

Mati Tiivas

Kaltsiumkloriidi tootmise võimalikkusest Eestis

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond
Tehnomaterjalid ja turundus eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Ülevaade äriprojektist	5
1.1. Projekti kirjeldus ja ärivaldkond	5
1.1.1. Äriidee	7
1.2. Eesti aastased kasutusmahud	8
1.3. Nõudluse sessoonsus	10
2. Ülevaade kaltsiumkloriidist	12
2.1. Kaltsiumkarbonaat	12
2.1.1. Lahustuvus	12
2.1.2. Tööstuslik tootmine	13
2.1.3. Esinemine looduses	13
2.1.4. Kasutamine	14
2.2. Soolhape	14
2.2.1. Omadused	14
3. Kaltsiumkloriidi füüsikalised omadused	16
3.1. Lahustuvus	16
3.2. Keemistemperatuur	18
3.3. Aururõhk	19
3.4. Atmosfääri niiskuse absorptsioon	20
3.5. Pindpinevus	23
3.6. Erisoojus	24
3.7. Viskoossus	25
4. Kaltsiumkloriidi tootmine tööstuslikul viisil	27
4.1. Tehase sisseseade ja tootmisvõimsus	27
4.2. Tootmisprotsessi kirjeldus	28
4.3. Keemiline protsess	30
4.4. Tooraine vajadus	31
4.5. Tootmise paiknemine	31
5. Majanduslikud arvutused	33
5.1. Toote omahinna kalkulatsioon	33
5.2. Projekti SWOT-analüüs	35
6. Kemikaaliohutus ettevõttes	37
Kokkuvõte	40
Summary	42
Kasutatud allikad	44
Lisa 1 Kaltsiumkloriidi ohutuskaart	46

SISSEJUHATUS

Seoses pidevalt muutuva kliimaga vajavad Eesti teed tihedat hooldamist. Talvel on vajalik libedusetõrje ning alates kevadest tolmutõrjed. Libeduse tõttu toimub Eestis igal aastal sadu liiklusõnnetusi, mis võiksid jääda juhtumata. Eesti teede kvaliteedi tõstmisel ja tolmutõrjel jäävad Eesti kogemused maha põhjanaabrite poolt selles valdkonnas tehtavale, kuid samas on meil piisav oskusteave olemas, et teha nõuetekohast libedustõrjet ning kruusateedel tolmutõrjet.

Parim variant talvisel libedal teel liiklusohutuse suurendamiseks on sõiduteele kaltsiumkloriidi puistamine. Tolmutõrje jällegi on vajalik selleks, et takistada kuiva kruusatee pinnalt peenmaterjali eraldumist, mis toob kaasa liiklustravalisuse vähenemise. Mõlema toimingu tegemiseks kasutatakse Eestis täna kas osaliselt või täielikult kaltsiumkloriidi, mida teede hooldamisega tegelevad firmad ostavad Eestisse sisse mujalt riikidest.

Käesoleva lõputöö teema valikul sai otsustavaks asjaolu, et Eestis on välja töötatud Riigimaanteede teehoiukava aastateks 2014-2020, mille raames on pööratud suurt tähelepanu teede olukorra parandamisele üldises plaanis kui ka libeduse ja tolmutõrjele. Siit tulenes lõputöö eesmärk, milleks on uurida ühe põhilise maanteedel hoolduseks kasutatava materjali ehk kaltsiumkloriidi tootmise võimalikkuse ja ka kasumlikkuse kohta Eestis.

Töö käigus tuuakse välja projektile olulist mõju avaldavad aspektid, kirjeldatakse turu olukorda, kaltsiumkloriidi tootmiseks vajalike koostisosade kättesaadavust, tootmist ning erinevaid nüansse, mis tootmise käigus ja toormaterjalide käitlemisel tekivad. Töös on olulisel kohal tootmise tehnoloogia ning keemiline protsess koos kaltsiumkloriidi füüsikaliste omaduste kirjeldamisega. Lõputöö raames selgitatakse välja, kas kasulikum on jätkata kaltsiumkloriidi sisse ostmist mujalt riikidest või oleks mõistlikum alustada selle tootmist Eestis.

Lõputöö koosneb kuuest osast. Esimeses osas kirjeldatakse projekti olemust ning tegureid, mis aitasid kaasa äriidee tekkimisele. Seal hulgas antakse ülevaade Eesti teede olukorrast, hoolduseks

kasutatavatest vahenditest, mahtudest ning nõudlusest. Järgneva kolme teema raames tuuakse välja kaltsiumikloriidi koostisosade detailne kirjeldus ja kättesaadavus, antakse ülevaade füüsikalistest omadustest ning kaltsiumkloriidi tootmisprotsessist. Kuues alapunkt hõlmab toote omahinna kalkulatsiooni ja muid finantsarvutusi ning SWOT-analüüsi. Eraldi punktina on välja toodud kemikaaliohutus ettevõttes, mis peab olema keemiatööstuses üks olulisemaid tegureid.

Lähtematerjalina on kasutatud ajakirjanduses avaldatud artikleid, erialakirjandust, juhendeid, erinevatest ettevõtetest kogutud andmeid ning „Riigimaanteede teehoiukava aastateks 2014 – 2020“.

1. ÜLEVAADE ÄRIPROJEKTIST

Antud projekt käsitleb kaltsiumkloriidi tootmist Eestis talviseks teehoolduseks ja kevadiseks tolmu tõrjeks ning analüüsib tootmise kasumlikkust. Parema ülevaate saamiseks kaltsiumkloriidi nõudluse kohta vaadeldakse hetkeolukorda teede hoolduses, tuuakse välja teede liigid ning selgitatakse vajadust ja meetodeid nende korras hoidmiseks.

1.1 Projekti ja valdkonna kirjeldus

Käesolev analüüs käsitleb kaltsiumkloriidi tootmise võimalust Eestis kaltsiumkarbonaadist ja soolhapest. Kaltsiumkloriidi kasutavad peamiselt teehooldusega tegelevad ettevõtted selleks, et suvel hoida Eesti teed tolmuwabaks ning talvel jäävabaks. Eesti improdib hetkel kogu vajamineva kaltsiumkloriidi välisriikidest, peamiselt Soomest Tetra Chemicalsist.

Kaltsiumkloriidi kasutatakse peamise vahendina talvises teehoolduses ning hetkel ainsa vahendina kevadiseks tolmutõrjeks. Libeduse tõrjeks kasutatakse ka naatriumkloriidi, kuid selle kasutamisel on keskkonnale ja masinatele tõsisemad tagajärjed kui kaltsiumkloriidil. Seega on talveperioodidel kaltsiumkloriidi järele endiselt suur nõudlus. Eestis koostatud „Riigimaanteede hoiukava aastateks 2014 – 2020“ kohaselt on plaanis muuta suur osa teid tolmuwabaks, kuid siiski jääb alles arvestatav hulk teid, mida liikluse vähesuse ja kattematerjali kalliduse tõttu tolmuwabaks ei muudeta ning mille puhul säilib vajadus tolmutõrje järele. Eelpool mainitud nõudlust arvesse võttes analüüsitakse käesolevas lõputöös kaltsiumkloriidi tootmise võimalikkust ja kasumlikkust Eestis. Parema ülevaate saamiseks nõudlusest kirjeldatakse teede üldist seisukorda ning arengukava eelolevateks aastateks, samuti teede hooldamise põhimõtteid ning tuuakse välja kaltsiumkloriidi kasutamise valdkonnad teehoolduses koos põhjenduste ja eelistega.

Teehoiukava on koostatud Transpordi arengukava 2014 – 2020 eelnõu alusel ning täidab selle alaeesmärki 2. Kvaliteetsed teed ja sujuv liiklus. Eesmärk on, et aastaks 2020 väheneb halvas ja väga halvas seisukorras olevate teede hulk. [1]

Väljakutseks on olemasoleva võrgu sõidumugavuse parandamine ja jätkuv teedevõrgu ohutumaks muutmine etteantud eelarvevahendite mahus. Vahendite optimaalse kasutamise eesmärgil tuleb tagada üleriigiline teedevõrgu säilimine, luues ohutumad tingimused liiklemiseks nii sõidukitele kui ka jalakäijatele. [1]

Teede hooldamine jaguneb tava- ja perioodiliseks hooldeks. Tavahoole jaguneb omakorda suviseks ja ning talviseks hooldeks. Talihoole kuulub tavahoole alla ning tolmutõrje kruusateedel perioodilise hoolde koosseisu. [1]

Suur osa riigimaanteed nimekirjas olevatest kruusateedest on korralikult välja ehitamata muldkeha ja kraavideta ning ei vasta ka praegu kehtivatele normidele ja nõuetele. Suurimaks probleemiks kruusateede juures on tolmu mõju keskkonnale ja selle suurus sõltub enim elanikkonna paiknemisest ja liiklussagedusest. Kahjuks ei ole meil vastupidiselt põhjanaabritele võimalik kasutada materjale, millest saaks ehitada sideainega töötlemata peaaegu tolmuvabu katteid (graniitkillustik ja väike kogus savi). [1]

Seetõttu on peamiseks võimaluseks tolmutõrjeks kaltsiumkloriidi kasutamine kruusateedel, mis tagab ohutu liiklemise ja minimaalse keskkonnamõju.

Põhjamaade kogemus on näidanud, et kõikjale polegi optimaalne mustkatteid ehitada. Mitte ainult mustkatte ehitus, vaid ka selle hooldus on väga kulukas. Ühe kilomeetri asfalttee ehitamise asemel on sama raha eest võimalik sada kilomeetrit aastakümneid tolmuwabana hoida. Just seetõttu tuleks teha tõsisid valikuid – kus on otstarbekas asfalteerida ja kus kasutada tolmutõrjevahendeid, mis teevad teepinnase siledaks ja kõvaks, aga maksavad kümneid kordi vähem kui asfalt. [2]

Tolmutõrjeks läheb tarvis aineid, mis suurendavad materjaliosakeste sidusust. Sellisteks aineteks võivad olla hügroskoopsed soolad, lignosulfonaadid (metsatööstuses tekkivad lahused), petrokeemilised tooted (toorõlid ja nende emulsioonid ning bituumenemulsioonid), taimeõlid (sojaõli töötlemisjäägid), polümeerid (sünteesilised polümeeremulsioonid), männiõli ja kasemahl, seebid, suhkrut sisaldavad ja ensümaatilised tooted. Eesti riigimaanteedel tehakse tolmutõrjet

peamiselt kaltsiumkloriidiga, mis suudab siduda õhus sisalduvat vett ja lahustub tee pealispinda imendunud vees. Ent see sool on agressiivne metalli ja okaspuude okaste suhtes. CaCl_2 on kasutuses tolmutõrje korral helbelise soola või lahuse kujul. [2]

Praegu on meil mustkatet tihti pandud ka teelõikudele, kus liiklussagedus ei ole kuigi suur. See on ilmselge raiskamine – madala liiklussageduse puhul oleks kindlasti odavam teha teedel regulaarset tolmutõrjet. [2]

Kaltsiumkloriidi kasutamine libeduse tõrjeks maanteedel on naatriumkloriidi järel kõige sagedamini kasutatav meetod. Naatriumkloriidi kasuks räägib soodsam hind, kuid kaltsiumkloriid on keskkonnasõbralikum ja põhjustab vähem kahjustusi teedele ja masinatele.

