



Skýrsla nr. 03-03

Athugun á möguleikum á uppsetningu “ódýrs” búnaðar til að gera hraðað álagspróf á veghlot á Íslandi

Þórir Ingason



Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins

Keldnaholti, IS-112 Reykjavík, sími 570 7300, fax 570 7311

Skýrsla nr: 03-03
Dreifing Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>

Rb/SfB 12 (K)

UDK.625.7

Heiti skýrslu: Athugun á möguleikum á uppsetningu “ódýrs” búnaðar til að gera hraðað álagspróf á veghlot á Íslandi	Dags: Febrúar 2003
Höfundur: Þórir Ingason	Fjöldi síðna: 10 + 10 í viðaukum
Deild: Vegtæknideild	Faglega ábyrgur: ÞI
Unnið fyrir: Rannsókn- og þróunarsjóð Vegagerðarinnar.	Rannsóknarnúmer: V-0226
Úrdráttur: <p>Markmið verkefnisins var að kanna möguleika á að setja upp “ódýran” búnað á Íslandi, þar sem hægt er að gera hraðað álagspróf á veghlot í skala 1:1, eða hugsanlega minni skala ef það væri mögulegt.</p> <p>Kannaðar voru heimildir og gögnum safnað úr verkefni COST 347 (“Pavement Research with Accelerated Loading Testing Facilities”). Tvenns konar útfærslur voru skoðaðar, annars vegar niðurskölud próf og hins vegar próf með smærri tækjum.</p> <p>Meginkostur niðurskalaðra prófa er að þau má gera á rannsóknastofnu með tiltölulega litlum kostnaði. Vegna erfiðleika við skölun auk þess sem þekking á áhrifum niðurskölunar virðist ekki vera nægilega mikil, telst þetta ekki vænlegur kostur hér. Próf með smærri tækjum koma fremur til greina. Tiltölulega auðvelt virðist vera að koma upp slíkum búnaði og möguleikar á að gera svipaðar mælingar og í búnaði þar sem álag og veghlot eru í fullri stærð.</p> <p>Lagt er til að stefnt sé að því að koma héraendis upp búnaði þar sem veghlot er prófað með smærri tækjum. Það yrði gert í samstarfi nokkurra aðila, Vegagerðarinnar, Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins, Háskóla Íslands og e.t.v fleiri. Lagt er til að fulltrúar frá þessum aðilum myndi vinnuhóp sem gerir frumhönnun á tæki af smærri gerð og forkönnun á kostnaði samfara byggingu þess.</p>	

3 lykilorð: Á íslensku

Á ensku

Hraðað álagspróf	Accelerated pavement test
Veghlot	Road construction
Burðarþol vegna	Bearing capacity

1. Inngangur

Árið 2000 var gert svokallað hraðað álagspróf á íslensk veghlot¹ í Svíþjóð [1]. Þá var notað tæki sem er í sameiginlegri eigu Svía og Finna. Prófið var gert á tvenns konar veghlotum sem byggð voru með efni úr einni námu og takmörkuðust niðurstöður við það. Óhjákvæmilega komu því fram spurningar um hvernig annars konar efni og veghlot hefðu komið út úr prófinu. Prófið í Svíþjóð var dýrt, meðal annars þurfti að flytja um 100 tonn af steinefni í gámum til Svíþjóðar, og því er ekki líklegt að sambærilegar prófanir verði gerðar á íslenskum eignum að sinni.

Önnur leið til að fá svör við þeim spurningum sem fram komu, er að leggja tilraunakafli og prófa efni við raunverulegt umferðarálag. Það hefur hins vegar þann ókost að langan tíma tekur að fá fram niðurstöður, auk þess sem ógerningur er að hafa stjórn á ytri aðstæðum og álagi, á sama hátt og hægt var í prófinu í Svíþjóð.

Með ofangreindar vangaveltur í huga var skilgreint verkefni þar sem markmiðið var að kanna möguleika á að setja upp “ódyran” búnað á Íslandi, þar sem hægt er að gera hraðað álagspróf á veghlot í skala 1:1, eða hugsanlega í minni skala ef það væri mögulegt. Gert var ráð fyrir að kanna heimildir um slíkan búnað, hvaða möguleikar eru fyrir hendi og hvað hann gæti kostað. Meðal annars átti að nýta upplýsingar frá verkefninu COST 347 (“Pavement Research with Accelerated Loading Testing Facilities”). Þessi skýrsla fjallar um verkefnið en styrkur fékkst til þess frá Rannsóknna og þróunarsjóði Vegagerðarinnar.

2. “Smærri tæki” til álagsprófa

Í verkefninu COST 347, voru teknar saman upplýsingar um búnað til hraðaðra álagsprófa, sem til er í Evrópu [2]. Í verkefninu er slíkur búnaður skilgreindur á eftirfarandi hátt: “...*installation where a full or reduced-scale pavement section consisting of several layers can be tested by means of rolling wheels or any other device that simulates traffic loading...*” [2, bls 5]. Safnað var upplýsingum um tæki sem eru, eða hafa verið í notkun í Evrópu og fundust 19 slík. Sendir voru spurningalistar til þeirra sem hafa með tækin að gera, þar sem spurt var um eiginleika þeirra, hvernig mælibúnaður væri notaður og hvernig ástand prófaðra veghlota væri metið. Svör bárust fyrir 15 tæki, sjá töflu 1.

