvæðir gagnvart notkun á Xypex Admix og taldi að notkun á Xypexi sem vatnsþéttiefni í sprautusteypu hafi skilað verulegum árangri. Í Viðauka 1 er að finna grein, þar sem viðtal er tekið við tvo af eftirlitsaðilum verkefnisins, þá Jari Heikkilä og Guido Nuijten, þar lýsa þeir þeim árangri sem náðist með notkun Xypex til vatnsþéttingar í göngunum.

### 29-08-2006 - Skoðun

Aftur var farin ferð til þess að skoða göngin þann 29-8-2006. Í ferðina fóru Matthías Loftsson og Gísli Guðmundsson, báðir frá VGK-Hönnun, Sigurður Oddsson frá Vegagerðinni, Oddur Sigurðsson frá Geotek og Jón Örn Kristleifsson frá Íslenskum Aðli, umboðsmaður Xypex á Íslandi. Auk þeirra voru André Solberg frá Con-Seal as, yfirmaður Xypex í Noregi, Svíþjóð, Finnlandi og Íslandi, í för með þeim. Frá Finnlandi mættu: Ronald Westermarck, project manager, Vuosaari Harbour Project Traffic Connections, Jari Heikkilä, geoengineer frá Ramboll Finland Oy, Vuosaari Harbour Project Traffic Connections, Ralf Granlund, Ramboll Finland Oy og Dick Sulin, Sulin Engineering Ltd, umboðsmaður Xypex í Finnlandi.

Búið var að sprautusteypa öll göngin og Xypex Admix var notað meira eða minna í öll veggöngin. Veggönging voru sprautusteypuð í þrem lögum og Xypex Admix var notað í eitt

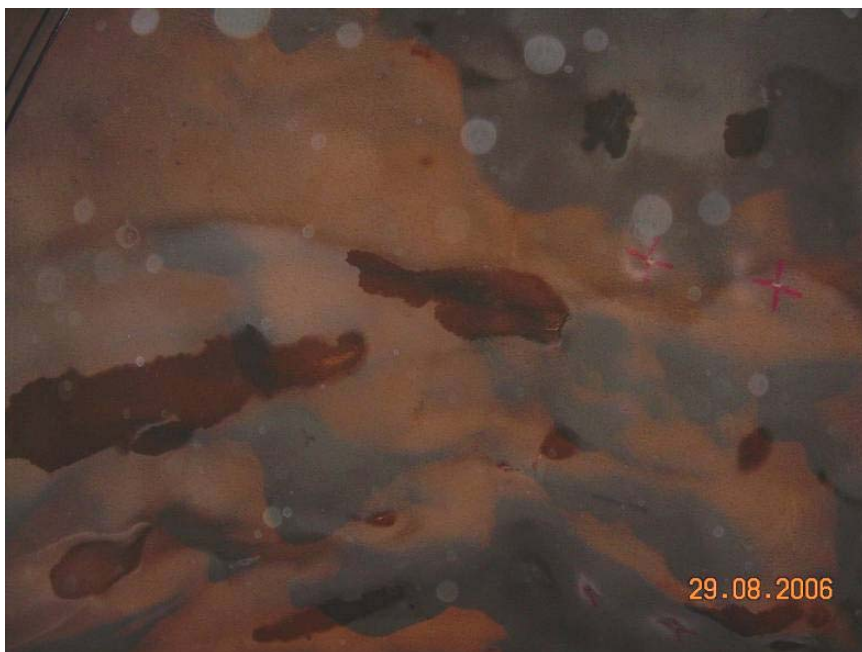
---

Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

---

lagið. Mjög lítil leki var í göngunum og aðeins í undantekningartilvikum mátti sjá hvar vatn dropaði niður á veginn. Sem dæmi, má nefna að þar sem lekasvæðið var skoðað í ferðinni 29-3-2006 var ekki vart við neinn leka.

Á myndum 90 til 93 má sjá dæmi um leka í sprautusteypunni í göngunum. Myndirnar eru allar teknar á staðnum þar sem verulegur leki var í göngunum áður en að þau voru sprautusteypt. Á þessum stað er bergþekja tiltölulega þunn og nokkura metra há vatnssúla fyrir ofan bergið.



Mynd 90. Leki í sprautusteypu.