Naatriumkloriidi (NaCl) kasutamisel on tõsised kõrvalmõjud. NaCl lahustub tungib poorsete materjalide pooridesse, näiteks betoon, paekivi, silikaat-, savitellis. Kui muutuvad temperatuur ja NaCl lahuse kontsentratsioon, hakkavad tekkima pooridesse ja pragudesse NaCl kristallid. Kui temperatuur langeb, siis 0,15 kraadi juures NaCl kristallid seovad endaga vett, millega kaasneb 2,3 kordne mahu suurenemine. Paisumise jõud on aga suur ja kui paisumiseks tühja ruumi ei jätku, hakkab see lõhkuma materjali, kus kristallid on. [3]

Kaltsiumkloriidi lõhkumise mõju poorsele materjalile on tunduvalt väiksem, sest paisumist esile kutsuvat vee sidumist olemasolevatel temperatuuridel ei toimu. Kui NaCl lahuse külmumistemperatuur teedel on umbes 9-10 miinuskraadi, siis kaltsiumkloriid võib „töötada“ ka madalamatel temperatuuridel, sest nende lahustuvus on suurem. [3]

Eelpool välja toodud kaltsiumkloriidi teehoolduses kasutamise kirjeldused ja sellest tulenev nõudlus annavad aluse analüüsida kaltsiumkloriidi tootmise võimalikkust Eestis.

1.1.1 Äriidee

Eestis ei ole kaltsiumkloriidi tootjat, kuid nõudlus seoses libeduse ja tolmutõrjega on olemas aastaringselt. Kaltsiumkloriidi põhilised tarbijad on teede hooldamisega tegelevad ettevõtted, kes kogu vajamineva koguse tarnivad sisse väljastpoolt Eestit. Tarbimismahud on suured ning tooraine hankimine kaltsiumkarbonaadi osas kohalikul turul ei valmista probleeme, kuna lubjakivi kaevandamisega tegeldakse mitmel pool Eestis.

Antud projekti äriideeks on toota kaltsiumkloriidi. Toodangu turustamine toimuks peamiselt Eestis, kuid võimalusel ka muudel turgudel.

Ettevõtte eesmärgiks on toota Eesti teede hooldamiseks vajalikku kaltsiumkloriidi, mis võimaldaks kasutada Eestis leiduvaid lubjakivi ressursse. Kohalik tootmine annab eelised lühikese tarneaaja ja aastaringse stabiilse varustamise näol ning tagab kliendi paindliku teenindamise.

Samas luuakse kohaliku kogukonna jaoks uusi vajalikke töökohti.

1.2 Eesti aastased kasutusmahud

Eesti riigimaanteed võrk on aastaid olnud sisuliselt samalaadne. Üksikud muutused toimuvad seoses mõnede uute teelõikude ehitamise või riigimaanteed nimekirja täiendamisega mõne kohaliku omavalitsuse teega seoses tee funktsiooni muutusega.

Eesti riigimaanteed pikkuseks seisuga 1.01.2013 on 16 469 km.

Riigimaanteedest on 1607 km (9,8%) põhimaanteed, 2403 km (14,6%) tugimaanteed, 12 458 km (75,6%) kõrvalmaanteed. Kattega teede pikkus seisuga 01.01.2013.a oli 10849 km, s.o 65,9% ja kruusateede pikkus 5620 km e 34,1% riigimaanteed kogupikkusest. Riigimaanteedel on 951 silda kogupikkusega 22605 m.

Kui aastatel 1998-2007 toimus pidev liiklussageduse kasv, mis ulatus põhi- ja tugimaanteedel keskeltläbi 6-10 %-ni aastas, siis aastatel 2008-2010 liiklussagedus vähenes ning 2011. aastal oli see taas kergel tõusuteel (kasv 0,5 %). 2012. aastal kasvas liiklussagedus riigimaanteedel 0,1% võrreldes eelnenud aastaga, sealhulgas põhimaanteedel 1,3% ja tugimaanteedel 0,9 %. Kõrvalmaanteedel liiklussagedus aga vähenes 3,6 %. [1]

Autoliikluse tagajärjel eraldub kuiva kruusatee pinnalt peenmaterjal, mis tekitab õhus tolmutpilve. Ligi 70 % tolmuteradest on suurusega kuni 0,063 mm. Teepinna tolmutamine omab kahjulikku mõju. Teekasutajad ja ümbrus kannatavad tolmu poolt põhjustatud liiklustravalisuse vähenemise ja ehitiste ning elukeskkonna saastamise läbi. [4]

Tabel 1

Kruusateede pikkused (km) riigimaanteedel seisuga 01.01.2013 [1]

Liiklussagedus, autot/ööp								
0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	>350	Kokku
2667	2500	607	203	76	17	30	15	5620

Kruusatee tolmmamine tähendab tee omanikule olulisi lisatõid ja rahalisi väljaminekuid korrashoiu tegemisel. Kui kulumiskihi peenaine sisaldus väheneb, siis muutub kiht lahtiseks. Tagajärjeks on augud, roopad ja kulumiskihi materjali lendamine peenardele ja nõlvadele. Tolmutõrjet kasutatakse, kui tee pind on kuiv ja vee poolt tekitatud peenmaterjali terade nakkumisvõime väheneb. [4]

Kasutatava soola kogust mõjutab liiklusintensiivsus ja tee laius, lisaks veel metsasus, suund ilmakaare suhtes, looduslik pinnas, tee konstruktsioon ja kulumiskihi materjali kvaliteet. [4]

Tabel 2

Kevadel tehtaval tolmutõrjel enam kasutatavad soolakogused t/km [4]

Liiklusintensiivsus autot/ööp	Tee laius (m)		
	5.0	6.0	7.0
>500	-	2.0	2.5
200-500	1.2	1.6	2.0
100-200	0.9	1.3	1.5
<100	0.7	0.9	1.1

Tabelis 2 toodud tolmutõrjel kasutatavad soolakogused sõltuvad tee laiusest ja liiklusintensiivsusest. Soola kogus võib olla suurem teelõikudel, mis kulgevad lagedal maastikul või kui tee vahetus läheduses on asustus või vilja- ja marjapõllud. Kasutatavad soolakogused võivad olla väiksemad metsavahelistel teelõikudel või teelõikudel, mille muldkeha on õhuke ja looduslik pinnas on hea kapillaarsusega. [4]

Elava liiklusega või lagedatel kruusateelõikudel tekib vajadus korrata soola kasutamist suvel. Suvel tehtaval lisatolmutõrjel kasutatavad soola kogused on väiksemad, kui kevadel kruusatee pinna soolamisel kasutatavad soola kogused. Kui tee pind on muutunud nii auklikuks, et teed on vaja

hõõveldada, siis tehakse lisatolmutõrje segamisega soolamisega. Teistel juhtumitel tehakse tolmutõrje pinna soolamiseks. Pinnasoolatamisel kaltsiumkloriid laotatakse tasasele tee pinnale kulumiskihiga segamata. Helbelise soolaga tolmutõrjet tasub teha kohe peale vihma, kui tee kastmisvajadus on väike. Lisatolmutõrje võimaldab kasutada soolalahust samamoodi nagu kevadine tolmutõrje. Lisatolmutõrjel kasutatava soola koguse otsustatakse koha järgi. Kui lisatolmutõrje tehakse suve algul, tasub soola kogus valida selline, et sügisel ei peaks tegema veel ühte lisatolmutõrjet. [4]

Eelpool toodud info ja AS-st Järva Tee saadud aastase kaltsiumkloriidi kasutuse põhjal on oletatav aastane kasutusmaht Eestis talve- ja kevadperioodil kokku ca 1800 tonni.

1.3 Nõudluse sessoonsus

Kaltsiumkloriidi kasutatakse Eestis enamasti talvel libedate teede ohutumaks muutmisel, kuid olulise osa aastasest kasutusmahust võtab enda alla tolmutõrje kruusakattega teedel. Tolmutõrje toimub enamasti kevadeti, aeg-ajalt on vajadus tolmutõrjet korrata ka suvel.



Joonis 1. Libedusetõrje teostamine [18]

Kuna nõudlus suuremate koguste järele on tagatud talvel ja kevadel ning vähesel määral ka suvel, siis on kaltsiumkloriidi tootmise näol tegemist sessoonse tootmisega, mis avaldab kindlasti mõju tootmise planeerimisele ja kasumlikkusele.

Libeduse tõrjega alustatakse teehoolduses juba esimeste külmakraadide saabudes ning vajadus kestab kuni libedate talviste teede aeg on möödas. [5]

Tolmutõrjeks soolatatakse kevadel teepinda, mis eelnevalt profileeritakse. Sool laotatakse lahtisele kruusale. Suvisel tolmutõrjel kasutatakse kas helbelist soola või lahuse soola, vajadusel hõõveldatakse ja kastetakse. [2]

Kui teedel esineb kevadise mulde sulamise perioodil tekkinud defekte (nõrk kandevõime, külmakerked), siis nendel lõikudel tehakse tolmutõrje sulamisperioodi lõppedes. [4]

Kohaliku tootmise korral on kliendil vaatamata nõudluse sempoonsusele võimalik toetuda lühikestele tarneaegadele ja kliendi suhtes paindlikele tarnekogustele.

2. ÜLEVAADE KALTSIUMKLORIIDIST

Kaltsiumkloriid on soolade klassi kuuluv kaltsiumi ja kloori ühend, keemilise valemiga CaCl_2 . Kaltsiumkloriid = kaltsiumkarbonaat + vesinikkloriid ehk soolhape. Välimuselt on tegu valge kristalse ainega, mida tänu hügroskoopsusele kasutatakse ainete kuivatamiseks. Kaltsiumkloriidi vesilahused külmuvad madalatel temperatuuridel (20%-line $-18,6\text{ }^\circ\text{C}$ ja 30%-line $-48\text{ }^\circ\text{C}$ juures) ning on sobivad kasutamiseks jää ja tolmu tõrjeks. Kaltsiumkloriidi omadused on muuhulgas hea vees lahustuvus, võime imeda niiskust ja soojuse eraldumine kokkupuutel vee keskkonnaga. [6]

2.1 Kaltsiumkarbonaat

Kaltsiumkarbonaat (keemilise valemiga CaCO_3) on keemiline aine, mis koosneb kaltsiumi katioonist ja karbonaatioonist. Kaltsiumkarbonaat on looduses väga tavaline aine. Ta esineb peamiselt mineraalide kaltsiidi ja aragoniidina. Karbonaatsed kivimid koosnevad peamiselt kaltsiumkarbonaadist. Kaltsiumkarbonaat võib tekkida nii anorgaaniliselt kui ka organismide elutegevuse tulemusel. Kaltsiumkarbonaat on vees peaaegu lahustamatu, et aga loodusveed sisaldavad alati lahustunud süsihappegaasi, siis keemiliste reaktsioonide tulemusena tekivad kaltsiumvesinikkarbonaadid, mis põhjustavad vee karedust. Kaltsiumkarbonaadi,-vesnikarbonaadi ja süsihappegaasi vahekord sõltub vaadeldava vee pHst. [7]

2.1.1 Lahustuvus

Kaltsiumkarbonaat on vees vähelahustuv- kõigest 15 mg/l. CaCO_3 lahustub tugevates hapetes. Kaltsiumkarbonaadi lahustuvust mõjutavad peamiselt rõhk, pH ja lahuse aluselisus. Rõhu suurenedes suureneb aga kaltsiumkarbonaadi lahustuvus vees. Kaltsiumkarbonaadi lahustuvus sõltub väga palju ka lahuse pH-st. Mida madalam on pH, seda paremini CaCO_3 lahustub. Kui pH on aga kõrge, siis CaCO_3 lahustuvus väheneb. St settimiskiirus on suurem kõrgema pH juures.

Kaltsiumkarbonaadi lahustuvus sõltub ka lahuse aluselisusest. Mida aluselisem on lahus seda paremini lahustub selles ka CaCO_3 . [7]

2.1.2 Tööstuslik tootmine

Peamine osa tööstuses kasutatavast kaltsiumkarbonaadist toodetakse kaevandamise teel. Puhast kaltsiumkarbonaati (nt farmaatsia- või toiduainetööstusele) saab toota väga puhtast marmorist. Teise võimalusena valmistatakse kaltsiumkarbonaati kaltsiumkloriidi klassifitseerimisena. Kaltsiumoksiidi reageerimine veega on eksotermiline reaktsioon. Tekkivat kaltsiumhüdroksiidi nimetatakse kustutatud lubjaks. Ca(OH)_2 on vees vähelahustuv ning selle segamisel tekib valge piimataoline vedelik, mida nimetatakse lubjapiimaks. Seismisel settib Ca(OH)_2 sademena ning selle kohale jääb küllastunud Ca(OH)_2 lahus. Argielus nimetatakse seda lubjaveeks ja seda kasutatakse CO_2 määramiseks. Kui juhtida läbi selle lahuse CO_2 sisalduvat gaasi, siis tekibki vähelahustuv kaltsiumkarbonaat. [7]

2.1.3 Esinemine looduses

Kaltsiumkarbonaat leidub looduses polümorfsete mineraalidena: aragoniit, kaltsiit, vateriit.