Eins og fram kemur í töflu 1 eru þrjú þessara tækja merkt sem “Small-Scale”, tæki við háskólann í Oulu í Finnlandi og tvö við háskólann í Nottingham í Englandi. Annað tækið við Nottingham háskólann er með álagsbúnað sem gefur púlsálag á yfirborðið, en hitt með hjólálag. Af öðrum tækjum, sem ekki bárust upplýsingar um í þessu verkefni, má nefna tæki við Ulster-háskóla á Norður-Írlandi (“TRACKER”), sem flokkast sem “Small-Scale”.

Í viðauka 1 er stytt útgáfa af útfylltu spurningaeyðublað um tækið frá Háskólanum í Oulu í Finnlandi og í viðauka 2 eru upplýsingar um tækið sem notar hjólálag við háskólann í Nottingham. Á mynd 1 og mynd 2 eru teknar saman helstu upplýsingar um tækin.

Ef upplýsingarnar á myndum 1 og 2 eru bornar saman, sést að tækið í Nottingham er töluvert meira umfangs en tækið í Oulu. Finnska tækið getur þó sett meira álag á

¹ Hér er orðið *veghlot* notað yfir það sem áður hefur verið nefnt “veguppbygging”.

uppbygginguna (athugið að miðað er við “öxulálag”, þannig að raunálag er helmingur af því sem fram kemur), en hjólið getur ekki færst til hliðar eins og í hinu tækinu. Í viðaukum 1 og 2 kemur fram að notað er hjól af “gaffal-lyftara” í Nottingham, en í Finnlandi er talað um “aðra gerð”, sem þó virðist af svipaðri stærð og lyftarahjól. Bæði tækin takmarkast við að hafa einfalt hjól.

Nokkur munur er á hraða sem tækin ná. Tækið í Nottingham getur náð 12 km/klst hraða, sem er sá sami og er á sænsk-finnska HVS-tækinu. Finnska tækið nær aðeins hraðanum 5 km/klst vegna þess að það fer mun styttri vegalengd fram og til baka. Þessi stutta vegalengd veldur því hins vegar að gert er ráð fyrir að hægt sé að ná mun fleiri álagsendurtekningar á tímaeiningu í finnska tækinu en því enska.

Þessi samanburður tækjanna sýnir, að það er í raun álagsbúnaðurinn í Nottingham, sem gerir að tækið er flokkað sem “smærra tæki”. Finnska tækið og búnaðurinn er allur minni í sniðum almennt, þó gert sé ráð fyrir að prófa vegbyggingu í skala 1:1.

Skýrsluhöfundur bærur upplýsingar um “Tracker”-tækið við Ulster háskóla, með tölvupósti frá David Woodward [3]. Tækið sést á mynd 3. Samkvæmt þeim upplýsingum er tækið afar einfalt. Það var tiltölulega ódyrt í uppsetningu, en álagið er sett á með vogarstangarafli, sem reynist slitna nokkuð við langtíma próf. Tækið getur ekki dreift álaginu þvert á yfirborðið, en efnið er byggt inn í 2x3x1 m kassa. Samkvæmt upplýsingum getur tækið sett álag á uppbygginguna, sem jafngildir “super single standard axle”, eða hámarks álagi á öxul með tvö hjól á öxulenda (sem er 100 kN, þannig að tækið ætti að geta gefið 50 kN álag). Hjólið, sem er í fólksbílastærð² nær mest um 4,2 km/klst hraða, en vegna þess hve það fer stutta vegalengd er það að auka hann að þessum punkti og hægja á sér strax aftur eftir það. Hjólið getur farið 44 umferðir á mínútu. Samkvæmt upplýsingum frá David Woodward, er hægt að koma ýmsum mælibúnaði fyrir í uppbyggingunni og mæla svörun hennar gagnvart álagi. Þar sem hjólið getur ekki færst til hliðar, hefur mælibúnaði verið komið fyrir á miðlínu og einnig utan hennar, til að geta skoðað áhrif dreifingar álagsins. Vegna smáðar kassans sem vegbúturinn er byggður í, er fjöldi mæla takmarkaður. Í ákveðnum verkefnum hefur reynst vel að vera með frauðplast af ákveðinni gerð til að líkja eftir undirbyggingu.

² Notað hefur verið dekk af gerðinni Goodyear G800, sem er trúlega ekki til lengur, en var notað á breska sportbíla hér áður fyrr.

