



Þurrís sem slökkviefni

Ari Ólafsson

Raunvísindastofnun Háskólans, Dunhaga 3, 107 Reykjavík

Ágrip

Þurrís, sem er frosið CO_2 , hefur ýmsa kosti sem slökkviefni framyfir hefðbundin slökkviefni eins og vatn og háþrýst fljótandi CO_2 . Þar er helst að telja að gasið sem af ísnum kemur er eðlisþyngra en vatnsgufa og heldur því súrefni betur frá eldmatnum, og ísnum má sprauta lengra en CO_2 af þrýstiflösku. Reykmyndun við slökkvistörf verður einnig mun minni þegar notaður er þurrís en með vatnsnotkun. Helsti óvissuþáttur um verkan þurríss á eld er hvort uppgufunarhraði íssins er nægur til að vega upp gastap vegna iðustrauma frá eldinum. Greint er frá tilraunum með að slökkva allt að 0.8m^2 olíuelda með þurrís.

1 Inngangur

Slökkviefni vinna á eldi með tvennum hætti; með kælingu á efninu sem brennur og með því að halda súrefni frá því. Vatn er sérlega góður kælimiðill þar sem hamskiptavarmi við suðu er óvenju stór. Rúmmálsaukning við hamskiptin vökvi \rightarrow gas er einnig óvenju stór fyrir vatn, og ryður það því miklu súrefni frá. En vatnsgufan er til muna eðlisléttari en andrúmsloftið og stoppar því stutt við. Vegna þessa galla og ýmissa annarra neikæðra hliðarverkana af vatnsnotkun, hafa menn beitt óhvarfgjörnum þungum gastegundum, svo sem CO_2 , Freon-tegundum og Halon, til að slökkva elda. Þessum efnum, sem eru í gasham við stofuhita og latm þrýsting, er ætlað að mynda gaspolla eða bólur á brunastað sem kæfa eldinn með því að halda súrefni frá. Þessi efni eru ekki rafleiðandi og valda ekki snertiskemmdum á því sem eldurinn náði ekki til eins og vatn gerir iðuglega.

Við bruna á kolvetnum myndast bæði vatnsgufa og CO_2 sem úrgangsefni. Þessi efni berast í uppstreymi frá eldinum með iðustraumum sem myndast vegna hitans frá eldinum. Sömu iðustraumar draga kaldara loft að rótum eldsins og fóðra hann á súrefni. Slökkvistörf með vatni eða þyngri lofttegundum miða að því að hægja á eða loka þessu aðstreymi súrefnis.

Vatni má sprauta tugi metra með háþrýstidælum, en gaskenndu slökkviefni af þrýstiflöskum sprautum við ekki nema fáeina metra svo því verður ekki beitt á annað en smærri elda. Þurrís, sem er CO_2 á föstu formi, má hins vegar sprauta sem mylsnu eða skjóta sem kögglum mun lengra en gaskenndu efni og gæti þess vegna hentað vel sem slökkviefni. Hér verður lýst tilraunum til að slökkva olíuelda með þurrís, og eiginleikar hans til slökkvistarfa bornir saman við eiginleika vatns.

Aðferðir og tól til að framleiða ísinn á hentugu formi og sprauta með háþrýstidælum hafa verið þróuð í “þurríslásturs-iðnaðinum” (e. dry ice blasting) [1]. Þar er þurrískornum blásið á fleti til að hreinsa burtu óhreinindi á svipaðan en mildari hátt og gert er

Tafla 1: Nokkrar kennistærðir fyrir CO₂ og vatn [2].

	CO ₂	H ₂ O	aths.
mólmassi	44g	18g	
frostmark	-78.4°C	0°C	1bar
uppgufunarvarmi	573 J/g	2256 J/g	
eðlismassahlutfall (ρ/ρ_{loft})	1.53	0.634	100°C
hamskiptaþanstuðull	1082	1673	100°C

bæði með háþrýstu vatni og sandkornum. Þessi tækni á uppruna sinn í flugvélaíðnaðinum við hreinsun á málningu af viðkvæmum flugvélaströkkum, en hefur á síðasta áratug breiðst hratt til margvíslegs iðnaðar, við hreinsun á verkfærum og færíböndum.

Ekki fundust heimildir um notkun þurríss sem slökkviefni, utan eins einkaleyfis á óraunhæfum hugmyndum um að slökkva skógarelda með því að skjóta stórum þurrís-hleðslum með fallstykki [3].