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---



Mynd 91. Lekablettur í sprautusteypu sem virðist hafa þéttst.



Mynd 92. Lekablettur í sprautusteypu í nærmynd.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX



**Mynd 93. Lekablettur tv og sprunga th með hvítar útfellingar.**  
Mögulegt er að útfellingar tengist notkun Xypex í sprautusteypunni.

### 10-06-2007 - Skoðun

Þriðja verðin í göngin voru farin þann 11-06-2007. Í ferðina fóru Matthías Loftsson frá VGK Hönnun, Sigurður Oddsson frá Vegagerðinni, Magnús Jónsson frá Háfelli, Jan Merenda frá Metrostav og Jón Örn Kristleifsson frá Íslenskum Aðli, umboðsmaður Xypex á Íslandi. Auk þeirra voru André Solberg frá Con-Seal as, yfirmaður Xypex í Noregi, Svíþjóð, Finnlandi og Íslandi, í för með þeim.

Helsta niðurstaða úr skoðunarferðinni var að öll lekasvæði í sprautusteypunni höfðu þornað upp. Hins vegar kom sú staða upp að verktakinn hafði víða borað í gegnum sprautusteypuna til þess að festa upp kapalrennur o.fl. Þar sem borað var í gegnum sprautusteypuna náði vatn að leka inn í göngin. Þótt þetta hafi valdið verktakanum vandræðum þá er þetta vísbending um að XYPEXið í sprautusteypunni þéttir sprautusteypuna tiltölulega mikið.

### Samantekt

Ljóst er að notun á XYPEX Admix í sprautusteypu í Vuosaarensatama göngunum hefur stuðlað að því að sprautusteypan þéttist smám saman. Lekinn í göngunum minnkar með tíma og um einu og hálfu ári eftir að byrjað var að nota XYPEX Admix í göngunum er ekki að sjá neinn leka í göngunum. Jafnframt eru engir drendúkar notaðir í göngunum. Hluta af þessum árangri má þakka innsteypu drenlögnum, en jafnframt má telja fullvíst að XYPEX Admix hefur verulega áhrif á steypuna þannig að steypa þéttist smám saman.



## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

### Lokaorð

XYPEX Concentrate virkar mjög vel á tiltölulega lítinn leka í steypu. Einnig er tiltölulega auðvelt að nota efnið til að stjórna því hvar vatn lekur út um sprungur. Mun meiri/hraðari virkni (vatnsþétting) er með Patch and Plug en með Concentrate, sennilega stafar það af því að Patch and Plug-blanda hefur mun hærri byrjunarstyrk en Concentrate blanda.

Prófanir í göngum Jökulsárveitu að aðrennslisgöngum Fljótsdalstöðvar benda til þess að XYPEX Admix í sprautusteypu virki til þéttingar á tiltölulega litlum leka í gegnum sprautusteypu. Í göngunum var XYPEX aðeins notað á lítil svæði og aðeins í yfirsprautun með um 5 cm þykku lagi. Í próflok mátti hvar lekablettir höfðu þornað upp og útfellingar myndast í sprungum og í yfirborði steypu, þar sem vatn seitlaði áður í gegnum steypuna. Fylgst var með þessum svæðum í um 14 mánuði, frá því að svæðin voru yfirsprautuð með XYPEX Admix. Eftir 1 og 3 mánuði jókst lekinn í gegnum sprautusteypuna, þ.e. lekablettir stækkuðu á tímabilinu. Eftir 14 mánuði mátti sjá veruleg ummerki um vikni XYPEX Admix. Erfitt er að segja hve langan tíma það tekur XYPEX Admix að þétta steypu, umfram það að engin sjáanleg virkni var efir 3 mánuði og mikil virkni var eftir 14 mánuði. Hitastig í göngunum (lofthiti, berghiti og hiti á grunnvatni) hefur áhrif á virknina. Lofthitinn í göngunum er um 5 °C, allt árið um kring. Miðað við upplýsingar frá framleiðanda er virkni XYPEX Admix hæg er hitastigið er undir 5 °C, því má gera ráð fyrir að virkni XYPEX Admix hafi verið tiltölulega hæg í þessum prófunum.

Niðurstöður prófana í Héðinsfjarðargöngum benda til þess að þegar XYPEX Admix er notað í um 10-12 cm þykku lagi virtist efnið draga úr leka í gegnum sprautusteypuna á aðeins nokkrum mánuðum.

