



Titill / Title	Loftmengun í fiskimjölsiðnaði - samband hráefnisgæða og niðurbrotsefna við fiskimjölsframleiðslu		
Höfundar / Authors	Guðrún Ólafsdóttir og Áslaug Högnadóttir		
Skýrsla Rf / IFL report	1-99	Útgáfudagur / Date:	Janúar 1999
Verknr. / project no.	1314		
Styrktaraðilar / funding:	Rannsóknarráð Íslands / Icelandic Research Council		
Ágrip á íslensku:	<p>Markmið verkefnisins var að þróa aðferðir og búnað til að meta loftmengun í fiskimjölsverksmiðjum. Einnig að rannsaka tengsl hráefnisgæða við magn og tegundir niðurbrotsefna, sem myndast við framleiðslu á fiskimjöli. Þróaður hefur verið tækniþúnaður, svokallað rafnef, sem er tæki með gasskynjurum og getur á fljótvirkan hátt mælt rokgjörn niðurbrotsefni. Gerðar voru mælingar á ýmsum stöðum í vinnsluferli fiskimjölsverksmiðju og kannað hvort mælingar með rafnefi geti gefið áreiðanlega vísbendingu um ástand hráefnisins. Einnig voru gerðar athuganir á mismunandi sýnatökuaðferðum við mælingar á lofti í fiskimjölsverksmiðjum. Niðurstöður mælinga sýna að rafnefið nýtist vel til að meta hæfni hreinsibúnaðar og lyktarframlag á ýmsum stöðum í fiskimjölsverksmiðjum.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Rafnef, skynmat, loftmengun, rokgjörn efni, fiskimjölsiðnaður		
Summary in English:	<p><i>The aim of the project was to develop methods and techniques to evaluate odor pollution in fish meal factories. Also, to investigate the correlation between the quality of the raw material and the evolution of volatile degradation compounds during fish meal production. An electronic nose with electrochemical gas sensors has been developed, which can rapidly measure volatile degradation compounds. Measurements were done at various locations in a fish meal factory. The possibility to use the electronic nose measurement as an indicator for the quality of the raw material was evaluated. Moreover, various sampling methods were studied for the measurement of volatile compounds in fish meal factories. The results show that the electronic nose can be used to evaluate the cleaning potential of the odor abatement technique and the odor evolution at various locations in the fish meal factory.</i></p>		
English keywords:	Electronic nose, air pollution, volatile compounds, sensory analysis fish meal industry		

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP

INNGANGUR.....	2
1.1. Aðferðir til að meta lyktarmengun.....	3
1.2. Efni sem myndast við skemmd og sýnatökuaðferðir.....	5
1.3. Rafnef - Fljótvirk aðferð til að meta loftmengun.....	6
2. FRAMKVÆMD.....	7
2.1. Rafnef - Sýnatökubúnaður og mæliaðferðir.....	7
2.2. Úttektir í fiskimjölsverksmiðjum.....	10
2.2.1. Mælingar í umhverfi við vinnslurás 17. mars 1998.....	11
2.2.2. Mælingar á lofti í vinnslurás 11. maí 1998.....	11
2.2.3. Rafnefsmælingar og skynmat á loftsýnum í pokum, maí 1998.....	11
2.2.4. Mælingar í Krossanesi í júní og júlí 1998.....	12
2.3. Úrvinnsla gagna	12
3. NIÐURSTÖÐUR.....	13
3.1. Mælingar í umhverfi við vinnslurás 17. mars 1998.....	13
3.2. Mælingar á lofti í vinnslurás 11. maí 1998.....	14
3.3. Rafnefsmælingar og skynmat á loftsýnum í pokum, maí 1998.....	17
3.4. Mælingar í Krossanesi í júní og júlí 1998.....	18
4. LOKAORÐ.....	24
5. ÞAKKARORÐ.....	25
6. HEIMILDIR.....	26

VIÐAUKI

Viðauki 1.

Lyktarmælingar í úttekt í Esbjerg fiskimjölsverkmiðjunni 1996.....	i
Aðferðir notaðar við loftmælingar á rokgjörnum efnum í úttekt 1996.....	ii
Upplýsingar frá dk-TEKNIK.....	iii
Upplýsingar frá dk-TEKNIK.....	iv

Viðauki 2.

Listi yfir skynjara sem eru í FreshSense tækjunum ásamt upplýsingum um yfirfærslu aflesturs frá spennu yfir í straum.....	v
---	---

Viðauki 3.

Sýnatökustaðir 1-7 í umhverfi við vinnslurásina í Krossanesi.....	vi
Yfirlitsmynd af vinnslurásinni í Krossanesi og sýnatökustaðir 8-22.....	vii

ÞÁTTTAKENDUR VERKEFNISINS

Rannsóknastofnun fiskiðnarins, Element Skynjaratækni ehf. á Sauðárkróki, Krossanes hf. Akureyri og SR-Mjöl hf. á Siglufirði.
Styrkt af RANNÍS

1. INNGANGUR

Lykt frá fiskimjölverksmiðjum, sem áður fyrr var kölluð peningalykt og talin var sjálfsagður hluti af daglegu lífi, kallast nú til dags mengun. Allar fiskimjölverksmiðjur hafa því sérstakan mengunarvarnarbúnað til að koma í veg fyrir eða minnka lykt frá verksmiðjunum. Þrátt fyrir góðan hreinsibúnað í verksmiðjunum kemur fyrir að nágrennar kvarti undan slæmri lykt. Það er m.a. háð staðsetningu verksmiðja, veðri og vindum hversu mikil mengun kemur fram. Það sem skiptir þó mestu máli er ástand hráefnisins og ljóst er að ef hráefnið væri alltaf ferskt myndi það draga úr þeim óðaun sem af þessum iðnaði stafar. Hráefni berst verksmiðjum örar en þær geta unnið það og oft þarf að geyma hráefnið í þróm eða geymslutönkum í lengri tíma fyrir vinnslu (Þ. Þorbjarnarson og P. Ólafsson, 1973). Ástand hráefnis er mismunandi og þættir eins og fjöldi landana, hitastig hráefnisins, bæði í geymsluþróm og á hinum ýmsu stigum vinnslunnar og hversu oft er þrifið, hafa veruleg áhrif á lyktarframlag frá verksmiðjum. Miklar sveiflur eru eftir árstíðum, þannig er oft mun hraðari skemmd á loðnu yfir sumartímann, bæði vegna hærra umhverfishitastigs og átuinnihalds loðnunnar.

Í verkefninu verður komið upp fljótvirkum mælingum á niðurbrotsefnum sem myndast við fiskimjölsvinnslu með því að nota nýjan tæknibúnað, svokallað rafnef, sem þróað hefur verið í samvinnu Rf og Element Skynjaratækni á Sauðárkróki (G. Ólafsdóttir o.fl. 1995, 1997a,b). Rafnefsmælingarnar verða notaðar sem mælikvarði á lyktarmengun samhliða mælingum á ástandi hráefnis. Stefnt er að því að nýta rafnefið við framleiðslueftirlit og stýringu í fiskimjölverksmiðjum, t.d. til að meta virkni hreinsibúnaðar og fylgjast með frávikum í framleiðslu, en með betri framleiðslustýringu minnka líkur á loftmengun. Vegna aukinna krafa um skjalfestingu í iðnaði er þörf á fljótvirkum mælingum til að skrá vinnslubreytur í framleiðslunni. Þess konar gögn nýtast bæði fyrir kaupendur, sem trygging á framleiðsluháttum vörunnar og við heilbrigðisúttektir. Eins og staðan er í dag fara heilbrigðisúttektir þannig fram að einfaldlega er lyktað við verksmiðjuna og þá skiptir máli staðsetning verksmiðju og veðurfar, sérstaklega lofthiti og vindar. Fljótvirk mæling á niðurbrotsefnum í útblæstri eða vinnslurás verksmiðjunnar er mun áreiðanlegri vísbending um raunverulegt ástand í verksmiðjunni. Ef hægt verður að nýta fljótvirkar mælingar með rafnefi við framleiðslueftirlit í fiskimjölverksmiðjum má ætla að hægt verði að stýra framleiðslunni betur og minnka loftmengun. Þannig

gæti verkefnið stuðlað að “betra lofti” á Akureyri, Siglufirði og víðar, en íbúar í nágrenni verksmiðja hafa oft kvartað vegna lyktar, einkum yfir sumarmánuðina. Fiskimjölsverksmiðjurnar Krossanes h.f. á Akureyri og SR-mjöl á Siglufirði eru þátttakendur verkefnisins auk Rf og Element Skynjaratækni.

*Greinargerð frá fiskimjölsverksmiðjum um þörf fyrir mælingar á lyktarmengun:
Þórhallur Jónasson SR-Mjöl h.f. og Jóhann Pétur Andersen Krossanes h.f.*

Við framleiðslu á mjöli og lýsi verða til mörg efnasambönd sem eru það rokgjörn að þau rjúka úr hráefninu og berast út í andrúmsloftið séu ekki gerðar neinar ráðstafanir til þess að hindra slíkt.

Þessi efnasambönd koma fyrst og fremst frá þurrkunarferlinu, enda beinast augu manna í fiskmjölsiðnaðinum að því að setja upp hjá sér þurrkunarbúnað sem eyðir reyknunum og þá helst lyktinni einnig. Það er í sjálfu sér tiltölulega einfalt mál tæknilega að eyða reyknunum, þó auðvitað sé það mjög fjárfrek aðgerð. Samfara því má í mörgum tilvikum nánast eyða lyktinni, en þó er það ekki alltaf svo einfalt og spila þá hráefnisgæðin stórt hlutverk.

Það er einnig vitað til þess að mörg efnasambönd orsaka lykt frá fiskmjölsverksmiðjum. Það er einnig vitað að því ferskara sem hráefnið er, þeim mun minni lykt verður frá viðkomandi verksmiðju, bæði vegna þess að styrkur og samsetning lyktarefnanna eru háð skemmdarstigi hráefnisins.

Þannig eru það fyrst og fremst reikul köfnunarefnissambönd sem eru aðaluppistaðan í lyktarefnunum sé hráefnið tiltölulega ferskt (innan við þriggja daga). Þessi reikulu amín sem fyrst og fremst eru ammoníak og trimethylamín eru þökkalega vatnsleysanleg og má þvo að miklu leyti burt með því að leiða útblástur í þvottaturn.

Sé hráefnið orðið eldra eykst innihald hinna reikulu köfnunarefnissambanda samtímis því að önnur efnasambönd, s.s. illa lyktandi brennisteinssambönd og önnur illa lyktandi amín og ýmis alkohol fara að myndast í meira mæli. Þau eru engan veginn eins auðleyst í vatni og verða því ekki þvegin úr útblæstrinum, heldur þarf að brenna þeim.

Hérlendis hefur enginn búnaður verið til að mæla styrk þessara lyktarefna, hvorki hjá verksmiðjunum né opinberum aðilum og er það miður.

Við í fiskimjölsiðnaðinum höfum umtalsverðan áhuga á að kortleggja betur eftirfarandi þætti:

1. Samspil hráefnisgæða og magn lyktarefna í útblæstri.
2. Tegund lyktarefna eftir hráefnisgæðum og magngreina þau.
3. Virkni þess hreinsibúnaðar sem er í notkun.

Það er mjög nauðsynlegt að fá skynsamlega mynd af þessum þáttum, bæði hvernig hægt er að koma í veg fyrir lyktarmengun og síðan að fá skynsamleg svör við því t.d. hvort um einhver hættumörk geti verið að ræða. Margir hafa gagnrýnt mengun frá fiskimjölsverksmiðjum og nauðsynlegt er að fara að fá miklu betri mynd af þessum málum.

Ljóst er, að miklu meiri kröfur verða gerðar til verksmiðja m.t.t. lyktar á komandi árum og áratugum. Í framhaldi þessara rannsókna væri síðan hægt að hugsa sér að einhver mörk verði sett á hin ýmsu niðurbrotsefni sem verða til í verksmiðjunum.

1.1. Aðferðir til að meta lyktarmengun í fiskimjölsiðnaði

Hollustuvernd hefur það hlutverk að veita fiskimjölsverksmiðjum starfsleyfi og annast úttektir á verksmiðjum. Við mat á loftmengun hérlendis er notað óformlegt skynmat og lyktað við verksmiðjuna. Ekki eru notaðar kerfisbundnar aðferðir við skynmatið og staðlaðar mæliaðferðir til að meta lykt hafa ekki verið settar upp hérlendis.

Erlendis hafa verið þróaðar skynmatsaðferðir til að meta lyktarstyrk með því að nota þynningar á loftsýnum með sprautum (Fox og Gex, 1957; Mills o.fl., 1963). Nýrri aðferðir miða við að nota lyktarmæli (olfactometer eða scentometer) (Bedborough, D.R., 1980; CIEH, 1995) og staðlar hafa verið gefnir út hjá ASTM (American Society of Testing and Materials) til að mæla m.a. lyktarþröskuld í loftsýnum og til að velja og þjálfa upp skynmatshóp við lyktarmat.

