

Life cycle assessment of aluminium production in new Alcoa smelter in Greenland

Eqikkaaneq kalaallisut

Sammenfatning på dansk

Summary in English

Jannick H Schmidt, 2.-0 LCA consultants

Mikkel Thrane, Aalborg University

Government of Greenland

August 2009

Eqikkaaneq kalaallisut

Nalunaarusiaq manna tassaavoq avatangiisinut sunniutaasinnaasunut sukumiisumik misissuineq, Kalaallit Nunaata kitaani aluminiumik aatsitsivimmik 360.000 tons-inik nioqutissorsinnaasup sanaartorniarnearluni pilersaarutaasumut atuunnermini sunniutigisinnaasai. Misissuineq Alcoa Kalaallit Nunaannilu Naalackersuisunit aallartinneqarsimavoq. Aatsitsivik maannakkut pilersaarusioneqarpoq siusinnerpaamillu 2014-imi atuutilersinnaassalluni.

Misissuineq Misissueriaaseq Life Cycle Assessment (LCA) atorlugu ingerlanneqarpoq, pingaarnerutillugulu GHG-nik aniatitsinissaq, imaluunniit naliginnaanerusumik oqaatigalugu carbon-imik kinguneqarnissaa qitiutinneqarluni. GHG-nik aniatitsinissamik qitiutitsinermit ilaatigut misissuinermit misissuititsisut piumasaqaataat aallaaviuvoq, ilaatigullu LCA-p tunngaviusumik avatangiisinut nassatarisinnaasai pillugit nalilersuinerit (SMV) ilaatinneqareenera, taakkunanilu sunniutaasinnaasut allat tamarmik immikkut nalilersorneqarmata. Kingunerisinnaasai allat, soorlu ozon-imik nungusaaneq, seernarsisitsineq, naggorissisitsineq, uummavimmut toqunartoqassuseq kiisalu inunnut toqunartoqassuseq misissuinermit pineqartumi ilanngunneqarput inaarutasumillu saqqummiussamik ilaatinneqarlutik, taamaattorli GHG-nik aniatitsinissaq pillugu misissuinermit naleqqiullugit immikkoortiterneqartigisimanatik taamatullu nalorninarsinnaasutut oqaatigineqarsinnaallutik.

LCA-p siunertaraa aatsitsiviup pilersaarutigineqartup atuunera tamakkerlugu avatangiisinut kingunerisinnaasai pillugit paasisutissiinissaq, tamannalu tunngaviusumik avatangiisinut nassatarisinnaasai pillugit nalilersuinermit (SMV) ukiuni 2007-2009-mut (Namminersornerullutik Oqartussat 2007) sanilliullugu suliarineqarluni.

Kalaallit Nunaanni Naalackersuisut misissuinissaq LCA piumasarisimavaa, inaarutaasumillu atuisussat tassaapput soqutiginnissinnaasut tamarmik qanoq annertutigisumik annikitsigisumilluunniit SMV-p ingerlanneqarneranut attuumassuteqarsimanerat apeqquaatinnagu. Tassani pineqarput Kalaallit Nunaanni Naalackersuisut, Alcoa, aatsitsiviup pilersaarusioneqartup inissiivissami Maniitsumi innuttaasut kiisalu NGO-t. Misissuinermit LCA-mi paasisat aamma isumaqatigiinniartunut pingaaruteqarput, tassanilu eqqarsaatigineqarlutik Danmark amma Kalaallit Nunaat sila pillugu isumaqatigiissutip Kyoto Protocol-imik taaguuteqartup taartissaanik isumaqatigiinniarnermi.

Eqikkaaneq pingasunngorlugu agguarneqarpoq. Immikkoortumi siullermi LCA-p imarisaa siunertaalu pillugit nassuiarneqarput, aappaanilu misissuinerup annertussusaa aammalu iliuitsit sorliit atorneqarnissaannik immikkoortinneqarnerillu nassuiarneqarlutik. Pingajuani misissuinerup inernerit pingaarnerit nassuiarneqarput. Tamarmik nunatsinni Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmik pilersitsinikkut GHG-mik aniatitassani missingersuutininik ilaqarput, ilanngullugulu allatigut aluminiumik nioqqutissionermut sanilliunneqarlutik. Qinigassap aappaa nunatsinni aatsitsiviliortoqassanngippat atuutilertussaasorinarpoq, pilersaarulli pilersaarusionerup naapertorlugu ingerlanneqassappat ingalanneqassalluni. Naggasiullugit immikkoortut pingajuanni malussarissuseq pillugu misissuueqqissaarneq pineqarpoq, LCA-mi inernerit nalorninarsinnaasut salliutillugit.

ISO 14044 standard najoqqutaralugu LCA-mik misissuineq allanit nalilersorneqartussaavoq, misissuinermi paasisat oqaatigisat allat sanilliussassat ilalersornissaasa avammut saqqummiunneqarnissaat siunertaappat. Taammaammat nalunaarusiaq manna 2009-mi april-ip 20-ianiit juli-p pingajuata tungaanut avataaneersumit nalilersorneqarsimavoq. Mark Goedkoop (Pré Consultants) Klaus Georg Hansen-imit (Kalaallit Nunaanni Naalakkersuisut) avtaaniit attuumassuteqanngitsut immikkut paasisimasallit naliliisussat siulittaasuattut toqqarneqarsimavoq. Mark Goedkoop nammineerluni inuit marluk suleqatissamisut toqqarsimavai. Ukuupput: Eirik Nordheim (EAA, European Aluminium Association) aamma Pascal Lesage (Sylvatica). Naliliineq allattup oqaaseriumasai ilanngullugut uani takuneqarsinnaavoq: Review panel report, including the authors' comments.

Tunuliaqutaa

Aluminiu tassaavoq aatsitassaq saviminertaqanngitsaq nioqqutissatullu aatsinniarlugu annertuumik innaallagissamik pisariaqartitsisoq. International Aluminium Institute (IAI) naapertorlugu aluminiu ton-i ataaseq agguaqatigiissillugu CO₂-mik 10 tonsinik annertutigisumik aniatitsinerimik naleqarpoq, tamatumani piiaanerit nioqqutissiornerillu ilaallutik (Annertunerusumik paasissutissat uani takuneqarsinnaapput: Afsnit 2-mi). Tamanna GHG-nik aniatitsineq agguaqatigiissillugu Europa-mi inuup ataatsip akiumut aniatittagaanut naleqqiunneqarsinnaavoq. Taamaattumik paasissutissat IAI-meersut naapertorlugit aatsitsivimmit siunnersuutigineqartumit GHG-nik aniatitsineq ukiup ataatsip ingerlanerani Europa-mi inuit 360.000-it aniatittagaannut naleqqiunneqarsinnaalluni (allatut oqaatigalugu ukiumut CO₂e 3,6 mio. tons-itut annertutigisoq). Tamanna Kalaallit Nunaanni tamakkiisumik GHG-nik maannamut aniatittakkanik malunnaatilimmik annertusinerussaaq, taamaammallu massuma nalunaarusiap suliarineqarnissaa imissutigineqarsimalluni.

Aatsitsiviup siunnersuutigineqartup innaallagialersornissaa erngup nukinganik marlunnik nukissiorfiliornikkut pissaaq, taakkulu tamannarpiaq siunertaralugu sanaartorneqartussaapput. Nunarsuarmi silap kissatsikkiartornera eqqarsaatigalugu tamanna annertuumik iluaqutaassaaq, taamaattorli erngup nukinganik nukissiorfinnik sanaartornissaq ingerlatsinissarlu aamma GHG-nik aniatitsinermik kinguneqartussaavoq. Ilanngullugu pilersaarutaasup tamakkiisumik ingerlanneqarnerani aniatitsisoqartussaavoq, ilaatigut nioqutissiornermut atatillugu pilersinneqartussatigut (ass. Anod-it), assartuinikkut, kiisalu tamakkiisumik illorsuarnik, atortorissaarutissanik attaveqarnermullu atorfissaqartitanik sanaartornerup nalaani. Taamaammat naliliineq tutsuiginartoq angussagaanni pisariaqarpoq kingunerisinnaasaanik tamakkiisumik misissueqqissaarnissaq, pilersaarutaasup tamakkiisumik ingerlanneqarnissaa eqqarsaatigalugu, tamassumalu saniatigut nunarsuaq tamakkerlugu eqqarsaatigissagaanni Kalaallit Nunaani aatsitsiviliortoqassappat nunarsuup sinnerani aluminiumik tunisassiornissaagaluap avaqqunneqarnissaa ilanngullugu.

Misissuinerup siunertaa: LCA tassaavoq SMV-mut atatillugu suliarineqartoq. Tunngaviusumik avataangiisinut sunniutissaanik naliliinermut pisariaqarpoq, periarfissaq alla pingarneq allanut “periarfissanut naleqquttunut” sanillullugu assersuunneqarnissaa (Directive 2001/42/EC of the European Parliament and the Council on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment). Taamaammat LCA-mi siunertaq pingarneq tassaavoq periarfissat tulliani eqqaaneqartut iluanni GHG-nik aniatitsinissaq qitiutillugu avatangiisinik sunniuteqarsinnaanissaa nalilersorlugulu uppersarniassallugu:

- Periarfissaq 1: Kalaallit Nunaanni aluminiumik aatsitsiviliorneq (Alcoa).
- Periarfissaq 0: Kalaallit Nunaanni aatsitsiviliortoqannginnissaq; Ima paasillugu nioqutissiorfiup taamatut piginnaassuseqartup nunamut allamut nuunna, tamannalu sanaartortitsinianit allanit ingerlanneqarsinnaanissaa. Misissuinermi matumani periarfissaq taanna aamma avinngarusimasukkut nioqutissiorsinnaanissamik taaneqarpoq.

Periarfissaq 1) qulaani eqqaaneqartoq Kalaallit Nunaanni Naalakkersuisut tunngaviusumik naliliisitsinerannut atavoq, taavalu 0) tassaalluni periarfissamut 0-umut atasoq.