Kaltsiumkarbonaat esineb järgmistes kivimites: kriit, lubjakivi, marmor, travertiin.

Trigonaalse süngooniaga kaltsiit on kõige püsivam CaCO_3 esinemiskuju. See on klaasja läikega värvuseta või piimvalge kristalne aine. Kristall võib olla prismaline, romboedriline, skaleneoedriline või tahveljas. Kaltsiidi läbipaistvaks esinemiskujuks on islandi pagu, millele on iseloomulik kaksikmurdumine. CaCO_3 esineb tihti ka aragoniidina, mille kristallid on rombiline süngoonia pikkprismalised või nõela kujuga valged, kollakad, sinakad või rohekad klaasiläikega mineraalid. Aragoniit on ebastabiilne, muundudes aja möödudes kaltsiidiks. Muundumine toimub kiiremini kõrgemal temperatuuril. Samuti esineb CaCO_3 pärlitena. Pärl sisaldab 90% kaltsiumkarbonaati, 5-8% konhiini ja muid lisaaineid. Pärlis on CaCO_3 peamiselt aragondiina, pärlikarbi pärlmutterkihis on valdavalt kaltsiit. Kaltsiumkarbonaat esineb ka luudes, munakoortes, korallides, limuste kodades jne. Tilkekivid koosnevad samuti peamiselt kaltsiumkarbonaadist. 95% tilkekividest on kaltsiidist, aragoniidist on 3% ja 2% moodustavad teised mineraalid, enamasti kips. [7]

2.1.4 Kasutamine

Kaltsiumkarbonaat lubjakivina on olnud tuntud tooraine ja ehitusmaterjal juba antiikajast. Põletamisel saadud lupja ja lubimõrti kasutati V saj eKr Ateena Pikkade müüride ladumisel. Mõrti ja krohvi tehti maasse kaevatud augus kustutatud lubjast. Lubjakivi on läbi aegade olnud kasutusel ehitusmaterjalina. Näiteks egiptlased kasutasid seda püramiidide ehitamise l- Khufu püramiid on ehitatud täielikult lubjakivist. Ka muinaseestlased ehtasid oma linnused paekivist. Samuti on Eestis lubjakivist ehitatud kloostrihooned ning kirikud. Pärast Tallinna vallutamist taanlaste poolt 1219. aastal rajati Tõnismäele lubjapõletusahjud ja lubimõrti hakati siingi kasutama ehitusel sideainena. Praegu enam kaltsiumkarbonaati paekivina ehituses ei kasutata. Selle põhjuseks on eelkõige happevihmad, mis paekivist ehitised hävitab. Seega hävitavad happevihmad ka marmorist ehitisi ja kujusid. Kaltsiumkarbonaat on aga tooraineks erinevate ehitusmaterjalide tootmisel, nt kaltsiumhüdroksiidi ja kaltsiumoksiidi. Kaltsiumoksiidi ja –hüdroksiidi kasutatakse ehitusel sideainena. Samuti kasutatakse kaltsiumkarbonaati tsemendi tootmisel. [7]

Kaltsiumkarbonaat on traditsiooniliselt olnud kriidi põhikomponent. Praegu aga toodetakse kriiti kipsist. Kaltsiumkarbonaat on oluline happelisuse neutraliseerija. Seda kasutatakse happeliste muldade ja vete neutraliseerimiseks. Peamiselt kasutatakse lubjakivijahu. Lubjatud muldadel kasvab viljakus ning saagi kvaliteet suureneb. Lisaks kasutatakse kaltsiumkarbonaati ka värvides, plastikus, kummides, keraamikas, klaasis, õli rafineermisel, raua maagi ning vee puhastamisel. [7]

2.2 Soolhape

Soolhape on selge, värvitu, gaasilise vesinikkloriidi vesilahus. Soolhape on tugev mineraalne hape, väga söövitav ja tema käsitlemisel tuleb olla ettevaatlik. Soolhapet kasutatakse laialdaselt tööstuses. Inimeses on soolhape maohappe koostiseks. Vesinikkloriidhape on kõikide metallkloriidide lätehape. [8]

2.2.1 Omadused

Soolhape on tugev, üheprootoniline ja hapnikuta hape, mis eraldab happejäägina lihtaniooni Cl^- . Soolhape on veest tihedam. Ta moodustab positiivse aseotroobi, mille keemistemperatuur on 110 °C ja mis sisaldab 20% vesinikkloriidi. Suurema kontsentratsiooniga soolhapest lendub kergesti

vesinikkloriidi, mis õhuniiskusega kokku puutudes võib moodustada suitsu – sellest nimi "suitsev soolhape". Soolhape lendub lahusest kergesti. [8]

3 KALTSIUMKLORIIDI FÜÜSIKALISED OMADUSED

Kirjanduslikud andmed kaltsiumkloriidi, selle hüdraatide ja lahuste füüsikalistest omadustest käivad üldiselt puhta materjali kohta. Tegelikult on puhas kaltsiumkloriid keemiliste ainete ladudes saadaval ainult väikestes kogustes. Liquidow (vedelik), Dowflake (helves), Peladow (graanul) märgistustega kaltsiumkloriid on kaltsiumkloriidi tööstuslikud teisendid, mis sisaldavad teisi mikroelemente ja aineid, mida on toodetud vastavalt ASTM (American Society for Testing and Materials, USA Materjaliumuringute Ühing) poolt kehtestatud piirangutele. [9]



Joonis 2. CaCl_2 graanul [19]

3.1 Lahustuvus

Kuigi kaltsiumkloriid on tavalistel temperatuuridel vees hästi lahustuv, esineb teatavatel temperatuuri-kontsentratsiooni tingimustel tahke faasi eraldumine. Need tingimused on määratud ära joonisel 3 CaCl_2 -vee süsteemi faasidiagrammiga. Raske tahke aine joon näitab punkti, milles

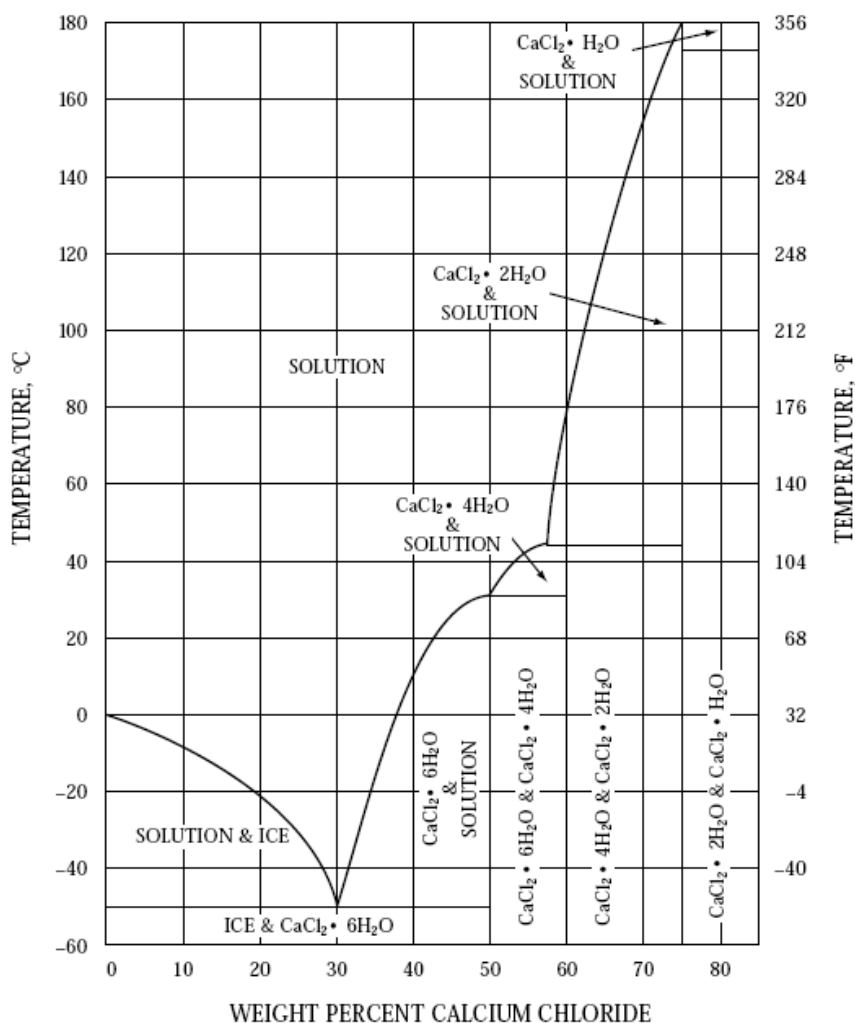
antud lahus muutub tahke faasi, kas jää või kaltsiumkloriidi hüdraadi, suhtes küllastatuks. Avaldatud kirjanduses on näidatud ära neli hüdraati:

$\text{CaCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ja $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. [9]

Faasidiagrammi kasutamise näide: kui 25% kaltsiumkloriidi lahust jahutatakse alla -29°C (-22°F), siis hakkavad moodustuma jääkristallid ning järelejäänud lahuse kontsentratsioon suureneb.

Jahutamise jätkamisel eraldub rohkem jääd ja lahus muutub tasapisi paksemaks ning võib muutuda tahkeks. Tegelikult ei toimu tõelist tahkestumist enne kui temperatuur jõuab -50°C (-59°F) juurde, mil järelejäänud lahus, mille kontsentratsioon on nüüd 29,6%, kristalliseerub kui jää ja kaltsiumkloriidi heksahüdraadi segu. [9]



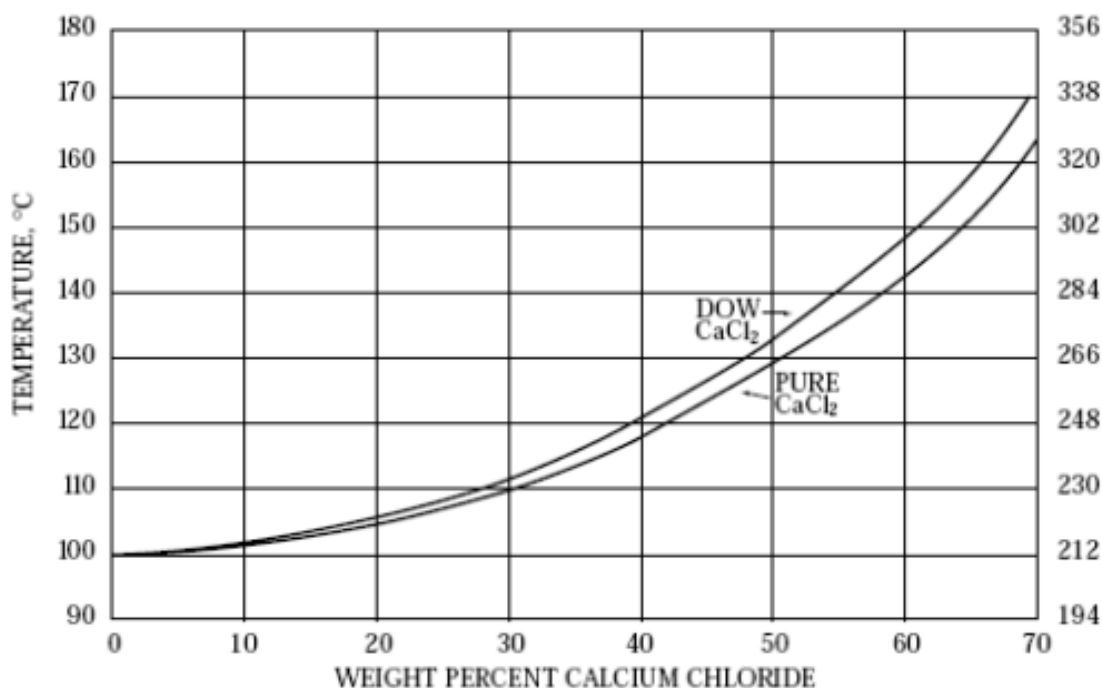
Joonis 3. CaCl_2 vesilahuste faasidiagramm [9]