Fyrirtækið dk-TEKNIK í Danmörku hefur sett upp kerfisbundnar aðferðir við skynmat á loftsýnum frá fiskimjölsverksmiðjum og hafa þessar skynmatsaðferðir verið í þróun hjá fyrirtækinu og eru notaðar til að meta lyktarmengun bæði fyrir danskar og norskar fiskimjölsverksmiðjur (L.Hansen, 1998). Dk-TEKNIK rannsóknarstofan tekur að sér mælingar á lyktarmengun frá ýmsum iðnaði og hefur verið tilnefnd af dönskum umhverfisyfirvöldum sem viðmiðunarrannsóknastofa fyrir lyktarmælingar. Aðferðin sem þeir nota, byggist á leiðbeiningum frá umhverfismálayfirvöldum, en stefnt er að því að sú aðferð verði leyst af hólmi með CEN staðli um staðlaða sýnatöku og mæliaðferð til að meta lyktarstyrk með lyktarmæli (olfactometry), svokallað CEN/TC 264 innan Evrópusambandsins, sem verið er að vinna að um þessar mundir. Aðferðin byggist í grófum dráttum á því að safna sýnum í sérstaka plastpoka og hægt er að flytja sýnin og geyma í allt að 24 klst. Skynmatið sjálf fer síðan fram í viðurkenndri skynmatsaðstöðu. Notaður er lyktarmælir til að þynna sýnin og nokkrir einstaklingar lykta og meta lyktarstyrkinn. Lyktarstyrkurinn er síðan gefinn upp í lyktareiningum (odour units), en skilgreiningin er hversu oft þarf að þynna loftið þannig að ekki sé hægt að greina það frá lyktarlausu lofti af helmingi dómara í skynmatshópi. Þessar aðferðir hafa reynst vel, en þær eru tímafrekar og dýrar og þess vegna hefur ekki verið ráðist í að framkvæma slíkt skynmat hér á landi. Samkvæmt upplýsingum frá RIBE í Danmörku sá danska heilbrigðiseftirlitið um úttekt sem gerð var í Esbjerg fiskimjölsverksmiðjunni árið 1996 (Úttekt, 1996), vegna krafna í dönskum umhverfissamþykktum um minnkun á lykt frá fiskimjölsverksmiðjum. Rannsóknastofan dk-TEKNIK sá um skynmatið á lykt með lyktarmæli en einnig voru gerðar mælingar á NH₃, NO_x, TMA (trímetylamín) og TOC (total oxidative carbohydrates) á viðurkenndum rannsóknastofum (sjá viðauka 1). Auknar kröfur eru um eftirlit með loftmengun og loftgæðum innan landa evrópska efnahagssvæðisins í rammatilskipun Evrópusambandsins um loftgæði nr. 96/62. Þau loftmengunarefni sem rammatilskipunin nær til eru: brennisteinsdíoxíð (SO₂), köfnunarefnisdíoxíð (NO₂),

óson (O_3), bensen (C_6H_6), fjölhringa arómatísk kolvetnissambönd (PAH), cadmíum (Cd), svifryk ($D < 2,5$ mm), svifryk ($D < 10$ mm), arsen (As), blý (Pb), nikkell (Ni) og kvikasílfur (Hg), en ekki er kveðið á um lyktarmengun (Hollustuvernd, 1999)

1.2. Myndun rokgjarnra efna við skemmd í fiski og sýnatökuaðferðir

Við mælingu á loftskýnum skipta sýnatökuaðferðir miklu máli. Venjulega er ákveðnu magni af lofti safnað í lokað mælirými. Ef nauðsynlegt er að flytja sýnið frá sýnatökustað þangað sem mælingin fer fram, er hentugt að nota sérstaka plastpoka útbúna með lokum, þannig að hægt sé að dæla í þá lofti og loka (Bedborough, D.R., 1980). Hægt er að geyma slík loftskýni í allt að 24 klst (Potter o.fl. 1972).

Þegar um er að ræða mælingu á efnum, sem eru til staðar í litlu magni í lofti, er hægt að safna loftskýnum á gildrur til að auka styrk efna í sýninu, en síðan er hægt að mæla þau með gasgreini (Bailey, J.C., 1980). Með því að nota gasgreini hafa verið borin kennsl á þau efni sem eru í mestu magni í loftfasa við skemmd í fiski en það eru, t.d. ammoníak og trimetylamín (TMA); efni sem innihalda brennistein (vetnissúlfíð, metylmerkaptan, dímetyl dísfúlfíð og dímetyl trísúlfíð); stuttar alkóhólkeðjur (etanól, própánól, bútanól, 3-metyl-1-bútanól); ketonar (própanon, bútanon) og aldehyð (formaldehyð, acetaldehyð, propionaldehyð, iso-bútyraldehyð) (G. Ólafsdóttir og J. Fleurence, 1998).

Þau efni sem hafa mest áhrif á heildarlyktina í útblæstri í fiskimjölsverksmiðjum eru ekki eins rokgjörn og t.d. ammoníak og vetnissúlfíð, heldur er um að ræða efni sem eru til staðar í minna magni, en þau hafa mikil áhrif á heildarlyktina vegna þess að lyktarþröskuldur þeirra er mjög lágur, þ.e. mjög lítið magn af þeim þarf að vera til staðar þannig að lykt finnist. Slík efni eru t.d. arómatísk efni eins og fenól og p-cresól, en einnig indól og skatól, svo og efni sem innihalda brennistein og N-fjölhringasambönd (putrecine, cadaverine og histamine). Auk þess myndast ýmsar sýrur við skemmd á fiski og hafa áhrif á heildarlyktina, t.d. ediksýra, própansýra, n-butyric sýra, iso-valeric sýra o.s.frv. Hugsanlegt er einnig að myndefni þránunar fitu, sem eru langar ómettaðar keðjur aldehyða og ketóna (t.d. hexanal, 2,4-heptadienal, 2,4,7-decatrienal) berist með útblæstrinum, en jafnframt er líklegt að mikið af þessum niðurbrotsefnum hvarfist, brotni niður og breytist vegna hitameðhöndlunar í brennurum.

Hreinsibúnaður í fiskimjölsverksmiðjum byggist á því að kæla útblástursgufur í vatni, en við það skolest burt hluti af vatnsleysanlegu efnunum í gufunni, t.d. sum amín. Önnur efni sem eru torleysanlegri eru brennd, en hluti þeirra kemst í útblásturinn frá brennurunum. Gasgreinirannsóknir, sem gerðar hafa verið á ólykt í svínastíum, sýna að svipuð efni og finnast við skemmd á fiski eru til staðar í miklu magni í úrgangi frá svínum, en þau mælast hins vegar ekki endilega í mestu magni í útblæstri frá húsunum vegna þess hversu rokgjörn þau eru og óstöðug (Schaefer, 1977). Efni sem valda mengunarlyktinni eru að jafnaði ekki til staðar í miklu magni í útblæstri frá verksmiðjum og erfitt er að mæla þau nema nota sértækar sýnatökuaðferðir (gildirur) og gasgreini. Þessi efni hafa oft mjög lágan lyktarþröskuld og mikla viðloðun og þess vegna eru neikvæð lyktaráhrif þeirra veruleg; auk þess skal haft í huga að innbyrðis magnhlutföll af efnunum hafa áhrif á hvernig heildarlyktin verður.

Bæði skynmat á lofti með lyktarmæli (olfactometer) og gasgreinimælingar á lofti eru tímafreakar og dýrar aðferðir og krefjast flókins tækjabúnaðar og rannsóknaraðstöðu. Þörf er á fljótvirkum mæliaðferðum og handhægum búnaði til að nota í verksmiðjum við mælingar á niðurbrotsefnum sem valda ólykt í fiskimjölsvinnslu.

1.3. Rafnef - Fljótvirk tækni til að meta loftmengun

Rafnef er tæknibúnaður sem er samsettur af röð af mismunandi gasskynjurum sem greina rokgjörn niðurbrotsefni í lofti. Tækinu fylgir lokaður sýnatökubúnaður ásamt tölvu með mæliforriti, gagnasöfnun- og úrvinnsluforriti. Til þess að fiskimjölsiðnaðurinn geti notfært sér niðurstöður mælinga með rafnefi sem fljótvirka aðferð til að meta lyktarmengun, er nauðsynlegt að samhliða rafnefsmælingum á loftsynum séu gerðar hefðbundnar mælingar eins og heildarmagn reikulla basa (total volatile nitrogen, TVN) í hráefni til að skilgreina og kvarða rafnefsmælingarnar. Víða erlendis eru gerðar kröfur um mælingu á lyktarstyrk og sett hafa verið viðmiðunargildi í lyktareiningum um hvað sé ásættanleg lykt í nágrenni fiskimjölsverksmiðja. Ekki eru til slík viðmiðunarmörk hérlendis. Hins vegar væri mjög áhugavert að gera skynmat á loftsynum og ákvarða styrk lyktarinnar í lykteiningum samhliða rafnefsmælingum. Þannig væri síðan mögulegt að finna líkan eða einfalda jöfnu, sem sýnir samband á milli rafnefsmælinga á hinum ýmsu sýnatökustöðum í verksmiðju og ástands hráefnis og lyktarstyrks lofts.

Einnig er hægt að kvarða rafnefsmælingar með því að bera þær saman við niðurstöður mælinga á stöðlum með þekktum styrk af ákveðnu gasi (G. Ólafsdóttir og Á. Högnadóttir, 1999).

Við úrvinnslu gagna úr rafnefi er oft beitt úrvinnsluaðferðum eins og fjölþátta úrvinnsluaðferðum (chemometrics - multivariate analysis) eða taugagreiningu (neural networks) og byggir úrvinnslan á því að aðgreina gögn (discriminant analysis) eða flokka þau (classification). Línulegar aðferðir, eins og höfuðþáttagreining (PCA - principal component analysis), eru mikið notaðar til að flokka og greina á milli gagna og PLS (partial least squares) er mikið notað sem spálíkan við úrvinnslu gagna. Á Rf hefur verið notað fjölþátta úrvinnsluforrit sem kallast Unscrambler (CAMO A.S.), sem byggir á höfuðþáttagreiningu og er það notað í verkefninu til að sýna fram á að rafnefið getur greint á milli mismunandi sýna með góðum árangri.

Markmið verkefnisins var að þróa sýnatöku- og mæliaðferðir með rafnefi til að meta loftmengun í fiskimjölsværksmiðjum. Einnig að rannsaka tengsl hráefnisgæða við magn og tegundir niðurbrotsefna í vinnslurás værksmiðja. Einkum er lögð áhersla á að skoða sambandið á milli TVN í hráefni og rafnefsmælinga á hinum ýmsu stöðum í vinnslunni.

2. FRAMKVÆMD

2.1. Rafnef - Sýnatökubúnaður og mæliaðferðir

Rafnefið, sem þróað hefur verið af Rf og Element Skynjaratækni, hefur verið gefið nafnið "FreshSense". Í verkefninu hefur FreshSense tækið verið endurbætt. Hér á eftir er gerð grein fyrir öllum útgáfum og nýjum tækjum, sem notuð hafa verið til mælinga í verkefninu. Í viðauka 2 er listi yfir skynjara sem eru í tækjunum, ásamt upplýsingum um yfirfærslu aflesturs frá spennu yfir í straum fyrir gögn, sem safnað er annars vegar með Medistor gagnasöfnunartæki og hins vegar með Rudolf hugbúnaði. Rudolf hugbúnaðurinn var þróaður fyrir FreshSense tækið og er mæliforrit ásamt úrvinnsluforriti í Windows95.

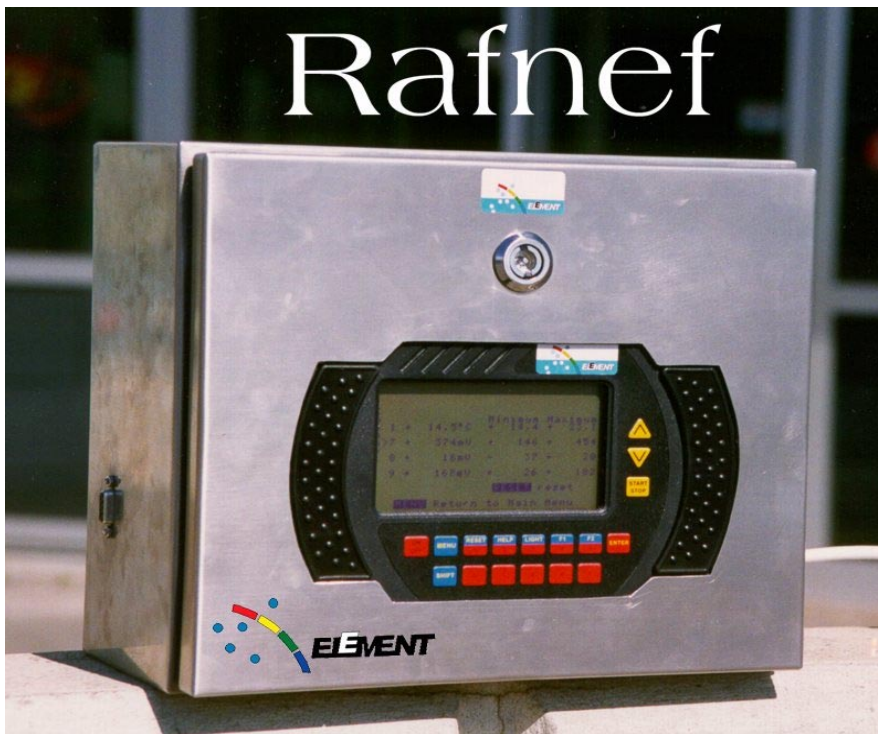
FreshSense Tæki B: Mynd 1 sýnir FreshSense rannsóknartækið sem er í eigu Rf. FreshSense tækið samanstendur af sýnatökurými, sem er lokað með plastloki, álboxi

með nemum sem fest er við lokið og PC tölvu sem keyrir mæliforritið Rudolf. Nemaboxið inniheldur níu mismunandi rafefnanema (Dräger, Germany: CO, H₂S, NO, NO₂ og SO₂a; City Technology, Portsmouth, Britain: SO₂b, H₂Sb, NH₃a og NH₃b) og hitanema. Vifta er staðsett í ílátinu til að tryggja loftblöndun í rýminu. Auðvelt er að breyta um sýnatökuskál sem er hér glerskál (5,2 l) og nota í staðinn annars konar minni eða stærri ílát t.d. á flakabakka sbr RF RIT 42 (G. Ólafsdóttir o.fl. 1995).

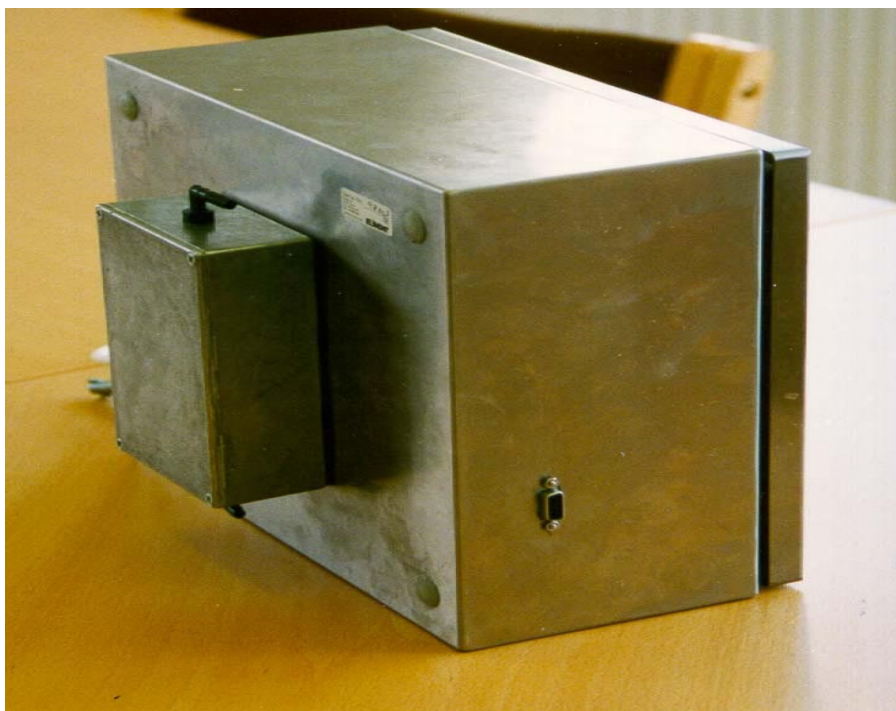


Mynd 1. Fyrsta útgáfa af FreshSense tækinu (Tæki B) sem notað hefur verið sem rannsóknartæki á Rf.