Periarfissap 0-up nunarsuarsi piffimmi allami aluminiumik nioqutissiorortoqarsinnaanissaanut attuumassuteqarnera imatut paasineqassaaq nunarsuaq tamakkerlugu aluminiumik pisariaqartitsiuarneq. Taamaammat Kalaallit Nunaanni aatsitsiviliornissamik sanasoqarnissaanik akuersarneq nunami allami assinganik sanaartorneqarnissaanik pinngitsoortitsissaaq. Periarfissaq 0 tassaavoq Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmik pilersitsisoqanngippat inissiffissaa teknologi-lu

atorneqartussaq ilimanarnerpaasinnaasut. Imaassinnaavormi Alcoa inissiivissamik allamik Kalaallit Nunaannisulli piujuaannartumik aallaavilimmik nukissiorfittalimmik nassaarsinnaasoq, taamatullu GHG-nik aniatitsinissamik taama appasitsigisumik periarfissaqalersinnaalluni. Kalaallit Nunaannili aatsitsiviliornissaq akuersaarneqanngippat matumani misissuineri Alcoa-p allamik inissiffissamik ujarlersinnaanissaanut apeqqut ilanngunneqanngilaq. Taamaattumik misissuineri matumani taamaallaat Kalaallit Nunaanni aatsitsiviliornissamat siunnersuuteqarsimanermut apeqqut (periarfissaq 1) illuatungiliullugulu aappaatut periarfissatut ilimanarnerpaasinnaasoq, tassa piffimmi allami kikkugaluarnersut aatsitsiviliorususinnaanissaat (periarfissaq 0) sanilliullugit nalilersorneqarput.

Taamaamat Kalaallit Nunaanni tunngaviusumik avatangiisinut sunnuteqarsinnaanerani nalilersuinerit tunngavigalugit aalajangiineq suugaluarnersorluunniit piffimmi pineqartumi periarfissanik attuisussaavoq, tasanilu aatsitsiviup nutaap sanaartorneqarnissaani sumerpiaq inissiinissaq, eqqagassat isumagineqarnissaat il.il. apeqqutaalissallutik.

Malugineqassaaq Kalaallit Nunaanni aatsitsiviliornissamik akuersaarneq (periarfissaq 1) ima kinguneqassamat periarfissaq 0-up atorunnaarnissaanik, tamatumani nunarsuaq tamakkerlugu aluminiumik nioqutissiornermi pilersuineq piumasaqarnerlu eqqaaqqillugit. Nunarsuaq tamakkerlugu GHG-nik aniatitsinikkut allannguutit Kalaallit Nunaanni aatsitsiviliortoqarneratigut tassaasussaapput Periarfissaq 1 Periarfissaq 0-ilu ilanngaatilugulu.

Iliuuseq annertussusaalu

Tamakkiisumik atornissaanik naliliineq tassaavoq nioqutissiornerup kiffartuussinerulluunniit atuunera tamakkerlugu silamut aniatitsisinnaanerani missingersuineq. LCA ingerlanneqartoq ISO standard-it 14040 aamma 14044 naapertorlugit suliarineqarpoq.

Misissugassaq atornerqarneratalu sivilissusaa: Misissugassaq tassaavoq aluminiu atornerqarsimanngitsoq 1 kg-mik oqimaassusilik. LCA-mut ukiut ingerlanerini pisussat misissugassaapput; Bauxit-imik pianaanerit, alumina-mik suliarinnineq kiisalu aluminiu-mik nioqutissiorneq. Ingerlatsineri akuusut allat, soorlu sølvpapir-imik taaguutilinnik nioqutissiornerit nerisassanullu poortuutitut atugassianik nioqutissiornerit, taakkunungalu atatillugit eqqagasserinerit/atoqqiinerit/aatseriarlugit nutaaliaralugit matumani misissuineri ilanngunneqanngillat. Tamatumunnga pissutaavoq misissuinerup ingerlanneqarnerani Kalaallit Nunaanni aatsitsiviliornissamik aalajangiinissaq nunarsuaq tamakkerlugu qanoq annertutigisumik aluminiu-mik

nioqqutissiornermut apeqqutaasussaangimmat, taamaammallu nunarsuaq tamakkerlugu tamakkiisumik aluminiu-mik eqqagassat aamma allanngortussaanatik.

Malugeqquneqarpoq aluminiumik atuinikkut nioqqutissat allat, soorlu biilit, avatangiisinut sunniuteqarneri malunnaatilimmik annikillineqarsinnaammat. Tamatumunnga pissutaanerpaavoq aluminiu oqitsunnguugaluarluni sivisuumik atasinnaassuseqarmat. Ilanngullu aluminiu aatseriarlugu nutaaliarinissaanut piukkunnartuuvoq, taamaaliornikkullu GHG-nik aniatitat kg-kkaartumik 90-95%-imik annikillineqartarlutik. Eqqarsaatersuutilli tamakku misissuinermi matumani ilanngunneqanngillat, misissuinerummi siunertaanut killeqarneranullu attuumassuteqanngimmata.

Aniatitassat assigiinngitsut suussusii: GHG-nik aniatitassat WRI-meersoq The Greenhouse Gas Protocol kiisalu aamma WBCSD (WRI aamma WBCSD 2004) najoqqutaralugit ima immikkoortiterneqarsimapput: Scope 1, 2 aamma 3.

Scope 1 tassaavoq aatsitsivimmit toqqaannartumik aniatitat, taannalu tassaavoq Kyoto-mi isumaqatigiissut eqqarsaatigalugu Kalaallit Nunaannut pingaaruteqarnerpaaq. Scope 2 tassaavoq innaallagissiornikkut kiassarnikkullu GHG-nik aniatitsineq, tassanilu Kalaallit Nunaat eqqarsaatigalugu erngup nukinganik nukissiorfinnit aniatitassaq. Kingullermi taamaallaat imeqarfissuarnit GHG-nik aniatitat pineqarput, taakkulu ataatsimut isigalugu suunngillat. Taamaammat Scope 2-mi toqqaannanngikkaluamik GHG-nik aniatitassat ilanngunneqarsimapput, tassaallutik erngup nukinganik nukissiorfiliornerni sanaartornerup ingerlatsinerullu nalaanni pisussat. Scope 3-mi aniatitsinerit allat ilanngussoneqarsimapput: aatsitassiorneq, alumina-mik nioqqutissiorneq, assartuineq, anode-nik nioqqutissiorneq, sulinermi tapertatut ingerlanneqartut il.il.

Kalaallit Nunaanni Aatsitsivik pillugu paasissutissat (periarfissaq 1): Aluminiumik aatsitsivik suli aallartinngimmat paasissutissat Kalaallit Nunaanni pilersaarutaasumut aatsitsivinnit ingerlareersunit teknologi-kkullu assingusinnaasunik atortunit nunani allani paasissutissanik katersuisoqarsimavoq. Tamanna siunertaralugu Alcoa Island-imi Canada-milu Deschambault-mi aluminiumik aatsitsivinnit paasissutissanik pissarsiorsimavoq. Island-imi aatsitsivimmik sanaartorneq qularnanngitsumik Kalaallit Nunaanni pilersaarutaasumut eqqaanarnerpaavoq, ilaatigut pissutigalugu pilersitani nutaajunersaammat, aammalu anode-nik nioqqutissiortuunngimmat – soorlu taamatut Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmi taama pilersaaruteqartoqartoq. Taamaakkaluartoq ilaatigut Deschambault-mit paasissutissat atussallugit iluarineqarneruvoq, pissutigalugu Island-imi aatsaat aallartisarneq naammassimmat, tassanngaanniillu paasissutissat

ataavartumik ingerlatsineq eqqarsaatigalugu, misissuinermilu toqqammavissat eqqarsaatigalugit nalorninartoqartutut isigineqarsinnaammata.

Avinngarusimasukkut aluminiumik nioqqutissiornermut atatillugu paasissutissat (Periarfissaq 0): Soorlu eqqaaneqareersoq aluminiumik nioqqutissiorneq tamakkiisumik isigissagaanni nalinginnaasumik ingerlatsinermi innaallagissamik atuineq tassaavoq GHG-nik aniatitsinerpaasoq. Taamaattoq periarfissaq 0 eqqarsaatigalugu, tassa nunami allami aluminiumik nioqqutissiorneq eqqarsaatigalugu, pingaaruteqarluinnarsimavoq innaallagissiornermi sunik atuineq tutsuiginartumik paasissallugu – tamatumani aatsitsviup sumi inissisimanera nunallu immikkoortotaani tassani sutigut nukissiorneq sunut attuinersoq.

Aatsitsivinnik allani inissiisinaanermut nalilersuineranut sukumiisumik misissueqqissarnerup inerneru uani nassaarineqarsinnaavoq: Afsnit 4-mi. Nalorninartut annertuut tassaniipput, misissueriaatsillu arlallit atorneqarsimallutik, taamaaliornikkut periaatsit paasissutissallu aqutigalugit sumiiffiit takutinniarneqarlutik (periaatsit paasissutissallu atorlugit pingasuniit isigalugu). 'Periusissap siunnersuutigineqartup' allami inissiiffissaq nunap immikkoortui pingasut ataatsimut ataqatigiissinnissaannik ima qarpoq (avinngarusimasoq katitigaq), tamatumani Kina 60%-iulluni, Commonwealth of Independent Nations (CIS)¹ 22%-iulluni kiisalu Kangia Qiterleq (ME) 18%-imik. Kina-mi innaallagissiorneq annertunerpaamik aamarsuarnik aallaaveqarmat, allatut innaallagissamik pilersuinissaq ima agguarneqarsinnaassaaq: Aamarsuit 62%, erngup nukinga 29% kiisalu gas-i 9%, taakkulu affaat illuatungiliullugu CIS-imi ME-milu nassaarineqarsinnaassagunarlutik.