Niðurstaða notkunar XYPEX Admix í sprautusteypu í Vuosaarensatama göngunum í Finnlandi varð mjög jákvæð. Sprautusteypan þéttist, lekinn í göngunum minnkaði smám saman og notkun vatnslæðninga varð óþörf. Um einu og hálfu ári eftir að byrjað var að nota XYPEX Admix í göngunum er ekki að sjá neinn leka í göngunum.

Samanburður á vatnsleka um sprungur í steinsteypusýnum með og án XYPEX Admix sýna að XYPEX Admix hefur töluverð áhrif á sprunguleka í sýnunum. Sýni án XYPEX Admix eru með hlutfallslega meiri leka og lekinn er óstöðugur. Engu að síður minnkar lekinn í sýnunum með tíma, sennilega vegna kalkútfellinga. Lekinn í sýnunum með XYPEX Admix minnkar hins vegar mun hraða með tíma.

Niðurstöður prófana á sprunguleka í sprautusteypusýnunum eru á svipuðum nótum og steinsteypusýnunum, en niðurstöðurnar eru ekki eins afgerandi og þær niðurstöður sem fengust þegar steinsteypa var prófuð.

Sjá má verulegan mun í smásjá í steypusýnum sem eru með XYPEX Admix og þeirra sem eru án XYPEX Admix þegar lekasprungan er skoðuð. Þegar XYPEX Admix er ekki til staðar á sér stað veruleg útskolu efna úr sementsefjunni í efri hluta sýnisins, þeim enda sem snýr að vatninu. Að öllum líkinum er kalsíum að skolast út úr semenstefjunni. Í neðri hluta sýnisins, þ.e. þeim hluta

### Prófanir á steypu með vatnspéttiefninu XYPEX

---

sem snýr út, er töluvert um kalsít útfellingar. Útfellingarnar voru það miklar að sprungan gat nánst lokast. Í sýnum sem voru með XYPEX Admix átti engin sjáanleg útskolun efna sér stað úr semetnsefjunni, en hins vegar mátti sjá fínkristallaðar útfellingar á sprunguveggjum, dæmi voru um að kristallarnir náðu að loka sprununum. Engar kalsít útfellinga var að sjá í sprungunum, en hins vegar voru kalsít kristallar algengir á yfirborði steypunnar.

### ***Pakkarorð***

Þátttakendur að þessari rannsókn vilja koma bestu þökkum til eftirfarandi aðila:

Björn Stefánsson, Landsvirkjun  
Daði Þorbjörnsson, Mest  
Einar Einarsson, BM Vallá  
Eiríkur Freyr Einarsson, VIJV  
Helga Arngrímsdóttir, Íbúðalánasjóði  
Hreinn Haraldsson, Vegagerðin  
Jari Heikkilä, Ramboll Finland Oy  
Jón Haukur Steingrímsson, VIJV  
Jón Örn Kristleifsson, Íslenskur Aðall  
Lawrence Jackson, Fosskraft  
Oddur Sigurðsson, Geotek  
Sigurbergur Konrásson, Arnarfell  
Sigurður Oddson, Vegagerðin  
Þór Sigurbjörnsson, Arnarfell

## ***Viðauki 1***

**Grein í lauslegri þýðingu Borgþórs S Kjærnested  
og staðfærð af Gísla Guðmundssyni**

**Greinin er síðan birt í heild sinni á finnsku.**



## Purrt berg

Mikilvægur hluti af Vuoli-verkefninu er vatnspétting með sprautusteypu með XYPEX í göngunum sem verið er að bora í Finnlandi. XYPEX sparaði verkkaupa verulega upphæð.

Ráðist hefur verið í umfangsmiklar samgöngubætur vegna uppbyggingar Nordsjö Hamn, verið er að leggja hraðbrautir og járnbrautir sem verða tugir kílómetra. Samgönguæðarnar verða lagðar í berggöng um langan veg og það var mjög krefjandi verkefni að loka fyrir vatnið. Búið er að grafa tvenn 1,52 km löng göng og vatnspéttingu er að ljúka. “Erfiðustu kaflarnir við gerð gangnanna var undir Borgarviken og Labbacka Natura 2000. Undir Natura-svæðinu er einungis um að ræða þunnt bergloft, sem krefst sérstakrar nákvæmni við gerð gangnanna. Gerð var krafa um að gangnagerðin ylli ekki þurrkun mýrlendis né lækkun grunnvatnsins” útskýrir yfirmaður gangna- og byggingarframkvæmdanna, Guido Nuijten hjá Kalliosuunnittelu OY Rockplan Ltd.