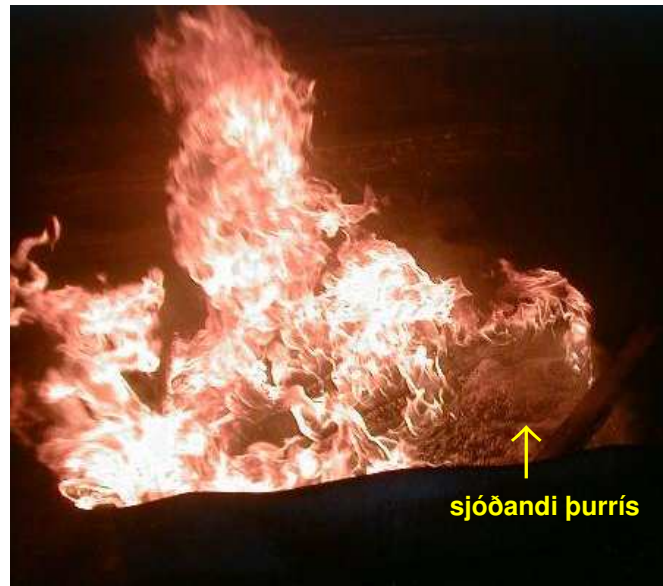
2 Efniseiginleikar þurríss og vatns

Þurrís dregur nafn sitt af því að CO₂ hefur engan vökvafasa við 1bar. Gasið gufar því beint upp af ísnum. Gufuþrýstingur fljótandi CO₂ er ~60bar við stofuhita.

Í töflu 2 eru bornar saman helstu kennistærðir CO₂ og vatns. Þar kemur fram að eðlismassi CO₂ er ~ 50% hærri en eðlismassi andrúmslofts en vatnsgufan er ekki nema ~ 60% af eðlismassa loftsins. Til þess að CO₂ gasbóla fljóti upp í 15°C heitu lofti þarf hitastig bóllunnar að vera $\geq 170^\circ\text{C}$. Þannig má vera ljóst að áhrif vatnsgufu til að halda súrefni frá eldnum eru mjög skammvinn, meðan CO₂ tregðast meira við. Þanstuðull vatns við fasaskiptin frá vökva í gufu er hinsvegar töluvert hærri en þanstuðull CO₂ við fasaskiptin frá ís til gass. Eitt kg af þurrís gefur 0.7m³ af gasi við 100°C og eina loftþyngd meðan 1kg af vatni gefur 1.6m³ af gufu við sömu aðstæður.



Mynd 1: Þurrís. Hægra megin eru ísstautar 10mm í þvermál og 10 til 30mm langir, vinstra megin er íssalli með kornastærð 1 til 3mm í þvermál.



Mynd 2: Olíueldur í 0.8m^2 pönnu. CO_2 kraumar af þurrísnum upp úr olíunni og hefur kæft eldinn í einu horni pönnunnar.

Við getum skilgreint hugtakið kælimátt á massaeiningu sem uppgufunarvarma að viðbættri varmarýmd við upphitun frá frostmarki til 100°C . Kælimáttur þurríss er aðeins 27% af kælimætti vatns í þessum skilningi og kemur það að stærstum hluta til vegna óvenju stórs uppgufunarvarma vatns.

3 Slökkvitilraun

Í samvinnu við Slökkvilið Höfuðborgarsvæðisins var þurrís reyndur sem slökkviefni á olíueld í 0.8m^2 pönnu með 15cm háum brúnum. Eldtungurnar náðu hæst á þriðja metra. Ísnum var dreift á eldinn með skóflum. Ísstautarnir eru 10mm í þvermál og 10–30mm langir. Þeir sökkva í olíuna og CO_2 gasið sýður upp úr henni. Pannan var ýmist í dyragátt gáms sem skýldi fyrir vindi, eða á opnu svæði. Stærstur hluti tilraunanna var festur á myndband til frekari greiningar.

200cm^2 spíraeldur innanhúss var kæfður með 2g af þurríssalla þegar best lét. Með ísstautum þurfti um 10g til að kæfa þennan eld, vegna minna yfirborðs á ísnum og þar með minni uppgufunarhraða.

4 Niðurstöður

Til að slökkva 0.8m^2 olíueld í pönnunni þurfti 2 til 4kg af þurrís. Uppgufunarhraði íssins stjórnar ísbörfinni og því er jöfn dreifing yfir eldinn áriðandi. Þar sem ísinn myndar hrúgu gufar aðeins af þeim stautum sem eru á yfirborði hrúgunnar. En hitastig olíunnar virtist líka hafa áhrif og tengist það væntanlega gufuþrýstingi olíunnar sem hækkar ört með hitastigi. Gas af olíunni getur skolað koltvísýringnum frá.