Naak periarfissatut misissuiffigisat, iliuusissat paasissutisallu amerlaqisut atorneqaraluartut naggataatigut innaallagissiorneq periarfissat katiterneru assigiittorujussuupput – aamarsuit atoraanni innaallagisat annertunerpaaq pissarsiarineqarsinnaalluni, kiisalu erngup nukinga gas-ilu tulliullutik. Taamaattorli aamma periarfissat tutsuiginannginnerusut allaanerulluinnartullu nassaarineqarsimapput. Tamakkununga tunngasoq immikkoortumi 5-mi itisilerneqarpoq eqikkaanermilu matumani malussarissuseq pillugu misissueqqissaarnermi aamma takuneqarsinnaalluni.

Kallerup inniliornissamat nukissiuutit sunnerneqartussat pillugit eqqarsaatersuutit qaavatigut misissueqqissaarnerup nunap immikkoortui attuumassuteqartut akornanni teknologikkut assigiinngissusaat aamma ersersippaa – aatsitsinermi teknologii eqqarsaatigalugu aammattaq nukissiorneq teknologii eqqarsaatigalugu.

¹ Annermik Rusland

Taamaammat misissuinerup isiginniffiit allat isumaliutigai, soorlu assersuutigalugu Kinami nukissiorfiit Europami Killermi nukissiorfinningarnit naammassisakinnerusarnerat aammalu putsup gassiata passunneqarnissaanik teknologiit assigiinngitsut atorlugit. Kallerup innera atuunnerup ingerlarnani killiffinni allani atorneqartoq pillugu (soorlu bauxitimik paaaneq aamma alumina-mik nioqqutissiorneq) misissueqqissaarneq alla ingerlanneqarpoq taassumalu nunarsuarmi nunat immikkoortuini/nunani attuumassuteqarsinnaasuni tamani kallerup innera avinngarusimasumi atorneqartoq naatsorsorpaa. Tamanna immikkoortumi 6-mi itisilernerqarpoq. Kallerup innerata aatsitsivimmukartup suleriaatsinit/killiffinnit allanit immikkoortinneqarneranut pissutaavoq aluminiummik aatsitsiviit, kallerup inneranik annertoorsuarmik atuinertik pissutigalugu, nukissiorfinnik immikkut ittunik isumaqatigiissuteqartarmata imaluunniit allaat kallerup innera nammineq pilersoq annertoq, kallerullu inniutaat taanna tunisassiorfinnit allanit nukimmik atuinnginnerusunit allatut akoorisarsimassagunarpoq – allaat nunap immikkoortuata iluani.

Inernerit siunissamilu pisussat

Periarfissaq 1-mut (Kalaallit Nunaanni aatsitsivik) aamma Periarfissaq 0-mut (aluminiummik pilersuineq periarfissaq alla) inernerit pingaernerit tulliuttumi saqqummiunneqarput. Inernerit immikkoortumi 11-mi sukumiinerusumik sammineqarput.

Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmiit (Periarfissaq 1) GHG-nik aniatitsinerit:

Misissuinermi matumani LCA ingerlanneqartup naatsorsorpaa aluminiummik aatsitsivik pilersaarutigineqartoq nunarsuarmi kissatsikkiartuaarnermut aluminiup nutaap nioqqutissiarineqartup kiilup ataatsip CO₂-mut 5,92 kg-mut assersuunneqarsinnaasumik ilanngusseqataasassasoq. Tassa imaappoq, pilersaarutigineqartutuut ukiumut 360.000 tonsinut naatsorsoraanni, taava CO₂-mik ukiumut ilanngusseqataaneq 2,13 million tonsinut naatsorsorneqarpoq.

Aniatitsinerit Scope 1-usut tassaapput aatsitsivimmiit suleriaatsinit aniatitsinerit toqqaannartut. Tamakku annertussuserissavaat aluminiummut nutaamut kiilumut ataatsimut CO₂e 1,66 kg, taanna annermik anodemik atuinermut attuumasseteqarluni aammattaaq, assut killeqartumik, aniatitsinernut PFC-usunut. Ukiumut 360.000 tonsinik aluminiummik nioqqutissiornermi aniatitsinerit scope 1-iusut ukiumut tamakkerlugit CO₂ 597.000 tonsiussapput.

Aniatitsinerit scope 2-jusut erngup nukinganik innaallagissiorfimmi innaallagialiornermut tunngapput. Taakku aluminiummik nutaamik kiilumut CO₂ 0,140 kg angussavaat, erngup nukinganik innaallagissiorfiliorerit ingerlannerilu aammalu

imissaqarfinit aniatitsinerit ilanngullugit. Taakku nalingissavaat ukiumut CO₂ 50.200 tonsimik aniatitsineq.

Aniatitsinerit scope 3-jusut, aatsitsinerup nalaanut tunngasut, annermik anodeliornermit, assartuinnermit, kiffartuussinernit aammattaarlu eqqakkanik passussinernit il.il. aniatitsinernit annikitsunit pisuupput. Taakku aluminiumik nutaamik kiilumut CO₂ 1,09 kg angussavaat, imaluunniit ukiumut CO₂ 391.000 tons. Aniatitsinerit tamarmik katinerat (scope 1, 2 aamma 3) aatsitsinerup nalaanut tunngasut aluminiumik nutaamik kiilumut CO₂ 2,88 kg angussavaa imaluunniit ukiumut CO₂ 1,04 million tonsiusoq.

Aniatitsinerit Kalaallit Nunaata iluani pisartussat, aatsitsivimmi suleriaatsinit aniatitsinerit ilanngullugit, ukiumut CO₂ 597.000 tonsinut naatsorsorneqarput. Tamanna maanna Kalaallit Nunaata GHG-inik aniatitsisarnerata 85%-eraa, CO₂ 700.000 tonsit² missaanniittoq.

Aluminiumik nutaamik kiilumut katillugit CO₂ 5,92 kg angussagaanni bauxitemik paaaneq ilannguttariaqarparput, taannalu annertussuseqarluni kiilumut CO₂ 0,144 kg, aammattaq alumina-mik nioqqutissiorneq kiilumut CO₂ 2,89 kg-mik annertussuseqartoq, taassuma annersaa kiassarnermut tunngasuusoq (orsussanik ujarangorsimasunik aallaaveqartut).

Aatsitsivinnut allanut naleqqiullugu Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmit GHG-mik aniatitsinerit malunnartumik appasinnerupput – erngup nukinganik atuineq peqqutaanerulluni. GHG-inik aniatitsinerit aluminiumik aatsitsivinnut allanut tunngasut immikkoortumi tullermi nassuiarneqassapput.

Periarfissamit allamit nioqqutissiornermit GHG-nik aniatitsinerit (Periarfissaq 0): Piffimmi (nunami) allami aluminiumik nioqqutissiornermi, Kalaallit Nunaanni aatsitsivik sanaartorneqanngippat atulersinneqartussa, avatangiisinut sunniutigisinnaasat misissoqqissaarnerata takutippaa tamanna aluminiumik nutaamik kiilumut CO₂ 20,7 kg-mik annertussuseqassasoq, imaluunniit ukiumut CO₂ 7,47 million tonsit, piffimmi allami aluminiu 360.000 tonsit nioqqutissiarineqarnera tunngavigalugu. Ilanngussinermit taama angitigisumut peqqutaasoq pingaarneq tassaavoq kallerup inneranik atuineq, taanna ima aallaaveqassamat: aamarsuarmit 62%, erngup nukiganit 29% kiisalu gassimit 9% (taassumalu affaa atorineqanngippat ikuaallaannarneqartussaalluni). Periarfissami tassani GHG-mik aniatitsinerit 70%-ii

² UNFCCC (2009) naapertorlugu, 2006-imi Kalaallit Nunaanni ujarangorsimasut aallaavigalugit CO₂-mik aniatitsinerit CO₂e 682.000 tonsiupput. Tamanna tunngavigalugu ullumikkut Kalaallit Nunaanni CO₂e -mik ukiumut aniatitsineq 700.000 tonsinut naatsorsorneqarpoq.

sinnerlugit innaallagissiornermit pisuussapput. Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmi taanna taamaallaat 2% missaaniissaaq.

Erseqqissaatigissallugu pingaarpoq nalorninartut Periarfissaq 0-p inernerinut tunngasut annertummata. Nioqqutissiorfissap sumorpiaq inissinnissaa nukingilluunniit sunnerneqartussat qanoq agguarsimanissaat nalunarluinnarpoq. Taamaammat malussarissuseq pillugu misissueqquissaarnerit amerlaqisut suliarineqarsimapput periarfissamit unnersuussutigineqartumit piffinnut allanut tikkuussisinnaasut. Malussarissuseq pillugu misissueqquissaarnerit taakku takutippaat aluminiu nutaaq kiilumut CO₂ 11,6 kg-p, CIS/Ruslandimi erngup nukinga tunngaviginerullugu tunisassiorneq, aamma CO₂ 29,2 kg-p, Kinami aamarsuit 100% tunngavigalugit tunisassiorneq, akornanni GHG-mik aniatitsinerit. Periarfissat arlaannaalluunniit pinngitsoorsinnaanginnatsigu inernerit aamma ima saqqummiunneqarsinnaapput: Periarfissaq 0-mi aluminiu nutaaq kiilu CO₂ 20,7 ± 9 kg miss. Tamanna immikkoortumi 11.1-mi itisilerneqassaaq.