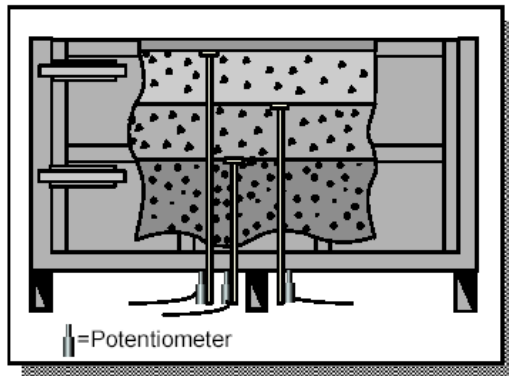
Tafla 1: Upplýsingar um tæki sem safnað var í vinnu COST 347 verkefnisins [2, bls 6]

IDENTIFIER	INSTITUTION	COUNTRY	CITY	Type
LAVOC	Laboratoire des Voies de Circulation (LAVOC) Département de Génie Civil (DGC) Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL)	CH Switzerland	Lausanne	Linear Test Track
ETHZ	Swiss Federal Institute of Technology (ETH)	CH Switzerland	Zürich	Circular Test Track
BASt	Federal Highway Research Institute (BASt)	D Germany	Bergisch Gladbach	Hydraulic Actuators
TU Dresden (*)	Technische Universität Dresden	D Germany	Dresden	Hydraulic Actuators
RTM	Technical University of Denmark Danish Road Institute	DK Denmark	Lyngby	Linear Test Track
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	E Spain	Madrid	Linear Test Track
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées	F France	Nantes	Circular Test Track
U OULU (*)	University of Oulu	FIN Finland	Oulu	Linear Test Track (Small-Scale)
LINTRACK	Delft University of Technology (DUT) Road and Hydraulic Engineering Division of Ministry of Transport, Public Works and Water Management (DWW)	NL Netherlands	Delft	Linear Test Track
LIRA	Technical University "Gh. Asachi", Faculty of Civil Engineering and Architecture	RO Romania	Iasi	Circular Test Track
HVS-Nordic	Swedish Road and Transport Research Institute (VTI) Technical Research Centre of Finland (VTT)	S FIN Sweden / Finland	Linköping / Helsinki	Linear Test Track
KSD (*)	VUIS-CESTY Ltd. (Research Institute)	SK Slovakia	Bratislava	Circular Test Track
TRL	TRL	UK United Kingdom	Crowthorne	Linear Test Track
U Nott-PTF	University of Nottingham	UK United Kingdom	Nottingham	Linear Test Track (Small-Scale)
U Nott-HLF	University of Nottingham	UK United Kingdom	Nottingham	Linear Test Track (Small-Scale) & Hydraulic Actuators

Id: U OULU	Pavement Test Facility	Oulu
Institution: University of Oulu		Finland

Type: Linear Test Track

Construction (commissioned): 1994



Dimensions

Pavement length	1.2 m
Useful testing length (at constant speed)	0.4 m

Loading

Range of Load ⁽¹⁾	14-50 KN
Transverse distribution	-
Loading direction	↔ ↔

⁽¹⁾ Wheels loads (half axle) are converted to the corresponding axle loads.

Axle configuration

—

Speed

Vehicle Speed (max.)	5 km/h
Test frequency (max.) (passes/hour/section)	2000
Practical output (loadings/month/section)	430.000

Sections

No. of Sections	1
Thickness	600 mm
Width	900 mm

Measured Variables

	Surface	Asphalt	Unbound Layers	Subgrade
Temperature		x		
Moisture content			x	
Suction				
Deflection (transient)			x	x
Vertical Stress			x	
Horizontal Stress				
Vertical Strain				
Horizontal Strain				

Environmental control

Placement	Indoors
Air temperature	③
Pavement temperature	②*
Air moisture	-
Freeze-thaw cycles	-
Water table	②
Rainfall	-

- ① monitored
 ② partially controlled
 ②* indirect control (air temperature)
 ③ totally controlled

Contact people:

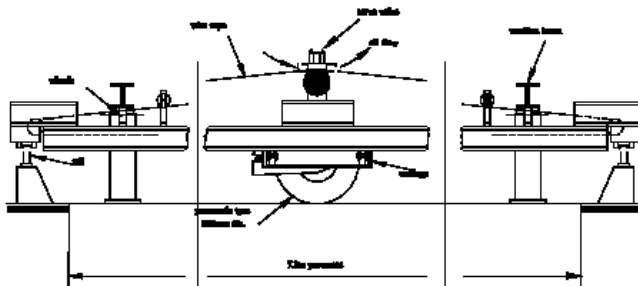
- Esko EHROLA (esko.ehrola@oulu.fi)
- Teuvo RYYNÄNEN (teuvo.ryynanen@oulu.fi)

Mynd 1: Upplýsingar um tæki við háskólann í Oulu í Finnlandi.

Id: U Nott-PTF	Pavement Test Facility	Nottingham
Institution: University of Nottingham		United Kingdom

Type: Linear Test Track

Construction (commissioned): 1975



Dimensions

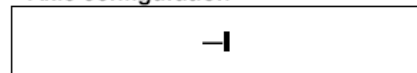
Pavement length	4 m
Useful testing length (at constant speed)	4 m

Loading

Range of Load ^(*)	10-30 kN
Transverse distribution	± 300 mm
Loading direction	↔ ↔

^(*) Wheels loads (half axle) are converted to the corresponding axle loads.

Axle configuration



Speed

Vehicle Speed (max.)	12 km/h
Test frequency (max.) (passes/hour/section)	800
Practical output (loadings/month/section)	111.000

Sections

No. of Sections	2
Thickness	1400 mm
Width	2400 mm

Measured Variables

	Surface	Asphalt	Unbound Layers	Subgrade
Temperature		x		
Moisture content				
Suction				
Deflection (transient)				
Vertical Stress			x	x
Horizontal Stress			x	x
Vertical Strain			x	x
Horizontal Strain		x	x	x

Environmental control

Placement	Indoors
Air temperature	③
Pavement temperature	②* or ③
Air moisture	-
Freeze-thaw cycles	-
Water table	-
Rainfall	-

- ① monitored
- ② partially controlled
- ②* indirect control (air temperature)
- ③ totally controlled

Contact people: Barry BRODRICK (barry.brodrick@nottingham.ac.uk)

Mynd 2: Upplýsingar um tæki við háskólann í Nottingham í Englandi.