FreshSense Tæki 1 og 2: Rannsóknartæki í eigu Element og Rf, sem eru endurbætt útgáfa af tæki B. Hægt er að nota tækin með lokaðri sýnatökuskál, en einnig er möguleiki að nota sérútbúinn sýnatökubúnað fyrir loftsflyni á Tæki 1, sem er box með tveimur götum og slöngu. Loftsflyni er síðan dælt í gegnum sýnatökurýmið. Tæki 2 inniheldur eftirfarandi skynjara frá Dräger í Þýskalandi: CO, H₂S, NO, SO₂, og NH₃A7AM frá City Technology í Bretlandi. Tæki 1 inniheldur eftirfarandi skynjara: CO, SO₂, NH₃A7AM og NH₃. Tækin eru notuð með Rudolf mæli-og úrvinnsluforriti, en hafa auk þess Medistor gagnasöfnunarbúnað, þannig að hægt er að nota það til gagnsöfnunar án tölvu.



Mynd 2. FreshSense tækið í nýjum búningi fyrir Krossanes og SR-mjöl verksmiðjurnar



Mynd 3. Bakhlið FreshSense tækisins, sem notað er til að taka loftsfýni úr vinnslurás verksmiðja. Minni kassinn er mælirýmið sem fest er yfir skynjarana og tveir stútar eru til að hleypa lofti í gegnum tækið.

FreshSense Tæki 3 og 4 í eigu Krossaness (Tæki 3) og SR-mjöls (Tæki 4). Myndir 2 og 3 sýna FreshSense tækið eftir að aðlögun og breyting var gerð á uppbyggingu tækisins þannig að það hentaði betur í verksmiðjum. Í fyrsta lagi var gerð breyting á skráningarhugbúnaði, en hægt er að flytja skráningar yfir í PC tölvu með MAS forriti. Þar er hægt að skoða og prenta út upplýsingarnar í línurita- og töfluformi. Einnig er möguleiki á yfirfærslu á gögnum yfir í Excel til frekari úrvinnslu. Í öðru lagi var komið fyrir sýnatökurými sem lofti er dælt í gegnum. Í þessum tækjum eru þrír skynjarar, tveir frá Dräger í Þýskalandi, CO og SO₂, og einn NH₃A7AM skynjari frá City Technology í Bretlandi.

Nemarnir eru staðsettir á botni tækisins og yfir þá er sett lokað box (40x80x50 mm) með ventlum til að draga loftskýni í gegnum til mælingar. Eftirfarandi þættir eru ennfremur í tækinu: Skráningartæki: Commtest MMS300 gagnasöfnunarbúnaður: 6 hitainngangar; 4 spennuinngangar (0 til +/-30V); 24 bita A/D breytir; ProFlash forrit; MAS Windows forrit fyrir PC; minni fyrir allt að 100.000 skráningar; rafrás (magnari og viðmiðunarspenna) fyrir 4 rafefnanema.

2.2. Úttektir í fiskimjölsverksmiðjum

Einungis var unnið í Krossanesverksmiðjunni í verkefninu. Valdir voru sýnatökustaðir á ýmsum stöðum í verksmiðjunni, annars vegar í umhverfinu við vinnslurásina og hins vegar beint úr loftstraumi vinnslurásarinnar. Í viðauka 3 eru flæðirit og myndir af vinnslurásinni í Krossanesverksmiðjunni, þar sem merktir hafa verið allir sýnatökustaðir. Mynd 1 (viðauka 3) sýnir sýnatökustaði í umhverfi við vinnslurásina (merktir 1-7). Á mynd 2 (viðauka 3) er yfirlit yfir ferli lofts bæði við loftþurrkara (sýnatökustaðir 8-12) og gufuþurrkara (sýnatökustaðir 13-15), ásamt ferli lofts við mjölkæli og kvarnakerfi (sýnatökustaðir 16-22). Jafnframt er tafla yfir niðurstöður mælinga á lofthraða, loftmagni, þrýstingi og hitastigi á öllum sýnatökustöðum úr vinnslurásinni.

Tekin voru sýni af lofti á völdum stöðum í hvert skipti og niðurbrotsefni mæld með rafnefi. Í fyrstu var notað tæki í eigu Element, en síðan var tekið í notkun tæki Krossanesverksmiðjunnar. Þessar mælingar voru framkvæmdar af starfsmönnum Rf, Element, Krossanesverksmiðjunnar og Háskólans á Akureyri. Samhliða var hitastig skráð og TVN mælingar á hráefni framkvæmdar skv. aðferð sem notuð er í verksmiðjunni til að fylgjast með gæðum hráefnisins. Einnig voru tekin sýni í

sérhannaða plastpoka og flutt til Rf í Reykjavík þar sem gerðar voru fljótvirkar mælingar með rafnefi ásamt skynmati.

2.2.1. Mælingar í umhverfi við vinnslurás 17. mars 1998. Markmið þessara mælinga var að athuga hvort hugsanlegt væri að framkvæma mælingu í umhverfinu í verksmiðju án þess að safna sýni sérstaklega í lokað mælirými. Valdir voru staðir við vinnslurásina þar sem lyktarframlag er mest, þ.e. við pressur og sjóðara. Sjá mynd í viðauka 3 af sýnatökustöðum 1-7, sem er yfirlit yfir vinnslurásina í Krossanesi. Á loðnuvertíð voru gerðar mælingar með tæki Element af hráefninu sjálfu í geymsluþrónni og inni í verksmiðjunni var mælt við pressur (nr. 4 og 5), útblástur, mjölvindu (nr. 7), innmötun (nr.1) og sjóðara (nr.5).

2.2.2. Mælingar á lofti í vinnslurás 11. maí 1998. Gerðar voru mælingar á ýmsum stöðum í vinnslurás verksmiðjunnar og notað var Tæki 1 í eigu Element, sem búið var að breyta og aðlaga þannig að hægt væri að taka loftskýni beint úr loftrás vinnslunnar. Verið var að framleiða síldar- og beinamjöl og voru mælingarnar framkvæmdar af Element og Rf. Gerðar voru mælingar við sýnatökustaði nr. 3 og 4 (pressur), nr. 5 (sjóðara) og í umhverfinu við þvottaturn fyrir heitloftspurrkara. Einnig voru tekin sýni fyrir og eftir þvottaturn úr hringrásalofti heitloftspurrkara (sýnatökustaðir nr. 9, 11 og 12).

Göt voru gerð á ýmsum stöðum í loftrás vinnslunnar, þar sem u.þ.b. 5 m langri slöngu var komið fyrir við gatið og dæla notuð til að koma loftinu að mælirými tækisins. . Nemar rafnefsins eru ekki gerðir fyrir hærra hitastig en 35°C, en loftið í vinnslurásinni var víða töluvert heitara eða allt að 120°C. Nauðsynlegt var því að kæla loftið áður en það fór inn í mælirými tælisins með því að setja hluta af slöngunni (ca. 2 m) ofan í vatnsfötu. Nauðsynlegt er að láta nemana jafna sig á milli mælinga og oft getur það tekið 20 - 40 mínútur ef verið er að mæla mikla loftmengun. Nemarnir mettast og þá er nauðsynlegt að láta þá ná grunnildi sínu áður en næsta mæling er framkvæmd. Þetta er hins vegar tímafrekt og einhverjir vankantar voru á þessu við framkvæmd mælinga í verksmiðjunni.

2.2.3. Rafnefsmælingar og skynmat á loftskýnum í Tedlar pokum, maí 1998. Notaðir voru sérhannaðir plastpokar til að taka loftskýni (Tedlar[®] 1,6 l og 3,8 l), sem voru útbúnir með "septum" og lokum. Keypt var dæla til að safna lofti úr loftstraumi

fyrir og eftir þvottaturn í pokana. Pokarnir voru síðan fluttir með flugi til Rf í Reykjavík þar sem þeir voru opnaðir og lyktin metin daginn eftir með skynmati ásamt mælingum í rafnefi (Tæki 2). Sýni úr plastpoka var flutt yfir í glerskál tækisins með því að setja Pasteur pípettu í sílikon þéttinguna á barmi skálarinnar þegar hún var lokuð og plastslöngu á milli úr pokanum yfir í pípettuna. Loftinu var síðan þrýst úr pokanum í skálina og lyktin metin úr pokanum í lokin. Tveir dómárar úr skynmatshópi Rf lyktuðu úr pokunum og lýstu lyktinni. Tekið skal fram að mjög erfitt var að meta lykt pokasýnanna á þennan hátt. Lyktin er fljót að dreifast og erfitt er að meta styrk hennar.

Gerðar voru tvær tilraunir með pokaflutning, sú fyrri þegar verið var að framleiða loftþurrkað beinamjöl þann 11.05.98 og mælt var á Rf daginn eftir. Tekin voru tvö sýni; fyrir þvottaturn (nr. 11) og eftir þvottaturn (nr. 12). Að jafnaði eru ekki gerðar TVN mælingar af beinamjölshráefni.

Seinni pokaflutningstilraunin var gerð þann 21.05.98 þegar verið var að framleiða gufupurrkað síldarmjöl og mælt var daginn eftir á Rf. TVN gildið var mjög hátt eða 200 mgN/100g. Tekin voru tvö sýni fyrir og eftir þvottaturn (sýnatökustaðir nr. 13 og 15)

2.2.4. Mælingar í Krossanesi í júní og júlí 1998. Gerðar voru mælingar þann 1.6.98 í verksmiðjunni, en þá var verið að framleiða síldarmjöl (TVN hráefnis 40mgN/100g). Notað var nýja Krossanestækið í fyrsta sinn og skipulögð var mælisería, sem síðan var notuð þegar gerðar voru samfelldar mælingar dagana 15., 16., 18., 24. og 25. júní í samvinnu við Rannsóknastofnun Háskólans á Akureyri (RHA). Verið var að vinna síldarmjöl eins og áður segir og var TVN mælt alla dagana til samanburðar við rafnefsmælingarnar. Eftirfarandi mælistaðir voru valdir: Að katli (nr. 8), fyrir litla þvottaturn (nr. 9), fyrir þvottaturn (nr. 11), eftir þvottaturn (nr.12), að forsjóðara (nr. 2), eftir mjölkæli (nr. 20), kvörn (nr.19) (sjá viðauka 2). Mælingarnar voru síðan endurteknar dagana 9. og 11. júlí.

2.3. Úrvinnsla gagna

Mæligildið sem rafnefið skráir er straumgildi, sem er í réttu hlutfalli við styrk efna í loftfasa. Grunnigildi fyrir mælingar í verksmiðjum var fengið með því að taka þrjár mælingar í umhverfinu áður en loftstraumur var tekinn í gegnum tækið. Meðaltal þessara mælinga er notað sem upphafsgildi og það er dregið frá meðaltali síðustu

mælinga. Þannig er tekið tillit til staðsetningar mælisins í hvert skipti. Vandamál getur skapast ef ekki líður nógu langur tími á milli mælinga og nemarnir eru ekki búnir að ná sínu eðlilega grunnildi. Þegar mælt er beint í umhverfinu án þess að draga sýni inn í lokað mælirými, er nauðsynlegt að nota mælingu á hreinu lofti við viðkomandi hitastig sem upphafsgildi, sem dregið er frá lokagildi mælingarinnar

Rudolf mæliforritið (tæki B, tæki 2) skráir straumgildi (nA) á 10 sekúndna fresti. Mælt er í 20 mínútur í lokaðri skál og niðurstaðan er meðaltal síðustu þriggja mælinga að frádregnu meðaltali allra mæligilda í 3 mínútur áður en mæling hófst (grunnildi).

Sum gagnanna voru meðhöndluð með forritinu Unscrambler (CAMO A/S), sem er fjölþátta úrvinnsluforrit. Notuð var höfuðþáttagreining, PCA (principal component analysis) til að greina á milli sýna sem tekin voru úr vinnsluferli fyrir og eftir þvottaturn (nr. 11 og 12) og PLS (partial least squares) regression á gögnum notuð til að spá fyrir um TVN gildi.

3. NIÐURSTÖÐUR

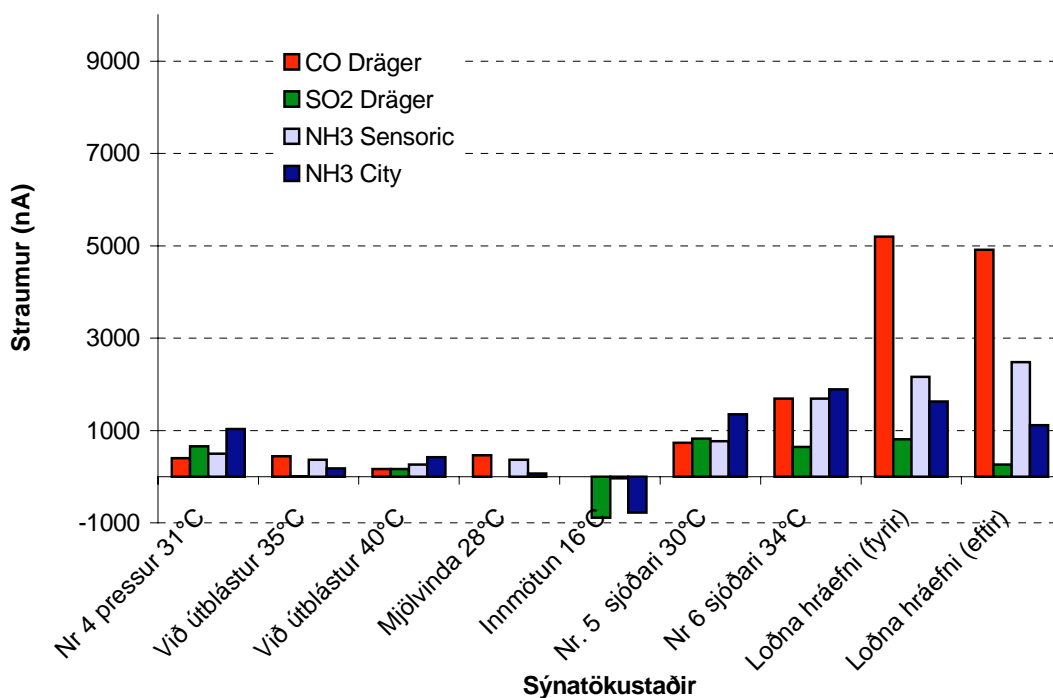
3.1. Mælingar í umhverfi við vinnslurás 17. mars 1998.