GHG-inik aniatitsinerit pillugit nunarsuarmi allannguutit (Periarfissaq 1 Periarfissaq 0 ilanngaatigalugu): Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmik inissiinerup kingunerisaanik GHG-inik aniatitsinerit allanngornerat tamarmiusoq (nunarsuaq tamaat isigalugu) tassaassapput Periarfissaq 1-imi sunniutit Periarfissaq 0-imi sunniutit ilanngaatigalugit, t.i. Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmit sunniutit nunarsuarmi piffimmi allami aluminiummik aatsitsivimmik inissiinikkut sunniutit ilanngaatigalugit. Nalorninartorpassuit qulaani nassuiarneqartut ilanngukkutsigit ima isumaqarpoq aatsitsivik Kalaallit Nunaanni atulersinneqartuuppat GHG-nik aniatitsinerit allanngornerat tamarmiusoq ukiumut CO₂ 2,05-imiit 8,36 million tonsit tungaannut pinngitsoortitsissasoq (imaluunniit CO₂ ukiumut 5,34 million tonsit siunnersuutigineqartoq Periarfissaq 0 atorutsigu). Allatut oqaatigalugu, nunarsuaq tamaat isigalugu, aatsitsivik Kalaallit Nunaanniittup kingunerissavaa GHG-nik aniatitsinerit CO₂ 5 ± 3 million tonsit missaanniittut ukiumut pinngitsoortittassagivut.

Kalaallit Nunaata CO₂-mik aniatitsinera ukiumut 700.000 tonsit missaanniimmat aatsitsiviup pilersaarutigineqartup nunarsuarmi GHG-inik aniatitsinerit annikillisinnissaannut ilippanaateqarpoq, maanna Kalaallit Nunaata GHG-nik aniatitsinerata 3-12-riaataanik angitigisumik, uffa Kalaallit Nunaanni namminerimi GHG-inik aniatitsinerit marloriaatingajaanik annertusigaluarlugu. Tassunga atatillugu erseqqissaatigisariaqarpoq GHG-inik aniatitsinerit kingunerit piffimmit sumit pisuunerat apeqquataangimmat.

Imaassinnaavoq (aatsitsivimmut Kalaallit Nunaanniittumut) periarfissanik allanik carbonimik aamma pilersuivallaangitsunik peqartoq Alcoamillu

toqqarneqarsinnaasunik. Taakkununga ilaapput sumiiffinni aatsitsiviit erngup nukinganik 100%-itimik imaluunniit gassimik 100%-imik pilersorneqarsinnaasut, gassi atorpeqanngippat ikuallatsinneqaannartussaalluni, assersuutigalugu nunat immikkoortuini ukunani: Rusland/Siberia, Afrika imaluunniit Kangiani Qiterlermi. Kisianni misissuinerup matumap aatsitsivik Kalaallit Nunaanniittoq aatsitsivimmu Kalaallit Nunaanniinngitsumut taamaallaat naleqqiuppaa. Aatsitsivimmu Kalaallit Nunaanniittumut Alcoamit pilersaarutigineqartumut periarfissat allat tigussaasut isumaliutigineqanngillat. Akerlianik misissuinerup aatsitsivik Kalaallit Nunaanniittoq periarfissaasinnaasunut allanut ilimanarnerpaanut naleqqiuppaa, aluminiumik pumasaqarnerup allanngorsinnaanerata qisuariarfigisariaqarnerata kingunerisaanik.

Kalaallit Nunaanni peqqissuuneq eqqarsaatigalugu: Misissuinermut ilaavoq Kalaallit Nunaanni inuit peqqissusiannut sunniutit misilittaatigalugu nalilernerat – kisianni avatangiisinuinaq attuumassuteqartut pillugit (sulisilluni peqqissuuneq isumannaatsuunerlu pineqanngillat). Naliliinerup takutippaa aatsitsivik malunnaatilimmik sunniutit immikkoortuannut ‘anersaartuutitigut uumassuseqanngitsunit’ nut pilersitsisoq. Anersaartuutitigut uumassuseqanngitsunit ilaavoq inunni anersaartuutitigut sunniutit (sananeqaatinit uumassuseqanngitsunit pisoq soorlu sananeqaatit mikisut aamma svovldioxid) ikumatitaqarluni suleriaatsinit pigajuttartoq. Aatsitsivimmit Kalaallit Nunaanniittumit ilanngussineq pingaarneq tassaavoq svovldioxid, taannalu erflasumik aappaluttumik nittartitsivoq. Ima isumaqarpoq inuit peqqissusiannut tunngasut pilersaarusiormut atatillugu avatangiisit nalilersorneranni (SMV) imaluunniit immikkut ingerlanneqartumi Peqqissutsimut Sunniutit Nalilersorneranni (VVH) ilanngullugit isumaliutigineqarnissaat innersuussutigigatsigu.

Isumanerluuteqalersitsisinnaasoq alla tassaavoq hydrogen fluoridimik (HF) aniatitsineq. Annertussutsinut angisoorsuarnut sunnertinneq eqqaassanngikkaanni inuit peqqissusiannut malunnaatilimmik sunniuteqarsinnaasunik nassaarsimanngilagut; uumassuseqartunili katersuukkiartorsinnaanera eqqarsaatigalugu tamanna SMV-imut VVH-mulluunniit ilanngunneqarnissaa oqallisigisariaqartutut nalilerneqarsimavoq. Isumanerluut LCA-mit namminermit pilersimanngilaq atuagassanilli misissuinerup aamma LCA-mut atatillugu apersuinerit ingerlanneqarnerisa inernalugu.

Allatigut sunniutaasinnaasut: LCA-p avatangiisinut sunniutaasinnaasut immikkoortut 15-it allat aamma pilersissimavai – ilaallutik ozonimik nungusaaneq, pinngortitamik pissarsiarinninneq, seernarsisitsineq, ozonemik fotokemiskiusumik pilersitsineq il.il. (takuuk immikkoortoq 11.2).

Sunniutit tamakku sukumiisumik misissorneqarsimanngillat, taamaattorli naliliineq annerusumik sunniutaasinnaasut immikkoortuinut pingaaruteqaratarsinnaasunut tulluuttunut tikkuussivoq:

- Pinngortitamik pissarsiarinninneq
- Inunnut toqunassuseqarnera
- Anersaartuutitigut uumassuseqanngitsut

Pinngortitamik pissarsiarinninneq pillugu, isumanerluut naliliineq pitsaassutsimik tunngavilik annermik aallaavigaa, naliliineq annertussutsimik tunngavilik periaatsimik Stepwise LCIA-mik tunngaveqartoq aallaaviginagu. Kalaallit Nunaanni avatangiisini innarlerneqanngitsuni immaqalu aserujasumi nunamik allanngortitsineq pissarsiarinninnerlu isornarpoq erfalasumillu aappaluttumik nittartitsilluni.

Inunnut toqunassuseqarnera pillugu misissuinita takutippaa ilanngussineq nunamut qaartiterusersuinermit, marallummut aappaluttumut aamma nunniorfinnut tunngassuteqarnerusoq, taakkunanilu inunnut nuussineq soorpiarani.

Anersaartuutitigut uumassuseqanngitsut eqqarsaatigalugit ilanngussineq annerpaaq svovl dioxidimit, kusernerit aamma nitrogenoxidinit pissaaq. Aniatitsinerit annermik elektrolysemik suleriaaseqarnermit pinngorfeqarput, sanaassat umiarsuakkut assartornerannit aamma aluminamik tunisassiornermit.

Taamaattorli malugineqassaaq pingaakannissusia misissueqqissaarnermi ingasappallaartumik saqqumeriaannaammata, aniatitsinerimmi alisissumi inunnit tikinneqanngingajattartumi annermik pisarmata.

Eqqaassallugu pingaarpoq naliliineq qulaaniittoq taamaallaat screeningip inernerimmagit taamalu sunniutit allat assinganik anginerusumilluunniit pingaaruteqarsinnaallutik. Kulturimut inooqatigiinnermullu tunngasutigut sunniutaasut tassaapput sammisassat allat pingaartut, pingaarluinnarporlu atuartup SMV saassagaa naliliineq annikitsortaanik aamma ilanngussisoq sumiiffimmut, avatangiisinit inooqatigiinnermullu sunniutit Kalaallit Nunaanni aatsitsivimmut pilersaarutigineqartumut attuumassuteqartut piumallugit.

Sammenfatning på dansk

Nærværende rapport er en detaljeret undersøgelse af miljøpåvirkningerne, set i et livscyklusperspektiv, af et aluminiumsmelteværk med en årlig kapacitet på 360.000 tons der planlægges opført i Vestgrønland. Undersøgelsen er bestilt af Alcoa og Grønlands Selvstyre. Smelteværket er stadig i planlægningsfasen, og sættes tidligst i drift i 2014.

Undersøgelsen anvender livscyklusvurderingsmetoden (LCA) og fokuserer primært på drivhusgas (GHG) emissioner – eller Carbon Footprint for at bruge et mere populært udtryk. Fokus på drivhusgasemissioner skyldes delvist krav fra undersøgelsens bestiller og delvis også den kendsgerning, at livscyklusvurderingen udgør en del af en strategisk miljøvurdering (SMV) hvori andre typer af effekter vurderes særskilt. Andre effektkategorier såsom ozonnedbrydning, forsuring, eutrofiering, økotoksicitet og human toksicitet medtages i denne undersøgelse og præsenteres som en del af resultaterne, men er ikke så nøjagtigt vurderet som drivhusgasemissioner og må derfor tillægges væsentlige usikkerheder.

Formålet med livscyklusvurderingen er at give livscyklusbaseret miljøinformation om det planlagte aluminiumsmelteværk i forhold til den igangværende strategiske miljøvurderingsproces fra 2007 til 2009 (Grønlands Hjemmestyre 2007).

Grønlands Selvstyre har bestilt livscyklusvurderingen, og målgruppen indbefatter alle direkte eller indirekte interessenter i den strategiske miljøvurderingsproces. Disse omfatter Grønlands Selvstyre, Alcoa, den grønlandske befolkning, befolkningen i Maniitsoq i Vestgrønland hvor aluminiumsmelteværket foreslås placeret, og NGO'er. Livscyklusvurderingens resultater er også af interesse for forhandlingspartnerne, inklusiv Danmark og Grønland, i den nye klimaaftale der skal erstatte Kyoto Protokollen.