Temperature – temperatuur; solution – lahus; solution and ice – lahus ja jää; weight percent calcium chloride – kaltsiumkloriidi massiprotsent

Kui üle 29,6%-lise kontsentratsiooniga lahuseid jahutada, siis on esmaseks tahkeks faasiks kaltsiumkloriidi hüdraat ning järelejäänud lahuse kontsentratsioon väheneb. Kontsentreeritud kaltsiumkloriidi lahused omavad teatavat tendentsi allajahtumiseks, st lahuse temperatuur võib langeda mitmeid kraade allapoole faasidiagrammi joont ilma, et kristalliseerumine aset leiaks. Kui sellistes allajahutatud lahustes kristallid viimaks moodustuvad, siis tõuseb segu temperatuur faasidiagrammiga näidatud piirini tagasi. Tööstusliku kaltsiumkloriidi soolalahuste kristalliseerumispunktid erinevad kergelt puhta kaltsiumkloriidi omadest. [9]

3.2 Keemistemperatuur

Vedeliku keemistemperatuuriks on temperatuur, mil selle aururõhk saab võrdseks atmosfäärirõhuga; keemistemperatuuri standardatmosfääriks loetakse 760 mm elavhõbedasamba rõhku. Joonis 4 demonstreerib keemistemperatuure 0-70% puhta ja kaubandusliku dowflake (helbelise) kaltsiumkloriidi vesilahuste puhul. Üle 69% puhtaid kaltsiumkloriidi lahuseid ei saa keetmisega 760 mm rõhul valmistada, sest dehüdraat hakkab tahke faasina eralduma ja lahuse koostis jääb konstantseks. Kaubandusliku kaltsiumkloriidi keemistemperatuurid varieeruvad sõltuvalt olemasolevate lisandite liigist ja hulgast. Joonisel 4 toodud kõver näitab keskmist dowflake materjali, millest üksiknäide ei tohiks erineda mitte rohkem kui 1 C° (2 F°). [9]



Joonis 4. Kaltsiumkloriidi lahuste keemistemperatuurid [9]

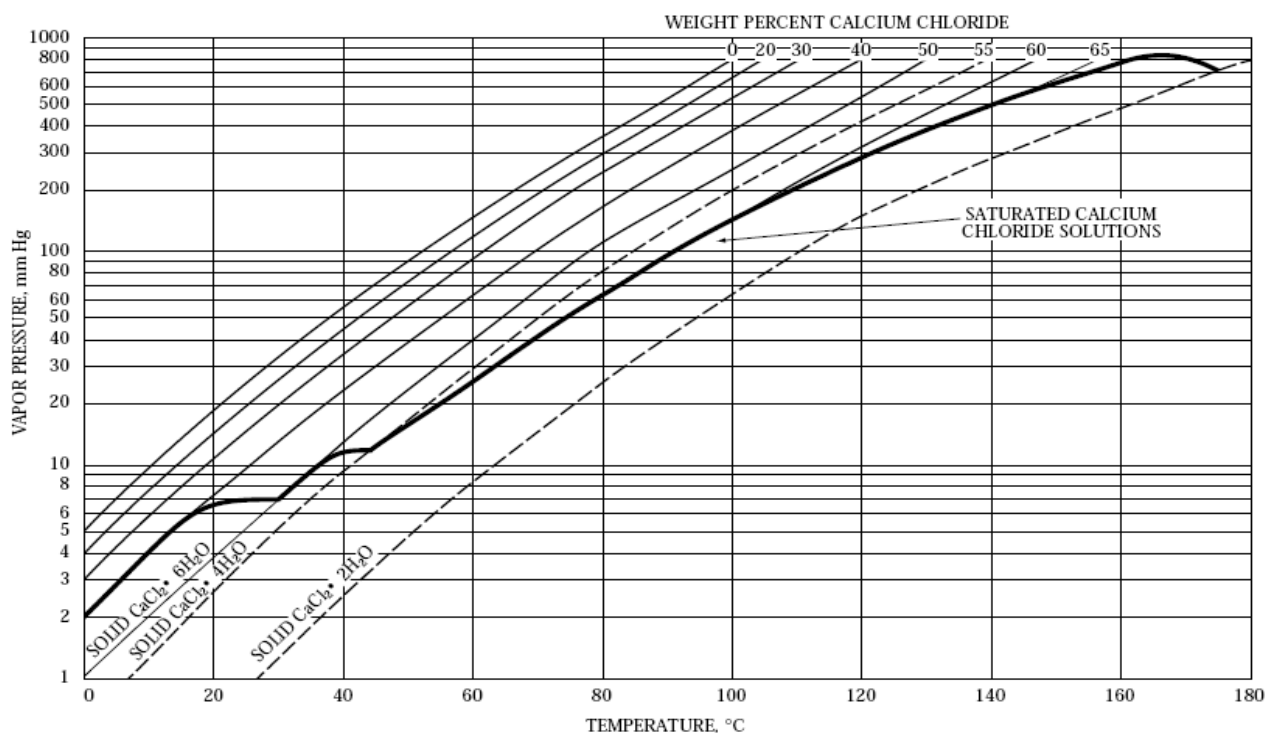
Temperature – temperatuur; weight percent calcium chloride – kaltsiumkloriidi massiprotsent; DOW-helbeline CaCl₂; Pure-puhas CaCl₂

3.3 Aururõhk

Joonis 5 demonstreerib kolme hüdraadi kaltsiumkloriidi lahuste rõhku ja dissotsiatsioonirõhkusid. Need väärtused viitavad puhtale CaCl₂-le, tööstusliku materjali kohta käiva korrektsiooni kohta tuleks vaadata jooniselt 3. Näiteks keeb vastavalt joonisele 3 dowflake (helbeline) kaltsiumkloriidilahus umbes 7 C° (13 F°) kõrgemal temperatuuril kui 60%-line puhas CaCl₂ ja 60%-lise dowflake kaltsiumkloriidi aururõhu kõver on seetõttu nihkunud 7 C° (13 F°) kõrgemale kui 60%-line kõver jooniselt 5. [9]

Õhu suhteline niiskus tasakaalus kaltsiumkloriidi lahustega saadakse valmisolevana jooniselt 5. Näiteks on puhta vee aururõhk 25 C° (77 F°) juures 24 mm, samal ajal kui 30%-lise kaltsiumkloriidi aururõhk on 15 mm. Suhteline niiskus on lihtsalt 15/25 suhe korrutatuna 100-ga või 63%. Küllastunud lahuse kõver annab vee minimaalse aururõhu, mis on vajalik tahke kaltsiumkloriidi hüdraatide vedeldamiseks, st lahuse moodustamiseks. Tüüpilise suvise temperatuuri 30 C° (86 F°) juures on kaltsiumkloriidi vedeldamiseks vajalik vee aururõhk 7 mm,

mis vastab 22%-le suhtelisele niiskusele. Kuna suvised niiskused on tavaliselt kõrgemad kui 22%, siis võtavad kaltsiumkloriidi vedelik, helbed või graanulid vett õhust ja kas lahenduvad või lahustuvad. See omadus teeb kaltsiumkloriidi kasulikuks õhu ja teiste gaaside kuivatamiseks ning tolmu kontrollimise seadmetes. Dowflake (helves) ja peladow (graanul) kaltsiumkloriidi niiskust neelavaid omadusi on täpsemalt käsitletud peatükis „Atmosfääri niiskuse absorptsioon“. [9]



Joonis 5. Kaltsiumkloriidi hüdraatide ja lahuste aururõhk [9]

Vapor pressure – aururõhk; temperature – temperatuur; weight percent calcium chloride – kaltsiumkloriidi massiprotsent; saturated calcium chloride solutions – küllastunud kaltsiumkloriidi lahused

3.4 Atmosfääri niiskuse absorptsioon

Kaltsiumkloriid on nii hügrokoopne kui ka laialivalguv. Seega absorbeerib tahke materjal õhust niiskust kuni ta vedeldub ja lahus jätkab niiskuse absorbeerimist kuni saavutatakse tasakaal lahuse aururõhu ja õhu rõhu vahel. Kui õhu niiskus suureneb, siis absorbeerib lahus rohkem niiskust; kui see väheneb, siis aurustub vesi lahusest õhku. [9]

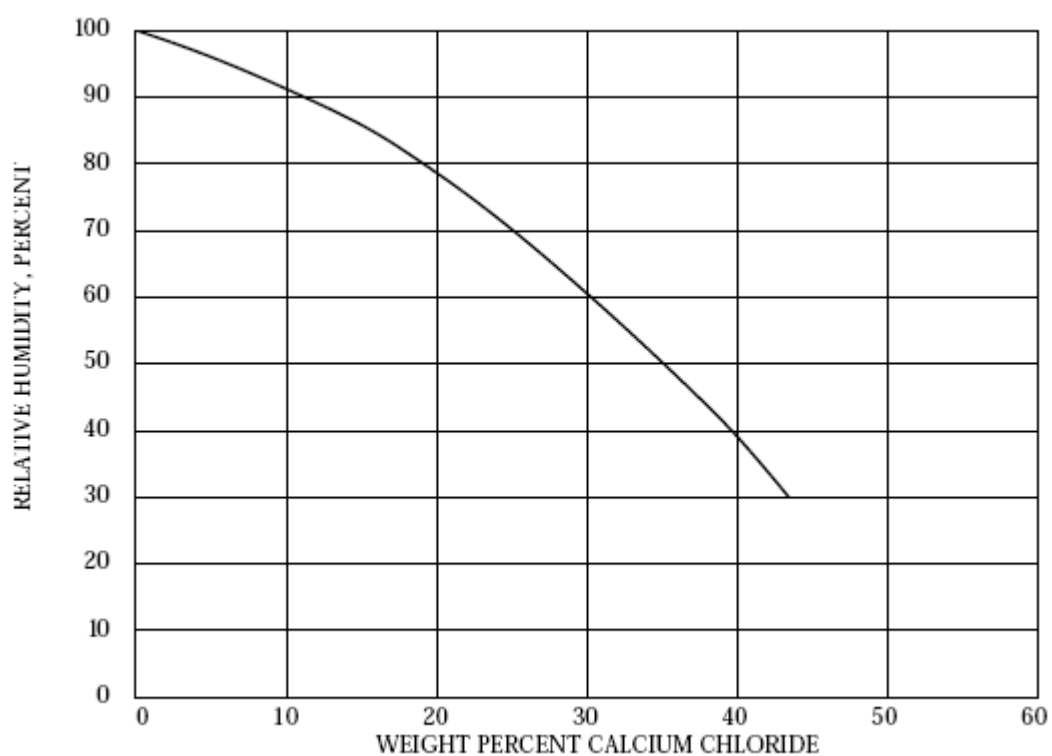
Antud koguse dowflake (helves) ja peladow (graanul) kaltsiumkloriidi või selle lahuste niiskuse absorbeerimise määr sõltub kaltsiumkloriidi õhuga kokku puutuvast pinnast, õhu liikumise määrast kaltsiumkloriidi kohal ja õhus oleva vee aururõhust kaltsiumkloriidi oma suhtes. [9]

Tabel 3

Atmosfääri niiskus tasakaalus dowflake (helves) 77-80% kaltsiumkloriidi lahustega ja veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulitega 25 C° (77 F°) juures [9]