Iðustraumar frá eldinum skafa utan af CO₂ gasbólunni svo hraðinn á gasframleiðslunni þarf að vera meiri en þessu nemur til að gasið nái að kæfa eldinn. Ef kæling olfunnar nær ekki niður fyrir blossamark olúgufunnar þegar eldurinn kafnar, getur eldurinn blossað upp aftur þegar CO₂ gasið dreifist burt og súrefni kemst að aftur.

Þurrísinn vinnur að sjálfsögðu betur á eldi á aflokuðu svæði en þar sem opið er fyrir vindi. Þau 2–4kg sem þurfti til að slökkva eldinn mynda 1.4–2.8m³ af gasi, sem myndar 1.7–3.5m háan staffa ef gasinu er komið fyrir á 0.8m² grunnfleti pönnunnar.

Reykmyndun er til muna minni þegar slökkt er með þurrís en með vatnsúða, enda er reykurinn að stórum hluta vatnsgufa sem þéttst hefur á sótagfir. Skyggni á brunastað verður því betra. Þegar slökkt er í olfældi með vatni þarf að nota finan úða. Slökkviliðsmáðurinn þarf því í mikið návígi við eldinn svo gott skyggni er mikilvægt öryggisatriði.

Kostir þurríss:

- Þurrísinn er auðveldari í flutningum en fljótandi CO₂ þar sem hann kallar ekki á þungar háþrýstiumbúðir. Ísinn má flytja í léttum frauðeinangruðum plastkerjum.
- Ísnum má væntanlega sprauta 10 til 20 metra með tækni lík þeirri sem notuð er við hreinsun yfirborðsflata, “þurrísblæstri” (e. dry ice blasting). Þetta atriði var þó ekki sannreynt í tilrauninni þar sem búnaður var ekki fyrir hendi. Skotfjarlægð verður væntanlega háð kornastærð íssins. Vélar til framleiðslu á ís fyrir blástursiðnaðinn afkasta allt að 500kg/klst.
- Þurrís og gasið sem af honum kemur er ekki rafleiðandi, ekki tærandi og vegna eðlisþyngdar heldur gasið súrefni betur frá en vatnsgufa. Ísinn veldur því ekki sömu skemmdum á því sem eldurinn hlífir og gjarna verða við slökkvistörf með vatni eða kvoðu.
- Reykmyndun er til muna minni þegar eldur er slökktur með þurrís en með vatni, svo skyggni á brunastað verður betra.
- Gasið af þurrísnum flæðir betur um þröngar rásir en vatn og gæti hentað betur til að drepa glóð innan þilja.

Ókostir þurríss:

- Geymslutími íssins er aðeins talinn í dögum.
- Umgengni við ísinn er ekki hættulaus fyrir slökkviliðsmennina.

Þakkarorð

Þessar tilraunir voru gerðar innan ramma samstarfsverkefnis Raunvísindadeildar HÍ, Fræðslumiðstöðvar Reykjavíkur og samtakanna Heimili og Skóli, um verkefni í eðlisfræði og stærðfræði fyrir bráðger börn. Ríflega 30 börn á aldrinum 10 til 12 ára tóku þátt í þessum tilraunum og skipulagningu þeirra. ÍSAGA hf lagði til allan þurrís og Slökkvilið Höfuðborgarsvæðisins lagði til mannskap, tæki og æfingasvæði.

Heimildir

- [1] <http://www.dryice.com>
- [2] W. Braker and A.L. Mossmann, Matheson Gas Data Book, (Matheson Gas Products, Secaucus NJ 1980).
- [3] I.J. Primlani, "Fire extinguishing with dry ice", einkaleyfi US 5 507 350, (1996).

Summary

This paper describes feasibility tests of using dry ice to extinguish fire. Tests were made outdoors with a 0.8m² oil fire and indoors with a 200cm² ethanol fire. The small 200cm² fire was extinguished with only 2g of small grain (1–3mm diam.) dry ice, while 2–4kg were needed for the bigger oil fire. Even distribution of the ice was essential to get maximum evaporation surface and thereby maximum evaporation rate. Extinguishing with dry ice lead to much less smoke production as compared to water. Dry ice grains or pellets can presumably be blown over much larger distances than gas jets or snow from a conventional CO₂ extinguisher can reach.