Sammenfatningen er opdelt i tre dele. Den første del er baggrundsdelen, der beskriver konteksten og formålet med livscyklusvurderingen, mens den anden del redegør for undersøgelsens afgrænsninger samt vigtige metodologiske overvejelser og valg. I den tredje del præsenteres undersøgelsens hovedresultater. Disse indbefatter de estimerede drivhusgasemissioner for det planlagte aluminiumsmelteværk i Grønland samt drivhusgasemissionerne ved en alternativ aluminiumproduktion. Alternativet antages implementeret hvis smelteværket i Grønland ikke opføres, eller antages undgået hvis projektet fortsætter som planlagt. Endelig indeholder del tre en følsomhedsanalyse der belyser usikkerhederne ved livscyklusvurderingens resultater.

Ifølge ISO 14044 standarden skal en livscyklusvurdering gennemgås kritisk af et panel, hvis resultaterne skal bruges til at understøtte en komparativ udvælgelse beregnet for

offentliggørelse. Denne undersøgelse er derfor blevet underlagt en panelgennemgang fra 20. april til 3. juli 2009. Mark Goedkoop (PRé Consultants) er blevet udvalgt til panelformand af Klaus Georg Hansen (Grønlands Selvstyre) som en ekstern, uafhængig ekspert. Mark Goedkoop har uafhængigt valgt to andre parter. Disse er: Eirik Nordheim (EAA, European Aluminium Association) og Pascal Lesage (Sylvatica). Panelgennemgangen inklusiv forfatterens kommentarer kan ses i Appendix 6: Review panel report, including the authors' comments.

Baggrund

Aluminium er et ikke-jernholdigt metal, hvis produktion kræver store mængder elektrisk kraft. Ifølge International Aluminium Institute (IAI) tegner 1 ton jomfruelig aluminium sig for gennemsnitligt 10 tons emissioner CO₂e, inklusiv udvindingsprocessen og alumina produktion (se også litteraturstudiet i afsnit 2). Dette svarer cirka til den årlige mængde af drivhusgasemissioner fra en gennemsnitsperson i Europa. Således vil det foreslåede smelteværk, ifølge data fra IAI, tegne sig for drivhusgasemissioner svarende til emissionerne fra cirka 360.000 personer i Europa over et år (eller 3,6 millioner tons CO₂e årligt). Dette er et væsentligt bidrag til Grønlands totale Carbon Footprint (drivhusgasemissioner), og er en af grundene til at denne undersøgelse er blevet bestilt.

Elproduktion for det planlagte smelteværk vil blive baseret på to vandkraftværker der opføres til dette formål. Set i relation til global opvarmning har dette store fordele, men under vandkraftværkernes opførelse og drift vil der også produceres drivhusgasemissioner. Endvidere fremkommer emissioner i andre livscyklusfaser og ved produktion af hjælpematerialer (f.eks. anoder), under transport og ved produktion af produktionsmidler såsom bygninger, maskiner og andre typer af nødvendig infrastruktur. For at opnå en pålidelig vurdering er det derfor nødvendigt at udføre en omfattende analyse der afdækker et repræsentativt sæt konsekvenser i alle livscyklusfaser, samt i et større perspektiv hvor vi medtager undgået aluminiumproduktion (globalt) forårsaget af opførelsen af smelteværket i Grønland.

Undersøgelsens formål: Livscyklusvurderingen er udarbejdet som en del af en strategisk miljøvurdering (SMV). Til en strategisk miljøvurdering kræves, at hovedalternativet sammenlignes med "*rimelige alternativer*" (Europa-parlamentets og Rådets Direktiv 2001/42/EF om Vurdering af Bestemte Planers og Programmers Indvirkning på Miljøet). Det er således livscyklusvurderingens hovedformål at vurdere og dokumentere de mulige miljøeffekter fra følgende alternativer, med fokus på drivhusgasemissioner:

- Alternativ 1: Etablering af et aluminiumsmelteværk i Grønland (Alcoa)
- Alternativ 0: Ingen etablering af et aluminiumsmelteværk i Grønland, hvilket betyder at en tilsvarende kapacitet installeres et andet sted på kloden, og at dette

muligvis udføres af en anden virksomhed. Dette betegnes i denne undersøgelse også som marginalproduktionen.

Ovenstående alternativ 1) svarer til hovedalternativet i den strategiske miljøvurdering foretaget af Grønlands Selvstyre, og 0) svarer til 0-alternativet.

At 0-alternativet repræsenteres ved aluminiumproduktion et andet sted på kloden baserer sig på den antagelse at aluminiumproduktion drives af den globale efterspørgsel efter aluminium. Således vil en eventuel beslutning om at godkende aluminiumsmelteværket i Grønland have den effekt at en tilsvarende kapacitet ikke vil blive installeret andetsteds. 0-alternativet repræsenteres ved den mest sandsynlige placering og teknologi som vil blive implementeret hvis smelteværket i Grønland ikke realiseres. Alcoa har mulighed for at identificere en anden placering med adgang til vedvarende energi som det er tilfældet i Grønland og dermed opnå lignende, lave drivhusgasemissioner. Det falder dog uden for grænserne for denne undersøgelses at afgøre om Alcoa vil søge efter en anden placering hvis smelteværket i Grønland ikke godkendes. Denne undersøgelse sammenligner derfor kun det specifikt foreslåede smelteværk i Grønland (alternativ 1) med den mest sandsynlige alternative kapacitet installeret andetsteds af en anden, uspecificeret aktør på markedet (alternativ 0).

Således vil udfaldet af enhver beslutning der træffes som led i den strategiske miljøvurderingsproces i Grønland kun berøre lokale alternativer, såsom detailplacering og affaldshåndtering m.m. i det område, hvor det nye aluminiumsmelteværk installeres.

Det skal bemærkes at en beslutning om at etablere smelteværket i Grønland (alternativ 1) også betyder at alternativ 0 undgås, i overensstemmelse med de ovenfor omtalte antagelser om den globale udbuds- og efterspørgselssituation på aluminiummarkedet. Den globale ændring i drivhusgasemissioner som følge af at placere aluminiumsmelteværket i Grønland er derfor alternativ 1 minus alternativ 0.

Metode og afgrænsning

En livscyklusvurdering er en vurdering af de potentielle effekter af alle emissioner i løbet af livscyklussen for et produkt eller serviceydelse. Livscyklusvurderingen udføres i overensstemmelse med kravene i ISO standarderne 14040 og 14044.

Funktionel enhed og livscyklusfaser: Undersøgelsesenheden (også kaldt den funktionelle enhed) er 1 kg jomfruelig aluminium. Livscyklusvurderingen indbefatter følgende livscyklusfaser: Bauxitudvinding, aluminaproduktion og aluminiumproduktion. Andre nedstrømsprocesser såsom plade- og folieproduktion eller aluminiumproduktion til for-

brugerprodukter og dertil hørende affaldsbortskaffelse, genbrug eller genanvendelse, medtages ikke i denne undersøgelse. Det skyldes at undersøgelsen er baseret på antagelsen om at den globale produktionsmængde af aluminium ikke påvirkes af beslutningen om at opføre aluminiumsmelteværket i Grønland eller ej – således vil den globale mængde aluminiumsaffald ikke blive påvirket.

Det skal bemærkes at brugen af aluminium kan nedsætte miljøeffekterne fra andre produkter, såsom biler, væsentligt. Hovedbegrundelsen er at aluminium har en lav densitet samtidig med at det er relativt holdbart. Desuden er aluminium velegnet til genanvendelse, hvilket nedsætter drivhusgasemissioner per kg med 90-95%. Disse overvejelser er dog ikke relevante i denne sammenhæng, undersøgelsens formål og afgrænsninger taget i betragtning.

Emissionstyper: Det er valgt at kategorisere drivhusgasemissionerne som scope 1, 2 og 3 i overensstemmelse med Greenhouse Gas Protocol fra WRI og WBCSD (WRI og WBCSD 2004).

Scope 1 indbefatter de direkte emissioner fra smelteværket som vil være Grønlands hovedinteresse set i forhold til Kyoto Protokollen. Scope 2 indbefatter drivhusgasemissionerne fra indkøbt el (og varme), som i tilfældet Grønland vil indbefatte de direkte emissioner fra vandkraftværkerne. Til det sidstnævnte medtages kun drivhusgasemissionerne fra vandreservoirerne, som er relativt uvæsentlige. Vi har derfor også medtaget indirekte drivhusgasemissioner fra opførelse og drift af vandkraftværkerne i scope 2. Scope 3 indbefatter alle andre emissioner såsom dem der fremkommer ved udvinding, aluminiumproduktion, transport, anodeproduktion, hjælpematerialer, m.m.

Data for Grønland-smelteværket (alternativ 1): Idet aluminiumsmelteværket endnu ikke er sat i drift er data blevet indhentet fra andre smelteværker med en lignende teknologi som den der antages brugt i Grønland. Med dette for øje har Alcoa leveret data fra deres aluminiumsmelteværker i Island og Deschambault i Canada. Anlægget i Island ligner sandsynligvis mest det foreslåede smelteværk i Grønland, fordi det er det nyeste anlæg og fordi det ikke producerer anoder – ligesom det planlagte smelteværk i Grønland. I nogle tilfælde har det dog været mest hensigtsmæssigt at benytte data fra Deschambault fordi anlægget i Island netop har afsluttet opstartsprocessen og data herfra af den grund ikke med sikkerhed er repræsentative for stabil drift for nogle parametre.

Data for marginalproduktion af aluminium (alternativ 0): Som nævnt står elproduktion under normale forhold for det største bidrag til drivhusgasemissioner i livscyklusen for jomfruelig aluminium. For 0-alternativet, svarende til en alternativ aluminium-

produktion, har det derfor været afgørende at fremskaffe pålidelige data for energikilder til elproduktion – som igen afhænger af smelteværkets beliggenhed og de berørte energikilder i det aktuelle område.