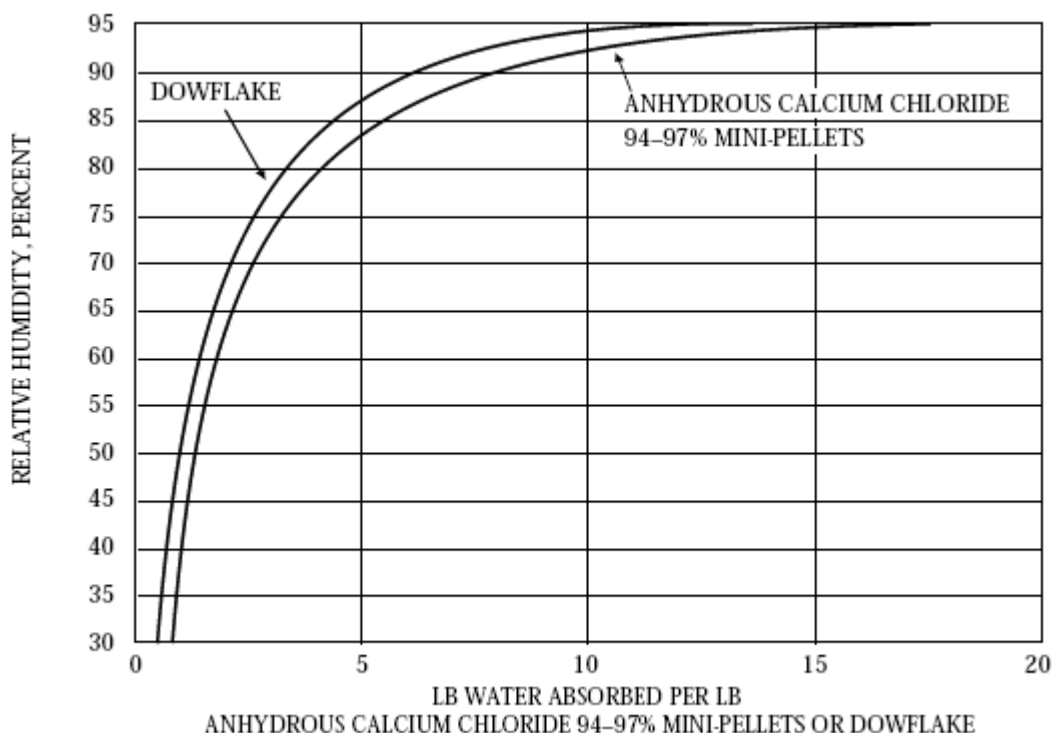
Suhtelise niiskuse protsent	Lõpplahuse CaCl ₂ protsent	Helveste (lb) kohta absorbeeritud vee naelad (77–80%)	Veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulite (lb) kohta absorbeetitud vee naelad
95	5.2	14.0	17.3
90	10.4	6.5	8.2
85	14.8	4.3	5.4
80	19.1	3.1	4.0
75	22.6	2.5	3.2
70	25.6	2.1	2.7
65	28.3	1.8	2.4
60	31.1	1.5	2.1
55	33.8	1.3	1.8
50	36.0	1.2	1.6
45	37.8	1.1	1.5
40	39.5	1.0	1.4
35	41.7	0.9	1.3
30	43.9	0.8	1.2

Tabel 3 näitab absorbeeritava vee kogust dowflake (helves) ja veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulite ja saadavad lahuse suhtes erinevate suhteliste niiskuste juures. Sama informatsioon on graafiliselt toodud ära joonistel 6 ja 7. Andmed näitavad, et sellises atmosfääris, kus suhteline niiskus on 40% ja temperatuur 25 C° (77 F°), absorbeeritakse nael vett naela dowflake kaltsiumkloriidi kohta ja 1,4 naela vett veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulite kohta, kui süsteemil võimaldatakse jõuda tasakaaluni. Suhtelise niiskuse suurenedes suureneb samuti ka absorbeeritava vee hulk kuni 98%-lise suhtelise niiskuseni, üks nael dowflake (helves) kaltsiumkloriidi absorbeerib ligikaudu 14,0 naela vett ja üks nael veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanuleid absorbeerib ligikaudu 17,3 naela vett. [9]



Joonis 6. Õhu suhtelise niiskuse protsent tasakaalus dowflake (helves) või peladow (graanul) kaltsiumkloriidi lahusega 25 C° (77 F°) juures. [9]

Relative humidity, percent – suhteline niiskus, protsent; weight percent calcium chloride – kaltsiumkloriidi massiprotsent



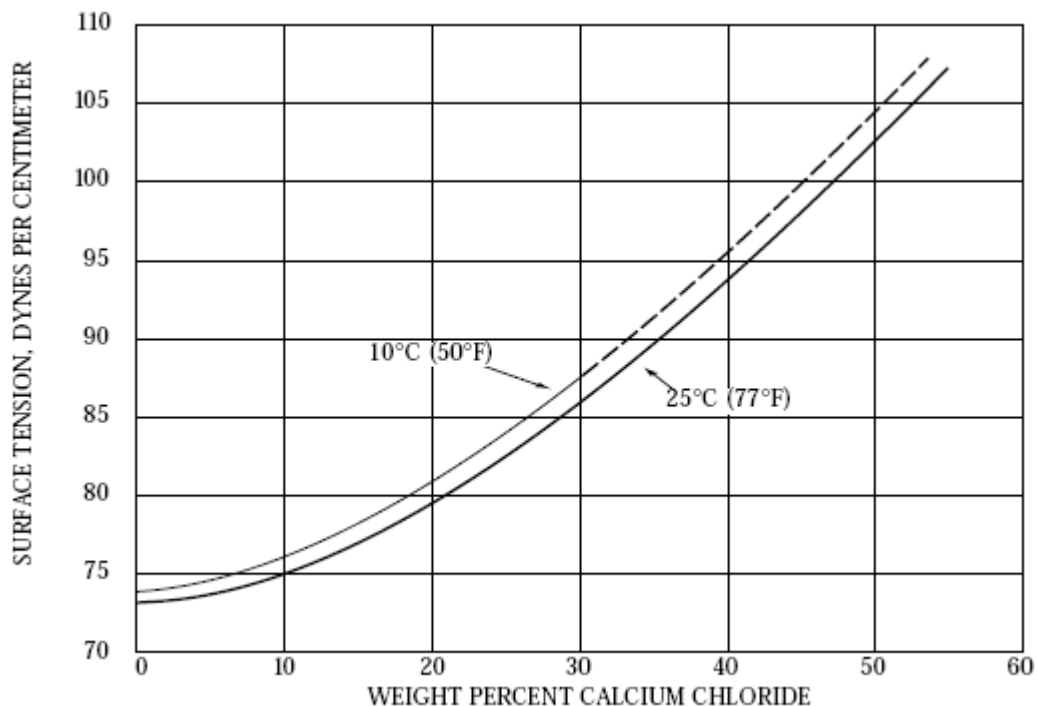
Joonis 7. Atmosfääri niiskuste tasakaal veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulite ja dowflake kaltsiumkloriidi suhtes 25 C° (77 F°) juures. [9]

Relative humidity, percent – suhteline niiskus, protsent; anhydrous calcium chloride 94-97% mini-pellets – veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulid; Lb water absorbed per lb anhydrous calcium chloride 94-97% mini-pellets or dowflake-absorbeeritud vesi veevaba kaltsiumkloriidi 94-97% minigraanulite või dowflake kohta.

Kaltsiumkloriidi võime absorbeerida niiskust teeb selle kasulikuks paljudes ehituslikes, kaubanduslikes ja tööstuslikes seadmetes. [9]

3.5 Pindpinevus

Pindpinevus on vedeliku pinnale mõjuv jõud, mis püüab vähendada pinna pindala miinimumini. See tekib tänu erinevustele molekulidevahelises tõmbes pinnal ja vedeliku sees. Pinnal tõmmatakse kõiki molekule sissepoole, samal ajal kui sees on tõmme igas suunas sama. Pindpinevus omab tähtsat mõju vedeliku märgamis- ja sisenemisvõimele, selle võimele moodustada emulsioone. Mida väiksem pindpinevus on, seda tugevamad on need omadused. [9]

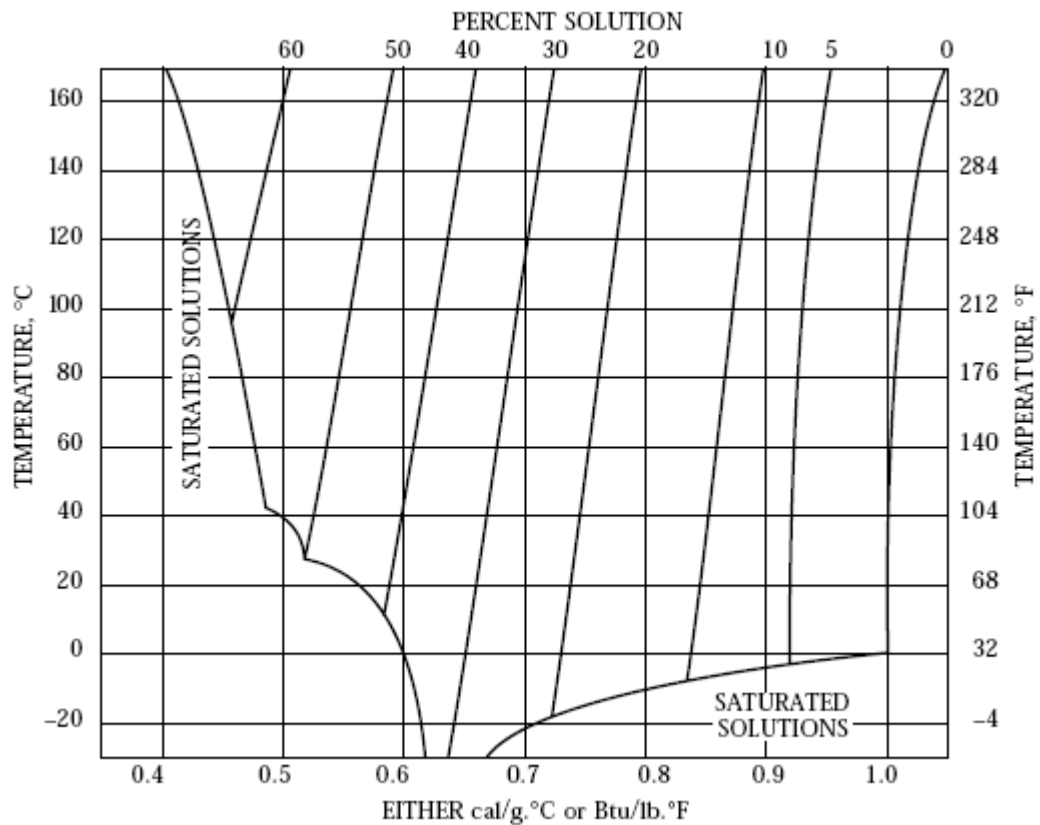


Joonis 8. Kaltsiumkloriidi lahuste pindpinevust 10 C° (50 F°) ja 25 C° (77 F°) juures. [9]

Surface tension, dynes per centimeter - pindpinevus, düünides sentimeetri kohta; weight percent calcium chloride – kaltsiumkloriidi massiprotsent.