Gerðar voru mælingar í Krossanesi (17/3/98) í umhverfinu á þeim stöðum sem lyktarframlag var mest. Verið var að vinna loðnu sem kom með Bergi VE 15/3/98 þar sem TVN gildið var 61mg N/100g. Hér var einkum verið að athuga hvort hægt væri að framkvæma mælingu í umhverfinu í verksmiðju án þess að safna sýni sérstaklega í lokað mælirými.

Mælt var á ýmsum stöðum í vinnslurásinni og á mynd 4 sést að hæstu gildin eru yfir hráefninu sjálfu og er það ekki óeðlilegt, þar sem uppsöfnun mjög rokgjarna niðurbrotsefna nær að safnast fyrir yfir hráefninu, en inni í verksmiðjunni er víða blástur og herra hitastig þannig að rokgjörnustu efnin rjúka í burtu. Mesta svörunin í umhverfinu inni í verksmiðjunni var við sjóðarana, en þeir eru staðsettir ofarlega og hitastigið var mjög hátt. Niðurstöðurnar benda til þess að hugsanlegt sé að fylgjast með lyktarástandi í verksmiðjunni með slíkum mælingum þar sem tækið væri látið standa í umhverfinu. Ef um væri að ræða frávik í framleiðslu væri e.t.v. hægt að fylgjast með því á þennan hátt, en búast má við að mikil óvissa sé í slíkum mælingum.

Mælingarnar á hráefninu voru gerðar tvisvar yfir daginn og sýna annaðhvort breytileikann í hráefninu eða óvissu í mælingum vegna mæliaðferðar. Hér þyrfti að gera mun fleiri mælingar til að sannprófa áreiðanleika þeirra. Svörun tækisins við loðnuhráefninu er mjög sambærileg við niðurstöður úr geymslutilraunum á Rf (G. Ólafsdóttir o.fl. 1997a).

Mynd 4. Mælingar framkvæmdar í Krossanesi í umhverfi við vinnslurás með Tæki 1 (17/3/98).

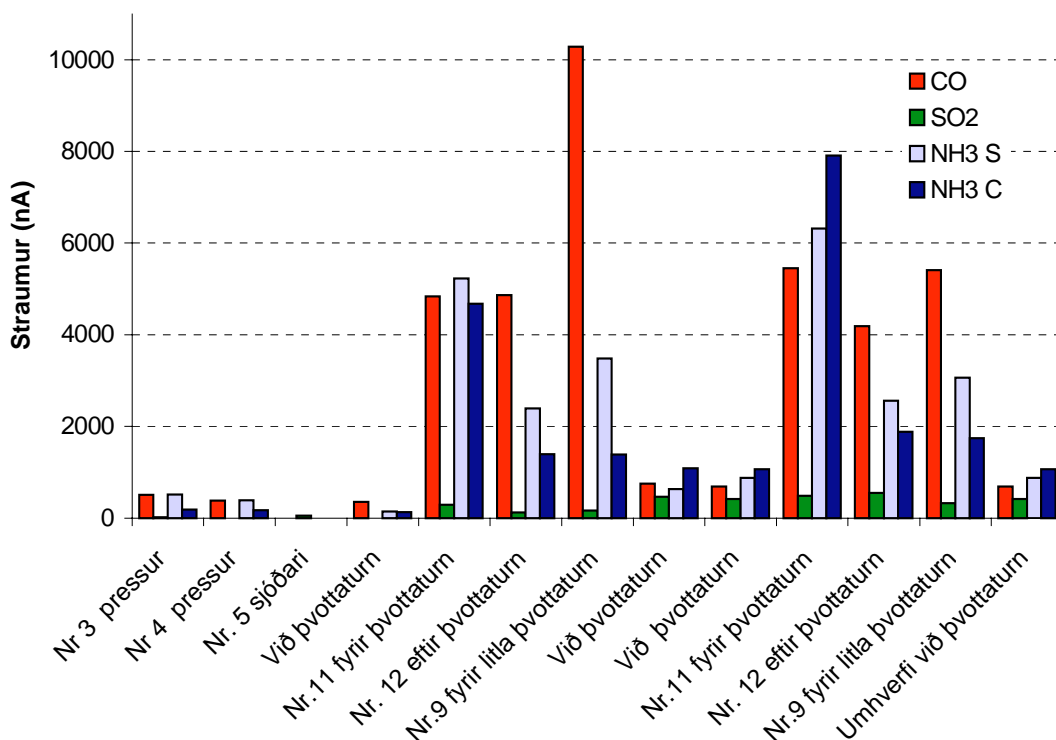


3.2. Mælingar á lofti í vinnslurás 11. maí 1998.

Gerðar voru mælingar á ýmsum stöðum í vinnslurásinni og notað var Tæki 1 í eigu Element, sem búið var að breyta og aðlaga þannig að hægt væri að taki loftsflyni beint úr loftrás vinnslunnar. Verið var að framleiða síldar- og beinamjöl og voru mælingarnar framkvæmdar af Element og Rf.

Mælingarnar voru teknar í umhverfinu við pressur, sjóðara og þvottaturn, en úr loftrásinni voru teknar mælingar fyrir og eftir þvottaturn til að meta virkni hreinsibúnaðarins. Á mynd 5 sést vel að hér skiptir miklu máli að leiða loftstrauminn inn í lokað sýnatökurými, eins og gert er í mælingum fyrir og eftir þvottaturninn, þar sem mun meiri svörun fæst á þennan hátt, eins og búast má við. Niðurstöðurnar sýna

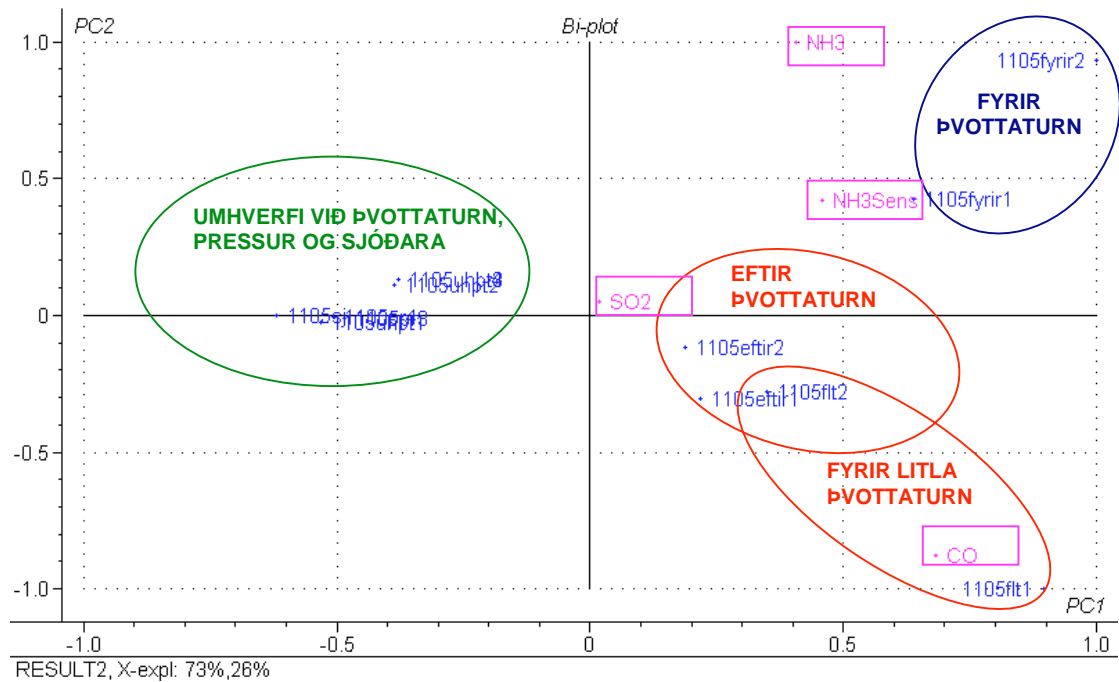
að þvottaturninn fjarlægir uppleysanleg amínefni úr loftblæstrinum þar sem svörun ammoníaksskynjaranna tveggja er mun minni eftir þvottaturninn en fyrir.



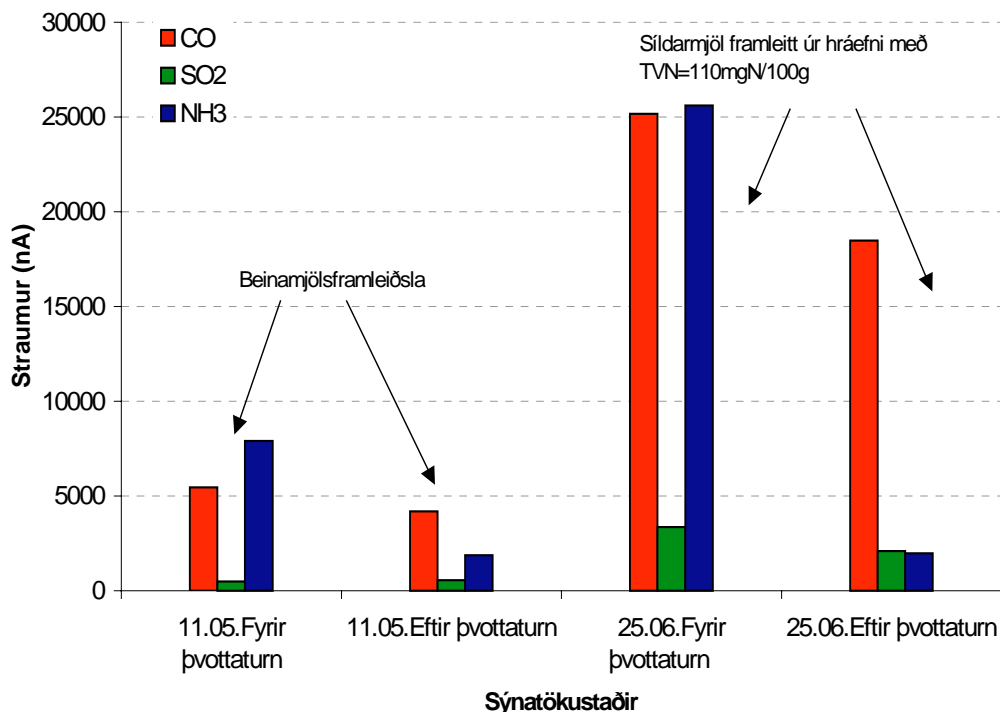
Mynd 5. Mælingar á loftsynum í umhverfi við vinnslurás og úr loftrás vinnslunnar fyrir og eftir þvottaturn í Krossanesi 11. maí 1998 (Tæki 1).

Mynd 6 er PCA greining á þessum gögnum og sýnir vel hvernig mælingar frá sömu sýnatökustöðum hópast saman og gögnin aðgreinast. Framlag skynjaranna NH₃, SO₂ og CO er merkt sérstaklega á myndina og þar sést að ammoníaksvörun er mest áberandi í sýnum fyrir þvottaturn, en CO svörun hefur áhrif á sýnin eftir þvottaturn og bendir til þess að amínefni hafi skolast út, en eftir sitji torleystari efni eins og t.d. alkóhol. Sýnatökustaðurinn “fyrir litla turn” ætti að gefa svipaðar upplýsingar og “eftir þvottaturn”, en hér virðist CO svörun aukast allmikið og gæti bent til að einhver mengun verði í loftrásinni. Þau sýni sem hafa litla svörun eins og sýnatökustaðir í umhverfinu eru í einum hnapp vinstra megin á myndinni og aðgreinast vel frá lyktarmeiri sýnunum hægra megin.

Á mynd 7 er hreinsihæfni þvottaturnsins skoðuð betur og gerður samanburður á virkni hans til að hreinsa loftstraum þegar mismunandi hráefni er í vinnslu. Þann 11. maí var verið að framleiða beinamjöl, en 25. júní var í vinnslu lélegt síldarhráefni með TVN gildi 110 mgN/100g.



Mynd 6. PCA greining á mælingum í umhverfi við vinnslurás og úr loftrás vinnslunnar fyrir og eftir þvottaturn í Krossanesi 11. maí 1998. Framlag skynjaranna NH_3 , SO_2 og CO er merkt sérstaklega og sýnin eru auðkennd með dagsetningu og sýnatökustað.



Mynd 7. Virkni þvottaturns - Mælingar á lofti fyrir og eftir þvottaturn í Krossanes-verksmiðjunni (sýnatökustaðir nr. 11 og 12) 11. maí og 25 júní 1998.

Myndin sýnir vel að amínin skolast vel út í þvottaturninum þar sem svörun NH_3 skynjarans lækkar mikið, en minnkun í svörun CO og SO_2 skynjaranna er ekki eins mikil og bendir til þess að torleysanleg alkóhól og brennisteinsefni sleppi út í útblásturinn. Síðari hluta júnímánuðar var einmitt kvartað vegna slæmrar lyktafrá Krossanesi á Akureyri.