En omfattende analyse foretages i afsnit 4 for at estimere den alternative (marginale) beliggenhed af smelteværkerne. Mange usikkerheder er involveret, og et antal scenarier er blevet udviklet der afspejler forskellige metoder og datakilder (metode- og datatrianglering). Det ' anbefalede ' scenarie peger på at den alternative beliggenhed vil være en kombination af tre områder (komposit marginal), repræsenteret ved Kina med 60%, Fællesskabet af Uafhængige Stater (CIS)³ med 22% og Mellemøsten (ME) med 18%. Idet elproduktionen i Kina domineres af kul bliver den marginale elektricitetssammensætning 62% kul, 29% vandkraft og 9% gas, hvoraf halvdelen antages at blive afbrændt i henholdsvis CIS og Mellemøsten.

Til trods for det høje antal benyttede scenarier, metoder og datakilder viser de fleste scenarier sammenlignelige resultater i forhold til den marginale elektricitetssammensætning – hvor det meste af elektriciteten er baseret på kul efterfulgt af vandkraft og gas, i denne rækkefølge. Mindre pålidelige og væsentligt forskellige scenarier er dog også blevet fundet. Denne del uddybes i afsnit 5 og afspejles også i følsomhedsanalysen i denne sammenfatning.

Foruden overvejelserne omkring de berørte energikilder for elproduktion peger analysen på de teknologiske forskelle de forskellige imellem de aktuelle områder – både hvad angår smelteværksteknologier og energiteknologier. Undersøgelsen peger således på andre aspekter, såsom at f.eks. kinesiske kraftværker er mindre effektive end kraftværker i Vesteuropa, og at de har andre behandlingssystemer for røggas. For el fra nettet der benyttes i andre livscyklusfaser (f.eks. bauxitudvinding og aluminaproduktion) er der udført en særskilt analyse, der estimerer den marginale elproduktion fra nettet i samtlige, relevante områder/lande i verden. Dette uddybes i afsnit 6. Begrundelsen for at skelne imellem forbrug til et smelteværk og til andre processer/livscyklusfaser baserer sig på den kendsgerning, at aluminiumsmelteværker i kraft af deres høje elforbrug har særlige kontrakter med kraftværker – eller endda selv producerer elektricitet, hvilket til en vis grad gør deres elektricitetsblanding forskellig fra andre, mindre forbrugende industrier, selv inden for det samme område.

Resultater og perspektiver

Hovedresultaterne for alternativ 1 (smelteværk i Grønland) og alternativ 0 (alternative aluminiumsproduktion) præsenteres i det følgende. Disse resultater uddybes yderligere i afsnit 11.

³ Hovedsagelig Rusland.

Drivhusgasemissioner fra smelteværk i Grønland (alternativ 1): Livscyklusvurderingen udført i denne undersøgelse anslår at det planlagte aluminiumsmelteværk vil stå for et bidrag til global opvarmning svarende til 5,92 kg CO₂e per kg produceret jomfruelig aluminium. Hvis der skaleres op til den planlagte, årlige produktion på 360.000 tons kan det totale, årlige bidrag således anslås til 2,13 millioner tons CO₂e.

Scope 1-emissioner er direkte procesemissioner fra smelteværket. Disse svarer til 1,66 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium, som hovedsageligt skyldes anodeproduktion og til en mindre grad PFC emissioner. De totale scope 1-emissioner knyttet til en produktion på 360.000 tons aluminium beløber sig til 597.000 tons CO₂e.

Scope 2-emissioner stammer fra elproduktion ved vandkraftværkerne. Disse svarer til 0,140 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium, inklusiv opførelse og drift af vandkraftværkerne samt emissioner fra reservoirer. Dette svarer til en årlig emission på 50.200 tons CO₂e.

Scope 3-emissioner, tilknyttet smeltefasen, indbefatter hovedsagelig emissioner fra anodeproduktion, transport, serviceydelser samt mindre emissioner knyttet til affaldshåndtering, mm. Disse udgør 1,09 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium, eller 391.000 tons CO₂e årligt. De samlede emissioner (scope 1, 2 og 3) hidrørende fra smeltefasen beløber sig til 2,88 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium eller 1,04 millioner tons CO₂e årligt.

De emissioner der fremkommer inden for Grønland, som også inkluderer procesemissionerne fra smelteværket, anslås til 597.000 tons CO₂e. Dette svarer til 85% af Grønlands nuværende drivhusgasemissioner, som er cirka 700.000 tons⁴ CO₂e.

For at opnå totalen på 5,92 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium skal medtages bauxitvindingsfasen, som står for 0,144 kg CO₂e per kg, samt aluminaproduktionen svarende til 2,89 kg CO₂e per kg, hvoraf størstedelen knytter sig til varmeenergi (baseret på fossile brændsler).

Sammenlignet med andre smelteværker er drivhusgasemissionerne fra Grønland markant lavere – hovedsagelig grundet brug af vandkraft. Drivhusgasemissioner knyttet til aluminiumproduktion ved andre smelteværker beskrives i det følgende afsnit.

⁴ Ifølge UNFCCC (2009) var de fossilbaserede CO₂ emissioner fra Grønland 682.000 tons CO₂e i 2006. Herudfra anslås de årlige CO₂e emissioner i Grønland i dag til at være 700.000 tons CO₂e.

Drivhusgasemissioner fra alternativ produktion (alternativ 0): Analysen af miljøeffekterne fra den marginale aluminiumproduktion der implementeres hvis smelteværket i Grønland ikke bliver opført, viser at disse vil udgøre 20,7 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium, eller 7,47 millioner tons CO₂e årligt, under antagelse af at 360.000 tons aluminium så ville produceres et alternativt sted. Hovedårsagen til det høje bidrag er elforbruget, som baserer sig på 62% kul, 29% vandkraft og 9% gas (hvoraf halvdelen vil alternativt blive afbrændt). I dette scenarie vil mere end 70% af drivhusgasemissionerne stamme fra elproduktion. For smelteværket i Grønland er det kun cirka 2%.

Det er vigtigt at understrege at usikkerhederne forbundet med resultaterne ved alternativ 0 er væsentlige. Det er ikke muligt at kende den eksakte beliggenhed af den marginale produktion, eller de faktisk anvendte energikilder. Der er derfor foretaget en lang række følsomhedsanalyser for alternativer til det anbefalede scenarie. Disse følsomhedsanalyser viser drivhusgasemissioner mellem 11,6 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium, svarende til en produktion hovedsagelig baseret på vandkraft i CIS/Rusland, og 29,2 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium, svarende til en produktion i Kina baseret på 100% kul. Da vi ikke kan udelukke nogle af scenarierne kan resultaterne også præsenteres som 20,7 ± cirka 9 kg CO₂e per kg jomfruelig aluminium for alternativ 0. Dette uddybes yderligere i afsnit 11.1.

Globale ændringer i drivhusgasemissioner (alternativ 1 minus alternativ 0): Den totale ændring af drivhusgasemissionerne (set i et globalt perspektiv) ved at placere et aluminiumsmelteværk i Grønland vil være effekterne fra alternativ 1 minus alternativ 0, dvs. effekterne fra smelteværket i Grønland minus effekterne fra aluminiumsmelteværket placeret et andet sted i verden. Hvis vi medtager usikkerhedsintervallet som forklaret ovenfor, betyder det at den totale ændring i drivhusgasemissioner som resultat af at implementere smelteværket i Grønland beløber sig til besparelser på 2,05 til 8,36 millioner tons CO₂e årligt (eller besparelser på 5,34 millioner tons CO₂e årligt, hvis det anbefalede scenarie for alternativ 0 benyttes). Med andre ord vil smelteværket i Grønland betyde at der undgås emissioner for 5 ± 3 millioner tons CO₂e årligt i et globalt perspektiv.

Eftersom Grønlands årlige CO₂e emissioner udgør cirka 700.000 tons CO₂e har det planlagte smelteværk potentiale til at reducere de globale drivhusgasemissioner med 3 til 12 gange Grønlands nuværende drivhusgasemissioner, på trods af at de indenlandske drivhusgasemissioner i Grønland næsten fordobles. I denne henseende skal det understreges, at konsekvenserne af drivhusgasemissioner er uafhængige af, hvor de udledes.

Det er muligt, at lige så CO₂e-venlige alternativer (til smelteværket i Grønland) findes og kunne vælges af Alcoa. Dette indbefatter smelteværker i områder, hvor det er muligt

at bruge 100% vandkraft eller 100% gas som ellers ville blive afbrændt, f.eks. i områder som Rusland/Sibirien, Afrika eller Mellemøsten. Denne undersøgelse sammenligner dog kun smelteværket i Grønland med intet smelteværk i Grønland. Specifikke alternativer til smelteværket i Grønland planlagt af Alcoa medtages ikke. Undersøgelsen sammenligner i stedet smelteværket i Grønland med den mest sandsynlige alternativ kapacitet, der vil blive installeret andetsteds som en reaktion på ændringer i efterspørgslen på aluminium.

Menneskers sundhed i Grønland: Undersøgelsen indeholder en forsigtig vurdering af menneskelige sundhedseffekter i Grønland – men kun set i relation til det ydre miljø (ikke arbejdsmiljø og sikkerhed). Vurderingen viser at smelteværket bidrager væsentligt til effektkategorien 'respiratory inorganics'. Denne effektkategori indbefatter påvirkningerne af menneskers åndedræt fra uorganiske stoffer såsom partikler og svovldioxid der typisk forårsages af forbrændingsprocesser. Det største bidrag fra smelteværket i Grønland er svovldioxid, og som konsekvens heraf hejses et rødt flag. Det fører til at vi anbefaler at menneskelige sundhedsaspekter medtages i den strategiske miljøvurdering eller i en separat sundhedsvurdering (HIA).

