



MANNVIT



RANNSÓKNARVERKEFNI

LOFTRÆSTING JARÐGANGA UPPFÆRT REIKNILÍKAN

LOKASKÝRSLA

VERKNÚMÉR: 7-009-304						
SKJALANÚMÉR: SK-V04-001						
NÚGILDANDI ÚTGÁFA: 1						
1	8.4.2015	1. útgáfa	SPS	VEP		
ÚTGÁFA	DAGS. ÚTG	LÝSING	HÖFUNDUR	RÝNIR	SAMPYKKT	VERKKAUPI

Efnisyfirlit:

1. Inngangur	1
2. Bakgrunnur og forsaga.....	1
3. Forsendur og aðferðarfræði.....	1
4. Niðurstöður	2

1. Inngangur

Mannvit sótti um og fékk styrk hjá Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar árið 2014 fyrir verkefni við að uppfæra reiknilíkan fyrir loftræstingu í jarðgöngum.

Verkefnið var unnið af Sigurði Páli Steindórssyni og Guðna Inga Pálssyni hjá Mannviti. Fyrir hönd Vegagerðarinnar kom að verkefninu Gísli Eiríksson.

2. Bakgrunnur og forsaga

Loftræsting jarðganga er annars vegar ætluð til að losa mengun úr göngum og hins vegar til að hafa stjórn á dreifingu reyks og varma í göngum við bruna. Hún er nauðsynleg til að tryggja öryggi og heilsu vegfarenda eins og kostur er og jafnframt stuðla að öruggri og skjótri aðkomu slökkviliðs í tilviki bruna.

Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2004/54/EB frá 2004 um lágmarksöryggiskröfur fyrir jarðgöng í samevrópska vegakerfinu var innleidd á Íslandi með reglugerð 992/2007¹ um öryggiskröfur fyrir jarðgöng.

Reglugerðin kveður á um að hönnun, uppsetning og rekstur loftræstikerfis í jarðgöngum skuli taka mið af mengun frá bílaumferð og varma- og reykdreifingu í tilfelli bruna. Hins vegar eru ekki tilgreindar lágmarkskröfur m.t.t. þessara þátta heldur er gert ráð fyrir að kröfurnar séu leiddar út frá niðurstöðum áhættumats.

Til viðmiðunar hefur verið stuðst við leiðbeiningar norsku Vegagerðarinnar, Håndbok N500² (áður 021), við hönnun loftræstikerfa í íslenskum jarðgöngum. Viðmiðanir í handbókinni fyrir útreikninga á loftræstipörf eru e.t.v. bæði strangar og í sumum tilvikum ófullnægjandi eins og fyrri reynsla hefur bent til. Enda eru gefin fyrirmæli um að við endanlega hönnun loftræstikerfis skuli framkvæma útreikninga á þrýsti- og hitadreifingu í göngunum fyrir mismunandi tilfelli.

Þetta veldur hugsanlegu ofmati á blásarapörf; takmarkaðar upplýsingar fást til að styðja við áhættumat og viðbragðsáætlanir; og erfitt er að átta sig á því hvernig best er að stýra loftræstingu til að tryggja öryggi og heilsu vegfarenda og slökkviliðs á hagkvæman máta.

3. Forsendur og aðferðarfræði

Til að meta loftræstipörf með nákvæmari og ítarlegri hætti en áður hefur verið mögulegt var fyrra reiknilíkan, í forritinu Excel, fyrir loftræstingu jarðganga endurbætt og uppfært. Fyrra líkanið var til hjá Mannviti og hefur áður verið notað við mat á loftræstipörf í jarðgöngum.

Markmiðið var að með uppfærðu líkani væri hægt að skoða afköst loftræstikerfis við mismunandi skilyrði, bæði m.t.t. loftgæða og reyklosunar.

Fyrir mengunarlosun er notast við leiðbeiningar úr handbók N500. Veðurskilyrði og umferðarþungi eru skilgreind og líkanið reiknar út lágmarkskröfur til loftræstingar. Tekið er tillit til þess hvort umferð gangandi og hjólandi vegfarenda er leyfð.