3.6 Erisoojus

Erisoojus on soojushulk, mis on vajalik aine mahukaalu tõstmiseks ühe temperatuurikraadi võrra kas konstantsel rõhul või konstantse mahu korral. Seda võib väljendada kas kalorites või grammides Celsiuse kraadi kohta, või briti termilistes ühikutes naela Fahrenheiti kraadi kohta, väljendused on arvuliselt võrdsed. Vee erisoojus on tavalistel temperatuuridel ligikaudu 1. Veega kaltsiumkloriidi lahuste erisoojus erinevatel kontsentratsioonidel on toodud ära joonisel 9. [9]

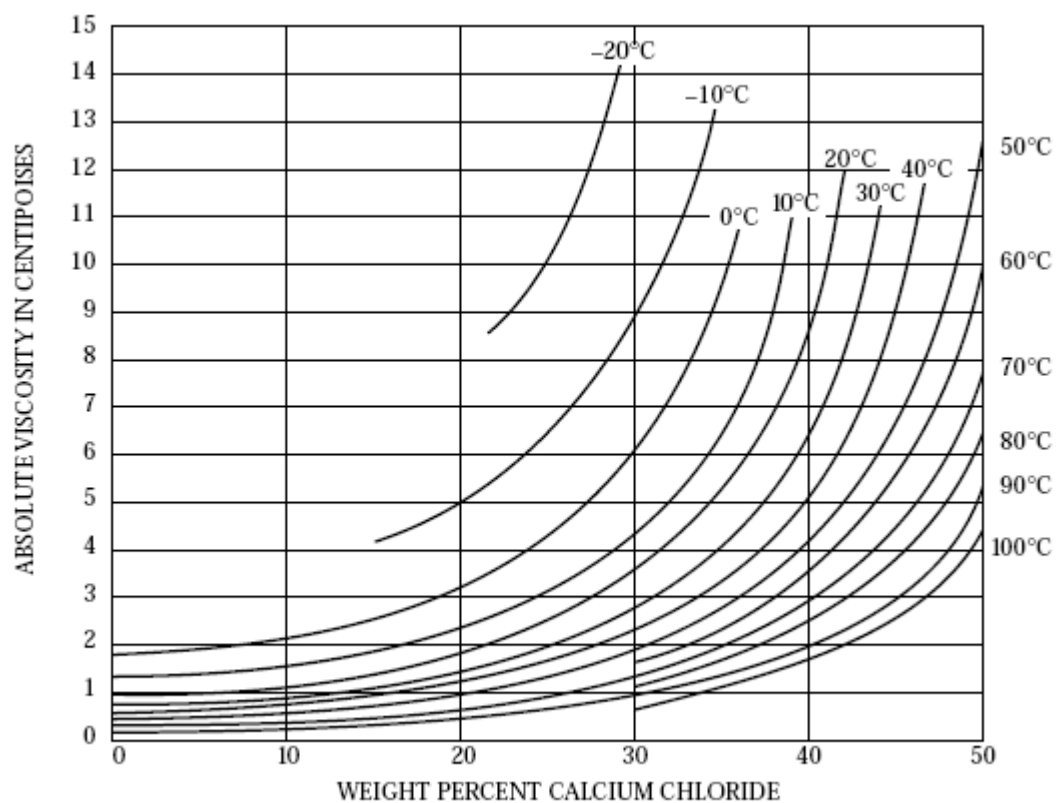


Joonis 9. CaCl_2 erisoojus veega [9]

Temperature – temperatuur; percent solution – lahuse protsent; saturated solutions – küllastunud lahused; either cal/g $^{\circ}\text{C}$ or Btu/lb $^{\circ}\text{F}$ - kas cal/g $^{\circ}\text{C}$ või Btu/lb $^{\circ}\text{F}$

3.7 Viskoossus

Viskoossus on vedeliku sisemise hõõrdumise mõõde. Viskoossuse suurenedes väheneb tendents voolavausele. Kaltsiumkloriidi lahuse viskoossus varieerub konstantse kontsentratsiooni juures temperatuuriga pöördvõrdeliselt ning konstantsel temperatuuril see suureneb kontsentratsiooni suurenedes. Joonis 10 demonstreerib kaltsiumkloriidi lahuste viskoossust erinevatel temperatuuridel. Soovi korral saab viskoossuse väärtuseid konverteerida sentipuaasidest sentistooksidesse lahuse tiheduse abil grammides millimeetri kohta vastavalt määratud temperatuurile. [9]



Joonis 10. Puhaste kaltsiumkloriidi lahuste viskoossus [9]

Absolute viscosity in centipoises – absoluutne viskoossus sentipuaasides; weight percent calcium chloride – kaltsiumkloriidi massiprotsent

4. KALTSIUMKLORIIDI TOOTMINE TÖÖSTUSLIKUL VIISIL

4.1 Tehase sisseseade ja tootmisvõimsus

Arvesse võttes, et Eesti aastane kasutusmaht võiks olla 40 000 tonni kaltsiumkloriidi aastas, planeeritakse tehase tootmisvõimsuseks 50 000 tonni. Valik on põhjendatud järgnevate asjaoludega:

- 1) Tootmisvõimsus on kavandatud pideva tootmisprotsessina, mis on kuluefektiivne, kuid jättes siiski võimaluse 25 %-liseks kasvuks eksporditurgude tekkimise või vabariikliku tarbimise kasvu korral.
- 2) Eesti aastase kasutusmahu arvutamisel on arvesse võetud hetkel kasutatava naatriumkloriidi asendamine keskkonnasõbralikuma kaltsiumkloriidiga.
- 3) Suurem tootmiskaht on seotud hetkel eksporditurgudega ja sellest tulenevate äririskidega.

Projekti analüüsis on arvesse võetud tehase laiendamise vajalikkusega tulevikus. See sõltub järgnevast:

- 1) Käesoleva projekti käivitumisest ning ilmnevatest tagasilöökidest.
- 2) Riikliku ja Euroopa liidu poliitika kujunemisest naatriumkloriidi asendamisest keskkonnasõbralikuma kaltsiumkloriidiga.
- 3) Uute rakenduste ja otstarvete leidmisega kaltsiumkloriidi kasutamiseks.
- 4) Siseriikliku ja eksporditurgude arengutest.

Kaltsiumkloriidi tootmise tehnoloogia ostetakse täislahendusena ning selle häälestus- ja käivitustööd teostab tehnoloogia tarnija. Tootmine on arvestatud töötama 251 päeva aastas.

Tehase sisseseade koosneb järgnevalt kirjeldatud seadmetest ja hoonetest:

- 1) Lubjakivi vastuvõtusõlm. Lubjakivi kallatakse kas otse veokist või laaditakse laaduriga vastuvõtu kolusse, kust see transporditakse edasi lintkontveieriga.
- 2) Soolhappe vastuvõtusõlm. Soolhappe pumbatakse happekindlatesse mahutitesse.
- 3) Segamismahuti. Segamismahutisse juhitakse õigetes vahekordades soolhape ja lubjakivi, segatakse ning lastakse reageerida.
- 4) Segisti. Segistis lisatakse valminud lahusele lubjapiima pH taseme reguleerimiseks.
- 5) Filter. Saadud lahusest filtreeritakse välja tahkeosid.
- 6) Aurusti. Saadud lahusel tõstetakse kontsentratsiooni vee aurustamise teel.
- 7) Helvesti. Kontsentreeritud lahus helvestatakse tahkesse vormi.
- 8) Kuivati. Helvestest eraldatakse jääniiskus.
- 9) Jahuti. Toodang jahutatakse.
- 10) Silomahuti. Toodang hoiustatakse enne pakkimist.
- 11) Pakkimisliin. Valmis kaltsiumkloriidi helbed pakitakse sobivatesse pakenditesse.

Lisaks eelmainitule on vajalik üks frontaallaadur, millel on kiirliidetega võimalik vahetada koppa laadimiskahvlite vastu.

Tehniline tugi (sh. hooldus-, lukksepa-, elektri-, automaatikatööd) tellitakse täisteenuslahendusena alltöövõtuna.

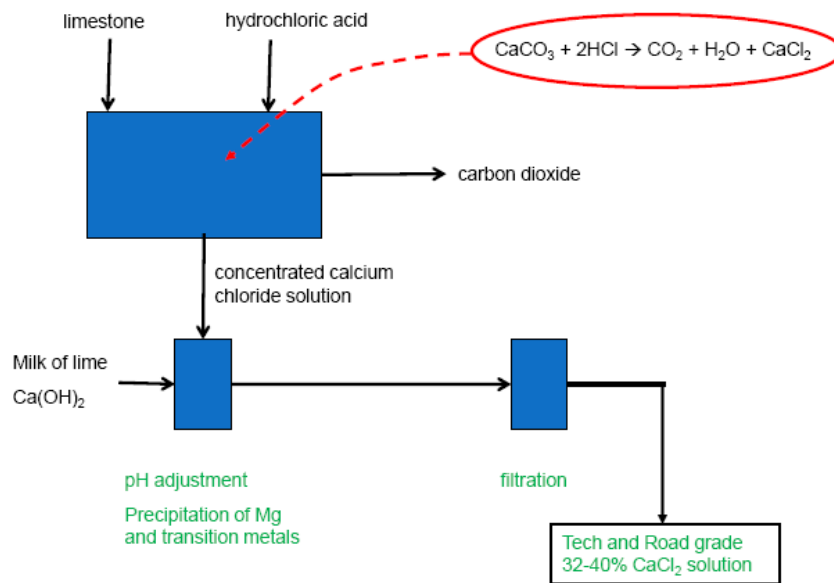
Arvestades tehase automatiseerituse taset töötavad ühes vahetuses järgmised töötajad:

- 1) Laadurijuht. Vastutab toorme varustamise, toodangu ladustamise ning laadimise eest.
- 2) Operaator. Kontrollib ja juhib tootmisprotsessi ning teostab keemilisi analüüse. Vajadusel kutsub välja tehnilist personali rikete likvideerimiseks.
- 3) Pakkija. Juhib pakkimisliini tööd ning korraldab valmistoodangu lattu saatmist.

4.2 Tootmisprotsessi detailne kirjeldus

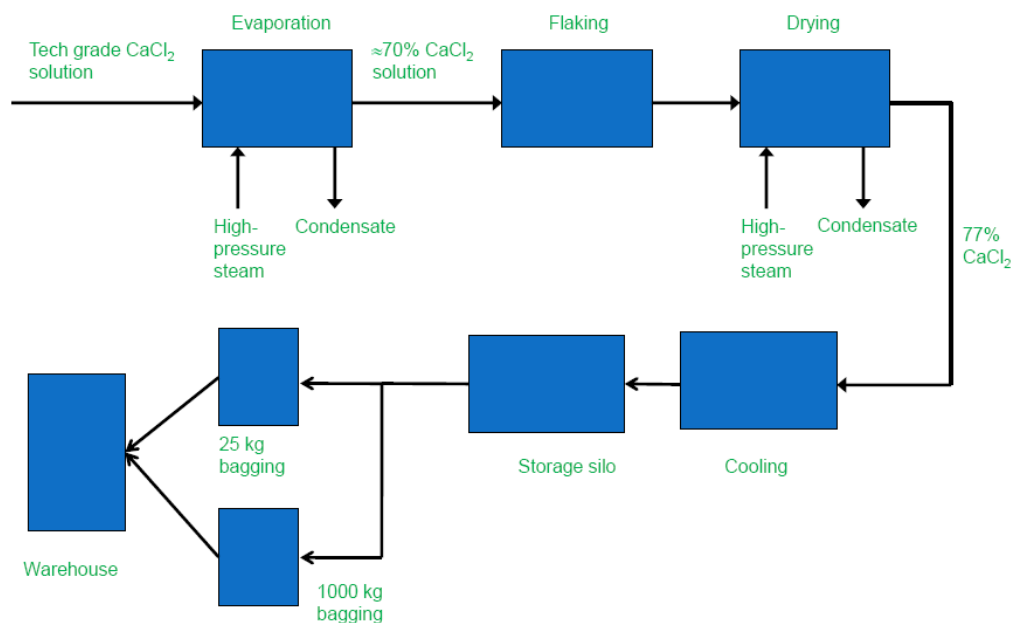
Kaltsiumkloriidi tootmise protsess koosneb kahest etapist - kaltsiumkloriidi saamine lahusest ning selle helvestamine. Joonisel 11 on toodud esimene etapp ja joonisel 12 teine etapp.

- 1 Soolhape ja lubjakivi laetakse happekindlasse mahutisse.
- 2 Mahuti sisul lastakse reageerida, kokku 15-20h kuniks kogu hape on tarbitud.
- 3 Reaktsioonimassi pH reguleeritakse kaltsiumhüdroksiidiga 7,5-8,0.
- 4 Saadud lahus filtreeritakse.