## Draga þurfti úr kostnaði

Í almennum undirbúningi verksins var gert ráð fyrir að vatnseinangrun gangnanna yrði gerð með sérstakri vatns- og hitaeinangrun. Hins vegar kom í ljós við gangagerðina að bergið var hlutfallslega þétt og einangrunaráætlunin hefði orðið langt umfram þörfina og dýr í framkvæmd. Byggingaraðili sem er meðvitaður um kostnað mismunandi lausna leitar stöðugt sparnaðarleiða og af þessum sökum var sífellt farið yfir aðra kosti sem til greina gætu komið við þéttingu gangnanna meðan á gerð þeirra stóð.

Hlutfallslega þurrar aðstæður og mikill byggingakostnaður urðu til þess að aftur var farið yfir tímasetningar og umferð og ný áhættuáætlun gerð og borin saman við mismunandi þéttingaraðferðir.

“Nýju ljósi var alfarið beint að grautun bergsins, aukin notkun á einkadreni og sprautusteypu. Á þessu stigi var sprautusteypa með vatnspéttiefninu XYPEX einn af valkostunum” segir Nuijten.

“Þegar um stór verkefni er að ræða eru miklar og tímafrekar breytingar ögrandi. Umfangsmikil mannvirkjagerð er ekkert tilraunasvæði, en sparnaðarþörfin var knýjandi”, viðurkennir sá sem leitaði að nýjum valkostum, Jari Heikkilä, landfræðiverkfræðingur Vuoli-verkefnisins.

## XYPEX varð fyrir valinu.

Menn höfðu enga víðtæka reynslu af notkun XYPEX í Finnlandi. Leitað var til Svíþjóðar og Noregs og fengin staðfesting á gildi efnisins við vatnspéttingu vegagangna. Upplýsingar um að XYPEX hefur verið notað við vatnspéttingu uppistöðulóna um allan heim gerðu mönnum ljóst að treysta mætti efninu.

## Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Áður en endanleg ákvörðun var tekin var vatnsþéttileiki XYPEX-efnisins prófaður á rannsóknarstofu og sýni skoðuð í smásjá. Einnig voru sýni prófuð við raunverulega aðstæður.

Bæði niðurstöður rannsókna og reynslan á vinnustað skiluðu góðum árangri. Þetta skjalfesti jafnframt Juha Valkonen, í verkfræðiskýrslu sinni um XYPEX<sup>4</sup>. Vegna áframhaldandi efnispróunar hentar XYPEX-efnið þó um sé að ræða mismunandi aukaefni í sementi og steypugerð. Auk þess hefur Suomen Betonuyhdistys/Finlands Betongförening staðfest og lýst í gildi aukaefnalýsingu fyrir steinsteypu fyrir XYPEX-efnið.

“Við vorum ekki með neina fyrri reynslu af XYPEX, en niðurstöður kannana voru traustvekjandi, þannig að við þorðum að nota það. Reynsla alþjóðlegra starfsbræðra okkar studdi okkar eigin niðurstöður og urðu til þess að við tókum ákvörðun um að nota efnið. Þó að við ákvæðum að nota XYPEX í sprautusteinsteypu kom það ekki í veg fyrir að við gætum gripið til annarra vatnsþéttingarlausna, ef það hefði ekki skilað tilætluðum árangri”, segir Jari Heikkilä að lokum um ástæðu þessarar ákvörðunar.

### Verulegur sparnaður náðist

Göngin voru þétuð samkvæmt áhættugreiningu og á grundvelli umferðaröryggis sem miðast við áhættuþætti við upphaf gangnaopa í frosti og þar sem hætta er á leka, þar sem farið er undir Borgarviken. Aðrir kaflar gangnanna voru þéttir með sprautusteinsteypu með aukaefninu XYPEX. Einnig var notað minniháttar magn af XYPEX á erfiðustu köflunum í Labbacka-járnbrautargöngunum til viðbótar við aðra þéttingu.