Fyrir reyklosun er notast við reiknilíkan fyrir hitadreifingu í jarðgöngum við bruna sem þegar var til í fórum Mannvits. Þetta líkan fyrir hitadreifingu var felld inn í fyrirliggjandi reiknilíkan fyrir loftræstingu og

¹ [Reglugerð nr. 992/2007 um öryggiskröfur fyrir jarðgöng](#)

² [Håndbok N500: Vegtunneler \(2014\)](#)

bætt við útreikningum á þrýstifalli. Tekið er tillit til samþjappanlegs loftflæðis og til að meta stök töp yfir bruna er notast við líkan fyrir Rayleigh flæði.

Rannsakaðar voru aðferðir til að meta krítískan lofthraða til að halda aftur af bakstreymi (e. backlayering) reyks í jarðgöngum. Þetta er mikilvægt til að geta ákvarðað lágmarksloftræstipörf til reyklosunar enda er aðferðum til að meta lágmarkslofthraða við reyklosun mjög ábótavant í handbók N500. Meðal annars var haft samband við Hauk Ingason, aðstoðarprófessor við brunaöryggisdeild Lundarháskóla og sérfræðing í brunatækni við Rannsóknarstofnun Svíþjóðar – SP, til að fá sérfræðilít á því hvaða aðferð sé nákvæmust til að meta krítíska lofthraðann. Haukur hefur verið í fararbroddi við rannsóknir á áhrifum bruna í jarðgöngum og því var dýrmætt að fá aðstoð frá honum. Útreikningar á krítískum lofthraða samkvæmt rannsóknum Li et al³ og bandaríska staðlinum NFPA 502⁴ eru hluti af uppfærðu loftræstireiknilíkani.

Einnig er tekið tillit til tímaháðrar þróun bruna og loftræstingar en þetta hjálpar til við áhættumat og gerð viðbragðsáætlana. Notast er við þekktu stuðla fyrir þróun og hnignun bruna með veldisfalli.

Loks var sett upp viðmót til notkunar á reiknilíkaninu sem skilar niðurstöðum í tölulegu og myndrænu formi. Horft var til þess að notkun á líkaninu væri einföld og skilaði skjóttum og skýrum niðurstöðum.

4. Niðurstöður

Reiknilíkan fyrir loftræstingu jarðganga hefur verið endurbætt og uppfært á áhrifaríkan máta. Með uppfærðu líkani er tekið tillit til ýmissa þátta sem áður var erfitt eða ómögulegt að meta. Hægt er að skilgreina á einfaldan máta forsendur fyrir útreikninga, svo sem legu og gerð ganga, umferðarþunga og veðurskilyrði, stærð og staðsetningu bruna, loftræstiátt og upplýsingar um blásara. Niðurstöður útreikninga á loftræstipörf, afköstum fyrirbyggjandi loftræstikerfis, krítískum lofthraða, hitadreifingu og þrýstifalli, náttúrulegum trekk í göngum og stimpiláhrifum bílaumferðar eru gefnar á tölulegu og myndrænu formi. Einfalt er að skoða hvaða áhrif mismundandi skilyrði hafa á afköst loftræstingar.

Uppfærða líkanið hjálpar þannig til við nákvæmara mat á loftræstipörf sem getur skilað sér í betri vandaðri hönnun og stýringu loftræstikerfa og lægri stofn- og rekstrarkostnaði. Líkanið hjálpar einnig til við gerð áhættumats, viðbragðsáætlana og leiðbeininga fyrir slökkvilið og stuðlar þannig að bættu öryggi og meiri heilsuvernd vegfarenda og slökkviliðs.