Joonis 11. Esimene etapp ehk kaltsiumkloriidi saamine lahusena[10]

- 5 Reageerinud mass liigub seejärel aurutamisele, et tõsta kontsentratsiooni.
- 6 Kontsentreeritud lahus helvestatakse.
- 7 Helvestatud kaltsiumkloriid kuivatatakse.
- 8 Kuivatatud kaltsiumkloriid jahutatakse.
- 9 Valminud kaltsiumkloriidi helbed hoiustatakse silo tüüpi mahutis.
- 10 Seejärel toodang pakendatakse ja saadetakse lattu hoiustamisele.



Joonis 12. Teine etapp ehk kaltsiumkloriidi helvestamine [10]

4.3 Keemiline protsess

Kaltsiumkloriidi tootmise tehnoloogia.

Klassid: Veevaba CaCl_2

Tooraine:

- a) Lubjakivi (kaltsiumakarbonaat, tahked tükid), CaCO_3
- b) Vesinikkloriidhape (30%, vedelas olekus), HCl

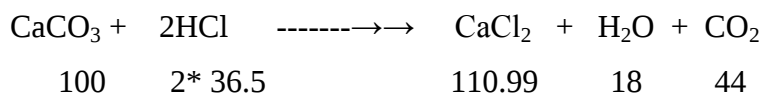
Aatommass:

Ca	40,08
Cl	35,45
H	1,008
O	16,00
C	12,01

Ühendite aatommassid:

CaO	56,08
CaCO_3	100,09
Ca(OH)_2	74,096
HCl	36,458
CO_2	44,01
H_2O	18,016
CaCl_2	110,98

Kaltsiumkloriidi saamise reaktsioonvõrrand koos molekulmassidega:



Antud võrrandist võime välja lugeda, et protsessi tooraineks kulutades näiteks 100 kg paekivi ning lisades 73 kg soolhapet saame 111 kg kaltsiumkloriidi, 18 kg vett ning 44 kg süsihappegaasi.

Järgnevalt on toodud arvutus 1000 kg kaltsiumkloriidi saamiseks eelneva reaktsioonivõrrandi põhjal:

100 kg CaCO_3 reageerib 73 kg HCl selleks, et toota 111 kg CaCl_2

või $1000/111 \cdot 100 = 900,9$ kg CaCO_3

$$1000/111 * 73 = 657,7 \text{ kg HCl}$$

Vastus: 900,9 kg CaCO₃ tuleb segada 657,7 kg HCl selleks, et toota 1000 kg CaCl₂

4.4 Tooraine vajadus

Lähtudes eelnevas punktis välja arvatud tooraine komponentide osakaaludest arvutati välja tooraine vajaduse Eesti Vabariigis tarbitava kaltsiumkloriidi kogumahu katteks.

Käesoleval ajal kasutatakse laialdaselt libedusetõrjeks naatriumkloriidi selle soodsama hinna tõttu kuid kaltsiumkloriidi loetakse keskkonnasõbralikumaks libeduse ning tolmutõrje vahendiks, seega arvestades vaja minevaid mahtusid summeeriti tarbitava kaltsium- ja naatriumkloriidi kogused.

Võttes aluseks aktsiaseltsil Järva Teed 2013 aastal kulunud kaltsiumkloriidi koguse ning teenindatava piirkonna (kogu Järvamaa), saab tuletada riikliku vajaduse.

AS Järva Teed 2013 aasta kogumaht- 91 tonni kaltsiumkloriidi ning 2500 tonni naatriumkloriidi. Kuna Eestis on 15 maakonda ning Järvamaa on pindalalat keskmiste hulgas, võin riikliku mahu tuletamiseks arvutatud Järvamaa koguse viieteistkümnega korrutada.

$$(91+2500)*15=38865 \text{ ehk ca } 40000 \text{ tonni.}$$

Arvesse võttes, et 1000 kg toodangu saamiseks vajame 900,9 kg paekivi ja 675,7 kg soolhapet selgitame kogu aastase tooraine vajaduse välja järgnevate tehetega:

$$\text{Paekivi vajadus: } 0.9009*40000=36036 \text{ tonni.}$$

$$\text{Soolhappe vajadus: } 0,6757*40000=27028 \text{ tonni.}$$

Hindamaks logistikat ja ümbritseva taristu koormatust teisendati saadud mahud raskeveoki koormatesse. Lähtudes, et ühe raskeveoki koorma mass on ca 30 tonni ning transport toimub ainult tööpäeviti saame alljärgneva tehte.

$$\text{Paekivi veoste keskmine arv tööpäeviti: } (36036 / 251) / 30=4,79 \text{ autot.}$$

$$\text{Soolhappe veoste keskmine arv tööpäeviti: } (27028 / 251) / 30=3,59 \text{ autot.}$$

4.5 Tootmise paiknemine

Ettevõtte käivitamisel tuleb teostada keskkonnamõjude hindamine, mille alusel saab taotleda keskkonnakompleksluba. Kompleksluba antakse saasteainete atmosfääri, veekogudesse, pinnasesse või põhjaveekihti paiskamiseks ning jäätmete käitlemiseks.

Tootmisüksuse asukoha valikul tuleb arvesse võtta tooraine hankimise ja valmistoodangu turustamise logistikaga.

- 1) Lubjakivi levikuala kulgeb kesk- ja põhja- Eestis, millest peab asukoha valikul lähtuma.
- 2) Soolhappe. Teostatud arvutustest lähtub, et soolhappe osakaal on ligikaudu 2/3 lõpptoodangu massist, mis viitab selle logistika valiku olulisusele. Soolhapet transporditakse nii auto- kui raudteetsisternides, kuid viimasega tuleb suurtes kogustes soodsam.
- 3) Valmistoodang. Kuna tehas rajatakse Eesti vajaduste rahuldamiseks, võiks ta olla võimalikult Eesti keskmes.

Kõike eelmainitud arvesse võttes oleks sobilik asukoht raudteeharu ja raskeveokite jaoks tarviliku teedevõrguga paik Kesk-Eesti piirkonnas.

Asukoha lõplikuks valikuks peab tegema täiendava analüüsi.

5. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED

5.1 Toote omahinna kalkulatsioon

Toote omahinna arvutamiseks tuleb arvesse võtta alljärgnevaid komponente, mille põhjal kujuneb välja hinnang projekti kujunemisele.

Tabel 4

Maa, hoonete ja seadmete maksumus

MAA		
Maa ost. 2ha hinnaga 0,5 EUR/m ²	10 000	EUR
HOONED		
Infrastruktuur ja hooned	1 500 000	EUR
SEADMED		
Kaltsiumkloriidi tehase maksumus koos kogu vajaliku seadmestikuga	6 000 000	EUR

Infrastruktuuri ja ehitustööde maksumus on hinnanguline. Täpne ehitustööde eelarve on võimalik koostada pärast tehnoloogia pakkuja projekti esitamist planeeritud krundile.

Tehnoloogia maksumus võib muutuda pärast tehnoloogia pakkujaga läbirääkimiste pidamist ja pakkumise sisu täpsustamist.

Tabel 5

Palgakulu

TÖÖJÕUKULUD	Töölise arv	Palk	Kulu kokku	Aeg kuudes	Aasta palgakulu EUR
		EUR			EUR
Operaator	3	765	1025	12	12 300
Laadurijuht	3	765	1025	12	12 300
Pakkija	3	765	1025	12	12 300
Tootmisjuht	1	1500	2010	12	18 000
Personalitöötaja	1	765	1025	12	12 300
Müügijuht	1	1500	2010	12	18 000
Tehnoloog	1	1500	2010	12	18 000
Kokku					103 200

Tabel 6

Tegevuskulud

TEGEVUSKULUD					EUR
Hooldustööd	1%	koguinvesteeringust			75 010
Kindlustus	1%	koguinvesteeringust			75 010
Üldkulud	1%	koguinvesteeringust			75 010
Kokku					225 030

Tabel 7

Muutuvkulud

MUUTUVKULUD	Ühik	Hind (EUR)	Aastane tarbimine	Aastane kulu €
Lubjakivi	tonn	2,7	36 036	97 297
Soolhape	tonn	320	27 028	8 648 960
Elektrienergia	MWh	1000	1 248	1 248 000
Diiselmüütus	liiter	1,3	60 240	78 312
Kokku				10 072 569

Eeldades projekti tasuvusaega viiele aastale saame aastase kulu investeeringutele järgnevalt. Liites kokku maa, hoonete ja seadmete soetuskulud.

Maa hind -10 000 €

Infrastruktuur ja hooned - 1 500 000 €

Seadmed – 6 000 000 €

Kokku 7 510 000 €, mille jagades 5 aastase tasuvusajaga saame aastaseks kuluks 125 166 €.

Püsikulud (tööjõukulud, tegevuskulud) on kokku 328 230 € aastas.

Muutuvkulud on kokku 10 072 569 € aastas.

Siit saame toote tonni omahinna jagades kulud aastase toodangu mahuga:

$(125\,166 + 328\,230 + 10\,072\,569) / 40\,000 = 263,1 \text{ €/tonn.}$

Aluseks võttes praegust AS Järva Teed ostuhinda kaltsiumkloriidile, mis on 273,6 €/tonn, väärrib antud projekt põhjalikumalt analüüsi eeldusel, et olemasolevad naatriumkloriidi mahud asendatakse keskkonnasõbralikuma kaltsiumkloriidiga.

5.2 Projekti SWOT- analüüs

Alljärgnevalt on välja toodud projekti mõjutavad peamised tugevused ja nõrkused ning nendest tulenevad võimalused ja ohud.

Tugevused	Nõrkused
• Kaltsiumkarbonaati tootva partneri olemasolu, kes suudab olulisel määral toorainega varustada • Parim võimalik tehnoloogia kõrge tootlusega • Koolitatud personal • Kaasaegne tehnoloogia • Tugev logistiline lahendus	• Toode on moraalselt vananenud. • Alustav ettevõte. • Uue ettevõtja tundmatus • Tootmisvahendid on kallid.

Võimalused	Ohud
• Riigipoolne tugi tegevusalale. • Kaltsiumkloriidi eksport teistesse Euroopa riikidesse. • Eksport Venemaa suurele turule. • Eesti turul puuduvad teised sama toote tootjad.	• Kulude kasv seoses muutustega seadusandluses. • Rahvastiku vähenemine piirkonnas ja seeläbi klientide või tööjõu puudus. • Kogenud konkurentide agressiivne turuletulek. • Nõudluse ja tarbimise vähenemine. • Ostjate eelistuste muutumine. • Nõudluse vähenemine riigi teede arengukava tõttu.

6. KEMIKAALIOHUTUS ETTEVÕTTES

Reguleerivad seadusaktid:

Kemikaaliseadus (RT 1998, 47, 697)

“Ohtlike kemikaalide identifitseerimise, klassifitseerimise, pakendamise ja märgistamise kord”(RTL 2000, 78, 1184)

Ohtlike ainete loetelu (RTL 1999, 39, 508; 2000, 108)

Ohtlike ainete piirnormid töökeskkonnas(RTL 1998, 365, 1552)

Töötervishoiu ja tööohutuse seadus

Töötervishoiu- ja tööohutusalase väljaõppe ja täiendõppe kord (RTL 2000, 136, 2157;2001, 35, 469) [13]

Mõisted:

Kemikaal- aine või valmistis

Aine- koosneb ühest keemilisest elemendist või on keemiliste elementide ühend, näiteks vesi- H_2O , soolhape- HCl [13]

Ohtlik kemikaal- oma omaduste tõttu võib kahjustada tervist, keskkonda või vara. Ohtliku kemikaali pakendile peab olema trükitud musta värviga oranžile tagapõhjale ohutunnused.

Kemikaalid, mis on ohtlikud inimesele, on reeglina ohtlikud ka keskkonnale.

Valmistis- vähemalt kahe aine segu või lahus

Ohtlik kemikaal- aine või valmistis, mis oma omaduste tõttu võib kahjustada tervist, keskkonda või vara.