Í sprautusteypana var bætt aukaefnunum XYPEX Amix C-1000 NF. Við þessar aðstæður myndast í steinsteypunni ílangir, nállaga kristallar sem fylla smám saman háráðar steypunnar og steinsteypa verður vatnsþétt það sem eftir er.

Í byrjun sumars (2006) mátti enn greina rakabletti á þeim stöðum sem vatn leitaði inn í göngin. “Með berum augum mátti fylgjast með því hvernig blettirnir minnkuðu jafnt og þétt og augsýnilega, þegar hlýnaði í veðri, fór XYPEX að virka hraðar,” segir Jari Heikkilä þegar hann er að lýsa vatnsþéttingu gangnanna.

Nuijten fullyrðir að með því að nota XYPEX hafi orðið verulegur tíma- og útgjaldasparnaður við gangnagerðina og borið saman við aðrar vatnsþéttingaraðferðir. Vinnustaðurinn er áhrifamikill umsagnaraðili í þessu tilliti. Hann hefur tekið við fjölda forvitinna og þekkingarþyrsta gesta víðsvegar að frá öðrum Norðurlöndum.

---

<sup>4</sup> Haldið var utan um notun XYPEX í göngunum af Juha Valkonen, en hann var verkfræðinemandi í Helsinki Polytechnic (Helsingin Ammattikorkeakoulu). Lokaritgerðin fjallaði um notkun á XYPEX í göngunum. Ritgerðin var unnin í umsjón eftirlitsins í göngunum. Ritgerðin á finnsku og hægt er að fá hana senda pdf-skrá frá höfundum þessara skýrslu.