Líkanið hefur verið notað við mat á loftræstikerfum í norskum veggöngum með góðum árangri. Niðurstöður útreikninga hafa verið sannreynðar með mælingum á lofthraða í Innfjordtunnelen og Måndalstunnelen í Rauma sveitarfélaginu í Møre og Romsdal fylkinu í Noregi. Þetta styrkir niðurstöður verkefnisins og rennir stoðum undir þá aðferðarfræði sem beitt er og ýtir jafnframt undir grun um að leiðbeiningar í handbók N500 séu of strangar og leiði í mörgum tilvikum til ofmats á blásaraþörf.

Fróðlegt væri að mæla lofthraða í íslenskum veggöngum og bera saman við niðurstöður líkansins út frá forsendum handbókar N500. Þannig væri hægt að kvarða líkanið fyrir íslenskar aðstæður og meta með nákvæmari hætti afköst loftræstikerfa.

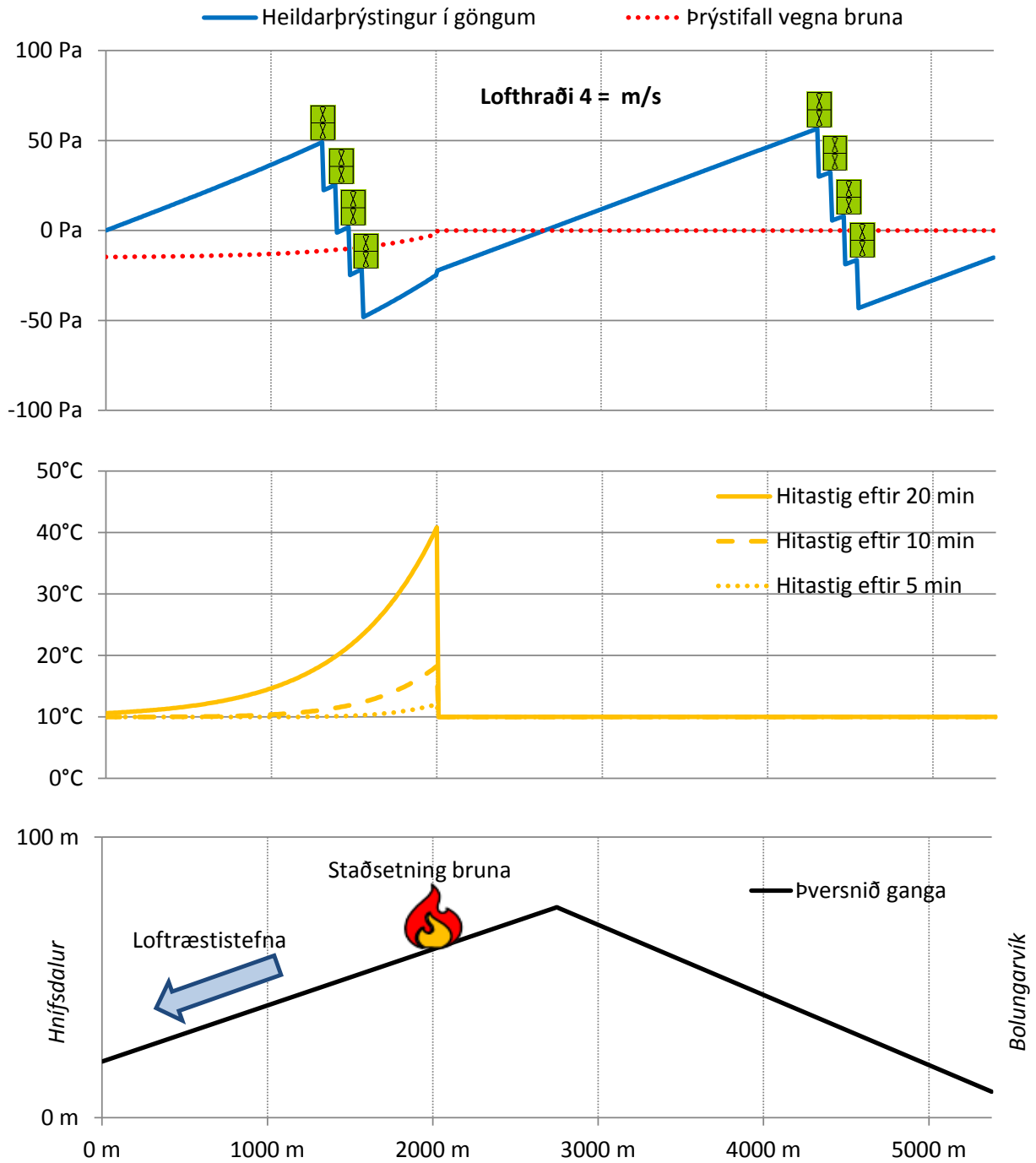
Hluti af viðmóti reiknilíkansins er sýndur á mynd 1 og á mynd 2 er sýnd myndræn niðurstaða líkansins fyrir útreikninga á reyklosun í Óshlíðargöngum þegar 10 MW bílbruni hefur orðið 2 km frá Hnífsdalsmunna. Þegar jafnvægi er náð nær kerfið að viðhalda 4 m/s lofthraða í göngunum en útreiknaður krítískur lofthraði er 3,1 m/s. Ekki er gert ráð fyrir neinni náttúrulegri loftmótstöðu.