Kemikaali käitlemine- valmistamine, töötlemine, pakendamine, hoidmine, vedamine, müümine, kasutamine ja kemikaalidega seotud muu tegevus. [13]

Tabel 8

Ohtlike ainete lühendid [13]

Tule- ja plahvatusohtlikud	Tervisele kahjulikud
E- plahvatusohtlikud	T+ väga mürgised
F- väga tuleohtlik	T mürgine
F+ eriti tuleohtlik	Xn kahjulik
O oksüdeeriv	C sööbiv
N- keskkonnaohtlik	Xi ärritav
	allergiat tekitav
	vähki tekitav
	genotüüpi kahjustav, reproduktiivsele tervisele kahjulikud

Tööinspektor peab järgima ja kontrollima järgmisi nõudeid:

- Kas ohtliku kemikaali pakendil on eestikeelne märgistus- selgeltloetav, püsiv(kemikaali kaubanduslik nimetus, valmistaja või tarnija nimi, aadress, telefoninumber, ohutunnus, käitlemise riski kirjeldus, käitlemise ohutusnõuded, kogus pakendis);
- Kas ohtlik kemikaal on varustatud ohutuskaardiga- see peab olema eestikeelne ohutuskaart
- Kas ettevõttes on läbi viidud riskianalüüs ning koostatud kirjalik tegevuskava, milles on ette nähtud ennetusabinõud terviseriski vältimiseks või vähendamiseks
- Kas töötajaid on teavitatud ohuteguritest, riskianalüüsi tulemustest, rakendatavatest abinõudest
- Kas keemiliste ohutegurite parameetrid on mõõdetud, kui töökeskkonda võib eralduda suitsu, tolmu, auru, vedelikku
- Kas ohtliku kemikaali käitlejatele on läbi viidud vastav väljaõpe
- Kas ohtliku kemikaali käitlejale on läbi viidud tööohutus- ja töötervishoiualane juhendamine
- Kas ettevõtte peab ohtlike kemikaalide arvestust- kemikaali liikumine ettevõttes, register- andmeid säilitada vähemalt 10 aastat. [13]

Kemikaaliohutus ettevõttes:

1. Määratakse kemikaaliohutuse eest vastutav isik, tema alluvussuhted ettevõttes, vajalikud vahendid.

2. Registreeritakse kõik kasutatavad kemikaalid. Kemikaalide ohutuskaartidest moodustada register tähestikulises järjekorras.
3. Kõik anumad ja pakendid peavad olema märgistatud.
4. Koguda andmed tööprotsesside, ventilatsiooni, kemikaalide hoiustamistingimuste kohta
5. Koguda andmed tekkivate jäätmete iseloomu ja koguste kohta, utiliseerimise info.
6. Kontrollida keskkonnasaaste mõõdistusi.
7. Registreerida kõik load ja ettekirjutused, mis seotud kemikaalidega.
8. Terviseriskide väljaselgitamisel teha koostööd töötervishoiuspetsialistidega, hinnata riske, hinnata töötajate ohustatust, vajadusel mõõta ohutegurite sisaldust töötsooni õhus, teha töötajatele bioloogilist seiret(vereanalüüs, uriini analüüs).
9. Valida isikukaitsevahendid, kontrollida nende kasutamist.
10. Hinnata suurõnnetuse ohtu- vajadusel tegevusplaan.
11. Hinnata tegelikke heitmete koguseid.
12. Töötada välja ja rakendada jäätmete ja ohtlike jäätmete kogumissüsteem, utiliseerimine, prügilasse vedu, korduvkasutuse võimalusi.
13. Võimalusel asendada ohtlikud kemikaalid vähemohutlikega. Näiteks orgaanilisi lahusteid sisaldavad kemikaalid asendada vesialusel valmistatud kemikaalidega.
14. Juhtkonna, otseste juhtide, töötajate koolitamine ja juhendamine.
15. Ladustamise tingimused välja selgitada.
16. Korralik koristamine.
17. Tööprotsesside automatiseerimine.
18. Ventilatsiooni tõhustamine- kohtäratõmme saasteallika lähedal, üldventilatsioon.
19. Isoleerida ohtu põhjustavad tööprotsessid.
20. Töötada välja protseduurid kemikaalide riskide hindamiseks- riskide hindamine on pidev tegevus. [13]

Pärast kemikaalide poolt ohustatud töötajate kindlaks tegemist hinnatakse riske st selgitatakse välja nende poolt tekitatav kahju töötajate tervisele. Seejärel kavandatakse tegevus riskide vähendamiseks. Riske hinnatakse vastavalt abitabelitele. Kui kemikaal on tervisele kahjulik või mürgine ja kasutatavad kogused on suured, ventilatsioon ja kaitsevahendid puudulikud, on töötajate terviserisk tõenäoliselt suur. Tuleb rakendada abinõusid riski vähendamiseks. Vastuvõetava riski puhul ei ole meetmete rakendamine nõutav, kuid soovitatav. Keskmise riski puhul tuleb hinnata tervisekahjustusi ja rakendada ohutusabinõusid. Protsessi peab olema kaasatud juhtkond ja tegevusplaan juhtkonna poolt kinnitatud. [13]

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös „Kaltsiumkloriidi tootmise võimalikkusest Eestis“ analüüsitakse kaltsiumkloriidi tootmist ja kasumlikkust ning tuuakse välja erinevad aspektid, mis äriprojekti mõjutavad.

Põhjalikult vaadeldakse Eesti teede olukorda ning tee hoolduseks kasutatavaid vahendeid talvel libeduse ning kevadel tolmu tõrjeks. Töös antakse ülevaade nõudluse sessoonsusest ning teehooldusvahendite kasutusmahtudest. Töö alguses selgitatakse äriidee tekkimise põhjuseid ning kirjeldatakse tegutsemisvaldkonda.

Töös on toodud välja detailne toormaterjali kirjeldus ning üksikasjalikult kirjeldatud lõpp-produkti ehk kaltsiumkloriidi füüsikalisi omadusi. Põhi tähelepanu pööratakse kaltsiumkloriidi tootmisele tööstuslikul viisil, mis hõlmab muu hulgas tootmisprotsessi detailset kirjeldust ja keemilist protsessi.

Lõputöös on määrava tähtsusega majanduslikud arvutused, millest tulenevalt selgub, kas äriprojekt on teostatav. Analüüsi tulemusena võib välja tuua järgmised kohaliku tarbija ja kogukonna jaoks olulised plussid:

- Aastaringelt stabiilne varustamine tootja poolt.
- Lühikesed tarneajad.
- Paindlik suhtumine kliendi vajadustesse.
- Uued töökohad.

Peamised tootjat mõjutavad tegurid on järgmised:

- Tooraine kättesaadavus ja hind.
- Uue tehnoloogia areng.

Eelneva analüüsi tulemusena jõuti järeldusele, et arvestades toormaterjali hinda, investeringut tehase sisseseadele ja tootmiskulusid, on Eestisse tehase rajamine kohaliku nõudluse katmiseks otstarbekas vaid juhul, kui hetkel kasutatavad naatriumkloriidi mahud asendatakse keskkonnasõbralikumaga kaltsiumkloriidiga.

Äriprojekti eduka toimise eelduseks on konkurentsi tekitamine hetkel imporditavale kaltsiumkloriidile, kasutada seejuures Eesti maavarade ressursi ning luua juurde töökohti.

SUMMARY

In this final thesis, "The possibility of producing calcium chloride in Estonia," the analyzation of the production and profitability of calcium chloride is made and different aspects are brought up that affect the business project.

The study focuses on the situation of Estonian roads and the road maintenance tools that are used in order to reduce slippery roads in winter and dust in spring. The study also gives an overview of the seasonal factors and the volumes of road maintenance tools. In the beginning of the study, the reasons for the business project are brought up and the area of effect is explained.

The work presents the description of the raw material and the final products (calcium chloride) physical properties in detail. The main focus is on the production of calcium chloride in an industrial way, which also includes a detail description of the production process and the chemical process.

Economical calculations are crucial in this study, as the results will show if the business project is feasible. As a result of the analysis, the following benefits can be seen for the local consumer and community:

- A year-round stable supply from the manufacturer.
- Short delivery times
- Flexible attitude towards customer needs.
- New jobs.

The main factors affecting the producer are:

- The availability and cost of raw materials.
- The development of new technology.

Based on previous analyses, cost of production, price of the raw material and factory it can be said that building a factory into Estonia is profitable only if sodium chloride will be replaced with calcium chloride.

Project will be successful if following conditions are filled:

- sodium chloride will be replaced with calcium chloride
- using local mineral resources

New jobs will be a benefit for the local society.

KASUTATUD ALLIKAD

1. http://www.mkm.ee/public/2_Riigimaanteeede_teehoiukava_aastateks_2014-2020.pdf [Kasutatud 15. märts, 2014].
2. <http://maaleht.delfi.ee/news/uudised/arvamus/eesti-teed-tolmuvabaks.d?id=65160452> [Kasutatud 10. märts, 2014].
3. <http://www.virumaateataja.ee/718170/koige-sobralikum-libedustorje-on-graniidipuru> [Kasutatud 10. märts, 2014].
4. http://www.mnt.ee/failid/juhised/tolmut6rje_juhis.pdf [Kasutatud 10. märts, 2014].
5. AS Järva Teed personal [intervjuu]. 7. aprill, 2014.
6. <http://et.wikipedia.org/wiki/Kaltsiumkloriid> [Kasutatud 3. märts, 2014].
7. <http://et.wikipedia.org/wiki/Kaltsiumkarbonaat> [Kasutatud 3. märts, 2014].
8. <http://et.wikipedia.org/wiki/Vesinikkloriidhape> [Kasutatud 3. märts, 2014].
9. <http://www.prog-univers.com/IMG/pdf/CalciumChloridHandbook.pdf> [Kasutatud 4. aprill, 2014].
10. http://www.tetrachemicalseurope.com/Resources/Limestone-Hydrochloric_Acid_Process.aqf [Kasutatud 4. aprill, 2014].
11. AS Ingle personal [intervjuu]. 7. aprill, 2014.
12. <http://www.limestone.ee/et/hinnakiri/eivere> [Kasutatud 4. aprill, 2014]
13. <http://www.google.ee/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tervishoiukeskus.ee%2Fdok%2Fkemikaaliohutus.doc&ei=2ARmU7LrAbLwygO8zYCADA&usg=AFQjCNEVH4ORxXJ2Oweun9uDuULOhqlbhA&bv m=bv.65788261,d.bGQ> [Kasutatud 22. märts, 2014].
14. <http://www.tarkjapalk.ee/palgastatistika/palk-maakonnniti-2012-2013> [Kasutatud 8. märts 2014]
15. <http://www.kalkulaator.ee/?lang=1&page=1> [Kasutatud 8. märts 2014]
16. Keemiakaubandus OÜ personal [intervjuu] 8. aprill, 2014.
17. Pigipada OÜ personal [intervjuu]. 24. märts, 2014.

18. https://www.google.ee/search?q=libeduset%C3%B5rje+CaCl2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=8aR4U4TFA4nk4QTLhYH4CQ&ved=0CAYQ_AUoAQ&biw=1024&bih=615#q=de-icing+CaCl2&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgsrc=HcOB5H1Ip5RH-M%253A%3BdEJJTErtpcPTIM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.nedmag.com%252Fsites%252Fdefault%252Ffiles%252Fstyles%252Farticle_large_picture%252Fpublic%252Fpage_pictures%252FGladheidsbestr_Groot.jpg%253Fitok%253D8LVjgKiH%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.nedmag.com%252Fapplications%252Froad-maintenance%252Fwinter-road-maintenance%3B654%3B284 [Kasutatud 15. mai 2014].
19. http://www.diytrade.com/china/pd/11132346/calcium_chloride_95_powder.html [Kasutatud 15. mai 2014].
20. <http://www.ingle.ee/failid/ody2ndyz.pdf> [Kasutatud 9. mai 2014].