En anden mulig betænkelighed udgøres af hydrogenfluorid (HF)-emissioner. Med mindre der sker en eksponering af meget høje doser, har vi ikke fundet indikationer på væsentlige påvirkninger på menneskers sundhed; men hvis risikoen for bioakkumulation tages i betragtning anser vi det for nødvendigt at diskutere dette som et input til den strategiske miljøvurdering eller sundhedsvurdering. Denne betænkelighed fremgår ikke af livscyklusvurderingen som sådan men er et resultat af litteraturstudier foretaget som en del af livscyklusvurderingen.

Andre effektkategorier: Livscyklusvurderingen indeholder yderligere en screening af 15 andre miljøeffektkategorier – deriblandt ozonnedbrydning, naturbeslaglæggelse, forurening, fotokemisk ozondannelse, mm. (se afsnit 11.2). Disse effektkategorier er ikke blevet undersøgt i detaljer, men vurderingen peger primært på, at følgende effektkategorier som potentielt væsentlige:

- Naturbeslaglæggelse
- Humantoksicitet
- Uorganiske partikler, der påvirker åndedrættet.

I forbindelse med naturbeslaglæggelse stammer betænkeligheden fra en kvalitativ vurdering og ikke den kvantitative vurdering baseret på Stepwise LCIA metoden. Det er kritisk at omdanne og beslaglægge områder i et urørt og sandsynligvis følsomt miljø i Grønland, og der hejses derfor et rødt flag.

I forbindelse med humantoksicitet viser vores analyser, at bidraget knytter sig primært til udvindingsområder, rødt ler og affaldsdeponeringer, hvor overførslen til mennesker er relativt ubetydelig.

For uorganiske partikler der påvirker åndedrættet knytter det største bidrag sig til svovldioxid, partikler og kvælstofoxider. Disse emissioner forårsages primært af elektrolyseprocessen, skibstransport af råmateriale og fra aluminaproduktion. Det skal dog bemærkes at den relative betydning sandsynligvis bliver overvurderet i analysen, idet emissionerne primært fremkommer i afsides områder med meget begrænset eksponering for mennesker.

Det skal noteres at ovennævnte vurdering kun afspejler en screening og at andre effekter kan vise sig at være lige så betydelige eller mere. Effekten på kultur og sociale aspekter udgør en anden vigtig problemstilling, og det er afgørende at læseren henvises til den strategiske miljøvurdering for en mere omfattende vurdering af lokale, miljømæssige og sociale effekter knyttet til det planlagte smelteværk i Grønland.

Summary in English

The present report is a detailed study of the environmental impacts, seen in a life cycle perspective, of an aluminium smelter with an annual capacity of 360,000 tonnes planned for instalment in West Greenland. The study is initiated by Alcoa and the Government of Greenland. The smelter is still in the planning phase, and will not be operating before 2014, at the earliest.

The study applies the Life Cycle Assessment (LCA) method and it mainly focuses on greenhouse gas (GHG) emissions, or carbon footprint to use a catchier phrase. The focus on GHG emissions is partly a result of the requirements from the commissioner of the study and partly due to the fact that the LCA forms part of a strategic environmental assessment (SEA) in which other types of impacts are assessed separately. Other impact categories such as ozone depletion, acidification, eutrophication, eco-toxicity, and human toxicity are included in the present study and presented as part of the results, but are not assessed as detailed as GHG emissions and are therefore subject to considerable uncertainties.

The objective of the LCA is to provide life cycle-based environmental information on the planned aluminium smelter in relation to the strategic environmental assessment (SEA) process, which is ongoing from 2007 to 2009 (Greenland Home Rule 2007).

The Government of Greenland has commissioned the LCA study, and the target audience involves all interested parties, directly or indirectly involved in the SEA process. This includes the Government of Greenland, Alcoa, citizens of Greenland, citizens of Maniitsoq in West Greenland, where the proposed aluminium smelter is to be situated, and NGOs. The results of the LCA study are also of interest to the negotiating parties, including Denmark and Greenland, in the new climate agreement, which is to replace the Kyoto Protocol.

This summary is divided into three parts. The first part is the background section that describes the context and purpose of the LCA, while the second part explains the scope of study as well as important methodological considerations and choices. The third part presents the main results of the study. These include the estimated GHG emissions of the planned aluminium smelter in Greenland, and GHG emissions related to an alternative aluminium production. The alternative is assumed to be implemented if the Greenland smelter is not established, or to be avoided if the project continues as planned. Finally, part three comprises a sensitivity analysis highlighting the uncertainties of the LCA results.

According to the ISO 14044 standard, an LCA study should undergo a critical panel review if the results are meant to be used to support a comparative assertion intended for public disclosure. The present report has therefore been subject to a panel review from 20th April to 3rd July 2009. Mark Goedkoop (PRé Consultants) has been selected by Klaus Georg Hansen (Government of Greenland) as an external independent expert to act as a chairperson. Mark Goedkoop has independently selected two other interested parties. These are: Eirik Nordheim (EAA, European Aluminium Association) and Pascal Lesage (Sylvatica). The review, including the authors' comments, is available in Review panel report, including the authors' comments.

Background

Aluminium is a non-ferrous metal and its production requires a significant amount of electricity. According to the International Aluminium Institute (IAI), 1 tonne of virgin aluminium represents, on average, an emission of 10 tonnes of CO₂e, including mining and alumina production (see also literature review in section 2). This corresponds approximately to the GHG emissions from one average person during one year in Europe. Hence, according to the IAI data, the proposed smelter represents GHG emissions equivalent to the emissions from approximately 360,000 persons in Europe during one year (or 3.6 million tonnes of CO₂e annually). This is a significant contribution to Greenland's total Carbon Footprint (GHG emissions), and one of the reasons for the commissioning of the present study.

Electricity generation for the planned smelter will be based on two hydropower plants, which will be constructed for the same purpose. In terms of global warming, this is a great advantage, but the construction and operation of hydropower plants also produce GHG emissions. Furthermore, emissions also take place at other life cycle stages, as well as during the production of auxiliary materials (e.g. anodes), during transport, and during the construction of capital goods, such as buildings, machinery, and other types of infrastructure required. To obtain a reliable assessment, it is therefore necessary to make a comprehensive analysis that unveils a representative set of consequences, at all lifecycle stages, and in a larger perspective in which we include aluminium production that is avoided (globally) due to the construction of the Greenland smelter.

Purpose of study: The LCA is made as part of a Strategic Environmental Assessment (SEA). SEAs require that the main alternative is compared with "*reasonable alternatives*" (Directive 2001/42/EC of the European Parliament and the Council on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment). Hence, the primary purpose of the LCA is to assess and to document the potential environmental impacts with a focus on GHG emissions from the following alternatives:

- Alternative 1: the establishment of an aluminium smelter in Greenland (Alcoa)

- Alternative 0: not establishing the aluminium smelter in Greenland; this means that an equivalent capacity will be installed in another location in the world, and that it may be commissioned by another company. This is also referred to as the marginal production in the present analysis.

Alternative 1) above refers to the main alternative in the strategic environmental assessment carried out by the Government of Greenland, and 0) refers to the 0 alternative.

The fact that the 0 alternative is represented by aluminium production in another location in the world is based on the assumption that aluminium production is driven by the global demand for aluminium. Thus, the decision to approve the aluminium smelter in Greenland will have the effect that a corresponding capacity will not be installed elsewhere. The 0 alternative represents the most likely location and technology that will be installed if the Greenland smelter is not installed. Alcoa may be able to identify another location with access to renewable energy as in the Greenland case, and thereby achieve similar low GHG emissions. However, it is out of the scope of the present study to determine whether Alcoa will search for another location if the Greenland smelter is not approved. Therefore, the present study only compares the specific proposed smelter in Greenland (alternative 1) with the most likely alternative capacity that will be installed elsewhere by an unspecified actor on the market (alternative 0).

Hence, the outcome of any decision made as part of the strategic environmental assessment process in Greenland can only affect local alternatives, such as local location and waste treatment etc., in the location in which new aluminium smelter capacity is installed.

It should be noted that a decision of establishing the smelter in Greenland (Alternative 1) also means that Alternative 0 is avoided, according to the mentioned assumptions about the global supply and demand situation on the aluminium market. The global change in GHG emissions, which results from placing an aluminium smelter in Greenland, is therefore Alternative 1 minus Alternative 0.

Methodology and scope

A life cycle assessment (LCA) is an evaluation of the potential impacts of all emissions arising throughout the life cycle of a product or a service. The LCA is made in accordance with the requirements in the ISO standards 14040 and 14044.

Functional unit and life cycle stages: The unit of study (also known as the functional unit) is 1 kg of virgin aluminium. The LCA involves the life cycle stages; Bauxite mining, alumina production, and aluminium production. Other downstream processes, such

as sheet and foil production or aluminium production for consumer products and related waste disposal/reuse/recycling stages, are not included in the study. This is because the study is based on the assumption that the global production volume of aluminium is not affected by the decision whether to build the aluminium smelter in Greenland or not, and hence, the global amount of aluminium waste will not be affected.

It should be acknowledged that the use of aluminium can reduce the environmental impacts of other products, such as cars, significantly. The main reason is that aluminium has a low density, while being relatively durable. Furthermore, aluminium is ideal for recycling, which reduces the GHG emissions per kg by 90-95%. These considerations are, however, not relevant here, considering the purpose and scope of the present study.

Emission types: It has been chosen to categorise the GHG emissions as scopes 1, 2 and 3 according to the Greenhouse Gas Protocol from WRI and WBCSD (WRI and WBCSD 2004).

Scope 1 is the direct emissions from the smelter, which will be the main concern for Greenland in the perspective of the Kyoto Protocol. Scope 2 includes the GHG emissions from purchased electricity (and heat), which, in the case, of Greenland will involve the direct emission from the hydropower plants. The latter will only include GHG emissions of the water reservoirs, which are relatively insignificant. We have therefore also included indirect GHG emissions, related to the construction and operation of the hydropower plant in scope 2. Scope 3 includes all other emissions such as those related to mining, alumina production, transport, production of anodes, auxiliaries, etc.