³ Li YZ, Lei B, Ingason H (2010) Study of critical velocity and backlayering length in longitudinally ventilated tunnel fires. Fire Safety Journal 45:361-370

⁴ NFPA 502: Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways. Útgáfa 2011

	A	B	C	D
1	Loftræstikerfi - Óshlíðargöng			
2		Uppfæra		
3	Gerð ganga			
4	Prófill:	T8		
10	H.ý.s. vinsti munna:	20 m		
12	Fjöldi vegkafla:	2		
13				
14		Lengd	Halli	
15	Vegkafli 1	2.750 m	2,0%	
16	Vegkafli 2	2.630 m	-2,5%	
17				
18	Heildarlengd ganga, L:	5.380 m		
19				
20	Forsendur brunareikninga			
21	Mesta stærð bruna, Q_{max} :	10 MW		
22	Staðsetning bruna, x_{bruni} :	2.000 m		
23	Loftræstiátt (1 eða -1):	-1	<--	
24	Hrífisstuðull, λ :	0,025		
25	Tími frá bruna, t:	1200 s		
42	Lofthraði við reyklosun, u:	3,96 m/s		
43	Krítískur hraði, u_c :	3,09 m/s		
44				
45	Umhverfisaðstæður			
46	Hitastig í göngum, T_g :	10°C		
47	Náttúruleg loftmótsstaða, P_{nat} :	0 Pa		
48				
49	Loftræstikerfi			
50	Normalkraftur blásara, F_H :	770 N		
51	Normalblástursátt (1 eða -1):	1	-->	
52	Tilbakavirkni, η :	100%		
53	Hitapól blásara:	200°C		
54	Kerfisstuðull, k_f :	0,8		
56	Fjöldi blásara í setti, n_k :	2		
57	Fjöldi blásara, N_k :	16		
58				
59		Staðsetning		
60	Blásarasett 1	1.310 m		
61	Blásarasett 2	1.390 m		
62	Blásarasett 3	1.470 m		
63	Blásarasett 4	1.550 m		
64	Blásarasett 5	4.310 m		
65	Blásarasett 6	4.390 m		
66	Blásarasett 7	4.470 m		
67	Blásarasett 8	4.550 m		
68				
69	Forsendur mengunarreikninga			
70	Umferðarálag, ADT:	300		

Mynd 1: Hluti af viðmóti nýja reiknilíkansins. Ýmsar forsendur skilgreindar fyrir Óshlíðargöng; niðurstöður líkansins eru birtar á tölulegu og myndrænu formi (sjá einnig mynd 2)



Mynd 2: Myndræn niðurstaða útreikninga uppfærða loftræstilíkansins fyrir Óslíðargöng þegar 10 MW bruni hefur orðið 2 km frá Hnífsdalsmunna