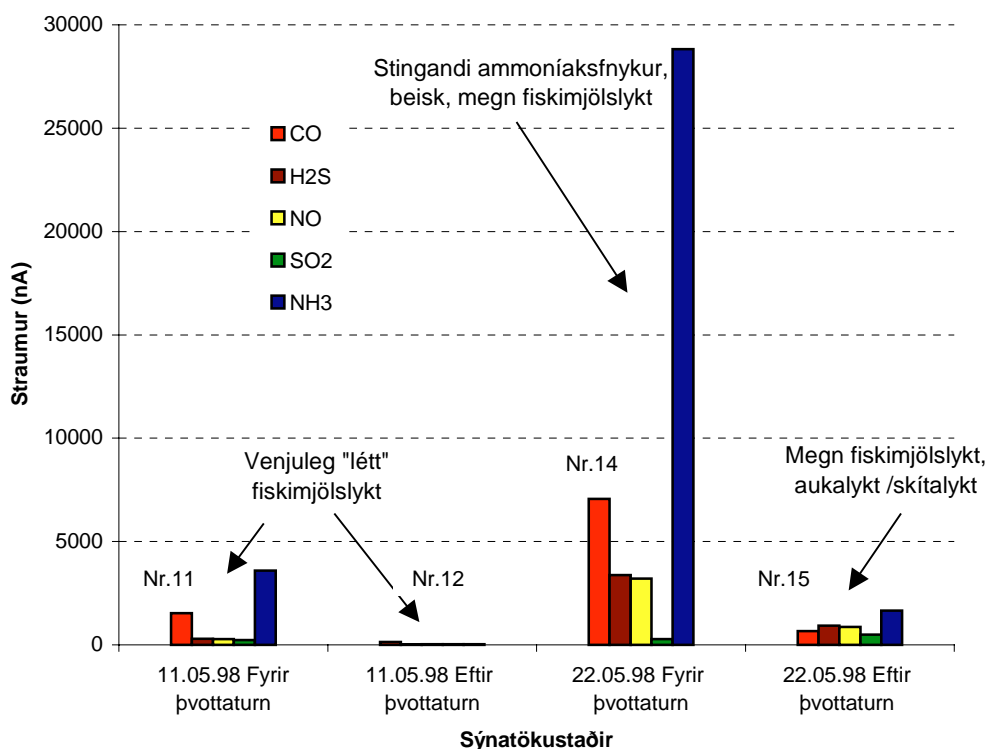
3.3. Rafnefsmælingar og skynmat á loftskýnum í Tedlar pokum, maí 1998.

Strax í upphafi verkefnisins var ljóst að besta leiðin til að meta lykt og lyktarstyrk var að nota svokallaðan "olfactometer", sem þynnir sýnin á kerfisbundin hátt. Slíkur mælir er ekki til staðar á Rf og ákveðið var að leggja ekki áherslu á skynmatsaðferðir í verkefninu. Í Danmörku hefur rannsóknarstofan dk-TEKNIK séð um skynmat á loftskýnum fyrir danska fiskimjölsiðnaðinn eins og lýst er í inngangi skýrslunnar.

Í stað þess að nota lyktarmæli (olfactometer) er mögulegt að taka loftskýni í plastpoka og þynna síðan loftið með því að nota sprautur og sprauta litlu magni af loftskýni inn í stærra rúmmál (poka) og endurtaka síðan þynninguna þar til ekki greinist lykt og ákvarða þannig styrkleika lyktarinnar. Ætlunin var að gera slíkar mælingar í verkefninu en ekki tókst að koma því framkvæmd, aðallega vegna þess að Tedlar pokar eru mjög dýrir og ekki var gert ráð fyrir kostnaði við fjárfestingu á því magni af pokum sem nauðsynlega þyrftu að vera til staðar til að safna marktækum sýnum. Hins vegar var ákveðið að gera könnun á því að taka sýni af lofti í plastpoka (Tedlar poka) í Krossanesverksmiðjunni og flytja til Reykjavíkur. Loftskýnin voru mæld í FreshSense tækinu og lyktinni úr pokum lýst með orðum. Mynd 8 sýnir niðurstöður mælinga á loftskýnum sem tekin voru í Krossanesi þegar verið var að framleiða beinamjöl þann 11.05.98, en 22.05.98 var í gangi mjölvinnsla úr síld sem hafði TVN gildi í kringum 200 mg N/100g. Sýnin voru flutt til Reykjavíkur og mæld í Tæki 2 á Rf. Myndin sýnir niðurstöður mælinganna og búið er að leiðrétta vegna mismunandi rúmmáls pokanna og þynningar í sýnatökuskál.

Sýnin frá beinamjölsvinnslunni höfðu einkennandi mjög léttu, venjulega fiskimjölslykt, en greinilegt var að miklu meiri ólykt var í sýni sem tekið var fyrir þvottaturn þann 22.05. og svörun skynjaranna mun meiri í samræmi við það. Þó nokkur ódaunn var til staðar í sýni, sem tekið var á eftir þvottaturni og skynmatsdómarar lýstu því sem fiskimjölslykt og aukalykt/skítalykt, en stingandi

ammoníaks lykt og beisk stingandi fiskimjöslykt voru mjög áberandi í sýninu sem tekið var fyrir þvottaturn þann 22.05.



Mynd 8. Mæling á virkni þvottaturns. Loftsíni úr Krossanesi flutt í plastpokum til Rf og mælt í Rf rafnefinu í lokaðri sýnatökuskál.

Ef bornar eru saman mælingarnar sem teknar voru í Krossanesverksmiðjunni 11. maí (Mynd 7) og pokasýnunum frá sama degi (Mynd 8), sést að hlutfallsleg svörun nemanna er svipuð en útslagið er u.þ.b. helmingi minna í pokasýnunum. Með því að betrubæta aðstæður við að koma pokasýnum í mæliskálina í Rf tækinu, má koma í veg fyrir þynningu á sýnunum. Þessar mælingar sýna að mögulegt er að flytja loftsýni í plastpokum, en gera þarf úrbætur til að mælingarnar sýni sambærilegar niðurstöður.

3.4. Mælingar í Krossanesi í júní og júlí 1998.

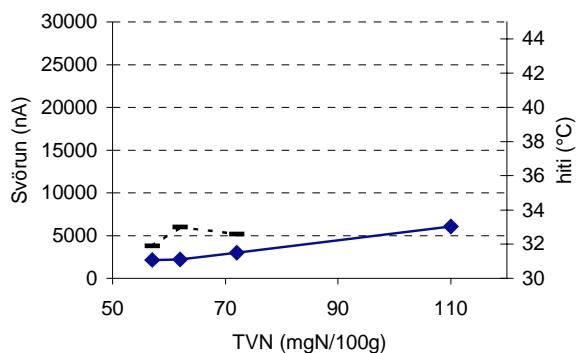
Niðurstöður mælinga sem gerðar voru í Krossanesi í júní og júlí eru í töflu 1. Mælingarnar voru framkvæmdar af starfsmanni RHA og starfsmönnum í Krossanesi. Í júní var framleiðsla á síldarmjöli og var tæki Krossaness notað í mælingar. Hæsta útslagið er við forsjóðara eins og fyrr, en þar er hitastigið einnig hæst.

Tafla 1. Mælingar með rafnefi og TVN mælingar í Krossanesverksmiðjunni í júní og júlí, 1998

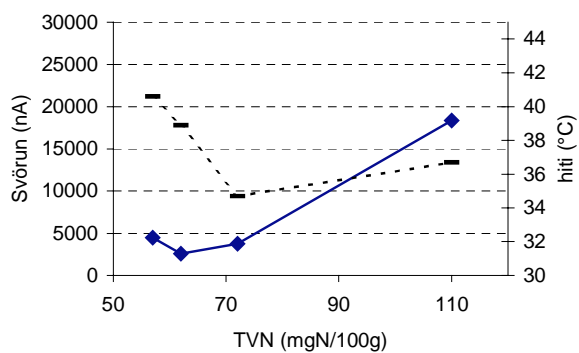
Dagsetning	Straumur (nA/ppm)								
	1 júní	15 júní	16 júní	18 júní	24 júní	25 júní	9 júlí	10 júlí	
TVN(mgN/100g)		57	62	72	119	110			
Sýnatökustaðir									
Nr.8 - að katli	CO		2181	2229	3032	2977	6090	3676	5274
	SO ₂		477	538	614	977	4231	2024	3052
	NH ₃		863	973	3153	1790	6073	4613	4806
T=31-32°C									
	CO		4459	2572	3737	14938	18339	28939	3880
	SO ₂		545	323	365	2099	2143	4056	472
T=35-41°C									
	NH ₃		2936	1594	2694	3264	958	1087	2070
Nr.11 - fyrir þvottaturn	CO	2389	3577	2213	3434	10317	25177	24454	2620
	SO ₂	317	527	406	458	1467	3354	3791	346
	NH ₃	11667	13294	13652	18753	16267	25610	4437	8932
T=35-38°C									
	CO	1111	3392	1960	3718	3632	18481	21252	2285
	SO ₂	122	327	232	344	1300	2086	3287	237
T=38-40°C									
	NH ₃	1000	2153	1638	3851	3632	1977	589	806
Nr.13 - að forsjóðara	CO		12595	14072	19791	8900	9614	1606	11437
	SO ₂		2349	2439	1264	1407	4195	319	3004
	NH ₃		35583	58885	57004	32898	56268	5669	58865
T=37-43°C									
	CO	0	897	492	106	179	-80	-354	372
	SO ₂	111	164	55	98	133	56	-24	50
T=34-37°C									
	NH ₃	6389	13569	13063	9394	13075	8692	2033	16046
Nr. 19 - kvörn	CO					78	560	78	-72
	SO ₂					-51	171	-51	-26
	NH ₃					3320	3313	3320	1637

Forvitnilegt er að skoða samband á milli TVN og svörun nemanna á hverjum sýnatökustað. Á myndum 9-14 hafa niðurstöður fyrir 15., 16., 18. og 25. júní verið teknar saman á móti TVN fyrir hvern sýnatökustað. Greinilegt er að í mörgum tilfellum er bein fylgni milli svörunar og TVN gildis. Til að sannreyna þetta var gerð Partial Least Squares (PLS) regression, þar sem niðurstöður rafnefsmælinga voru notaðar til að spá fyrir um TVN gildi. Notaðar voru niðurstöður úr mælingum fyrir þvottaturn sem gerðar voru áður nefnda daga. Vegna þess hversu fáar mælingar voru gerðar er ekki hægt að fá marktækar niðurstöður, en þær niðurstöður sem fengust benda til þess að hægt sé að nota rafnefnið til að spá fyrir um TVN gildi hráefnis með 10-25% nákvæmni.

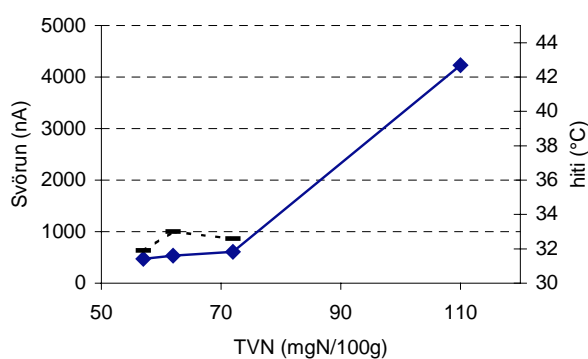
Sýnatökustaður nr. 8 (að katli), CO svörun



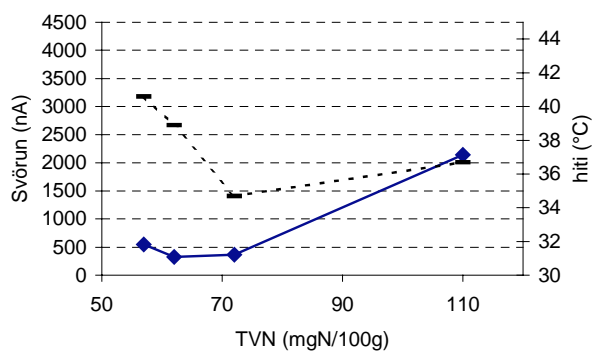
Sýnatökustaður nr.9 (fyrir litla turn), CO svörun



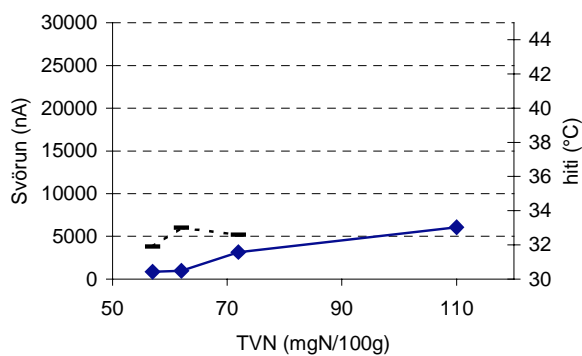
Sýnatökustaður nr. 8 (að katli), SO2 svörun



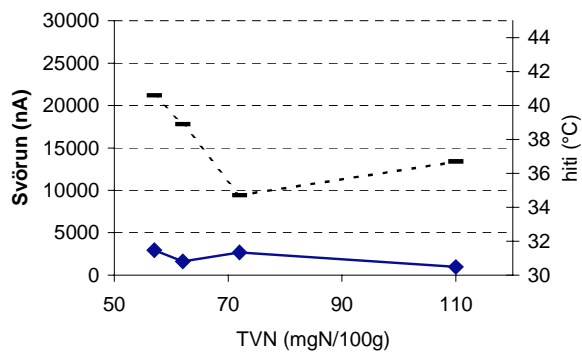
Sýnatökustaður nr.9 (fyrir litla turn), SO2 svörun



Sýnatökustaður nr. 8 (að katli), NH3 svörun



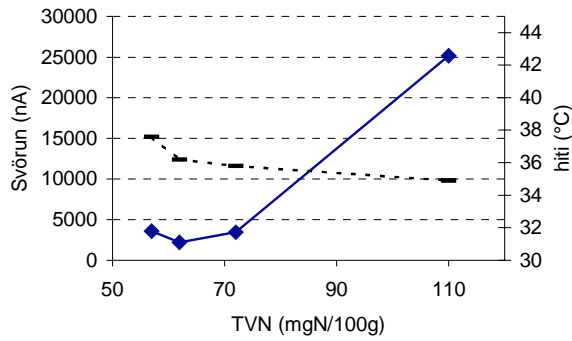
Sýnatökustaður nr.9 (fyrir litla turn), NH3 svörun



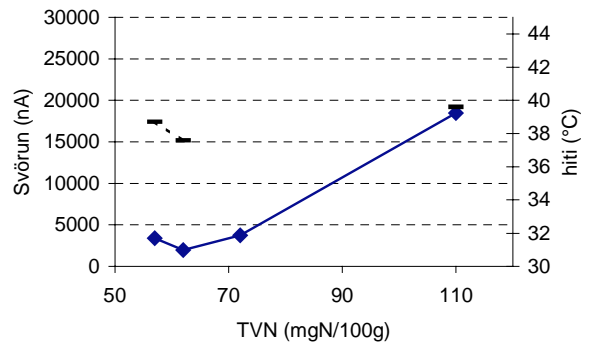
Mynd 9. Svörun CO, SO₂ og NH₃ skynjara (-♦-) og hitastig (---) sem fall af TVN fyrir sýnatökustað nr 8 (að katli) dagana 15., 16., 18. og 25. júní

Mynd 10. Svörun CO, SO₂ og NH₃ skynjara (-♦-) og hitastig (---) sem fall af TVN fyrir sýnatökustað nr. 9 (fyrir litla þvottaturn) dagana 15., 16., 18. og 25. júní