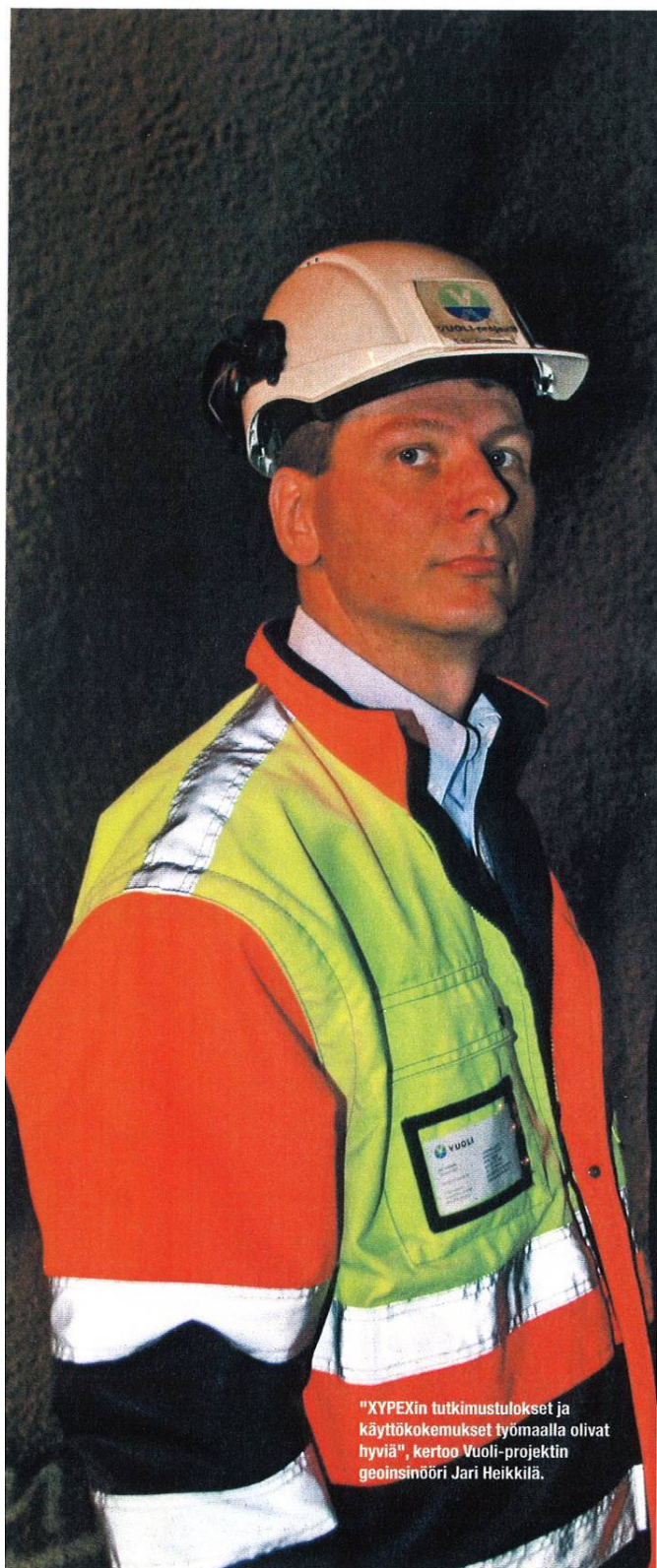


---

Prófanir á steypu með vatnsþéttiefninu XYPEX

---

Erindið eins og það birtist á finnsku



"XYPEXin tutkimustulokset ja käyttökokemukset työmaalla olivat hyviä", kertoo Vuoli-projektin geoinsinööri Jari Heikkilä.

## Kuiva kalliic

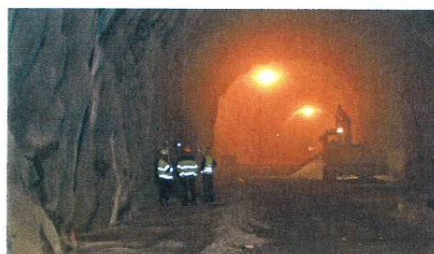
Vuoli-projektiin kuuluvat Porvarinlahden alittavat tietunnelit vedeneristettiin XYPEX-lisäaineistetulla ruiskubetonilla. Tämä toi rakennuttajalle merkittävän kustannussäästön.

Vuosaaren Satamahankkeen liikenneyhteyksiä varten rakennetaan kymmeniä kilometrejä moottori- ja rautatietä. Liikenneväylät kulkevat huomattavia matkoja kalliotunneleissa, joiden vesieristys oli vaativa tehtävä. Porvarinlahden alittavat kaksi 1,52 kilometrin pituista tietunnelia on jo louhittu ja vedeneristystyöt ovat loppusuoralla.

"Tietunneleiden louhinnan kriittisimpiä paikkoja olivat Porvarinlahden ja Labbackan Natura 2000 -alueen alitus. Tunneliin jäi Natura-alueella vain ohut kalliokatto, joka vaati louhinnalta erityistä tarkkuutta. Vaadittiin, että louhinnan seurauksena alueen suot eivät saa kuivua, eikä pohjaveden pinta laskea", selvittää louhinta- ja rakennesuunnitteluryhmän työtä ohjaava projektipäällikkö Guido Nuijten Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd:stä.

### Kustannuksia haluttiin pienentää

Hankkeen yleissuunnitelmassa tietunneleiden vedeneristys oli kaavailtu tehtäväksi erillisellä vesi- ja läm-





# tunneli XYPEXillä

pöeristevuorauksella. Louhinnan edetessä tunnelit havaittiin kuitenkin suhteellisen tiiviiksi, ja vuoraus olisi ollut ylimitoitettu ja kallis rakenne. Kustannustietoinen rakennuttaja etsi jatkuvasti säästömahdollisuuksia, minkä johdosta vaihtoehtoisia vedeneristystapoja tutkittiin aktiivisesti koko rakentamisen ajan.

Suhteellisen kuivat olosuhteet ja korkeat rakennuskustannukset johtivat siihen, että tunneista ja liikenteestä tehtiin uudelleen riskianalysit ja eri vesieristysvaihtoehtojen vertailu.

”Kallion esi-injektointi, tunnelin salaojitus ja ruiskubetonointi asetettiin kokonaan uuteen valoon. Tässä vaiheessa yhdeksi vaihtoehdoksi nousi XYPEX-lisäaineistettu ruiskubetoni”, kertoo Nuijten.

”Isoissa projekteissa suuret työnaikaiset muutokset ovat haastavia. Nämä eivät ole kokeilun paikkoja, mutta säästöpainee olivat kovat”, tunnustaa uusien vaihtoehtojen etsimisen ensitunnoista Vuoli-projektin geoinisööri Jari Heikkilä Ramboll Finland Oy:stä.