Mynd 3: “Tracker”, tæki til álagprófunar við Ulster háskólann
[<http://www.engj.ulst.ac.uk/SCOBE/TRAC/tracker.htm>]

3. “Niðursköluð” tæki til álagsprófa

Þegar talað er um “niðursköluð” próf, er hér átt við prófanir sem eru ekki í skala 1:1, hvorki hvað varðar álag né veghlot sem prófað er. Í heimild [4] er fjallað um slík próf, en þar segir: “*Small scale testing of pavement materials provides an alternative means for preliminary indicator or ranking tests prior to, or in place of, expensive full-scale Accelerated Pavement Testing (APT)*” (undirstrikun skýrsluhöfundar). Eins og þarna kemur fram eru próf af þessu tagi, þ.e.a.s. próf í minni skala en 1:1, nefnd sem nokkurs konar forpróf fyrir próf í fullum skala, en einnig er ýjað að því að þau komi til greina ein og sér. Forprófin eru gerð til að finna kritíska þætti í prófunum áður en fullskala prófið er gert, til þess að auka á öryggi prófsins og til að fá sem mest út úr því [5]. Nýting niðurstaðna slíkra skalaðra prófa til að spá fyrir um raunverulega hegðun veghlota er afar fýsilegur kostur, þar sem hægt er að gera þau fyrir brot af kostnaði af fullskalaprófum [5]

Í heimild [5] er meðal annars fjallað almennt um sköluð próf og lögmál hermifræðinnar (“theory of similitude”), þ.e.a.s. hvaða lögmál gilda þegar gert er skalað líkan af raunverulegum hlut til að prófa. Almennt gildir að allar breytur með sömu eðlisfræðilegu eiginleika þurfa að vera skalaðar á sama hátt frá raunveruleikanum til líkansins. Það er þó yfirleitt ekki mögulegt að skala alla þætti, en líkanið getur samt gefið réttar upplýsingar ef tryggt er að þær breytur sem ekki er hægt að skala hafi ekki veruleg áhrif á mælda eiginleika, bæði í raunveruleikanum og í líkaninu.

Þrjár breytur eru mikilvægar í flestum aflfræðilegum vandamálum, þ.e. lengd, massi og tími [5]. Breytur sem hafa áhrif á hegðun veghlots undir hreyfanlegu álagi eru: þykktir, massi, rúmþyngd og fjaðureiginleikar (fjaðurstuðull, E og Poissons hlutfall, γ) efna í mismunandi lögum. Við líkanagerð getur skölun þessara mismunandi breyta verið mismunandi innbyrðis. Ekki verður farið nánar út í það hér, en í heimild [5] er greint frá niðurstöðum athugunar sem gerð var, með því að nýta fræðileg reiknilíkön,

á áhrifum skölunar á niðurstöður. Út úr því kom að ef gert er ráð fyrir að efnið sé línulega fjaðrandi yrðu niðurstöður hinar sömu fyrir fullskala próf og niðurskalað próf í líkani ef líkanið væri skalað á eftirfarandi hátt:

Lengd, 1:N
Álag, 1:N²
Tími álags: 1:N
Efniseiginleikar, 1:1
Þrýstingur álags á yfirborð, 1:1

Þetta þýðir til dæmis að ef N er 10, þá ættu þykktir í líkaninu að vera 1:10 af þykkt í raun, álagið að vera 1:100 af raunálagi, en þó ætti loftrþrýstingur í dekki að vera hinn sami og raunverulegur þrýstingur (1:1). Í slíku líkani ætti einnig að skala kornastærðardreifingu efnis niður um hlutfallið 1:10 og í heimild [4] er sagt frá hvernig kornakúrfa er sköluð niður um 1:10, þó ekki nema niður að finasta sigtinu (0,075 mm). Efnið þar fyrir neðan er óbreytt.

4. Kostir og gallar "smærri tækja"

Það verður að telja til kosta "smærri tækja", að prófanir í þeim eru umfangsminni og ekki eins kostnaðarsamar og prófanir í tækjum í fullum skala. Í slíkum tækjum er mögulegt að gera margar af þeim mælingum sem gerðar eru í fullskala tækjum, s.s. mælingar á spennum, streitum og sigi eða samþjöppun. Hægt er að hafa hraða álagsins lítinn, en það telst kostur, en jafnframt er það ókostur að vegna smæðar tækja og "prófhlutar" er hámarkshraði álags lítill.

Ókostir við "smærri tæki" eru einnig ýmsir. Til dæmis er það ókostur að hámarksálagið er lítið og ekki sett á með hjóli af fullri stærð. Í "smærri tækjum" er líka yfirleitt ekki möguleiki á að vera með nema eitt hjól (parhjól koma ekki til greina) og erfitt er að koma hliðarfærslum hjólsins við vegna smæðar "prófhlutarins".