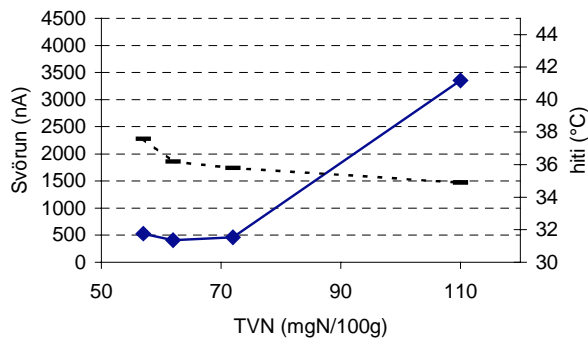
Sýnatökustaður nr.11 (fyrir turn), CO svörun



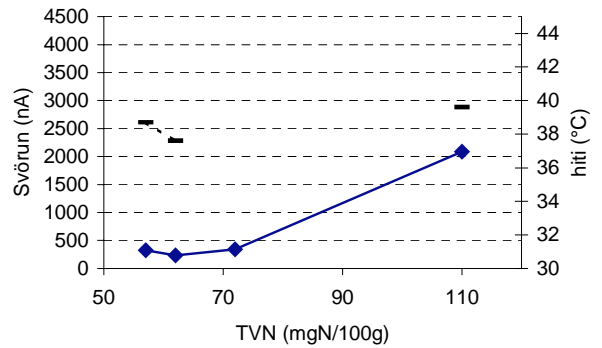
Sýnatökustaður nr.12 (eftir turn), CO svörun



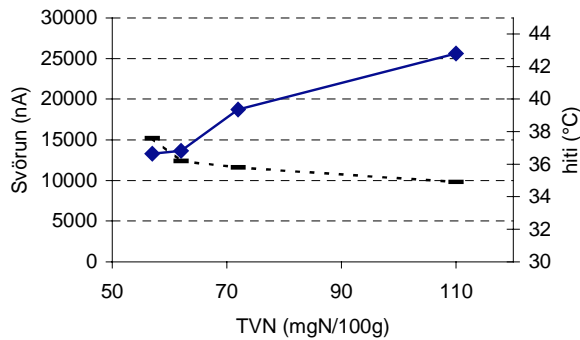
Sýnatökustaður nr.11 (fyrir turn), SO2 svörun



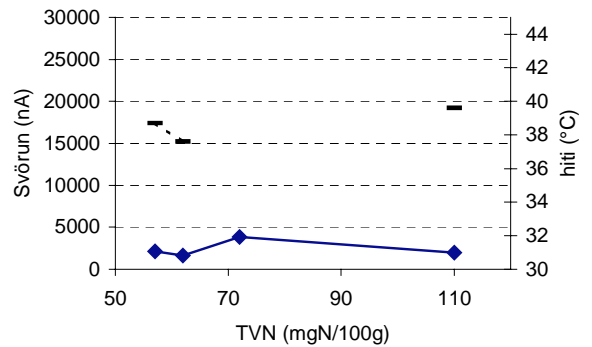
Sýnatökustaður nr.12 (eftir turn), SO2 svörun



Sýnatökustaður nr.11 (fyrir turn), NH3 svörun



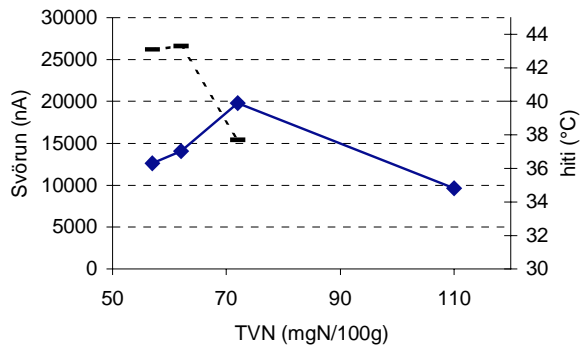
Sýnatökustaður nr.12 (eftir turn), NH3 svörun



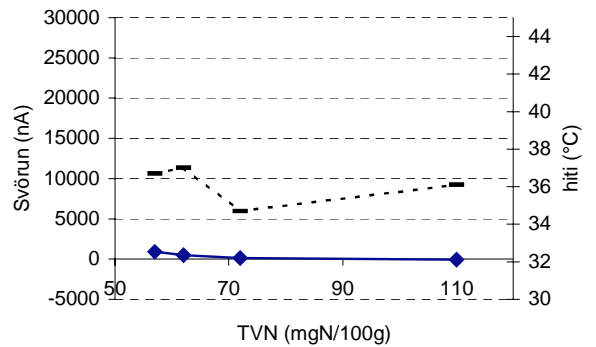
Mynd 11. Svörun CO, SO₂ og NH₃ skynjara (-♦-) og hitastig (---) sem fall af TVN fyrir sýnatökustað nr. (fyrir þvottaturn) dagana 15., 16., 18. og 25. júní

Mynd 12. Svörun CO, SO₂ og NH₃ skynjara (-♦-) og hitastig (---) sem fall af TVN fyrir sýnatökustað nr. 13 (eftir þvottaturn) dagana 15., 16., 18. og 25. júní

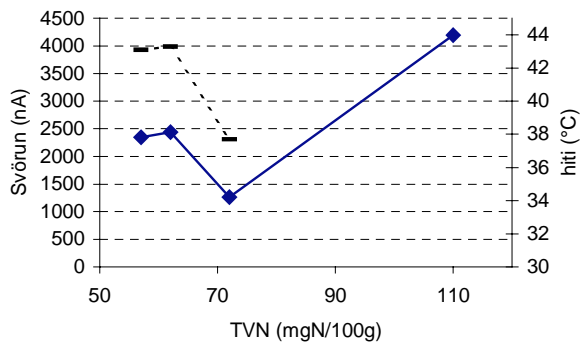
Sýnatökustaður nr. 13 (að forsjóðara), CO svörun



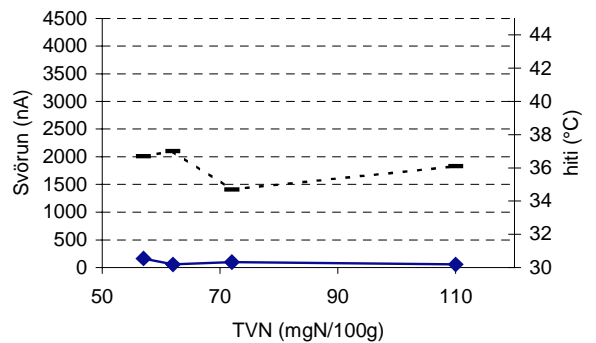
Sýnatökustaður nr.20 (mjöl), CO svörun



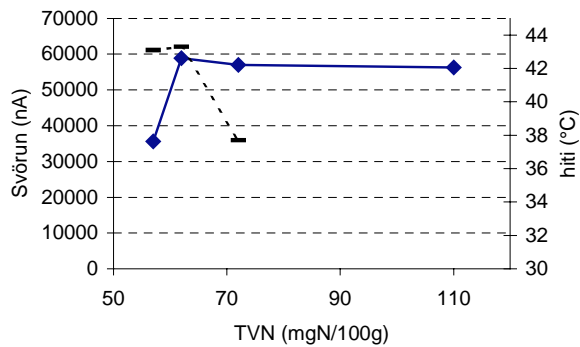
Sýnatökustaður nr. 13 (að forsjóðara), SO2 svörun



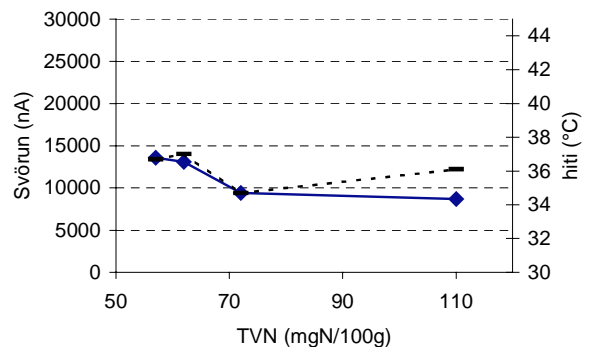
Sýnatökustaður nr.20 (mjöl), SO2 svörun



Sýnatökustaður nr. 13 (að forsjóðara), NH3 svörun



Sýnatökustaður nr.20 (mjöl), NH3 svörun

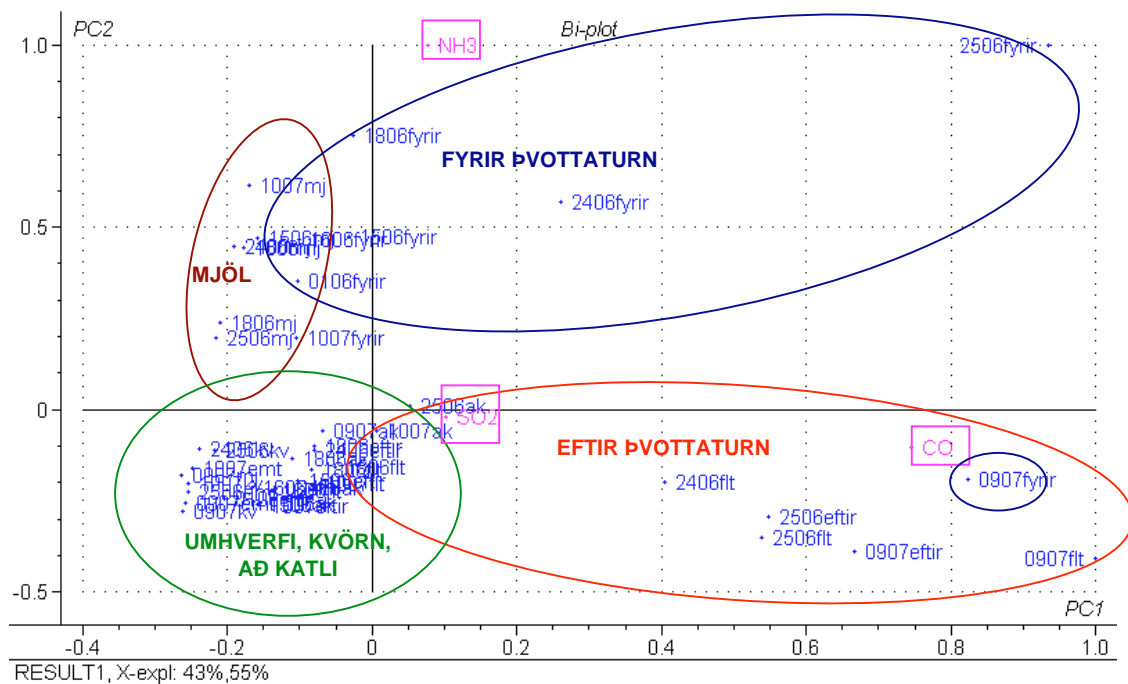


Mynd 13. Svörun CO, SO₂ og NH₃ skynjara (-♦-) og hitastig (---) sem fall af TVN fyrir sýnatökustað nr 13. (að forsjóðara) dagana 15., 16., 18. og 25. júní

Mynd 14 Svörun CO, SO₂ og NH₃ skynjara (-♦-) og hitastig (---) sem fall af TVN fyrir sýnatökustað nr. 20 (mjöl) dagana 15., 16., 18. og 25. júní .

Nauðsynlegt er að fá mun fleiri gögn til að hægt sé að gera marktæka spá og næsta skref er að safna gögnum við vinnslu í verksmiðjum og koma upp gagnagrunni, sem hægt er að nota til að gera raunhæft spálíkan til að spá fyrir um TVN með því að nota rafnefsmælingar.

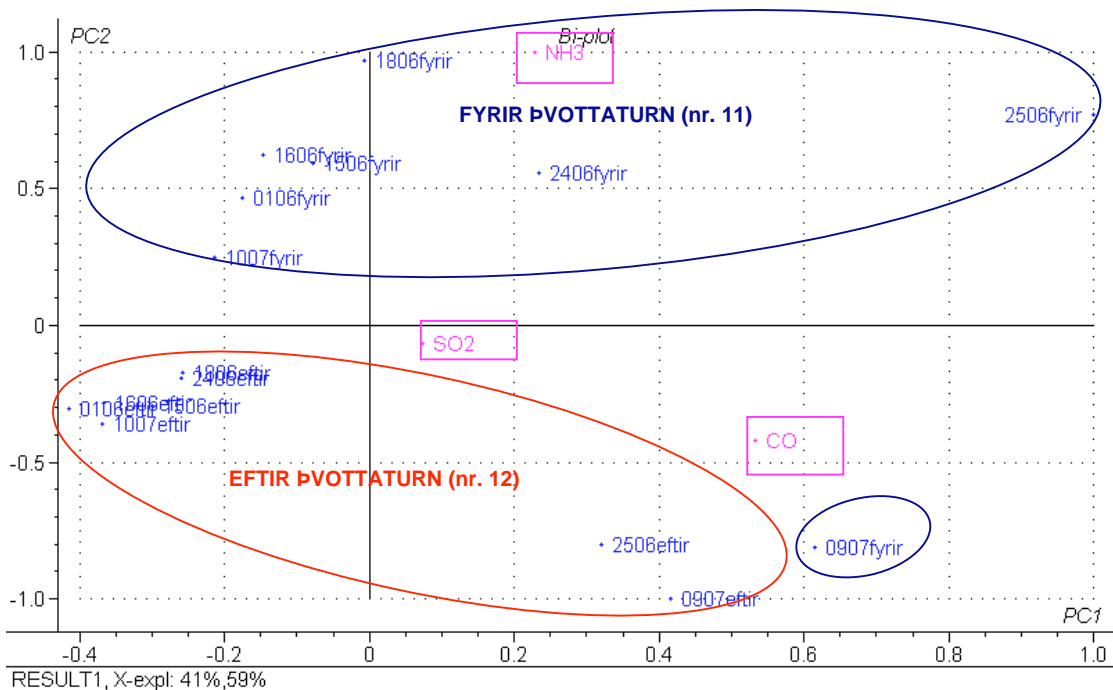
Hátt hitastig í vinnslurásinni er áhyggjuefni vegna þess að skynjararnir þola ekki mikið herra hitastig en 35°C. Á myndum 9-14 er hitastigið sett inn til að athuga sambandið á milli hitastigs og svörunar nemanna. Í ljós kemur að breytingar á hitastigi á hverjum sýnatökustað virðist ekki hafa afgerandi áhrif á svörun nemanna. Ef svörun einstakra nema á myndum 9-14 er skoðuð nánar kemur í ljós aukin svörun CO og SO₂ skynjaranna þegar TVN gildið eykst í hráefni fyrir sýnatökustaðina: að katli og fyrir og eftir þvottaturn (myndir 9-12) og er svörun þessara skynjara því góð vísbending um skemmdarstig hráefnisins. Svörun skynjaranna á sýnatökustöðunum að forsjóðara og mjöl er hins vegar ekki í eins góðu samræmi við TVN gildið og er ástæðan e.t.v. mjög hátt hitastig við forsjóðarann og einungis NH₃ skynjarinn gefur svörun við mjölinu.