## XYPEX valittiin

XYPEXin käytöstä Suomessa ei ollut laajoja kokemuksia. Ruotsista ja Norjasta saatiin kuitenkin varmuutta tuotteen toimi-

vuudesta tietunneleiden vedeneristämisesä. Tieto että XYPEXia on käytetty ympäri maailmaa patojen vedeneristämiseen, antoi vakuuden sen toimivuudesta.

Ennen lopullista ratkaisua XYPEX-lisäaineistetulle ruiskubetonille tehtiin laboratoriossa vedenläpäisytestejä ja mikroskooppitutkimuksia, testattiin sen työstettävyyttä ja vaikutusta käytettyyn ruiskubetonikalustoon oikeissa olosuhteissa.

Sekä tutkimustulokset että käyttökokemukset työmaalla olivat hyviä. Tämän dokumentoi myös Juha Valkonen XYPEXistä hyvin arvosanoihin laatimaansa insinööriyöhön. XYPEXin jatkuvan tuotekehittämisen ansiosta tuote soveltuu käytettäväksi laadultaan erilaisten sementtien ja betonin lisäaineiden kanssa. Lisäksi XYPEXillä on Suomen Betoniyhdistyksen varmentama ja voimassa oleva betonin lisäaineiden käyttöseloste.

”Meillä ei ollut kokemusta XYPEXistä, mutta tutkimustulokset olivat luotettavia, joten uskalsimme kokeilla sitä. Omien selvitysten lisäksi kansainvälisten kollegoiden kokemukset tukivat tätä päätöstä. XYPEXin käyttö ruiskubetonissa ei rajoita mahdollisuuksia rakentaa vesieristevuorauksia, mikäli se ei olisikaan toiminut tut-

kitulla tavalla”, tiivistää Heikkilä tehdyn ratkaisun taustan.

## Saatiin merkittäviä säästöjä

Riskianalysin ja liikenneturvallisuuden pohjalta tietunneleiden pakkaselle alttiit suuaukkojen alkuosat sekä suhteellisen vuotava paikka, Porvarinlahden alitus, tehtiin yleissuunnitelman mukaisesti vuoraamalla. Muut osat tunneleista vedeneristettiin XYPEX-lisäaineistetulla ruiskubetonilla. Myös Labbackan rautatie-tunnelissa käytettiin pienessä määrin XYPEXia kaikkein vaativimmissa paikoissa vuorauksen lisäksi.

Ruiskubetoniin lisättiin betoniaseamalla XYPEX Admix C-1000 NF lisäainetta. XYPEX reagoi betonissa olevan hapen ja kalsiumhydroksidin kanssa käyttäen vettä katalyyttinä. Näissä olosuhteissa betoniin alkaa muodostua pitkiä, neulamaisia kiteitä, jotka täyttävät vähitellen betonin kapillaarihuokokset, ja betonista tulee pysyvästi vesitiivis.

Alkukesästä ruiskubetonin pinnassa oli vielä havaittavissa kosteita läikkeitä kohdisa, joista vesi pyrki tunneliin. ”Silämääräisesti seurattuna läikkien koko pienenee koko ajan ja näyttäisi, että sään lämmittyä XYPEX alkoi toimia nopeammin”, esittelee Heikkilä tunnelin vedeneristystä.

Nuijten vakuuttaa, että XYPEXin käyttö merkitsi huomattavaa aika- ja kustannussäästöä tietunneleiden rakentamisessa verrattuna vuoraukseen. Referenssinä työmaa on merkittävä. Siihen on tutustunut runsaasti tiedonjanoisia alan ammattilaisia ympäri Pohjoismaita.

Projektipäällikkö Guido Nuijten esittelee tunnelista louhittuja kivilajeja.

www.sulinoy.fi

**Porvarinlahden tietunnelit**

- 2 x 1,52 km (yksi tunneli kumpaankin suuntaan)
- louhittava kalliomäärä 370 000 m<sup>3</sup>
- tunnelin kustannukset 33,4 milj. euroa
- sisäverhouksrakenteet ja tunnelijärjestelmät tehdään vuonna 2007
- Vuosaaren Satama otetaan käyttöön vuonna 2008
- pääurakoitsija: Skanska Tekra Oy
- ruiskubetonin valmistus: Lohja Rudus Oy Helsingin Roihupellon betoniaseama