Prófanir í "smærri tækjum" gefa því niðurstöður, sem aðeins að hluta er hægt að yfirfæra beint á raunverulegar aðstæður. Hins vegar gefa þær góðan möguleika á samanburði milli mismunandi efna og uppbygginga. Í þessu sambandi er rétt að minna á að það á einnig við um próf í fullum skala; þau er ekki að fullu hægt að yfirfæra beint á raunverulegar aðstæður, þó munurinn sé minni en fyrir "smærri tæki".

5. Kostir og gallar "niðurskalaðra" tækja

Kostir "niðurskalaðra" tækja, eru að sjálfsögðu þeir að hægt er að gera próf á tiltölulega viðráðanlegan hátt inni á rannsóknastofu. Kostnaður við slík próf er aðeins brot af kostnaði við próf í fullum skala.

Gallar "niðurskalaðra" prófa eru hins vegar nokkrir. Helst er að nefna að þekking á áhrifum skölunar er e.t.v. ekki nægilega mikil enn. Í heimild [4] er rætt um að rannsaka þurfi kerfisbundið hvaða áhrif skölunin hefur. Niðurskölun efnis, til dæmis kornakúrfu, hefur einnig augljósan ókost í för með sér, þar sem ekki er víst að eiginleikar mismunandi kornastærða séu hinir sömu. Einnig er afar erfitt að skala niður efni finna en finustu sigti og getur það haft áhrif á niðurstöðurnar.

Það verður einnig að nefna hér að í heimild [2] er það tekið fram að mikilvægast við hraðað álagspróf er að tæki og "prófhlutar" séu í fullum skala, þannig að álag sé sem raunverulegast og hægt sé að byggja tilraunakaflann með tækjum eins og notuð eru í

raunveruleikanum. Augljóst er að "niðurskölud" próf eru langt frá því að geta uppfyllt þessar kröfur.

Skýrsluhöfundur spurðist fyrir um notkun "niðurskalaðra" prófa í sérfræðingahópi sem fjallar um hraðað álagspróf. Með tilvísun í heimildir [4] og [5], þar sem nefnt er að slíkar prófanir séu fýsilegar, var spurt hvort menn vissu um frekari þróun í þessa veru. Engin svör bárust, sem bendir til að ekki hafi tekist að þróa þetta eins og stefnt var að eða að áhugi hafi ekki verið nægur til þess.

6. Kostnaður við tæki

Í viðauka 2 kemur fram að stofnkostnaður við tækið í Nottingham háskóla, var 80.000 evrur, á verðlagi ársins 2001. Ekki kemur fram í viðauka 1 hver stofnkostnaður við finnska tækið var og ítrekaðar fyrirspurnir skýrsluhöfundar til tengiliða sem nefndir eru á skjölum um tækið, hafa ekki borið neinn árangur. Upplýsingar um stofnkostnað tækisins við Ulster-háskóla eru einnig af skornum skammti, nema nefnt er að það hafi verið tiltölulega ódýrt í byggingu. Ljóst er að ekki er hægt að segja fyrir um kostnað við uppsetningu tækja sem þessara hér, nema að undangengnum sérstökum athugunum.

7. Samantekt og tillögur

Ljóst er að afar dýrt er að gera hraðað álagspróf í skala 1:1, þar sem álag og veghlot eru í fullri stærð, eins og gert var í Svíþjóð vorið 2000 [1]. Því er mjög áhugavert að skoða möguleika á ódýrari útfærslu af slíkum prófum. Í þessari skýrslu hefur augum verið beint að tvenns konar útfærslum, annars vegar niðurskölud próf og hins vegar próf með smærri tækjum.

Meginkostur niðurskalaðra prófa er að þau má gera inni á rannsóknastofu og með tiltölulega litlum kostnaði. Þau eru hins vegar tæplega fýsilegur kostur, bæði vegna erfiðleika við að skala prófin niður og auk þess er þekking á áhrifum niðurskölunar tæpast nægilega mikil. Svo virðist sem ekki hafi verið unnið mikið með að þróa mælingar af þessu tagi, þótt ákveðinn áhugi hafi verið á því fyrir nokkrum árum.

Próf með smærri tækjum koma fremur til greina. Það virðist tiltölulega auðvelt að koma slíkum búnaði upp og möguleikar eru á að gera í þeim sambærilegar mælingar og gerðar voru í Svíþjóð. Slík tæki gætu einnig boðið upp á möguleika á annars konar mælingum á efnum, s.s. yfirborðsslit. Þó er það mjög háð því hvernig tækjabúnaðurinn er. Yfirborðsslit er yfirleitt mjög háð hraða og því kann að reynast erfitt að mæla slíkt með búnaði sem ekki getur náð nema litlum hraða miðað við venjulegan umferðarhraða.

Það er skoðun skýrsluhöfundar að þeir möguleikar sem prófanir af því tagi sem nefndar eru í þessari skýrslu gefa, séu það miklir að rétt sé að stefna að því að koma upp búnaði í þessa veru. Í því sambandi er ljóst að það þarf að gerast í samstarfi nokkurra aðila hérlendis. Nefna má Vegagerðina, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Háskólann og e.t.v. einhverja fleiri. Það er einnig skoðun skýrsluhöfundar að ekki skuli rasað um ráð fram í þessum efnum, en til dæmis að skoða niðurstöður verkefnis COST 347 í því sambandi, en þar er gert ráð fyrir að setja fram tillögur um hvernig best sé að standa að hröðuðum álagsprófum.