Mynd 15. PCA greining á öllum mælingum í júní og júlí nema sýnatökustaðnum “að forsjóðara” er sleppt. Framlag skynjaranna NH₃, SO₂ og CO er merkt sérstaklega og sýnin eru auðkennd með dagsetningu og sýnatökustað

Mynd 15 sýnir PCA greiningu á öllum mæligögnum í júní og júlí, nema frá mælingum við forsjóðara, þar sem þau gögn höfðu mjög háa svörun og þar af leiðandi

mikil áhrif á PCA myndina. Hitastigið við forsjóðara var allt að 45°C og niðurstöður mælinga sýna að ekkert samband er við TVN gildi í hráefni (mynd 13), auk þess sem ekki er mælt með að skynjararnir séu notaðir við hærra hitastig en 35°C. Á PCA myndinni sést vel að hægt er að aðgreina gögnin og ammoníakssvörun er áberandi í sýnum fyrir þvottaturn og í mjöli, en CO svörun hefur mest áhrif á svörun “eftir þvottaturn”. Þeir sýnatökustaðir þar sem lyktarframlag er minnst eru “umhverfi”, “kvörn” og “að katli”.



Mynd 16. Virkni þvottaturns - PCA greining fyrir mælingar í júní og júlí fyrir og eftir þvottaturn. Framlag skynjaranna NH₃, SO₂ og CO er merkt sérstaklega og sýnin eru auðkennd með dagsetningu og sýnatökustað.

Gagnlegt er að skoða PCA greiningu einungis af mælingum fyrir og eftir þvottaturn til að skoða virkni hreinsibúnaðarins. Mynd 16 er PCA greining á gögnunum og þar má sjá að greinileg skil eru á milli sýnanna sem tekin eru fyrir þvottaturn og þeirra sem tekin eru eftir þvottaturn. Á myndinni er framlag (loadings) nemanna þriggja einnig sýnt og greinilegt er að NH₃ neminn hefur mest áhrif hvað varðar skiptinguna. Það kemur heim og saman við að það eru að mestu leyti ammoníak og TMA sem verið er að fjarlægja í þvottaturninum. Aðeins á einum degi (0907) er lítil munur á sýnunum og hefur það verið merkt inn á myndina. Líklegt er að hér hafi verið um betra hráefni að ræða, enda lendir sýnið fyrir þvottaturn á svipuðum slóðum og hin lenda eftir þvottaturn.

4. LOKAORÐ

Í verkefninu hefur verið sýnt fram á að rafnefið nýtist vel til að mæla loftmengun á ýmsum stöðum í vinnslurás verksmiðja og einkum eru athyglisverðar mælingar þar sem sýnt er fram á virkni hreinsibúnaðar. Dýrmæt reynsla fékkst þegar mælt var við raunverulegar aðstæður í verksmiðjunni, en ýmsar úrbætur þarf að gera til að tryggja áreiðanleika mælinganna. Þar má nefna að tillögur komu fram um að smíða kælielement til að kæla heitan loftstraum úr vinnslurásinni áður en loftið kemst í snertingu við nemana. Mælingarnar þarf að framkvæma í lokuðu rými og staðla þarf sýnatökuaðferð þar sem ákveðnu magni af lofti er dælt í mælirýmið í ákveðinn tíma. Tryggja þarf að skynjararnir nái grunnildi á milli mælinga og kanna þarf hversu vel skynjararnir endast við eins hátt hitastig og er í vinnslunni. Einnig þyrfti að skoða betur áhrif ryks, sem er til staðar við mjölvinnslu, svo og áhrif raka og hitastigs, en ljóst er að allir þessir þættir hafa mikil áhrif á mælingarnar. Nauðsynlegt er að safna frekari gögnum um samband TVN og mælinga með rafnefinu á ýmsum stöðum í vinnslurásinni til að sannreyna enn betur notagildi tækisins. Samanburður rafnefsmælinga við skynmat, þar sem mældar væru lyktareiningar, væri mjög gagnlegur. Þannig væri hægt að kvarða rafnefsmælingarnar með mælingu sem víða erlendis er notuð sem viðurkennd aðferð til að meta lyktarmengun. Á þennan hátt gætu verksmiðjur framkvæmt sjálfar hraðvirka, ódýra mælingu með rafnefi til að fylgjast með lyktarmengun við fiskimjölsframleiðslu. Slík kvörðun myndi að sjálfsgöðu byggjast á því að safna gögnum við raunverulegar aðstæður í lengri tíma og samhliða ákvarða lyktarstyrkinn með “olfactometer”.

ÞAKKARORÐ

Rannsóknarráði Íslands er þakkaður fjárstuðningur við verkefnið og Rannsóknastofnun Háskólans á Akureyri er þakkað fyrir gott samstarf, einkum Halldóri Lind Guðmundssyni fyrir mælingarnar í Krossanesi sem framkvæmdar voru við erfiðar aðstæður um hásumar. Einnig eiga starfsmenn í Krossanesi, þeir Hilmar Steinarsson og Jóhann Pétur Andersen, Jón Bæring Hauksson hjá Element og Richard Hansen og Emilía Martinsdóttir á Rf, þakkir skildar fyrir sitt framlag. Vegna tæknilegra aðstæðna var ekki gerð úttekt hjá SR-mjöli í verkefninu. Um leið og við þökkum Þórhalli Jónassyni fyrir þátttökuna vonum við að settar verði upp

sambærilegar mælingar hjá SR-mjöli. Reynslan sem fengist hefur í þessu verkefni mun nýtast til að halda áfram að aðlaga rafnefsmælingar til að meta lyktarmengun í fiskimjölsverksmiðjum.

HEIMILDIR

ASTM - American Society for Testing and Material. Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series method of Limits (E679-91) (Reapproved 1997).

Bailey, J.C., 1980. Instrumental Analysis of Odour. Odour Control - A Concise Guide, Prepared on behalf of the Department of the Environment. F.H.H. Valentin, and A.A. North (Eds.), Warren Spring Laboratory, Hertfordshire, bls.31-42.

Bedborough, D.R., 1980. Sensory measurements of odours. Odour Control - A Concise Guide, Prepared on behalf of the Department of the Environment. F.H.H. Valentin, and A.A. North (Eds.), Warren Spring Laboratory, Hertfordshire, bls.17-31.

CEN/TC 264 (Workgroup2) Air Quality - Odour Concentration Measurements by Dynamic Olfactometry . Drög að CEN staðli.

CIEH Guidance on Monitoring for Processes Prescribed for Local Authority Air Pollution Control. The Use of Dynamic Dilution Olfactometry for Odour Strength Determinations from Source. Jan 1995. Chartered Institute of Environmental Health, London. ISBN 00 900 103 52 1

Fox, E.A. og V.E. Gex, 1957. Procedure for Measuring Odor Concentration in Air and Gases. J. Air Poll.Control Assoc, 7:60,61, maí 1957.

Hansen, L. (munnleg heimild), 1998. dk-TEKNIK, Energi og Miljö, Gladsaxe Møllevvej 15, DK 2860 Søborg . Tel. 4539696511; fax: 4539696002

Hollustuvernd, 1999. Heimasíða <http://www.hollver.is/>.

Krogsgaard Sørensen, R., (munnleg heimild), 1998. RIBE AMT, Amtsgården, Sorsigvej 35, DK 6760; tel.: +45 75424200, fax : +45 75424911)

Miljøgodkendelse af forureningsbegrænsende foranstaltninger, herunder anlæg til termisk forbrænding. RIBE AMT, Miljøafdelingen J.nr. 8-76-1-561-10-94.

Mills, J.L., R.T. Valsh, K.D. Luedtke og L.K. Smith, 1963. Quantitative Odor Measurement. . J. Air Poll.Control Assoc, 13(10):467-475, október 1963.

Ólafsdóttir, G. og Á. Högnadóttir, 1999 Mælingar með rafnefi - sýnatökuaðferðir og staðlamælingar. Rf skýrsla 1999 (í undirbúningi)

Ólafsdóttir, G. og Fleurence, J. 1998. Evaluation of fish freshness using volatile compounds- Classification of volatile compounds in fish. *In* Methods to Determine the Freshness of Fish in Research and Industry, Proceedings of the Final meeting of the Concerted Action "Evaluation of Fish Freshness" AIR3 CT94 2283. Nantes Nov 12-14, 1997. International Institute of Refrigeration, 55-69 .

Ólafsdóttir, G., E. Martinsdóttir og E. H. Jónsson, 1997a. Rapid gas sensor measurements to predict the freshness of capelin (*mallotus villosus*). *J.Agric. Food Chem.* 45,7, 2654-2659.

Ólafsdóttir, G., E. Martinsdóttir og E. H. Jónsson. 1997b Gas sensor and GC measurements of volatile compounds in capelin (*Mallotus villosus*). *In* Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality. Eds. Luten, J. B., Børresen, T. and Oehlenschläger, J. Amsterdam, Elsevier, 507-520.

Ólafsdóttir, G., E. Martinsdóttir, E. H. Jónsson, R. Ólafsson, 1995. Þróun nema sem greina ferskleika fisks. *Rf rit* 42, febrúar 1995.

Potter, D.P, J. Wignall og M.L. Windsor, 1972. The sampling and measurements of fish-processing odours. *J. Env. Planning and Pollution Control*, Vol.1 No 2 bls. 47-52. (Torry Memoir No 438)

Schaefer, J.,1977. Sampling, Characterisation and analysis of malodours. *Agriculture and Environment*, 3,121-127.

Útdráttur úr mengunarvarnarreglugerð nr. 48/1944 (með breytingum nr. 378/1994 og nr. 536/1994)

Úttekt á Esbjerg fiskimjölsverksmiðjunni 22. og 30. maí, 19. júní og 23. sept.1996
Lugtkortlægning på Esbjerg Fiskeindustri A.m.b.a. Hedeselskabet, Miljø- og Energidivisionen, 22.10. 1996, JHO/PDS/lkn, Sag nr, 215 96536,, Mølledamsvej 4,DK 9575 Terndrup. Tel.: +45 98336666, fax: +45 98336667.

Þorbjarnarson, Þ. og P. Ólafsson, 1973. Um eyðingu lyktar og eims frá fiskimjölsverksmiðjum . *Tæknitíðindi* nr.28

VIÐAUKI

**Loftmengun í fiskimjölsiðnaði -
samband hráefnisgæða og niðurbrotsefna við fiskimjölsframleiðslu**

VIÐAUKI 1

**Loftmælingar í úttekt á fiskimjölsverkmiðjunni í Esbjerg 1996
Upplýsingar frá dk-TEKNIK**



SUGELOSSERE			
Date	Antal sugelossere Bassin nr. Stofnsnævi	TUVN	Þéttstærð í m ²
22. maj 1996	2 sugelossere 4. bassin Lars Hyldig	19	3.300 16.000 3.900
	2 sugelossere 5. bassin Mette Holm		32.000 7.700 11.500
	2 sugelossere 5. bassin Mikkel Louise		38 5.400 17.900 6.000
19. juni 1996	1 sugelossere 5. bassin Thambjerg	58	7.400 20.000 39.200
	2 sugelossere 4. bassin Anna Sörina		50 2.200 i.m. 2.200
	1 sugelossere 4. bassin Lars Frank		30 1.800 1.600 18.000
23. september 1996	2 sugelossere 4. bassin Föroyingur	157	550.000 516.000 312.000
	2 sugelossere 4. bassin Svanesund		84 471.000 51.000 160.000 101.000 66.000 25.000



2. GASKONCENTRATION

O₂:

Iltanalysator PMA10 med digital og analog udlæsning af resultater. Målingen foretages tørt med paramagnetisk-dynamisk celle. Luftstrømmen udsuges med transportabel prøvetagningsenhed M&C type PSS, hvori luften grov- og finfiltreres og luftens vanddampindhold udkondenseres.

Prøveudtagningen er udført i overensstemmelse med Hedeselskabets akk. nr. 219. De målte værdier er datalogget med 10 sek. intervaller.

CO₂:

IR-analysator Hartmann & Braun type URAS 10E med digital og analog udlæsning af resultater. Luftstrømmen udsuges med transportabel prøvetagningsenhed M&C type PSS, hvori luftstrømmen grov- og finfiltreres og luftens vanddampindhold udkondenseres.

Prøveudtagningen udføres i overensstemmelse med Hedeselskabets akk. nr. 219. De målte værdier er datalogget med 10 sek. intervaller.

NO:

IR-analysator Hartmann & Braun type URAS 10E, forsynet med transportabel prøvetagningsenhed M&C type PSS.

Prøveudtagningen er udført i overensstemmelse med Hedeselskabets akk. nr. 219. De målte værdier er datalogget med 10 sek. intervaller.

Måleudstyret for CO og NO er kalibreret med certificerede prøvegasser før og efter målingerne.

Trimethylamin ((CH₃)₃-N):

Fra røggaskanalen udsuges en delgasstrøm (ca. 30 liter/time), der ledes gennem silikagelrør. Art og mængde af de opsamlede aminer bestemmes ved gas-kromatografisk analyse med NPD-detektor.

Analysen er foretaget af Miljø-Kemi.

Ammoniak (NH₃):

Fra røggaskanalen udsuges en delgasstrøm (60-120 liter/time), der ledes gennem en kolonne af 3 vaskeflasker i serie (EPA impinger sample train). Som absorptionsvæske anvendes 0,1 N H₂SO₄ opløsning.

Prøveudtagningen er udført i overensstemmelse med Hedeselskabets akk. nr. 219 og analyserne er udført af Hedeselskabets laboratorium i Svenstrup efter akk. nr. 244.

Lugt og TOC:

Lugtprøver er udtaget efter Miljøstyrelsens Vejledning nr. 4/1985 og prøverne er analyseret af dK-TEKNIK's lugtlaboratorie. Lugtprøverne er endvidere analyseret for TOC. TOC er målt med gasmonitor med fotoakustisk infrarød detektor i methanækvivalenter (CH₄).

Resultater for lugt og TOC fremgår af bilag B.

ii



Olfactometry

Olfactometry on industrial premises is required to provide documentary proof of compliance with current legislation as well as to make it possible to map overall emission of odours from the premises.