Data for Greenland Smelter (alternative 1): As the aluminium smelter is not operating yet, data has been obtained from other smelters with a similar type of technology as the one assumed for Greenland. In this regard, Alcoa has provided data for their aluminium smelters in Iceland and Deschambault in Canada. The plant construction in Iceland is probably most similar to the proposed Greenland smelter, because it is the newest plant and because it does not produce anodes – similar to the planned smelter in Greenland. However, in some cases, it has been considered better to use the data from Deschambault, because the Iceland plant has just finished the start-up process and data may not be representative of stable operations in terms of some parameters.

Data for marginal production of aluminium (alternative 0): As mentioned, electricity consumption does, under normal circumstances, represent the largest contribution to GHG emissions in the life cycle of virgin aluminium. For the 0 Alternative, reflecting the alternative production of aluminium, it has therefore been pivotal to obtain reliable

data for energy sources used for electricity generation – which again depends on the smelter location and the affected energy sources within the specific region.

A comprehensive analysis is carried out in section 4 to estimate the alternative (marginal) location of the smelters. Large uncertainties are involved, and a number of scenarios have been developed that reflect different methods and data sources (method and data triangulation). The ‘recommended scenario’ suggests that the alternative location will be a combination of three regions (composite marginal), represented by China by 60%, the Commonwealth of Independent Nations (CIS)⁵ by 22%, and the Middle East (ME) by 18%. As electricity production in China is dominated by coal, the marginal electricity mix becomes 62% coal, 29% hydropower and 9% gas, of which half is alternatively assumed to be flared in CIS and the Middle East.

Despite the large number of scenarios, methods, and data sources used, most of the scenarios show rather similar results concerning the marginal electricity mix – with most electricity being based on coal followed by hydropower and gas, in that order. However, less reliable and significantly different scenarios have also been found. This part is elaborated in section 5 and is also reflected in the sensitivity analysis in this summary.

In addition to the considerations about affected energy sources for electricity generation, the analysis reflects technological differences between the relevant regions – both regarding smelter technologies and energy technologies. The study therefore considers other aspects, such as the fact that, e.g., Chinese power plants are less efficient than power plants in Western Europe and that they have different flue gas treatment technologies. For grid electricity used at other life cycle stages (e.g., bauxite mining and alumina production), a separate analysis is carried out that estimates the marginal grid electricity in all relevant regions/countries of the world. This is elaborated in section 6. The reason for distinguishing between electricity to smelter and other processes/stages is based on the fact that aluminium smelters, due to their high electricity consumption, have special contracts with power plants or even a large proportion of self-generated electricity, which arguably makes their electricity mix different from other less energy-consuming industries – even within the same region.

Results and perspectives

The main results for Alternative 1 (Greenland smelter) and Alternative 0 (alternative supply of aluminium) are presented in the following. The results are further described in section 11.

⁵ Mainly Russia

GHG emissions from smelter in Greenland (Alternative 1): The LCA carried out in this study estimates that the planned aluminium smelter will represent a contribution to global warming equivalent to 5.92 kg of CO₂e per kg of produced virgin aluminium. Hence, scaling up to the planned annual production of 360,000 tonnes, the total annual contribution is estimated at 2.13 million tonnes of CO₂e.

Scope 1 emissions are direct process emissions from the smelter. These amount to 1.66 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, which is mainly related to the consumption of the anode, and, to a very limited extent, PFC emissions. The total annual scope 1 emissions relating to a production of 360,000 tonnes of aluminium will sum up to 597,000 tonnes of CO₂e.

Scope 2 emissions are related to the generation of electricity at the hydropower plants. This amounts to 0.140 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, including the construction and operation of hydropower plants and emissions from reservoirs. This is equivalent to an annual emission of 50,200 tonnes of CO₂e.

Scope 3 emissions, related to the smelter stage, mainly include emissions from anode production, transport, services, as well as minor emissions related to waste treatment, etc. These amount to 1.09 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, or 391,000 tonnes of CO₂e, annually. The total emissions (scopes 1, 2 and 3) related to the smelter stage amount to 2.88 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium or 1.04 million tonnes of CO₂e, annually.

The emissions that take place within Greenland, which include the process emissions from the smelter, are estimated at 597,000 tonnes of CO₂e. This corresponds to 85% of Greenland's current GHG emissions, which are approximately 700,000 tonnes⁶ of CO₂e.

To reach the total of 5.92 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, we need to include the bauxite mining stage, which represents 0.144 kg of CO₂e per kg, and the alumina production representing 2.89 kg of CO₂e per kg, of which the major part is related to heat energy (based on fossil fuels).

Compared to other smelters, the GHG emissions from the Greenland smelter are significantly lower – mainly due to the use of hydropower. The GHG emissions related to the aluminium production of other smelters are described in the next section.

⁶ According to UNFCCC (2009), the fossil-based CO₂ emissions in Greenland in 2006 were 682,000 tonnes of CO₂e. Based on this, the annual CO₂e emission in Greenland today is estimated at 700,000 tonnes of CO₂e.

GHG emissions from alternative production (Alternative 0): The analysis of the environmental impacts of the marginal aluminium production, which will be implemented if the Greenland smelter is not constructed, shows that this will represent 20.7 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, or 7.47 million tonnes of CO₂e per year, presuming that 360,000 tonnes of aluminium would be produced in an alternative location. The main reason behind the large contribution is the electricity consumption, which is based on 62% coal, 29% hydropower, and 9% gas (of which half would alternatively be flared). In this scenario, more than 70% of the GHG emissions originate from the electricity production. For the Greenland smelter, this is only approximately 2%.

It is important to stress that the uncertainties related to the results of Alternative 0 are significant. It is not possible to know the exact location of the marginal production or the actual energy sources affected. A large number of sensitivity analyses have therefore been made of alternatives to the recommended scenario. These sensitivity analyses show GHG emissions between 11.6 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, representing a production mainly based on hydropower in CIS/Russia, and 29.2 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium, representing a production in China based on 100% coal. As we cannot rule out any of the scenarios, the results can also be presented as 20.7 ± approx. 9 kg of CO₂e per kg of virgin aluminium for Alternative 0. This is further elaborated in section 11.1.

Global change in GHG emissions (Alternative 1 minus Alternative 0): The total change in GHG emissions (in a global perspective) resulting from the placement of an aluminium smelter in Greenland will be the impacts of Alternative 1 minus Alternative 0, i.e. the impacts caused by the smelter in Greenland minus the impacts of placing the aluminium smelter in another location in the world. If we include the uncertainty range explained above, this means that the total change in GHG emissions as a result of implementing the Greenland smelter will cause savings of 2.05 to 8.36 million tonnes of CO₂e annually (or savings of 5.34 million tonnes of CO₂e annually, if we use the suggested scenario for Alternative 0). In other words, the Greenland smelter will imply that we avoid GHG emissions of about 5 ± 3 million tonnes of CO₂e annually, in a global perspective.

Since Greenland's annual CO₂e emissions are approximately 700,000 tonnes of CO₂e, the planned smelter has the potential for reducing global GHG emissions by 3 to 12 times Greenland's current GHG emissions, despite a nearly doubling of the domestic GHG emissions occurring in Greenland. In this respect, it should be stressed that the consequences of GHG emissions are independent of the location where they occur.

It is possible that equally carbon friendly alternatives (to the Greenland smelter) exist and could be chosen by Alcoa. This includes smelters in areas where it is possible to use 100% hydropower or 100% gas which otherwise would be flared, e.g., in regions such as Russia/Siberia, Africa or the Middle East. However, the present study does only compare the Greenland smelter with no Greenland smelter. Specific alternatives to the Greenland smelter planned by Alcoa are not considered. Instead, the study compares the Greenland smelter with the most likely alternative capacity that would be installed somewhere else as a reaction to changes in the demand for aluminium.

Human Health aspects in Greenland: The study includes a tentative assessment of human health impacts in Greenland – but only related to the external environment (not occupational health and safety). The assessment shows that the smelter provides a significant contribution to the impact category ‘respiratory inorganics’. Respiratory inorganics include respiratory effects on humans (from inorganic substances such as particles and sulphur dioxide) typically caused by combustion processes. The main contribution from the Greenland smelter is sulphur dioxide, which consequently raises a red flag. This means that we recommend that human health aspects are considered in the strategic environmental assessment (SEA) or in a separate Health Impact Assessment (HIA).

Another potential concern is emissions of hydrogen fluoride (HF). Unless exposed to very large doses, we have not found indications of significant impacts on human health; but considering the possibility of bioaccumulation, it has been considered necessary to discuss this matter as an input to the SEA or HIA. The concern has not been raised by the LCA as such, but is a result of literature studies and interviews conducted as part of the LCA.

Other impact categories: The LCA has also provided a screening of 15 other environmental impact categories – including ozone depletion, nature occupation, acidification, photochemical ozone formation, etc. (see section 11.2). These impacts have not been scrutinized in detail, but the assessment mainly points towards the following impact categories as potentially important:

- Nature occupation
- Human toxicity
- Respiratory inorganics

Concerning nature occupation, the concern mainly originates from a qualitative assessment, and not the quantitative assessment based on the Stepwise LCIA method. Transforming and occupying land in a pristine and probably sensitive environment in Greenland is critical and does raise a red flag.

Concerning human toxicity our analysis suggests that the contribution is mainly related to mining fields, red mud, and landfill sites, where the transfer to humans is relatively insignificant.

For respiratory inorganics, the main contribution comes from sulphur dioxide, particulates, and nitrogen oxides. The emissions are mainly caused by the electrolysis process, the ship transport of raw materials, and the alumina production. It should be noted, however, that the relative importance is likely to be overestimated in the analysis, as the emissions mainly occur in remote places with little human exposure.

It is important to note that the above assessment only reflects a screening and that other impacts could be equally or more important. The impact on cultural and social aspects is another important issue, and it is crucial that the reader addresses the SEA for a more comprehensive assessment of the local, environmental and social impacts related to the planned Greenland smelter.