Næstu skref í málinu eru að gera frumhönnun á hugsanlegu tæki af "smærri gerð" og forkönnun á kostnaði samfara byggingu þess. Hér er lagt til að fulltrúar frá áðurefndum aðilum, myndi vinnuhóp til að skoða framhald í þessa veru.

Heimildir:

- [1] Þórir Ingason: "*HVS-Nordic – Íslensk þátttaka – framkvæmdaskýrsla*", Vegagerðin og Rb, desember 2000.
- [2] Andrew Dawson, Gregers Hildebrand, Thomas Hofbauer, Angel Mateos, Leif G Wiman: "*Cost 347 Improvements in Pavement Research with Accelerated Load Testing, Work Package 1: "Inventory"*", intermediate report, júní 2002.
- [3] David Woodward: Tölvupóstur til Þóris Ingasonar, dagsettur: 19. desember 2002 og 18. febrúar 2003.
- [4] Martin van de Ven, André de Fortier Smit, K Jenkins and F Hugo: "*Scaled Down APT Considerations for Viscoelastic Materials*", Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologist, volume 67, 1988.
- [5] Seong-Min Kim, Frederick Hugo, Jose M. Roeset: "*Small-Scale Accelerated Pavement Testing*", Journal of Transportation Engineering, Vol. 124, No.2, March/April, 1998.

Viðauki 1

Upplýsingar um tæki við háskólann í Oulu í Finnlandi.

GENERAL

- Country: Finland
- City: Oulu
- Institution: University of Oulu
- Name of Facility: Pavement Test Facility (PTF)
- Construction (commissioned) year: 1994

FACILITY DESCRIPTION

• TYPE

- Linear Test Track (rolling wheels)
- Circular Test Track (rolling wheels)
- Simulated Loading Device (e.g. pulse loading device)
- Other (describe):

• PLACEMENT

- Fixed inside
- Fixed outside
- Mobile

• DIMENSIONS

- Pavement length:
 - Overall length: 1.2 m
 - Useful testing length: 0.4 m
 - Mean diameter (Loading diameter) for circular test tracks:
- Concrete Test Pit: No Yes → width:
height:

• LOADING DESCRIPTION

- Rolling wheels:
 - Loading: Dead load Hydraulic/pneumatic device Mechanical device Other (describe):
 - * How do you measure actual load? (e.g. known dead weight) measured weight
 - Number of arms (circular test tracks):
 - Axle type: Single axle / single wheel Single axle / dual wheel Tandem axle Other (describe):
 - * Yes (complete axle) No (half-axle)
 - Tire type: Standard truck tires

- Supersingle tires
- Scale tires (e.g. fork-lift tires)
- Solid tires
- Other (describe): 6.00 x R9
- Range of tire pressure:
- * How do you measure actual tire pressure? air-pressure gauge
- Suspension:
 - Pneumatic
 - Multileaf spring
 - Constant load by loading device
 - Other (describe):
- Propulsion:
 - Driven axle or wheels
 - Towed axle or wheels
 - Central pivot motor (circular test tracks)
 - Other(describe): hydraulic cylinder
- Loading direction:
 - One way
 - Two ways
 - Both (one way or two ways are possible)
- **ACCELERATED LOADING**
 - Range of Loads: 7..25 kN
 - Test speed:
 - Rolling wheels:
 - Speed (min., normal, max.; km/h): 5 km/h
 - Frequency (passes/hour/section): 800 one way/2000 two way
 - Time to apply 10^6 loads:
 - Theoretical minimal time: 500 h
 - Practical minimal time: 70 d
(including routine checking stops and periodic surveys)

SECTIONS

- Number of pavement sections that can be tested simultaneously: 1
- Pavement section dimensions:
 - Width: 0.9 m
 - Pavement thickness (including surface, base and subgrade): 0.6 m
 - Total mean length of a section: 1.2 m
 - Useful mean testing length of a section: 0.4 m
- Construction procedure:
 - Conventional procedure → Full scale plant
 - Reduced scale plant
 - Special procedure → Special plant
 - Manual

ENVIRONMENTAL CONTROL

- Air temperature control:

- No
- Partial → Describe control process:
- Yes → Range:
 - Describe control process:
 - * How do you measure air temperature?
- Pavement temperature control:
 - No
 - Indirect control through air temperature
 - Partial → Describe control process:
 - Yes → Range:
 - Describe control process:
- Air moisture control:
 - No
 - Yes → Describe control process:
 - * How do you measure air moisture?
- Freezing-thaw cycles control:
 - No
 - Yes → Describe control process:
- Water table level control:
 - Not monitored
 - Monitored but not controlled
 - Monitored and Describe control process:
 - Monitored an Describe control process:
- Rainfall control:
 - No rainfall is possible (e.g. indoors facility)
 - Natural rainfall
 - Natural rainfall supplemented when needed
 - Fully controlled → Describe control process:
 - * How do you measure rainfall?
- Other:

ECONOMY

- **Initial costs of ALT facility and related equipment** (in Euro 2001)
- **Annual fixed cost of ALT facility** (staffing, rent, insurance...)
- **Number of permanent ALT staff**
 - Engineers and other scientists

- Technicians
- Administrative

3

1

MISCELLANEOUS

- **GENERAL WRITTEN DESCRIPTION**

- Text

PAVEMENT TEST FACILITY AT UNIVERSITY OF OULU

The Pavement Test Facility has three main components (Figure 1):

- the mechanism including the loading wheel and hydraulics to move the wheel
- the measuring system consisting of instrumentation and computer controlled data logging system
- the test box, in which the road structure to be investigated is build

The dimensions of the test box are 1200*900*600 mm (1*w*h) allowing a structure with maximum thickness of 600 mm to be tested. The test box is removable.