Olfactometry can also be used to determine the odour threshold for pure substances and VOC (volatile organic compounds) from building materials. The Odour Guidelines from The Danish Environmental Protection Agency lays down the maximum levels of odour which may be emitted by any factory and the methods to be used to measure such emissions. These are based on olfactometric determinations, i.e. the use of odour panels composed of trained people. A odour panel is neutral, in that its members are not told where a particular odour originates from, so they are not prejudiced against it in advance.

THE MEASUREMENT OF ODOUR:

A measure of odour is carried out after examination of the customer's requirements, any demands made by the authorities, the conditions under which the determination is to be



made, etc. Samples are taken for analysis in the odours laboratory, at which odour thresholds are estimated by dynamic olfactometry and assessed in relation to any limiting values which may be in force. The sample may also be taken by the customer on the basis of a fixed routine and sent in to the laboratory. The results are notified in a specific report, with a summary.

METHOD:

Olfactometry determinations are based on the guidelines laid down in the Environmental Protection Agency's Guidelines No. 4/1985. These guidelines will later be replaced by a CEN (European standardisation committee) standard, detailing methods to be used and the conditions under which olfactometry is to be carried out.

EQUIPMENT:

dk-TEKNIK has constructed its own Odours Laboratory, with all necessary equipment.

This includes:

- Sampling equipment with or without dilution probes. Samples can be taken from point sources as well as from area and/or diffuse sources.
- New, air-conditioned odour testing rooms (future CEN standard).
- Olfactometer, dk-TEKNIK model 1994 (future CEN standard).
- CO₂, CO, O₂, TOC monitors etc., for supplementary chemical analysis.

QUALIFICATIONS:

- In the field of environmental odour consultancy dk-TEKNIK is a leading company nationally. This claim is supported by the volume of odours analyses and consultancy projects performed as well as the range of our expertise and experience accumulated for more than 20 years (app. 1500 samples per year)
- Since international guidelines for odour measuring equipment have not yet been laid down, our experts are continually developing and improving the equipment.

APPLICABILITY OF RESULTS:

The results are returned in the form of an easily understood report with a summary. If the report is to be used as documentary proof for the authorities, it can be supplied in a form making it directly applicable for this purpose.

RELATED SERVICES:

If required, the odorimetry determinations can be supplemented by propagation-meteorological calculations on the OML model, chimney height calculations, assessments of the effects on the surrounding environment, or proposals for reducing smell nuisance.



VIÐAUKI 2

**Listi yfir skynjara sem eru í FreshSense tækjunum ásamt
upplýsingum um yfirfærslu aflesturs frá spennu yfir í straum**

Yfirlýsing frá V yfir í uA í Fresh Sense tæki nr. 1 í eign Element.				
Rás	Nemi	Rf	Yfirlýsing sett í Medistor	mV til nA
1	CO Drager	390k//180K	5V = 4060/100 => sýnir uA	nA = mV/123x1000
2	SO2 Drager	180k	5V = 2778/100	nA = mV/180x1000
3	NH3 S	180k	5V = 2778/100	nA = mV/180x1000
4	NH3 City	220k	5V = 2273/100	nA = mV/220x1000
7	K-type hitanemi			°C beint
8	Hycal rakanemi		5V= 140 og 0V = -27	%RH=(V - 0,81) / 0,03 V = 0,03 x %RH+0,82

Yfirlýsing frá V yfir í uA í Fresh Sense tæki nr. 2 í eign Rf.				
Rás	Nemi	Rf	Yfirlýsing sett í Medistor	mV til nA eða ppm
1	CO Drager	390k//180K	5V = 4060/100 => sýnir uA	nA = mV/123x1000
2	H2S Drager	180k	5V = 2778/100	nA = mV/180x1000
3	NO Drager	180k	5V = 2778/100	nA = mV/180x1000
4	SO2 Drager	180k	5V = 2778/100	nA = mV/180x1000
5	NH3 City A7AM	220k	5V = 2273/100	nA = mV/220x1000
7	CO2 Infrared		5V=2625/1 og 0V= - 500/1	ppm = 0,625 * (mV) - 500
8	K-type hitanemi			°C beint

$$5000/(123,158 * 1000) = 40,6 \mu A$$

$$5000/(180 * 1000) = 27,78 \mu A$$

$$R_f(\text{CO}) = (390 * 180) / (390 + 180) = 123,158 \text{ Kohm}$$

Yfirlýsing frá mV yfir í nA í Fresh Sense tæki nr. 3 og 4 með Comtest loggger				
Rás	Nemi	Rf	mV til nA	
6	Nemi	180K	nA = mV/180x1000	
7	CO Drager	180k	nA = mV/180x1000	
8	SO2 Drager	180k	nA = mV/180x1000	
1	NH3 City		°C beint	
	K-type hitanemi			

Uppsetning á CO2 inn á Freshsens no. 2 , sem er eign Rf

Yfir inngang í medistor er 200 ohm

CO2 nemi gefur út 4-20mA fyrir 0-2000ppm

mV

800 ppm

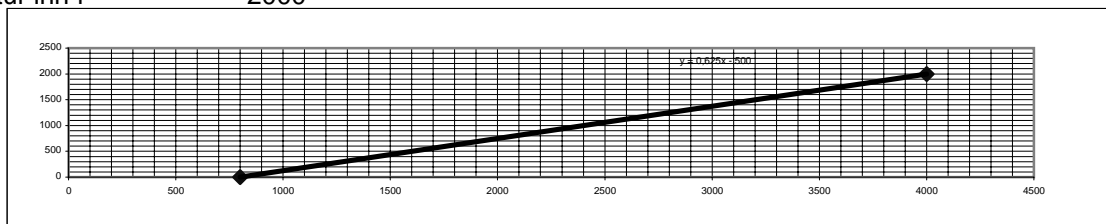
$$\text{ppm} = 0,625 * (\text{mV}) - 500$$

4000

0

Setur inn í

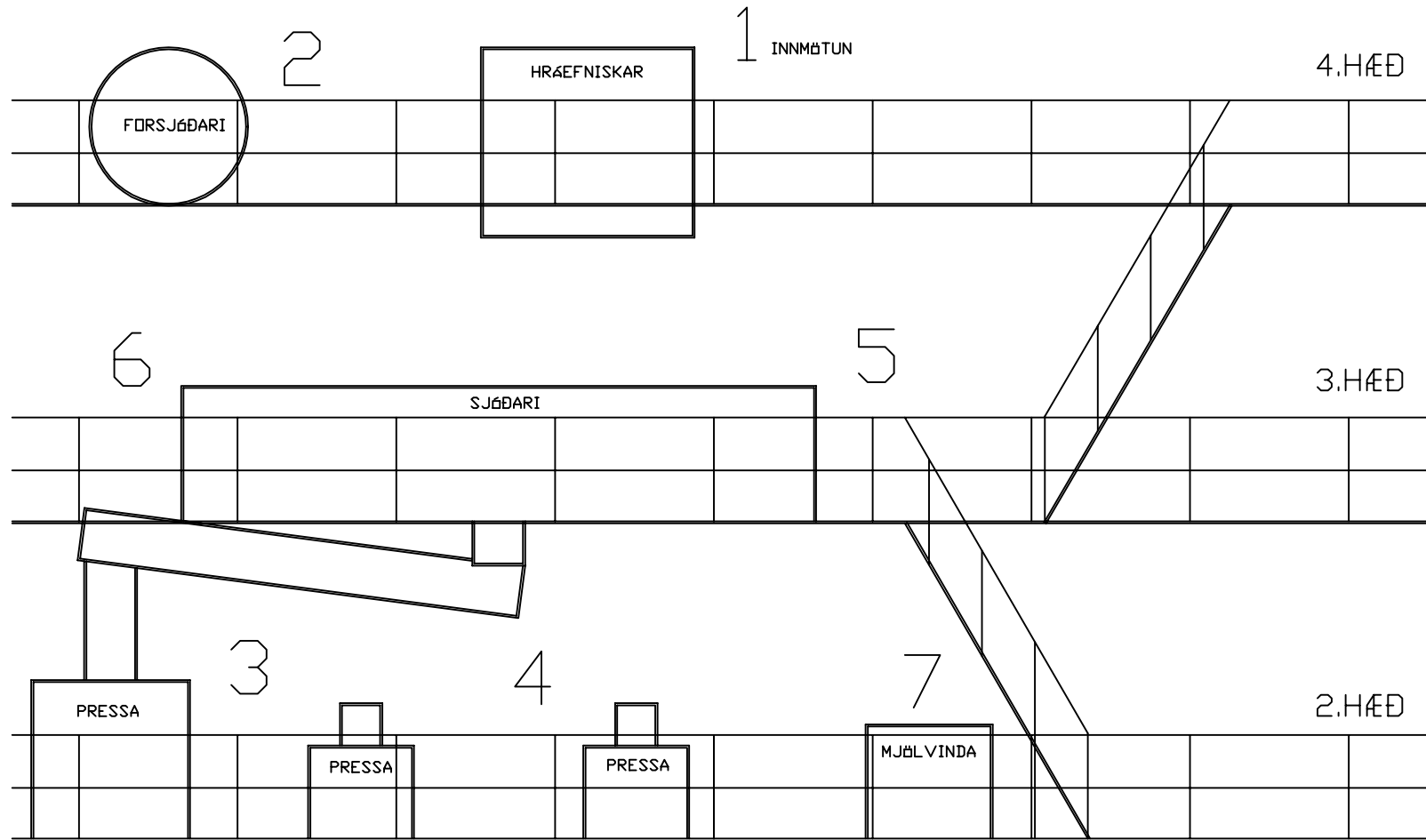
2000



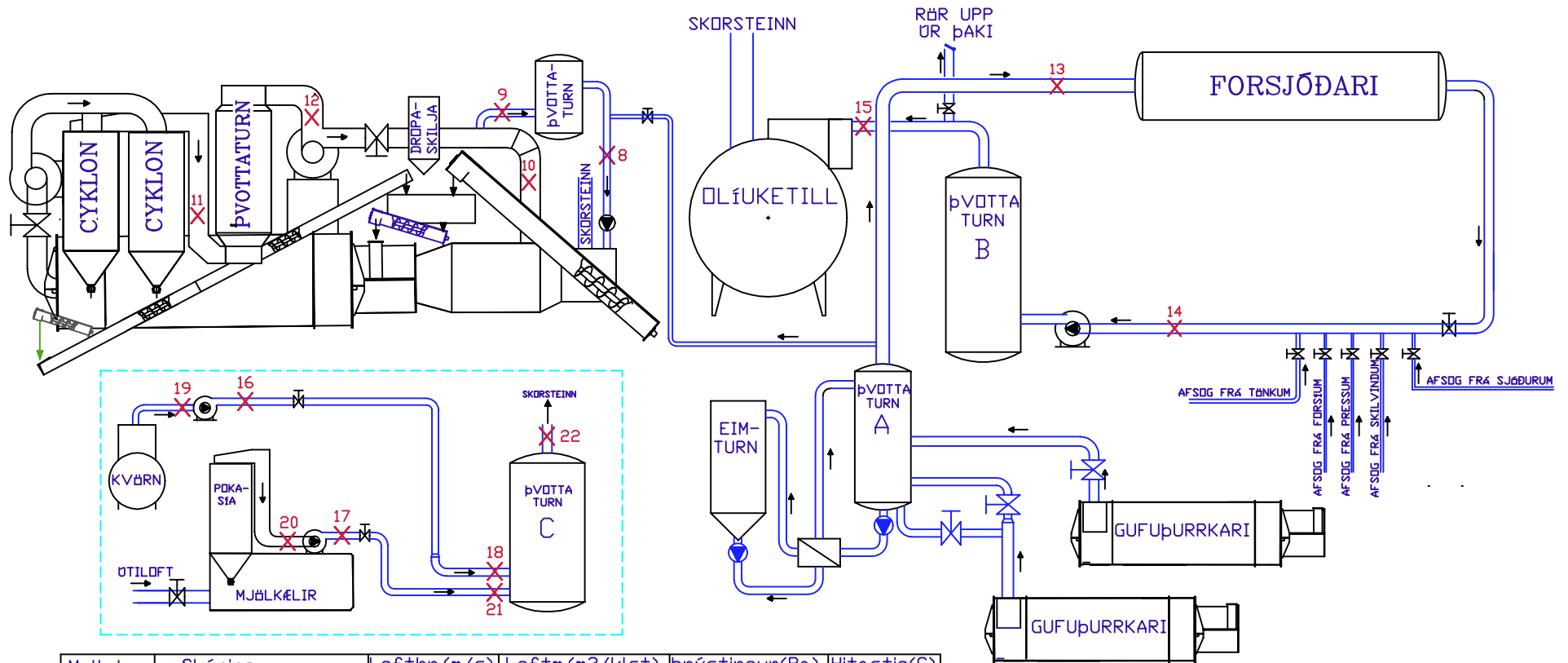
VIÐAUKI 3

**Sýnatökustaðir 1-7 í umhverfi við vinnslurásina í Krossanesi
Yfirlitsmynd af vinnslurásinni í Krossanesi og sýnatökustaðir 8-22**

YFIRLITSMYND FYRIR SÝNATÖKUSTADIR 1-7



SÝNATÖKUSTAÐIR 8 – 22



Mælist.nr	Skýring	Lofthr.(m/s)	Loftm.(m ³ /klst)	þrýstingur(Pa)	Hitastig(C)
8	Eftir litla þv.turn	22	4000	64	22
9	Fyrir litla þv.turn	5	1800	60	19
10	Eftir dropaskilju	15	29000	60	18
11	Fyrir stóra þv.turn			-110	60-70
12	Eftir stóra þv.turn	16	3600	-150	18
13	Fyrir forsjóðara	7	10.000		90
14	Eftir forsjóðara	17	12.000		45
15	Eftir þvottaturn B	7	5.000		35
16	Eftir kvarnablásara	14-19	5.000-7.000	12-14	40
17	Eftir mjölk.blásara	3-5	1.100-1.800	4	52
18	Fyrir þvottaturn C	13-17	6.200-7.700		43
19	Fyrir kvarnablásara			-170	52
20	Fyrir mjölk.blásara	3-4	1.100-1.800	-150	46
21	Fyrir þvottaturn C				
22	Eftir þvottaturn C				

RANNSÓKNASTOFNUN FISKIÐNÁÐARINS
Skúlagötu 4, 101 Reykjavík sími 5620240

KROSSANES - SÝNATÖKUSTAÐIR