The instrumentation may consist of potentiometers measuring vertical deflections, pressure cells, laser sensors to measure the surface profile, temperature sensors (AC), and a sensor to locate the wheel position. Potentiometers are used to measure the elastic and permanent deformations (Figure 2).

The wheel load can be chosen between 7 ... 25 kN. The tyre is a smooth surface wheel of a forklift truck and the size is 6.00-R9. The tyre pressure is adjustable. As an example, a wheel load of 10 kN with tyre pressure 600 kPa causes approximately a surface stress of 700 kPa. The wheel speed in the middle of the test box is 1.4 m/sec (about 5 km/h). The loading can be either unidirectional or bi-directional. During the tests the whole device is inside a noise absorbing chamber, where temperature can be regulated between +5 °C and +60 °C.

- Pictures and schemes



Figure 1. Pavement Test Facility at the University of Oulu

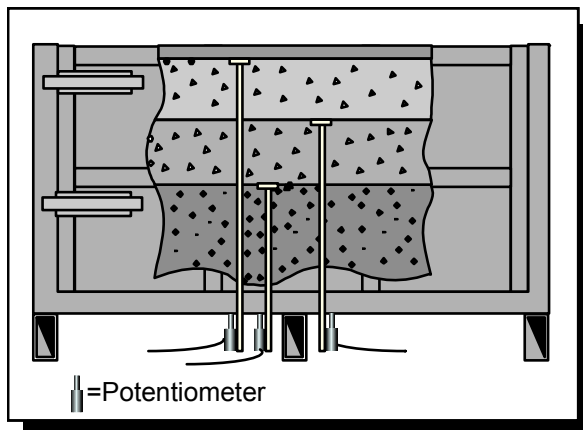


Figure 2. Schematic cross-section of potentiometer assembly in the test box

Note: This item (GENERAL DESCRIPTION) is intended to provide a clear description of the facility. Please include several paragraphs describing items like geometry, dimensions, physical characteristics of the facility, the way load is applied, or any other aspect you consider of interest. Please add some pictures and schemes to support the description. (See an example in the Appendix).

- Please add any other information or remarks that you consider of interest.

Current transducers

- 2 laser transducers
- 3 potentiometers
- 3 pressure cells
- Pt100 temperature sensors

Expandable up to 256 channels

A pavement test facility (PTF) can be used to determine the effects of the unbound base course material, loading, structure and external conditions on permanent and elastic deformations in the structure.

Thickness, grain size distribution, voids content and moisture content are controlled in every layer.

Viðauki 2

Upplýsingar um tæki við Nottinghamháskóla í Englandi

GENERAL

- Country:

UK

- City:

Nottingham

- Institution:

University of Nottingham

- Name of Facility:

Pavement Test Facility

- Construction (commissioned) year:

1975

FACILITY DESCRIPTION

• TYPE

- Linear Test Track (rolling wheels)
- Circular Test Track (rolling wheels)
- Simulated Loading Device (e.g. pulse loading device)
- Other (describe):

• PLACEMENT

- Fixed inside
- Fixed outside
- Mobile

• DIMENSIONS

- Pavement length:
 - Overall length:

7m

 - Useful testing length:

4m

 - Mean diameter (Loading diameter) for circular test tracks:
- Concrete Test Pit: No Yes \rightarrow width:

2.4m

 height:

1.4m

• LOADING DESCRIPTION

- Rolling wheels:
 - Loading:
 - Dead load
 - Hydraulic/pneumatic device
 - Mechanical device
 - Other (describe):
 - * How do you measure actual load? (e.g. known dead weight)

Strain gauges on loading levers

- Number of arms (circular test tracks):
- Axle type:
 - Single axle / single wheel
 - Single axle / dual wheel
 - Tandem axle
 - Other (describe):

- * Yes (complete axle)
- No (half-axle)
- Tire type:
 - Standard truck tires
 - Supersingle tires
 - Scale tires (e.g. fork-lift tires)
 - Solid tires
 - Other (describe):
- Range of tire pressure:
 - * How do you measure actual tire pressure?
- Suspension:
 - Pneumatic
 - Multileaf spring
 - Constant load by loading device
 - Other (describe):
- Propulsion:
 - Driven axle or wheels
 - Towed axle or wheels
 - Central pivot motor (circular test tracks)
 - Other(describe):
- Loading direction:
 - One way
 - Two ways
 - Both (one way or two ways are possible)
- **ACCELERATED LOADING**
 - Range of Loads:
 - Transverse distribution of loading:
 - Total lateral displacement: (*distance between centres of wheel tracks, not between outer edges*)
 - Step intervals:
 - Automatic transverse distribution No
 - Yes → Describe:
 - Test speed:
 - Rolling wheels:
 - Speed (min., normal, max.; km/h):
 - Frequency (passes/hour/section):
 - Time to apply 10⁶ loads:
 - Theoretical minimal time:
 - Practical minimal time: (including routine checking stops and periodic surveys)

SECTIONS

- Number of pavement sections that can be tested simultaneously:
- Pavement section dimensions:

- Width:

2.4m

- Pavement thickness (including surface, base and subgrade):

1.4m

- Total mean length of a section:

7m

- Useful mean testing length of a section:

2m

- Construction procedure:

<input type="checkbox"/> Conventional procedure →	<input type="checkbox"/> Full scale plant
	<input type="checkbox"/> Reduced scale plant
<input checked="" type="checkbox"/> Special procedure →	<input type="checkbox"/> Special plant
	<input checked="" type="checkbox"/> Manual

ENVIRONMENTAL CONTROL

- Air temperature control:

<input type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Partial →	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>	
<input checked="" type="checkbox"/> Yes →	Range: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>16 to 40 degrees c</td></tr></table>	16 to 40 degrees c
16 to 40 degrees c		
	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>Heaters and coolers</td></tr></table>	Heaters and coolers
Heaters and coolers		
* How do you measure air temperature?	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>Thermocouple</td></tr></table>	Thermocouple
Thermocouple		
- Pavement temperature control:

<input type="checkbox"/>	No	
<input checked="" type="checkbox"/>	Indirect control through air temperature	
<input type="checkbox"/> Partial →	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>	
<input checked="" type="checkbox"/> Yes →	Range: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>16 to 30 degrees c</td></tr></table>	16 to 30 degrees c
16 to 30 degrees c		
	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>Heaters and coolers</td></tr></table>	Heaters and coolers
Heaters and coolers		
- Air moisture control:

<input checked="" type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> Yes →	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>
* How do you measure air moisture?	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>
- Freezing-thaw cycles control:

<input checked="" type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> Yes →	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>
- Water table level control:

<input checked="" type="checkbox"/> Not monitored	
<input type="checkbox"/> Monitored but not controlled	
<input type="checkbox"/>	Monitored and Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>
<input type="checkbox"/>	Monitored an Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>
- Rainfall control:

<input checked="" type="checkbox"/> No rainfall is possible (e.g. indoors facility)	
<input type="checkbox"/> Natural rainfall	
<input type="checkbox"/> Natural rainfall supplemented when needed	
<input type="checkbox"/> Fully controlled →	Describe control process: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"></table>

* How do you measure rainfall?

- Other:

ECONOMY

- **Initial costs of ALT facility and related equipment** (in Euro 2001)
- **Annual fixed cost of ALT facility** (staffing, rent, insurance...)
- **Number of permanent ALT staff**
 - Engineers and other scientists
 - Technicians
 - Administrative

80,000
48,000 (based on hire charge of £2500/month)
2
1

MISCELLANEOUS

- **GENERAL WRITTEN DESCRIPTION**

- Text

- Pictures and schemes

Note: This item (GENERAL DESCRIPTION) is intended to provide a clear description of the facility. Please include several paragraphs describing items like geometry, dimensions, physical characteristics of the facility, the way load is applied, or any other aspect you consider of interest. Please add some pictures and schemes to support the description. (See an example in the Appendix).

Longitudinal Elevation:

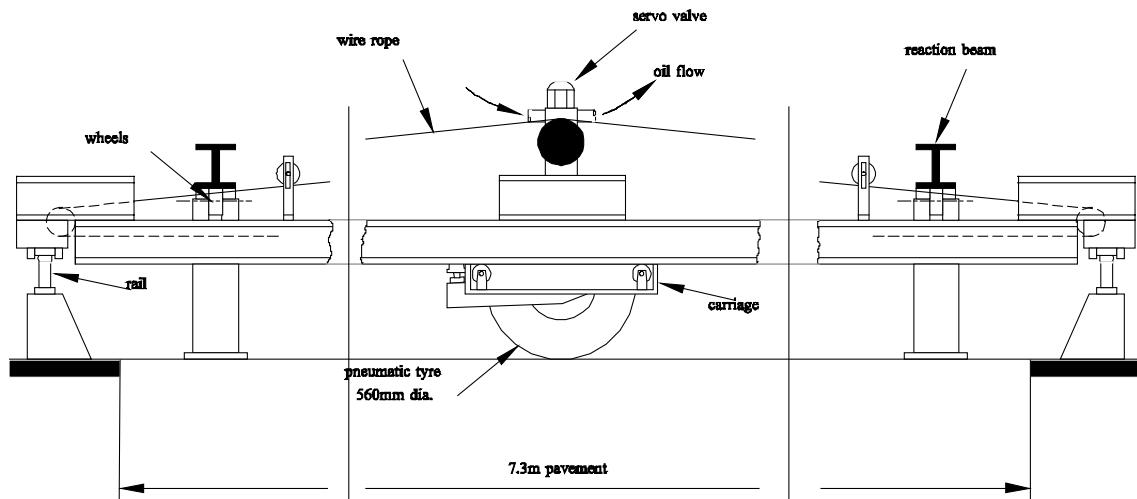


Photo:

