

PROJEKTIMI I CIKLONIT PËR NDARJEN E GRIMCAVE TË
KUARCIT NGA RRYMA E AJRIT NË INDUSTRI

TEMA PËR GRADËN MASTER I SHKENCËS NË INXHINIERI
KIMIKE

NGA

ARIZONA SADIKU



UNIVERSITETI "ISA BOLETINI"
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË USHQIMORE
DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË

MITROVICË

MARS, 2025

DESIGN OF CYCLONE FOR THE SEPARATION OF QUARTZ
PARTICLES FROM AIR FLOW IN INDUSTRY

THESIS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN
CHEMICAL ENGINEERING

BY

ARIZONA SADIKU



UNIVERSITY "ISA BOLETINI"
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

MITROVICË

MARCH, 2025

PROJEKTIMI I CIKLONIT PËR NDARJEN E GRIMCAVE TË KUARCIT NGA
RRYMA E AJRIT NË INDUSTRI

TEMA E PREZENTUAR

NGA

ARIZONA SADIKU
BACHELOR I SHKENCËS NË TEKNOLOGJI, SPECIALIZIMI INXHINIERI
KIMIKE

NË PLOTËSIMIN E PJESSHËM TË OBLIGIMEVE PËR TË FITUAR GRADËN
MASTER I SHKENCËS NË INXHINIERI KIMIKE

MARS 2025



UNIVERSITETI "ISA BOLETINI"
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË USHQIMORE
DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË

Aprovuar prej komisionit:

Prof. Asoc. Dr. Mensur Kelmendi

Kryetar

Prof. Asoc. Dr. Florent Dobrosi

Mentor

Prof. Ass. Dr. Faruk Hajrizi

Anëtar

Data e aprovimit: _____

CYCLONE DESIGN FOR THE SEPARATION OF QUARTZ PARTICLES FROM
THE AIR STREAM IN INDUSTRY

A THESIS PRESENTED

BY

ARIZONA SADIKU
BACHELOR OF SCIENCE IN TECHNOLOGY, SPECIALIZATION CHEMICAL
ENGINEERING

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN CHEMICAL ENGINEERING

MARCH 2025



UNIVERSITY "ISA BOLETINI"
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

Approved by the commission:

Prof.asoc.dr. Mensur Kelmendi

Chairman

Prof. Asoc. Dr. Florent Dobroshi

Mentor

Prof. Ass. Dr. Faruk Hajrizi

Member

Date of approval: _____

DEDIKIM

Këtë punim ua dedikoj të gjithë atyre që më kanë mbështetur gjatë gjithë procesit të studimeve, për çka jam shumë mirënjohëse.

Veçanërisht, ua dedikoj kolegëve të fushës së inxhinierisë, me shpresën që ky punim do t'u ndihmojë në grumbullimin e informacionit të nevojshëm rreth tematikës së zgjidhjes së problemit që kam studiuar.

Një falënderim i veçantë i shkon profesorit tim mentor, Prof. Dr. Asoc. Florent Dobrosht, për udhëzimet e vlefshme, mbështetjen dhe përkushtimin gjatë gjithë procesit të realizimit të kësaj teme. Udhëheqja dhe këshillat e tij kanë qenë një udhërrëfyes i rëndësishëm në këtë rrugëtim akademik.

Gjithashtu, shpreh mirënjohjen time të thellë ndaj stafit akademik të UIBM për njohuritë dhe përkrahjen e vazhdueshme që më kanë dhënë gjatë studimeve, duke më ndihmuar të zhvilloj aftësitë dhe njohuritë e mia profesionale.

ABSTRAKT I PUNIMIT

Projektimi i ciklonit për ndarjen e grimcave të kuarcit nga rryma e ajrit në industri

nga

Arizona Sadiku

Master i shkencës në Inxhinieri Kimike

Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore, Mitrovicë, 2025

Prof.Asoc.Dr. Florent Dobrosi, Mentor

Zhvillimi i teknologjisë së informacionit brenda tri dekadave të fundit ka bërë kthesë rrënjësore në mënyrën e dizajnit dhe të analizës së proceseve në shumë fusha të industrisë dhe të inxhinierisë, prandaj me këtë punim për qëllim kisha aplikimin e njërës nga softweret më të avancuar në fushën e simulimit dhe modelimit të proceseve dhe pajisjeve industriale. Me këtë rast si shembull kam zgjedhur operacionin e ndarjes së grimcave nga ajri, ku si objektivi i këtij punimi ka qenë simulimi kompjuterik i procesit të ndarjes së grimcave të rërës së kuarcit nga rryma e ajrit përmes separatorit centrifugal – CIKLONIT, duke përdorur programin kompjuterik Aspen Plus.

Punimi është i ndarë në dy pjesë; në pjesën parë (teorike) ku kam bërë përpjekje që në mënyrë sa më të thjeshtë ti paraqes disa të dhëna rreth mënyrës së funksionimit të pajisjes ciklonike dhe modelimit matematikor të saj, kurse në pjesën e dytë (simulimi i pajisjes) me qëllim të përcaktimit të një modeli më të përshtatshëm të ciklonit. Bazuar në rezultatet nga simulimi mund të përfundohet se varësisht nga shpejtësia e rrymimit të suspensionit që futet në ciklon, rritja e efikasiteti të ciklonit në përgjithësi ndikon në zvogëlimin e diametrit të cilindrit, rritjen e ndryshimit të presionit, e si rezultat i kësaj vjen deri te rritja e raportit

Ky studim ofron mundësi të shkëlqyer për inxhinierët, që përmes programit Aspen Plus të mundë të modelojnë dhe simulojnë procese dhe pajisje në fusha të ndryshme të industrisë.

ABSTRACT OF THE THESIS

Cyclone design for the separation of quartz particles from the air stream in industry

by

Arizona Sadiku

Master of Science in Chemical Engineering

Faculty of Food Technology, Mitrovicë, 2025

Prof.Asoc.Dr. Florent Dobrosi, Mentor

The development of information technology within the last three decades has made a radical turn in the way of designing and analyzing processes in many fields of industry and engineering, therefore with this study I aimed to apply one of the most advanced software in the field of simulation and modeling of industrial processes and equipment. In this case, as an example, I chose the operation of separating particles from air, where the objective of this paper was the computer simulation of the process of separating quartz sand particles from the air stream through the centrifugal separator - CYCLONE, using the computer program Aspen Plus.

The study is divided into two parts; in the first (theoretical) part, where I tried to present some data about the way the cyclonic device works and its mathematical modeling in the simplest possible way, while in the second part (simulation of the device) in order to determine a more appropriate model of the cyclone. Based on the results from the simulation, it can be concluded that depending on the speed of the suspension flow that enters the cyclone, the increase in the efficiency of the cyclone generally affects the reduction of the cylinder diameter, the increase of the pressure change, and as a result of this it comes to increasing the ratio of

This study offers excellent opportunities for engineers, through the Aspen Plus program, to be able to model and simulate processes and equipment in various fields of industry.

PËRMBAJTJA

DEDIKIM	iii
ABSTRAKTI I PUNIMIT.....	iv
ABSTRACT OF THE THESIS.....	v
PËRMBAJTJA.....	vi
LISTA E TABELAVE.....	viii
LISTA E FIGURAVE.....	ix
LISTA E SHKURTESAVE.....	x

KAPITULLI I

1. HYRJE.....	1
---------------	---

KAPITULLI II

2. PJESA TEORIKE.....	2
2.1 Projektimi i një cikloni.....	2
2.2 Paisjet për ndarjen e grimcave nga ajri.....	3
2.3 Separatorët centrifugal - Ciklonët.....	9
2.3.1 Llojet e ciklonëve dhe pjesët e tyre.....	10
2.3.2 Sistemet e ciklonëve.....	17
2.4 Modelimi i proceseve dhe pajisjeve.....	18
2.4.1 Procedura e modelimit të ciklonëve.....	18
2.4.2 Modelimi klasik i cikloneve (Modeli i Lapple).....	22
2.4.3 Modelimi sipas Leith dhe Licht.....	27
2.5 Simulimi kompjuterik i proceseve dhe paisjeve.....	32
2.5.1 Programi Aspen Plus.....	33
2.5.2 Struktura e programit simulues.....	34
2.5.3 Të dhënat për simulimin e procesit – Futja e të dhënave.....	36
2.6 Përzgjedhja e modelit termodinamik.....	38
2.7 Përzgjedhja e parametrave të pajisjes.....	41
2.8 Përzgjedhja e kriterëve të konvergjencës dhe ekzekutimi i simulimit.....	44

KAPITULLI III

3. METODOLOGJIA.....	45
3.1.1 Rezultatet nga simulimi i Nivelit të Parë sipas modelit Lapple.....	46
3.1.2 Parametrat karakteristik të ciklonit.....	47
3.2 Përbërja granulometrike e grimcave në hyrje dhe dalje të ciklonit.....	47
3.2.1 Ndikimi i rritjes së efikasitetit të ndarjes.....	48
3.3 Ndryshimi i modelit – Simulimi sipas modelit Leith&Licht.....	49
3.3.1 Ciklonët me efikasitet të lartë.....	52
3.3.2 Ndikimi i rrymimit furnizues në parametrat e ciklonit.....	53

KAPITULLI IV

4. DISKUTIMI I REZULTATEVE.....	58
---------------------------------	----

KAPITULLI V

5. PËRFUNDIME.....	59
CONCLUSIONS.....	61
BIBLOGRAFIA.....	63

LISTA E TABELAVE

Tabela 2.1	Karakteristikat e pajisjeve për ndarjen e grimcave nga gazi.....	8
Tabela 2.2	Konstruksioni gjeometrik për ciklonët 1D3D, 2D2D, dhe 1D2D.....	14
Tabela 2.3	Konstruksioni gjeometrik standard për ciklonët industrial.....	15
Tabela 2.4	Numri i rrotullimeve efektive (N_e).....	23
Tabela 2.5	Efikasiteti i përgjithshëm i ciklonit (η).....	25
Tabela 2.6	Klasifikimi i ciklonëve në bazë të rënies së presionit.....	26
Tabela 2.7	Ndikimi i parametrave në performancën e ciklonit.....	31
Tabela 3.1	Të dhënat bazë për simulimin e modelit të ciklonit sipas Lapple.....	45
Tabela 3.2	Parametrat e ciklonit të gjeneruar nga Aspen Plus.....	47
Tabela 3.3	Ndikimi i efikasitetit (η) në ciklonin për modelin sipas Lapple.....	48
Tabela 3.4	Ndikimi i efikasitetit (η) në ciklonin për modelin Leith & Licht	50
Tabela 3.5	Ndikimi i efikasitetit (η) në ciklonin për modelin Swift	50
Tabela 3.6	Ndikimi i efikasitetit (η) në ciklonin për modelin Stairmand	52
Tabela 5.7	Ndikimi i Q_i në ciklonin sipas modelit gjeometrik Stairmand	54
Tabela 5.8	Ndikimi i Q_i në parametrat e ciklonit me modën gjeometrike Swift.....	56

LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1	Skema e dhomes se fundërrimit.....	5
Figura 2.2	Skruberi venturi	5
Figura 2.3	Precipitori me pllaka paralele.....	6
Figura 2.4	Filtri me ajër të komprimuar.....	7
Figura 2.5	Filtri me shkundje.....	7
Figura 2.6	Rrymimi i përzierjes gaz-grimca në ciklon.....	9
Figura 2.7	Skema e thjeshtësuar e një cikloni të zakonshëm.....	12
Figura 2.8	Modelet gjeometrike të ciklonëve 1D3D, 2D2D, dhe 1D2D.....	13
Figura 2.9	Llojet e hyrjeve të ciklonëve.....	14
Figura 2.10	Montimi i ciklonëve.....	17
Figura 2.11	Procedura e modelimit të ciklonit.....	20
Figura 2.12	Programi Aspen Plus.....	33
Figura 2.13	Marrëdhëniet ndërmjet elementeve të simulimit të një procesi	35
Figura 3.1	Skema (flowsheet) e ciklonit e krijuar me Aspen Plus.....	46
Figura 3.2	Përbërja granulometrike e grimcave në rrymat e cikloni.....	48
Figura 3.3	Lakorja e efikasitetit të ndarjes në varësi nga diametri i grimcave.....	49
Figura 3.4	Lakoret e efikasitetit të ndarjes për modelin Stairmand.....	51
Figura 3.5	Lakorja e efikasitetit të ndarjes për ciklonet	53
Figura 3.6	Ndikimi i rrymimit furnizues në diametrin e cilindrit.....	55
Figura 3.7	Ndikimi i rrymimit furnizues në rënien e presionit.....	55
Figura 3.8	Ndikimi i rrymimit furnizues në raportin vi/vs.....	56

LISTA E SHKURTESAVE

DKC.....	Metoda e dizajnit klasik të ciklonëve
AP.....	Aspen Plus
CFD.....	Modelet e rrymimit të lëngjeve dhe gazeve
TFM.....	Modeli i rrymimit turbulent
LES.....	Simulimi i vorbullave të mëdha
RANS.....	Mesatarja e kombinuar e Reynolds dhe Navier Stokes

KAPITULLI I

1 HYRJJE

Zhvillimi i teknologjisë së informacionit brenda tri dekadave të fundit ka bërë kthesë rrënjësore në mënyrën e dizajnit dhe të analizës së proceseve në shumë fusha të industrisë dhe të inxhinierisë. Në fakt shumë probleme në fushën e inxhinierisë së mjedisit të cilat studiohen sot në nivelin e studimeve master për kah natyra e kompleksitetit janë të ngjashme me ato të nivelit të doktoraturës që janë studiuar dekada më parë. Prandaj ky zhvillim i hovshëm i teknologjisë informative ka bërë që në shumë fusha të ndryshme të industrisë problemet e ndërlikuara në shumicën e rasteve të mos zgjidhën me dorë për dy arsye: mungesa e saktësisë apo gabimeve për shkak të faktorit njeri dhe kohëzgjatjes për të arritur deri te rezultatet e dëshiruara.

Ekzistojnë shumë programe simuluese që përdoren në industri varësisht nga fusha, zbatimi dhe natyra e përdorimit (i tërë procesi, vetëm një pjesë e pajisjeve etj.). Kur programi Aspen Plus përdoret si version i plotë mundë të jetë vegël e shkëlqyer për inxhinierët për të modeluar dhe simuluar procese dhe pajisje në fusha të ndryshme të industrisë.

Për të realizuar procesin e ndarjes së grimcave nga rryma e ajrit, përmes software-it Aspen Plus, janë zhvilluar mbi 103 simulime, duke testuar modele të ndryshme në bazë të parametrave që e përkufizojnë këtë pajisje.

Për simulimin e ciklonit fillimisht si mostër është marrë modeli klasik i Lapple, si model më i thjeshtë për modelimin kompjuterik të ciklonit. Në nivelin e parë të simulimit, software-i është furnizuar vetëm me të dhënat që janë të domosdoshme dhe që kërkohen nga software-i në mënyrë që të plotësohen kushtet minimale për ekzekutimin e simulimit. Kurse më pas duke aplikuar metodën e modelimit sipas Leith dhe Licht dhe modelet gjeometrike të Stairmand dhe Swift janë gjeneruar rezultatet e simulimit për problemin e parashtruar.

KAPITULLI II

2. PJESA TEORIKE

2.1 Projektimi i një cikloni

Projektimi i një cikloni për ndarjen e grimcave të kuarcit nga rryma e ajrit është një detyrë inxhinierike që përfshin disa aspekte teknike, përfshirë dizajnin e trupit të ciklonit, rrjedhën e ajrit, dhe karakteristikat e grimcave që do të filtron. Këtu janë disa elemente kyçe për projektimin e një cikloni për këtë qëllim:

- Përzgjedhja e materialeve

Trupi i ciklonit duhet të jetë i qëndrueshëm ndaj konsumimit që shkaktohet nga grimcat e kuarcit. Materialet si çeliku inox ose çeliku i galvanizuar janë të përshtatshme për këtë qëllim.

Grimcat e kuarcit janë të ashpra dhe mund të shkaktojnë konsum të shpejtë të materialeve të zakonshme, prandaj duhet të merren parasysh materialet e qëndrueshme.

- Parametrat e ciklonit

Diametri i ciklonit (D): Madhësia e ciklonit është e rëndësishme për performancën e tij. Përcaktohet në bazë të shkallës së rrjedhës dhe karakteristikave të grimcave.

Shpejtësia e ajrit (v): Duhet të përshtatet me madhësinë e grimcave që duhen ndarë. Rrymat më të shpejta mund të përmbajnë grimca të vogla, prandaj kontrolli i shpejtësisë është kyç.

Këndet e ndarjes: Për të siguruar që grimcat të nguliten, cikloni ka një kënd të veçantë që mund të kontrollohet përmes ndryshimeve në dizajn.

- Përzgjedhja e parametrave të rrjedhës dhe të avullimit
- Në hyrje: Rryma e ajrit që përmban grimcat e kuarcit do të futet në ciklon, dhe mund të kërkohet një grykë me një gjerësi specifike për të kontrolluar rrjedhën dhe për të shmangur pengesat që mund të ndodhin.

Në dalje: Grimi i ajrit do të kalojë përmes një poreje të reduktuar që mund të drejtohet për largim të grimcave të larguara.

- Faktorët e performancës

Efikasiteti i ndarjes: Efikasiteti i ndarjes së grimcave varet nga shumë faktorë, përfshirë madhësinë e grimcave dhe shpejtësinë e ajrit. Ciklonët e zakonshëm mund të ndajnë grimcat më të mëdha se 10 mikron, por ndarjet më të hollë kërkojnë ciklone më të avancuara ose shtesa të tjera. Shpejtësia e ajrit është një faktor kyç që ndikojnë në mundësinë që grimcat të largohen nga rrjedha e ajrit.

- Simulimi dhe testimi

Simulimi i rrjedhës së ajrit: Mund të përdoren softuerë të tilla si CFD (Computational Fluid Dynamics) për të simuluar rrjedhën e ajrit dhe efektet e tij në ndarjen e grimcave.

Testimi fizik: Pas projektimit, mund të bëhen prova të ciklonit për të kontrolluar performancën e tij dhe për të bërë rregullimet e nevojshme.

- Mundësia e përmirësimeve

Mund të shtoni shtresa ndihmëse, si filtra shtesë, për të ndarë grimcat më të vogla që mund të kalojnë përmes ciklonit. Përdorimi i dy cikloneve të vendosura në seri mund të përmirësojë efikasitetin e ndarjes. Një ciklon i dizajnuar për ndarjen e grimcave të kuarcit duhet të jetë në gjendje të operojë me efikasitet të lartë dhe të sigurojë që rryma e ajrit të pastrohet sa më mirë nga grimcat, pa dëmtuar asnjë pjesë të sistemit.

2.2 Paisjet për ndarjen e grimcave nga ajri

Paisjet për ndarjen e grimcave nga ajri përdoren gjerësisht në industri për të kontrolluar ndotjen, për të rikuperuar materiale dhe për të mbrojtur makineritë ose punonjësit nga ndotësit. Paisjet për ndarjen e grimcave nga gazrat janë të shumëllojshme. Çështjet kryesore inxhinierike që kanë të bëjnë me këto pajisje janë: zgjedhja e llojit adekuat të pajisjes, dimensionimi i kapacitetit të saj dhe udhëheqja me vet operacionin e ndarjes së grimcave nga gasi. Zgjedhja e pajisjes për procesin e dhënë të ndarjes së grimcave paraqet detyrë mjaftë të ndërlikuar. Në zgjedhjen e pajisjes dhe ecurive të procesit ndikojnë shumë faktorë. Ndër më të rëndësishmit janë:

- vetitë fizike dhe kimike të përzierjes gaz-grimca,
- madhësia e grimcave,
- përqendrimi i grimcave në gaz,

- përbërja granulometrike e grimcave,
- shkalla e dëshiruar e ndarjes etj

Si edhe në rastet tjera edhe këtu shpeshherë rolin përcaktues në përzgjedhjen e pajisjes e luan analiza ekonomike e opsioneve të mundshme të ndarjes efikase për procesin e dhënë. Puna e pajisjes për ndarjen e grimcave mund të jetë me ose pa ndërprerje. Zgjedhja e njërit apo llojit tjetër të pajisjes varet nga karakteri i tërësisë së procesit në të cilin zbatohet ndarja e grimcave. Për ndarjen e grimcave duhet të përdoren metoda të ndryshme, jo vetëm në varësi të madhësisë, por edhe nga gjendja agregate e tyre dhe vetitë tjera fizike dhe kimike. Kontrolli i përbërjes së gazit të ndotur nga grimcat ndikon në zgjedhjen e pajisjeve në procesin e pastrimit. Ka shumë faktorë që ndikojnë në efikasitetin e pajisjes së zgjedhur për mbledhjen e grimcave e që kanë ndikim edhe në vendimin se çfarë lloji (tipi) të pajisjes duhet përdorur.

Ndër arsyt kryesorë për mënjanimin e grimcave nga gazrat janë:

- Të mos e ndotë mjedisin e brendshëm apo të jashtëm.
- Të mos i dëmtojë pajisjet e procesit përmes korrozionit apo bllokimit.
- Të përfitohet ndonjë produkt nga materiali i cili do të hidhej.
- Të mos shkaktoj avari në procesin e prodhimit.
- Të mos i kontaminojnë prodhimet.

Pajisjet të cilat gjejnë zbatim më të dendur në industri sa i përket procesit të ndarjes së grimcave nga gazrat janë: dhomat e fundërrimit, ciklonët, skruherët, precipitatorët elektrostatisht, filtrat, etj

Dhomat e fundërrimit (klasifikatorët fundërrues)

Këto pajisje kanë konstruksion të tillë i cili mundëson që me hyrjen e gazit në dhomë, vjen deri te zgjerimi i tij me ç'rast shpejtësia e rrymimit bie, kështu që ndikimi i gravitetit të tokës bëhet mbizotërues dhe grimcat fillojnë të fundërron. Varësisht nga madhësia dhe dendësia e grimcave, ato kalojnë rrugë më të gjatë ose më të shkurtër horizontale në dhomë gjersa të mos fundërron tërësisht. Dhomat e fundërrimit kryesisht shërbejnë si pajisje për pastrim paraprak të gazeve nga grimcat me diametër më të madh, siç shihet ne figuren 2.1.

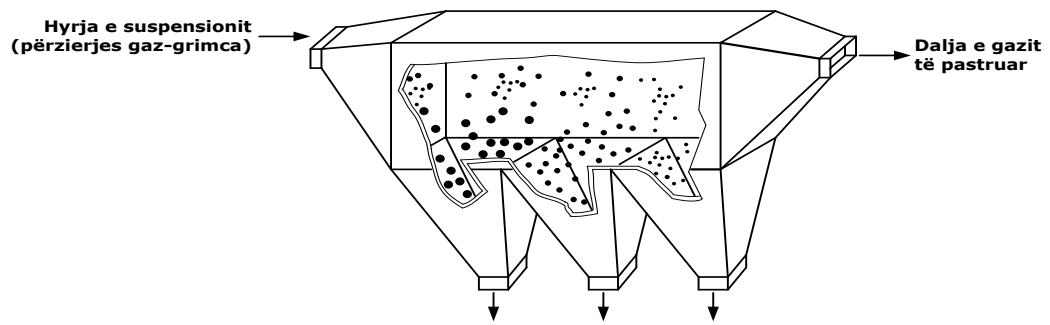


Figura 2.1: Skema e dhomës së fundërrimit

Skruberët e njomë

Termi skruher i njomë i referohet pajisjeve të cilat përdorën për largimin e një pjese të grimcave nga gazrat e shkarkimeve industriale duke përdorur lëngun, zakonisht ujin. Ekzistojnë lloje të ndryshme të skruherëve siç janë: skruherët me spërkatje, me pako, me shtresa lëvizëse, me pjata, por zbatim më të madh në industri kanë skruherët venturi. Me hyrjen e lëngut në grykën e spërkatjes, shpejtësia e tij rritet, duke u shndërruar në pikëza shumë të imta (procesi i atomizimit të lëngut). Pikëzat e tilla ndeshen me grimcat e gazit, dhe nën ndikimin e forcës së gravitetit bien në pjesën e poshtme të skruherit me anë të pajisjeve, siç shihet në figuren 2.2.

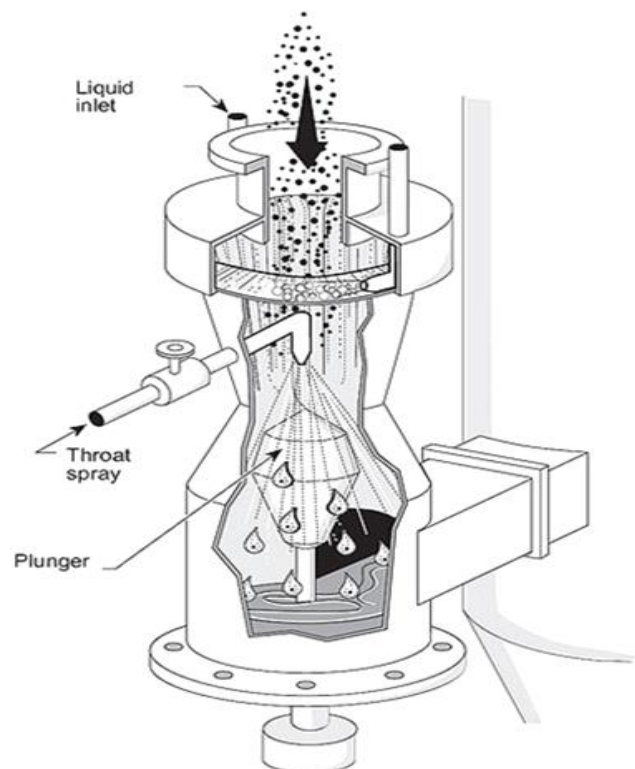


Figura 2.2: Skruheri venturi

Precipitatorët elektrostatik

Në industri zbatim të gjerë kanë të ashtuquajturit precipitatorët me pllaka paralele. Këto pajisje përbëhen prej pllakave të rrafshëta metalike të cilat janë të radhitura njëra pas tjetrës dhe ndërmjet tyre janë të vendosur vertikalisht një numër i madhe i telave të hollë. Distanca ndërmjet pllakave mund të jetë prej 10-250 mm, varësisht nga madhësia e tërësishme e pajisjes. Rrymimi i gazit ose ajrit rrjedh horizontalisht nëpër hapësirën midis telave, dhe pastaj kalon nëpërmjet pllakave.

Ndërmjet telave dhe pllakave vihet ndryshimi i tensionit prej disa mijëra voltësh. Nëse tensioni është mjaft i lartë, vjen deri të shkarkimi elektrik i cili bënë jonizimin e gazit përreth elektrodave. Jonet negative lëvizin në drejtim të pllakave dhe i ngarkojnë negativisht grimcat e gazit. Grimcat e jonizuara, duke përcjell fushën elektrike negative, lëvizin kah pllakat e elektrizuara pozitivisht (Figura 2.3). Në këtë mënyrë vjen deri të grumbullimi gradual i grimcave në sipërfaqet e pllakave ku formohet një shtresë e cila nuk prishet falë presionit elektrostatik.

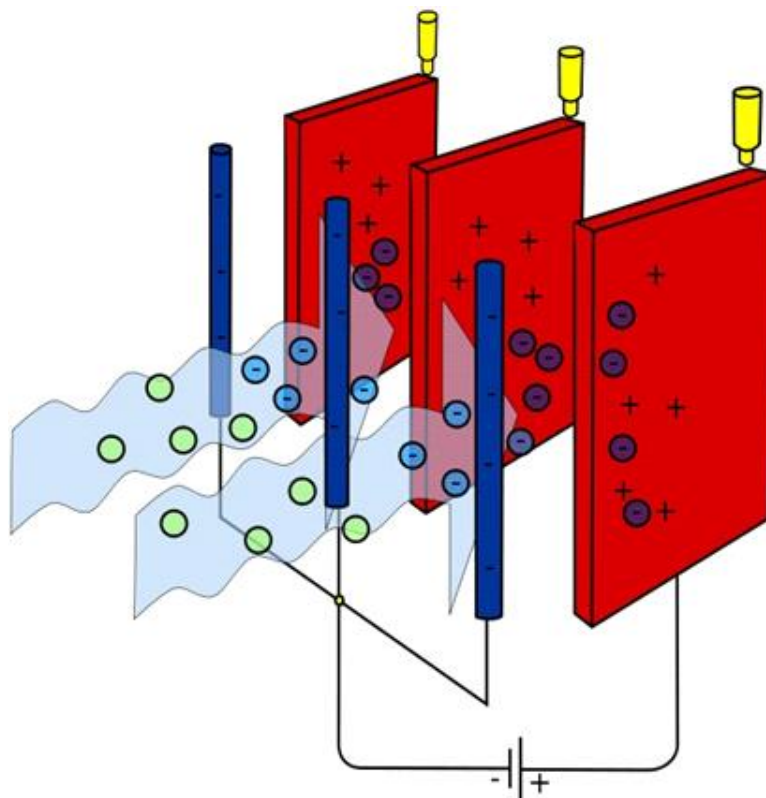


Figura 2.3: Precipitatori me pllaka paralele

Filtrat me thasë

Filtrat me thasë janë pajisje për kontrollin e emisionit të grimcave në ajër. Filtri me thasë është i përbërë nga një material i thurur tekstili në formë të pëlhurës-thes, gazi i ndotur detyrohet të kalojë nëpër thasë, kështu që prej tyre depërton vetëm gazi i pastër, kurse grimcat e ngurta grumbullohen brenda hapësirës së thesit. Papastërtitë që mbliohen në filtër duhet të largohen periodikisht, ashtu që filtri të jetë sa më i pastër dhe në këtë mënyrë të bëjë ndarjen apo pastrimin e grimcave në mënyrë efikase. Thasët duhet të ju rezistojnë kushteve termike, kimike dhe mekanike. Varësisht nga mënyra e pastrimit filtrat me thasë mund të jenë: me shkundje, me rrymim të kundërt të gazit, me ajër të komprimuar. Sistemet e filtrimit të cilat kanë përdorim më të gjërë në fusha të ndryshme të industrisë janë paraqitur në figurat 2.4 dhe 2.5. Pëlhura e filtrit mund të jetë nga materiale të ndryshme p.sh., materiale natyrore (pambuku, leshi), materiale sintetike (najlon, polietilen, teflon), materialet minerale (qelqi, legura që nuk ndryshken). Se cili lloj i pëlhurës së filtrit do të përdoret në rend të parë varet nga temperatura dhe përbërja kimike e gazit si dhe nga karakteristikat abrazive të grimcave.

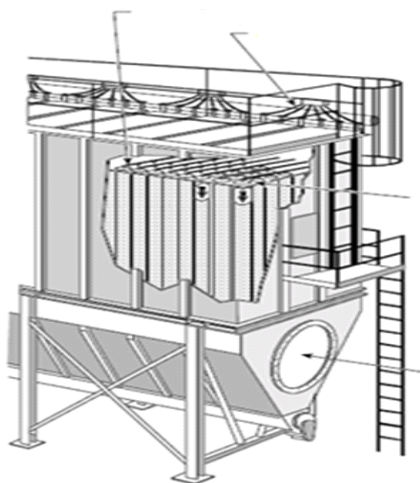


Figura 2.4: Filtri me ajër të komprimuar

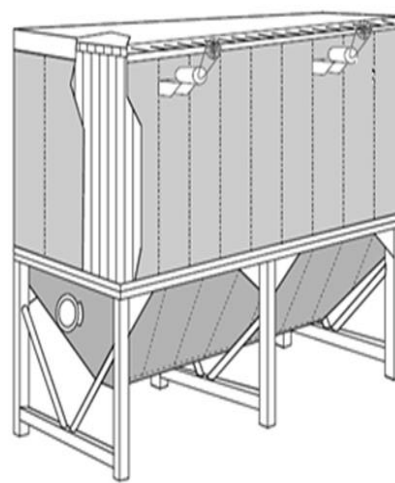


Figura 2.5: Filtri me shkundje

Në formë tabelare janë paraqitur karakteristikat e përgjithshme të pajisjeve të cekura më lartë (tabela 2.1). Kjo tabelë mund të shfrytëzohet për të bërë përzgjedhjen paraprake (preliminare) të llojit të pajisjes që do të aplikohet në procesin e ndarjes (mbledhjes) së grimcave nga gazrat.

Tabela 2.1: Karakteristikat e pajisjeve për ndarjen e grimcave nga gasi

Lloji i pajisjes	Madhësia minimale (µm)	Ngarkesa minimale (g/m³)	Shpejtësia e gazit (m/s)	Kapaciteti maksimal (m³/s)	Rënia e presionit (Pa)	Shkalla e efikasitetit (%)
Kolektorët e thatë						
Dhomat fundërruese	50	12	1.5-3	/	50	50
Ciklonët	10	2.5	10-20	15	100-2500	85
Multiciklonët	5	2.5	10-20	20	100-700	95
Skruberët e njomë						
me spërkatje	10	2.5	0.5-1	50	250	70
me pako	5	2.5	10-20	50	250-2500	90
me pjata	10	0.25	15-30	25	/	90
me shtresa lëvizëse	10	2.5	10-100	50	250-1500	90
venturi	0.5	0.25	50-200	50	2500-7400	99
Tjerat						
Precipitatorët elek.	2	0.25	5-30	1000	50-250	99
Filtrat	0.2	0.25	0.01-01	100	500-1500	99

2.3 Separatorët centrifugal - Ciklonët

Ciklonet janë pajisje industriale që përdoren për ndarjen e grimcave të ngurta nga rryma e gazit duke përdorur forcën centrifugale, me kosto të ulët dhe mirëmbajtje të lehtë. Ato janë shumë të zakonshme në industri për shkak të strukturës së thjeshtë, kostonë të ulët dhe mirëmbajtjes minimale. Në përgjithësi ciklonët përbëhen nga pjesa e epërme cilindrike dhe pjesa e poshtme konike. Rryma e gazit të ndotur me grimca hynë në ciklon përmes gypit anësorë të pozicionuar tangjencialisht në pjesën e epërme të cilindrit – gypi furnizues. Me të hyrë në ciklon për shkak të formës cilindrike, rryma e gazit vihet në lëvizje rrotulluese, kurse veprimi i njëkohshëm i forcës së gravitetit bënë që e tërë lëvizja e rrymës së gazit të jetë në formë spiraleje (shtjellore). Pasi që rryma e suspensionit (përzierja gazi-grimca) të ketë arritur në pjesën e poshtme të konit, grimcat vazhdojnë lëvizjen spiralore nëpër pjesën e poshtme konike dhe dalin nga cikloni, kurse gazi i pastruar fillon të lëviz në drejtim të kundërt dhe del nga cikloni nëpërmjet gypit të shkarkimit që ndodhet në pjesën e sipërme të ciklonit. Rrymimi i përzierjes gaz-grimca në ciklon është paraqitur në figurën 2.6.

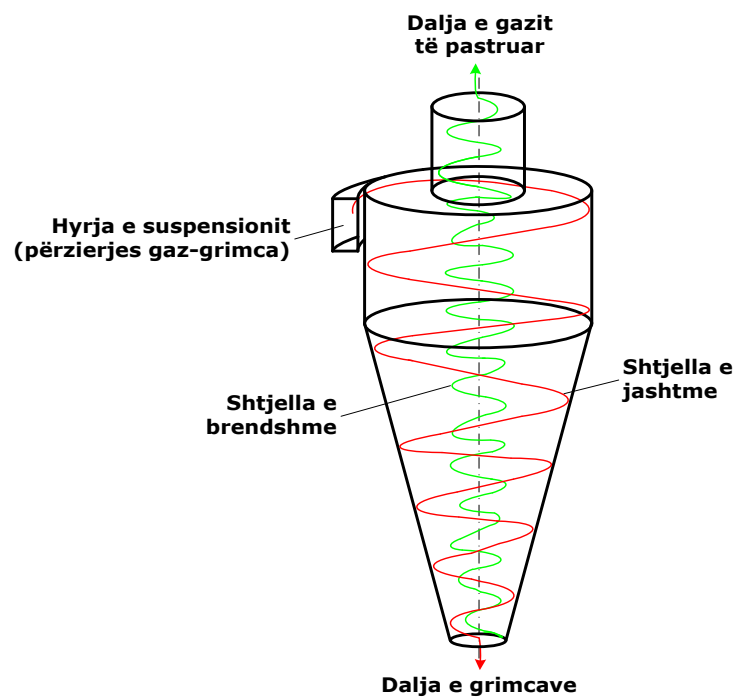


Figura 2.6: Rrymimi i përzierjes gaz-grimca në ciklon

2.3.1 Llojet e ciklonëve dhe pjesët e tyre

Ciklonët mund të kenë konstruksion dhe madhësi të ndryshme duke filluar nga më të vegjlit me diametër të cilindrit 1-2 cm që shërbejnë për mostrim, e deri te ata me diametër 2-3 m që përdoren në industri. Është e rëndësishme të theksohet se ciklonet e mëdhenj, zakonisht montohen pas skruberëve venturi.

Ciklonët ndahen në disa lloje bazuar në dizajnin e tyre, mënyrën e funksionimit dhe aplikimet. Më poshtë janë disa nga llojet kryesore të cikloneve:

1. Ciklonët e thjeshtë ose konvencional

Dizajni: Kanë një trup cilindrik dhe një pjesë konike për të ndarë grimcat nga rrjedha e ajrit.

Përdorimi: Për ndarjen e grimcave të mëdha dhe të dendura nga ajri.

Shembuj: Përdoren në industrinë e çimentos, përpunimin e mineraleve dhe trajtimin e mbetjeve industriale.

2. Ciklonët me dy faza

Dizajni: Përbëhen nga dy ciklon të vendosur në seri ose paralel.

Përdorimi: Rrit efikasitetin e ndarjes duke trajtuar grimcat që nuk janë ndarë në fazën e parë.

Shembuj: Shumë të dobishëm në industrinë e drurit dhe kimike

3. Ciklonët horizontale

Dizajni: Rrjedha e ajrit dhe grimcave kalon horizontalisht përmes pajisjes.

Përdorimi: Në raste ku lartësia vertikale është e kufizuar.

Kufizime: Efikasitet më i ulët krahasuar me ciklonët vertikalë.

4. Ciklonët lagësues (Wet Cyclones)

Dizajni: Kombinojnë teknologjinë e ciklonëve me një sistem spërkatjeje uji për të kapur grimcat dhe ndotësit.

Përdorimi: Për trajtimin e pluhurit të imët dhe gazrave toksik në mjedise industriale.

Shembuj: Përdoren në industrinë e mbrojtjes së mjedisit.

5. Mikro-ciklonët

Dizajni: Janë më të vegjël dhe zakonisht vendosen në grupe për të përmirësuar efikasitetin.

Përdorimi: Për ndarjen e grimcave shumë të vogla në volum të madh ajri.

Shembuj: Përdoren në trajtimin e gazrave në impiante kimike.

6. Ciklonët e kombinuar

Dizajni: Kombinojnë teknologjinë e ciklonëve me metoda të tjera ndarjeje, si elektrostatiqe ose filtra mekanik.

Përdorimi: Për aplikime që kërkojnë ndarje shumë të pastër të grimcave.

Shembuj: Përdoren në industri farmaceutike dhe elektronike.

7. Ciklonët multiciklonë

Dizajni: Përbëhen nga shumë ciklon të vegjël të lidhur në një strukturë të vetme.

Përdorimi: Për të përmirësuar kapacitetin dhe efikasitetin e ndarjes së grimcave.

Shembuj: Përdoren në sistemet e filtrimit të tymrave dhe gazrave industriale.

8. Ciklonët invers

Dizajni: Janë të dizajnuar që rrjedha e grimcave të udhëtojnë nga poshtë lart, duke ndryshuar drejtimin e forcave.

Përdorimi: Në aplikime të specializuara ku kërkohet kthim i rrjedhës së ajrit.

Kufizime: Më komplekse dhe më pak të përdorshme në industri standarde.

9. Ciklonët të presionit të lartë

Dizajni: Të ndërtuar për të trajtuar rrjedha të ajrit me presion të lartë dhe volum të madh.

Përdorimi: Në termocentrale dhe industri të rënda.

Avantazhe: Rezistojnë ndaj presioneve ekstreme dhe flukseve të mëdha

10. Ciklonët për grumbullimin e pluhurit (Dust Collectors)

Dizajni: Janë të dedikuar për të grumbulluar pluhurin nga rrjedha e ajrit në fabrika dhe punishte.

Përdorimi: Në industrinë e drurit, tekstilit dhe përpunimit të metaleve.

Përzgjedhja e llojit të ciklonit duhet të bazohet në faktorë si:

- Madhësia e grimcave.
- Vëllimi dhe presioni i rrjedhës së ajrit.
- Karakteristikat e ndotësve.
- Kushtet operative (temperatura, lagështia).

Pavarësisht dimensioneve, të gjithë ciklonët janë të projektuar që të funksionojnë mbi parime të njëjta. Meqë në projektimin e këtyre pajisjeve nuk përfshihen pjesët lëvizëse, ndërtimi dhe operimi me ta është relativisht i lehtë. Në figurën 2.7 është paraqitur skema e thjeshtuar e një cikloni konvencional. Në tabelën 2.2, është paraqitur konstruksioni gjeometrik për ciklonët 1D3D, 2D2D, dhe 1D2D.

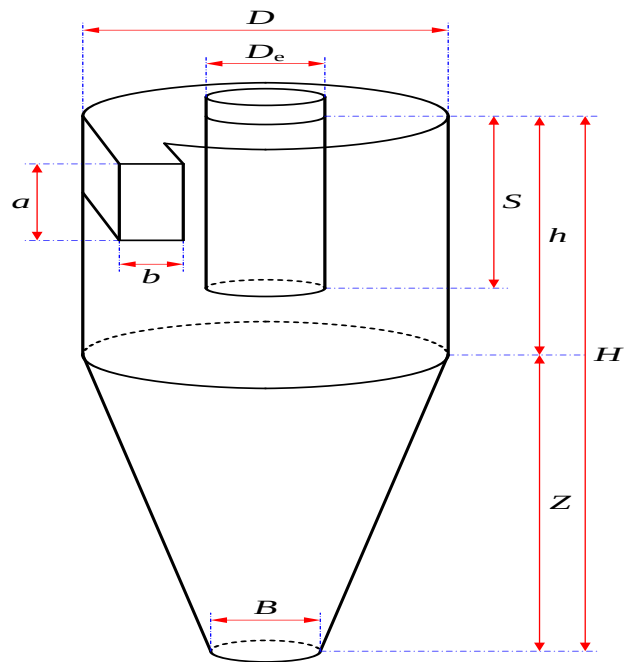
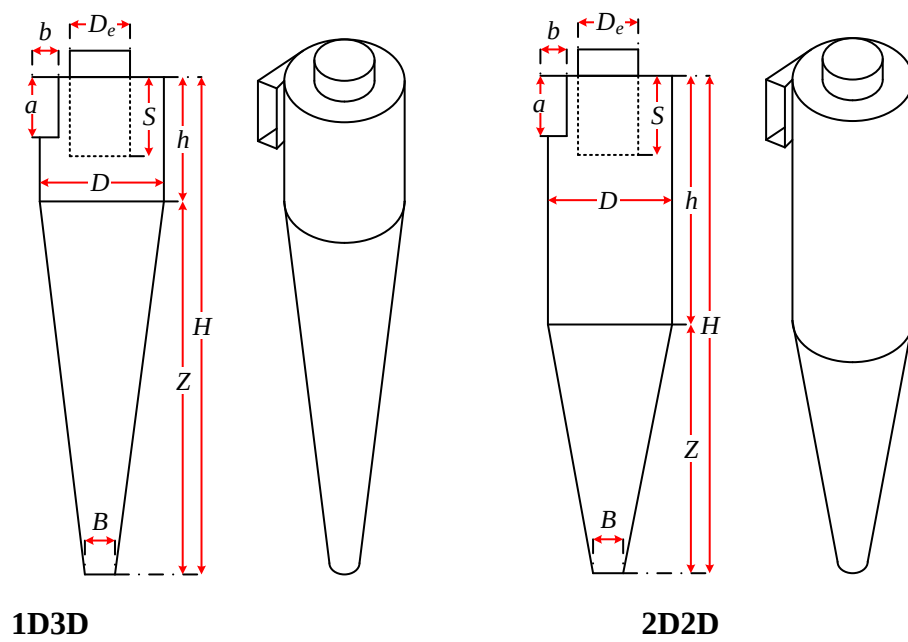
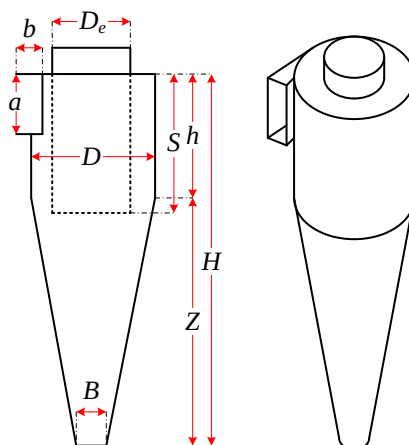


Figura 2.7: Skema e thjeshtësuar e një cikloni të zakonshëm





1D2D

Figura 2.8: Modelet gjeometrike të ciklonëve 1D3D, 2D2D, dhe 1D2D

Seperatorët ciklonik përbëhen prej katër pjesëve kryesore: hyrjes (gypi furnizues), trupit (seksioni cilindrik), konit, dhe daljeve (pjesa e poshtme konike dhe gypi për daljen e gazit të pastruar në pjesën e sipërme). Zakonisht diametri i cilindrit shënohet me D , gjatësia dhe gjerësia e gypit furnizues me a , respektivisht b , diametri për daljen e gazit të pastruar me D_e , kurse gjatësia me S , gjatësia e cilindrit me h , gjatësia e konit me Z , diametri i vrimës në pjesën e poshtme konike me B , kurse gjatësia e tërësishme e ciklonit me H .

Hulumtimet e më hershme [Wang, 2000] kanë treguar se në fusha të ndryshme të industrisë përpunuese ciklonet e llojit 1D3D, 2D2D dhe 1D2D janë pajisjet më të përshtatshme për zvogëlimin dhe kontrollin e emisionit të grimcave ($dp < 10 \mu m$). Shkronja D në emërtimin 2D2D i referohet diametrit të cilindrit. Numrat që i paraprijnë shkronjës D tregojnë gjatësinë e seksioneve të ciklonit, përkatësisht cilindrit dhe konit. Cikloni 2D2D ka gjatësinë e cilindrit dhe të konit sa dy herë diametri i cilindrit, ndërsa cikloni 1D3D ka gjatësinë e cilindrit të barabartë me diametrin e tij, ndërsa gjatësinë e konit tri herë më të madhe se diametri i cilindrit (shih tabelën 2.1). Ciklonët e lartpërmendur në mënyrë skematike janë paraqitur në figurën 2.8.

Tabela 2.2: Konstruksioni gjeometrik për ciklonët 1D3D, 2D2D, dhe 1D2D

Modeli	a	b	D_e	S	B	h	Z	$H=h+Z$
1D3D	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{8}$	$\frac{D}{4}$	D	$3D$	$4D$
2D2D	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{8}$	$\frac{D}{4}$	$2D$	$2D$	$4D$
1D2D	$\frac{D}{2}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{D}{1.6}$	$\frac{5D}{8}$	$\frac{D}{2}$	D	$2D$	$3D$

Gypi furnizues është njëra nga pjesët më kryesore të ciklonit, përmasat e të cilit ndikojnë në efikasitetin e mbledhjes. Rryma e suspensionit kalon nëpërmjet gypit furnizues i cili ka sipërfaqe të prerjes tërthore relativisht të vogël, e cila ndikon në rritjen e shpejtësisë së rrymimit. Sipërfaqja e prerjes tërthore, paraprakisht projektohet që t'ju bëjë ballë rrymimeve të mëdha, duke i orientuar që të bëjnë lëvizje spiralore me rreze të barabartë me atë të cilindrit. Gjatë projektimit përmasat e gypit furnizues zakonisht duhet të sigurojnë shpejtësi prej 9-27 m/s. Shpejtësia me e përshtatshme (optimale) periferike e hyrjes së gazit në ciklon është konstatuar të jetë 15 m/s [Perry, 2007]. Gypi furnizues mund të ketë forma të ndryshme. Në figurën 2.9 janë paraqitur tri prej formave më të zakonshme: tangjenciale, spiralore dhe evolvente.

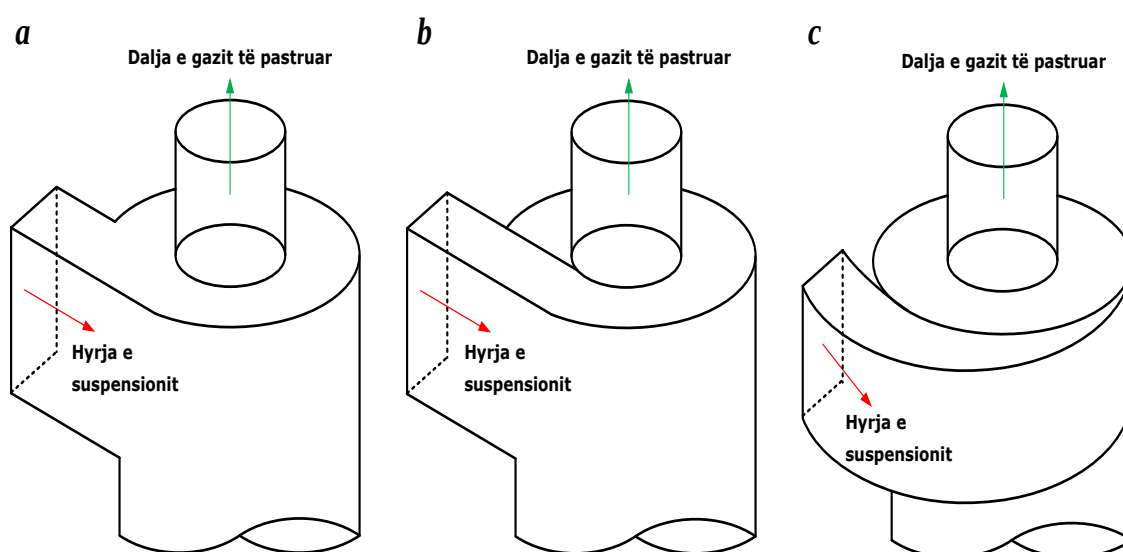


Figura 2.9: Llojet e hyrjeve të ciklonëve. a) hyrja tangjenciale, b) hyrja spiralore, c) hyrja evolvente.

Ndër pjesët më kryesore të ciklonit konsiderohet edhe gypi për daljen e gazit të pastruar (gypi i shkarkimit). Ky gyp njëherazi përcakton efikasitetin e mbledhjes dhe rënien e presionit. Në fakt rënia më e madhe e presionit shkaktohet pikërisht nga gypi i shkarkimit [Elsayed and Lacor, 2010], si dhe për shkak të humbjeve lokale dhe gjatësore [Chen and Shi, 2007].

Prej se kanë filluar të përdoren në industri e deri më tani janë publikua një numër i madh i hulumtimeve shkencore. Shumica e tyre janë fokusuar në përmirësimin e punës së ciklonit duke shfrytëzuar konstruksione të ndryshme gjeometrike. Në tabelën 2.2 janë përmbledhur disa prej konstruksioneve që më së shpeshti hasen në industri. Duhet theksuar se gjeometria e ciklonit zakonisht bazohet në diametrin e cilindrit [Vitaku, 2008]. Vlerat e dhëna në tabelën 2.3 janë të shprehura si raporte ndaj diametrit të cilindrit.

Nga tabela 2.3, shihet se gjeometritë e ciklonëve në kolonën e parë dhe të dytë kanë seksion të prerjes tërthore të gypit furnizues më të vogël, që ndikon në rritjen e shpejtësisë periferike dhe si rezultat rritet efikasiteti i mbledhjes por njëkohësisht edhe rënia e presionit. Prandaj ciklonët e tillë njihen si ciklon me efikasitet të lartë. Këta ciklon duhet të përdoren në rastet kur shpejtësia e rrymimit të gazit është e ulët kurse përqendrimi i grimcave është i lartë. Përdorimi i tyre për prurje të mëdha duhet shmangur për faktin se rënia e presionit është shumë e ndjeshme ndaj rrymimit (prurjes vëllimore të suspensionit).

Tabela 2.3 Konstruksioni gjeometrik standard për ciklonët industrial

Puna	Efikasitet të lartë		Efikasitet mesatar		Me kapacitet të lartë	
	Stairmand	Swift	Lapple	Swift	Stairmand	Swift
D	1	1	1	1	1	1
a/D	0.5	0.44	0.5	0.5	0.75	0.8
b/D	0.2	0.21	0.25	0.25	0.375	0.35
De/D	0.5	0.4	0.5	0.5	0.75	0.75
S/D	0.5	0.5	0.625	0.6	0.875	0.85
h/D	1.5	1.4	1	1.75	1.5	1.7
H/D	4	3.9	4	3.75	4	3.7
B/D	0.375	0.4	0.25	0.4	0.375	0.4

Në anën tjetër, në kolonat pesë dhe gjashtë janë paraqitur ciklonët me seksione hyrëse dhe dalje shumë më të mëdha. Këta ciklon sigurojnë performansë më të mirë për sa i përket rënies së presionit. Ciklonët e tillë mund t'ju bëjnë ballë prurjeve shumë më të mëdha se ciklonët me efikasitet të lartë. Por në krahasim me ciklonët paraprak efikasiteti i mbledhjes nuk është më i lartë. Për këtë arsye këta ciklon quhen ciklon me kapacitet të lartë (në hyrje dhe dalje). Ndërmjet konstruksioneve me efikasitet të lartë dhe kapacitet të lartë, qëndrojnë ciklonët konvencional – me efikasitet mesatar. Këta ciklon ofrojnë efikasitet më të madh të mbledhjes sesa ciklonët me kapacitet të lartë dhe njëkohësisht rënie më të ulët të presionit sesa ciklonët me efikasitet të lartë. Për këtë arsye ciklonët e tillë në përgjithësi kanë zbatim më të dendur.

Puna e një cikloni vlerësohet në bazë të efikasitetit të mbledhjes së grimcave dhe rënies së presionit që i përgjigjet këtij efikasiteti. Është vërejtur që te konstruksionet e tilla rritja e efikasitetit shoqërohet me uljen e presionit përgjatë ciklonit dhe anasjelltas. Të dy këta parametra janë të ndërlidhur ngushtë me karakteristikat e rrymimit të gazit në brendinë e ciklonit. Gjatë projektimit dhe montimit të ciklonëve kujdes të veçantë duhet t'i kushtohet mbështjellësit të ciklonit i cili duhet të jetë i mbyllur hermetikisht në mënyrë që të pamundësohet rifutja e grimcave të mbledhura dhe të sigurohet performansë më e mirë. Çfarëdo vrime në ciklon mund të shpije në zvogëlimin e efikasitetit deri në 25% apo më tepër [AWMA, 2000].

Ciklonët janë jashtëzakonisht të prirur ndaj erozionit për shkak të shpejtësisë së madhe të rrymimit të suspensionit. Erozioni shkaktohet si pasojë e goditjes dhe fërkimit të grimcave me muret e brendshme të ciklonit. Faktorët që e përcaktojnë shkallën e erozionit janë: shpejtësia e rrymimit, këndi i goditjes së murit të brendshëm nga ana e grimcave, e po ashtu edhe përqendrimi dhe densiteti i madh i grimcave. Ndër faktorët e tjerë që ndikojnë në punën e ciklonit janë madhësia e grimcave. Rritja e madhësisë së grimcave rezulton në rritjen e efikasitetit të mbledhjes. Në mënyrë të ngjashme edhe grimcat me densitet të lartë do të mblidhen më me efikasitet meqë inercioni i këtyre grimcave do të jetë më i madh atëherë edhe shpejtësia e fundërrimit do të jetë më e madhe. Në punën e ciklonit ndikim të madh ka edhe temperatura e gazit. Me rritjen e temperaturës bie densiteti, dhe rritet viskoziteti i gazit që gjithashtu shkakton uljen e efikasitetit të mbledhjes së grimcave [APTI 413, 2000].

2.3.2 Sistemet e ciklonëve

Sistemet e cikloneve janë grupe të organizuara të ciklonëve që përdoren për të trajtuar rrjedhat e mëdha të ajrit të ndotur dhe për të përmirësuar efikasitetin e ndarjes së grimcave. Këto sisteme përdoren gjerësisht në industri si ajo e çimentos, përpunimit të mineraleve, industrinë kimike dhe atë të drurit. Për të rritur efikasitetin e përgjithshëm të mbledhjes së grimcave, ciklonët mund të lidhën (montohen) në mënyrë paralele dhe në varg (seri). Në sistemet e ciklonëve të montuar paralelisht, rrymimi i suspensionit në secilin ciklon është më i ulët, me ç'rast ulet rënia e presionit të tërësishëm përgjatë njësisë së ciklonit. Ngjashëm do të kemi edhe në rastet kur numri i ciklonëve të montuar paralelisht është shumë më i madh por diametri i secilit ciklon është më i vogël. Në këto raste rënia e përgjithshme e presionit mbahet konstante, efikasiteti i secilit ciklon rritet, duke e rritur performancën e përgjithshme të tërë sistemit.

Gjithashtu ciklonët mund të montohen në seri, por në sistemet e tilla duhet siguar që rrymimi në hyrje të mos jetë i lartë, meqë mund të bie rënia e presionit në secilin ciklon dhe kështu bie efikasiteti i tërësishëm i sistemit. Të këto sisteme zakonisht cikloni i parë duhet të jetë i dizajnuar me efikasitet mesatar apo të ulët, kurse ciklonet pasues duhet të jenë me efikasitet të lartë apo me diametër më të vogël.

Në figurën 2.10 është paraqitur skema e montimit të dy ciklonëve në seri dhe katër ciklonëve të montuar paralelisht.

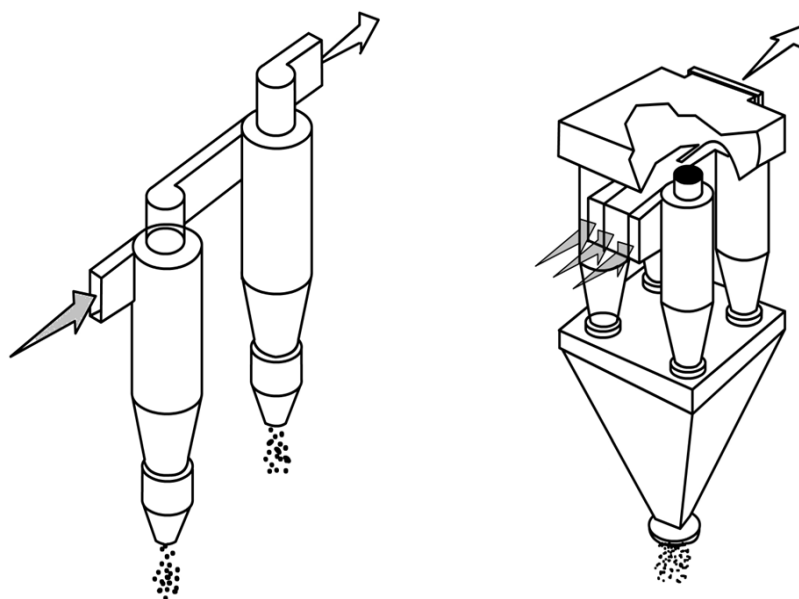


Figura 2.10: Montimi i ciklonëve. a) ciklonët në seri, b) ciklonët paralel

2.4 Modelimi i proceseve dhe pajisjeve

Modelimi i proceseve dhe pajisjeve industriale paraqet mjet të rëndësishëm në projektimin e tërësive komplekse industriale. Modelimi është qasje e re shkencore e cila mbështetet në teorinë e ngjashmërisë së dukurive të ndryshme fizike dhe kimike që ndodhin në proceset dhe pajisjet industriale. Teoria e modelimit paraqitet edhe si metodë e rëndësishme e racionalizimit të hulumtimit eksperimental të ndonjë dukurie fizike. Zbatimi i saj bëhet në rastet kur janë të njohura barazimet matematikore që e përshkruajnë tërësisht dukurinë e shqyrtuar fizike dhe kur zgjidhja e tyre analitike është ose tepër e komplikuar ose edhe e pamundshme.

Modelimi është metodë e cila shpesh aplikohet në praktika profesionale dhe shkencore në shumë fusha të ndryshme të veprimtarisë njerëzore. Qëllimi kryesor i modelimit është përshkrimi i përmbajtjes, strukturës dhe sjelljes të një sistemi real, i cili përfaqëson një pjesë të realitetit. Modelet gjithmonë vetëm i përafrohen realitetit, sepse sistemet reale zakonisht janë shumë më komplekse se sa vetë modelet e tyre. Gjatë modelimit të një sistemi, ndërveprimet e secilit element të sistemit korrespondojnë me ndërveprimet e një elementi të sistemit real të modeluar, po jo edhe anasjelltas. Modeli gjithnjë duhet nënkuptuar si thjeshtësim i origjinalit. Hapi i parë në procesin e modelimit është krijimi i modelit matematikor (parashtrimi i barazimeve matematikore) të sistemit real të studiuar. Modeli mund të fitohet teorikisht në bazë të vetive fizike të sistemit apo numerikisht me anë të vlerave të matura (përcaktuara). Përcaktimi i parametrave të modelit teorik të ndërtuar nga të dhënat empirike quhet identifikim i sistemit.

Modeli matematikor duhet të përshkruaj në mënyrë të duhur varësinë në mes të hyrjeve dhe daljeve të sistemit real.

2.4.1 Procedura e modelimit të ciklonëve

Megjithëse shumë të thjesht në konstruksion (ndërtim), modelimi i këtyre pajisjeve është proces mjaftë i komplikuar. Modelimi i cikloneve është një proces që përfshin analiza teorike, simulime numerike dhe eksperimentale për të projektuar dhe optimizuar performancën e ciklonëve në ndarjen e grimcave nga rrjedha e ajrit. Procedurat e modelimit ndihmojnë në përmirësimin e efikasitetit dhe reduktimin e humbjeve të energjisë. Më poshtë janë hapat kryesorë:

1. Definimi i parametrave fillestarë - karakteristikat e rrjedhës së ajrit: Shpejtësia e rrjedhës (m/s), temperatura dhe presioni i ajrit, dendësia e ajrit, karakteristikat e grimcave si madhësia (diametri mesatar, shpërndarja), dendësia, forma (sferike, këndore, etj.), kërkesat operuese: kapaciteti i ajrit (m^3/s), efikasiteti i ndarjes së kërkuar (%).

2. Zgjedhja e modelit matematikor - modeli teorik përfshin përdorimin e ekuacioneve që përshkruajnë sjelljen e rrjedhës dhe ndarjen e grimcave në ciklon.

3. Zhvillimi i modelit gjeometrik - projektimi gjeometrik i ciklonit përfshin përcaktimin e dimensioneve kryesore.

4. Simulimet CFD (Computational Fluid Dynamics)

Përdorimi: Simulimet CFD ndihmojnë në analizimin e rrjedhës së ajrit dhe trajektoreve të grimcave brenda ciklonit.

5. Verifikimi dhe kalibrimi

Verifikimi teorik: Krahësimi i rezultateve të simulimeve me modelet matematikore për të siguruar saktësinë. Kalibrimi eksperimental: Testimi i një prototipi fizik të ciklonit për të krahasuar rezultatet me simulimet.

6. Optimizimi i performancës

Optimizimi bëhet duke ndryshuar parametrat gjeometrikë dhe operues për të arritur rezultate më të mira:

- Përmirësimi i efikasitetit: Rregullimi i këndit të pjesës konike ose hyrjes së ajrit.
- Reduktimi i humbjes së energjisë: Zgjedhja e një raporti optimal mes presionit dhe shpejtësisë.
- Trajtimi i grimcave të vogla: Shtimi i cikloneve të vegjël ose përdorimi i teknikave të kombinuara.

7. Implementimi dhe monitorimi

Implementimi praktik: Zbatimi i dizajnit në një sistem industrial.

Monitorimi operacional: Vendorsja e sensorëve për të matur rrjedhën, presionin dhe efikasitetin në kohë reale.

8. Aplikimi i modeleve të avancuara

Për aplikime specifike ose kërkesa më të larta, përdoren teknika të avancuara:

- Modelet multifazore: Për grimcat që ndryshojnë fazën gjatë procesit (lagështi, gazra).

- Modelet lagësuese: Përfshijnë efektet e ujit ose lëngjeve në ndarjen e grimcave.
- Zakonisht modelimi i ciklonëve përbëhet nga tri faza: modelimi fillestar (preliminar), modelimi i ciklonit, modelimi i sistemit.

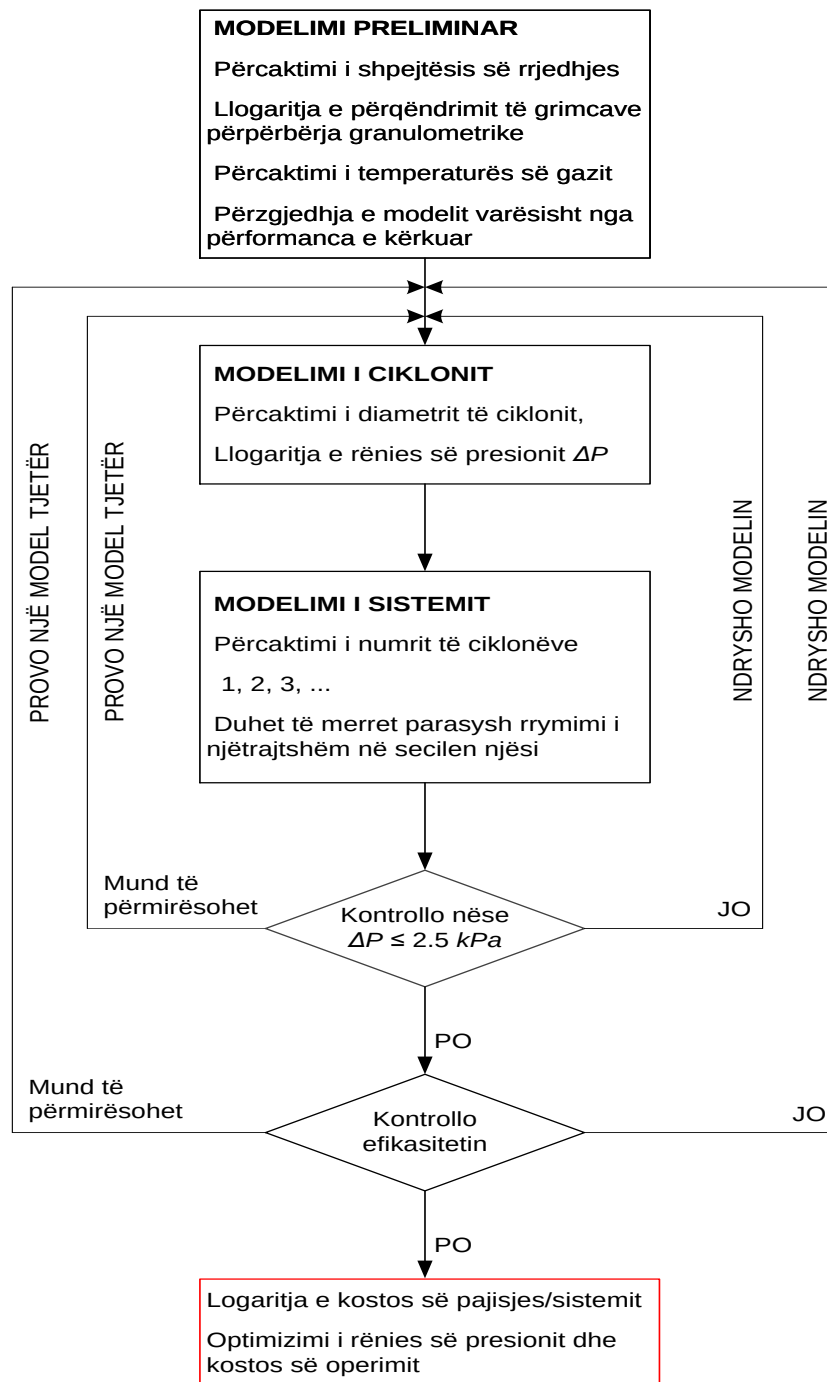


Figura 2.11: Procedura e modelimit të ciklonit

Siç paraqitet në figuren 2.11, në fazën e parë duhet të llogaritet shpejtësia e rrjedhjes së suspensionit. Po ashtu përcaktohet shkalla e emisionit të grimcave, e cila shfrytëzohet për përcaktimin e përqendrimit të grimcave në rrymën e gazit. Gjithashtu në këtë fazë përcaktohet edhe temperatura e gazit dhe përbërja granulometrike e grimcave. Përbërja granulometrike përcaktohet/llogaritet në mënyrë laboratorike. Në bazë të këtyre parametrave, varësisht nga performanca e kërkuar bëhet përzgjedhja e njërit prej modeleve standarde siç mund të jetë: modeli i efikasiteti të lartë të Stairmandit, modeli i kapacitetit të lartë i Swiftit ose modeli konvencional i Lapple.

Në fazën e dytë, bëhet përcaktimi i diametrit optimal të ciklonit. Zakonisht diametri i ciklonit përcaktohet duke u bazuar në gjeometrinë e ciklonit të përzgjedhur në fazën e parë. Megjithatë diametri optimal në shumicën e rasteve përcaktohet në bazë të shpejtësisë hyrëse, çmimit të ndërtimit dhe shkallës së efikasitetit.

Hapi i radhës është llogaritja e rënies së presionit. Në bazë të gjeometrisë (dimensioneve) është e mundur të llogaritet rënia e presionit përgjatë ciklonit. Duhet cekur se rënia e presionit nuk duhet të jetë më e madhe se 2.5 kPa në të kundërtën bie efikasiteti i mbledhjes, dhe si rrjedhim duhet të behët modifikimi i dimensioneve të ciklonit (zvogëlimi i diametrit) ose ndryshimi i modelit.

Në fazën e tretë, përcaktohet numri i njërive të ciklonëve dhe mënyra e montimit të tyre (në seri apo paralel). Duhet rikujtuar se ciklonët e montuar paralelisht e zvogëlojnë rënien e presionit të përgjithshme në secilën njësi, nëse efikasiteti i mbledhjes është i njëjtë, ndërsa ata të montuar në seri mund të përdoren për të rritur efikasitetin e mbledhjes. Por gjithnjë duhet të kemi parasyshë se rritja e numrit të ciklonëve që duhet instaluar në një impiant do të rris çmimin e investimeve dhe po ashtu mund të krijoj probleme në rrymimin jo të njëtrajtshëm ndërmjet ciklonëve. Nëse rënia e presionit nuk është në vlerat optimale duhet rregulluar duke provuar modele tjera në të kundërtën ndërrohet modeli njësoj veprohet edhe nëse efikasiteti nuk është siç duhet.

Pasi të jenë kryer të gjitha këto procedura bëhet llogaritja e kostos së pajisjes apo sistemit dhe zgjidhet vendi më i përshtatshëm për vendosjen e pajisjes/sistemit. Zakonisht ciklonët vendosen sa më afër burimit të ndotjes, afër njëri tjetrit për të shmangur ngarkimin e tepërt të gypit furnizues.

2.4.2 Modelimi klasik i cikloneve (Modeli i Lapple)

Metoda e modelimit të separatorëve ciklonik për herë të parë është zhvilluar nga Lapple në fillim të viteve '50, ndryshe e njohur si metoda e dizajnit klasik të cikloneve (DKC). Modeli i Lapple, merret si metodë standarde dhe nga shumica e inxhinierëve konsiderohet si metodë e pranueshme për modelimin e ciklonëve. Megjithatë, janë disa probleme që lidhen me këtë procedurë të modelimit. Para së gjithash, metoda DKC nuk e merr në konsiderim shpejtësinë e hyrjes së gazit në ciklon në raport me dimensionet e tij. Është vërtetuar [Hoffman & Stein, 2008] se për modele të ndryshme të cikloneve ekziston një shpejtësi hyrëse “ideale” e cila ka ndikim në funksionimin optimal të ciklonit. Së dyti, metoda DKC, nuk e parashikon numrin e saktë të rrotullimeve për lloje të ndryshme të ciklonëve. Efikasiteti i përgjithshëm i parashikuar sipas këtij modeli është i pa saktë, për shkak të pasaktësisë së lakores së efikasitetit fraksional e cila gjenerohet nga kjo metodë [Wang, 2004].

Për të modeluar një ciklon sipas Lapple, duhet të njihen këta parametra:

1. Kushtet e rrymimit të suspensionit (gazi i ndotur me grimca),
2. Përqendrimi i grimcave në gaz dhe përbërja granulometrike e grimcave, dhe
3. Shkalla e efikasitetit të ciklonit.

Përbërja granulometrike e grimcave (përbërja sasiore e grimcave sipas madhësisë së tyre) duhet shprehur në fraksione masore, në raport me diametrin e barasvlerës aerodinamike të grimcës, kurse dimensionet e ciklonit duhet të jenë në funksion të diametrit të cilindrit (D). Bazuar në këto të dhënë, metoda DKC është si vijon:

- Numri i rrotullimeve efektive (N_e)

Hapi i parë në modelimin e një cikloni sipas modelit të Lapple është llogaritja e numrit të rrotullimeve efektive. Numri i rrotullimeve efektive në ciklon paraqet numrin e cikleve të lëvizjes spiralore të gazit gjatë kalimit nëpër shtjellën e jashtme (periferike) të ciklonit. Sa më i madh të jetë numri i rrotullimeve të rrymës së gazit aq më e lartë do të jetë shkalla e efikasitetit të mbledhjes (ndarjes) së grimcave.

Llogaritja e N_e sipas modelit të Lapple është:

$$N_e = \frac{1}{a} \left(h + \frac{Z}{2} \right) \quad (2.1)$$

Ku: N_e – Numri i rrotullimeve (gjirove) efektive të gazit në ciklon,

a – gjatësia e gypit anësor për hyrjen e gazit,

h – gjatësia e cilindrit, dhe

Z – gjatësia e konit

Mbështetur në barazimin 2.1, është llogaritur numri i gjirove (rrotullimeve) të parashikuara për tri llojet e cikloneve të cilat janë paraqitur në tabelën 2.4. Në këtë tabelë ciklonet 1D2D, 2D2D, dhe 1D3D janë modelet e ciklonëve të paraqitur në figurën 2.3. Tre ciklonët e parë i kanë të njëjta dimensionet e gypit anësor për hyrjen e gazit ($a = b$). Tabela 2.4, jep krahasimin e N_e të parashikuar ndaj atij të llogaritur me software-in Aspen Plus. Në bazë të llogaritjeve është vërejtur se modeli i Lapple për N_e jep rezultate të shkëlqyeshme për ciklonët e llojit 2D2D. Megjithatë, ky model (barazimi 2.1) nuk është i përshtatshëm për llogaritjen e N_e për ciklonet e tjerë. Ky observim tregon kufizimet e modelit të Lapple për të parashikuar saktë numrin e rrotullimeve efektive. Ky model është i vlefshëm vetëm për ciklonet e llojit 2D2D, që fillimisht është zhvilluar nga Shepherd dhe Lapple më 1939.

Tabela 2.4 Numri i rrotullimeve efektive (N_e)

Lloji i cikloni	Modeli i Lapple	Aspen Plus
1D2D	4	i pa vlefshëm
2D2D	6	6
1D3D	5	6

- Diametri kritik i ciklonit (d_{50})

Hapi i dytë në procesin e modelimit të cikloneve sipas Lapple është llogaritja e diametrit kritik të ciklonit. Diametri kritik i ciklonit (d_{pc} apo d_{50}) paraqet diametrin barasvlerës aerodinamike të grimcave për të cilat shkalla e efikasitetit të mbledhjes së ciklonit është 50% . Me rritjen e diametrit kritik, ulet shkalla e efikasitetit të mbledhjes.

Modeli i Lapple për diametrin kritik është zhvilluar mbi bazën e teorisë së balancimit të forcave.

Diametri kritik është karakteristikë e pajisjes ciklonike dhe nuk duhet ngatërruar me diametrin mesatar gjeometrik të përbërjes granulometrike të grimcave.

Modeli i Lapple për diametrin kritik d_{pc} është si vijon:

$$d_{pc} = \left[\frac{9\mu b}{2\pi v_i N_e (\rho_p - \rho_g)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

ku: d_{pc} – diametri i grimcave të mbledhura me efikasitet prej 50%,

μ – viskoziteti i gazit,

b – gjerësia e gypit furnizues për hyrjen e gazit,

v_i – shpejtësia e hyrjes së gazit në ciklon,

ρ_p – densiteti i grimcave,

ρ_g – densiteti i gazit

Gjatë zhvillimit të këtij modeli (barazimi 2.1) është supozuar se shpejtësia e sedimentimit (shpejtësia e fundme) të grimcës arrihet kur forca tërheqëse barazohet me forcën centrifugale, dhe se forca tërheqëse në secilën grimcë përcaktohet sipas ligjit të Stoksit.

Si rezultat i kësaj, diametri kritik i përcaktuar sipas modelit të Lapple (barazimi 2.2) paraqet diametrin barasvlerës të sferës (D_{bs}), me fjalë tjera diametrin e Stoksit. Barazimi në vijim mund të përdoret për të shndërruar diametrin barasvlerës së sferës, në diametrin barasvlerës aerodinamike (D_{ba}) për grimca sferike:

$$D_{ba} = \sqrt{\rho_p} \cdot D_{bs} \quad (2.3)$$

Meqenëse $\rho_p \gg \rho_g$ mund të konsiderohet që $(\rho_p - \rho_g) \approx \rho_p$. Me kombinimin e barazimit 2.2 dhe 2.3 modeli i Lapple për d_{pc} , mund të modifikohet si:

$$d_{pc} = \left[\frac{9\mu b}{2\pi v_i N_e \rho_p} \right]^{\frac{1}{2}} ; \quad (2.4)$$

Barazimi 2.4 tregon se diametri kritik është plotësisht i pavarur nga veçorit e grimcave që hyjnë në ciklon. Megjithatë është vërtetuar [Saraç&Demir, 2012], se përbërja granulometrike e grimcave që hyjnë në ciklon ka ndikim mjaft domethënës në lakoren e efikasitetit të ciklonit. Prandaj modeli i Lapple duhet të korrektohet në varësi nga veçoritë e grimcave që hyjnë në ciklon.

- Lakorja e efikasitetit fraksional (η_j)

Hapi i tretë në modelimin e ciklonëve është përcaktimi i efikasitetit të mbledhjes së grimcave në bazë të fraksioneve të madhësisë. Bazuar në diametrin kritik, Lapple ka zhvilluar modelin empirik për parashikimin e efikasitetit fraksional për çfarëdo madhësie të grimcave, që ndryshe njihet si lakorja e efikasitetit fraksional:

$$\eta_j = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{50}}{\bar{d}_{pj}} \right)^2} \quad (2.5)$$

ku: $\bar{d}_{pj}$ – diametri karakteristik i madhësisë së fraksioneve të grimcave.

- Efikasiteti i përgjithshëm (η)

Nëse dihet përbërja granulometrike e grimcave që futen në ciklon, efikasiteti i përgjithshëm i ciklonit mund të llogaritet në bazë të efikasitetit fraksional.

Në tabelën 2.5 është dhënë efikasiteti i përgjithshëm i parashikuar sipas modelit të Lapple dhe llogaritjeve përmes programit Aspen Plus. Nga krahasimet e vlerave në tabelën 2.5 shihet se modeli i Lapple në masë të madhe e nënvlerëson efikasitetin e mbledhjes së ciklonit.

Tabela 2.5 Efikasiteti i përgjithshëm i ciklonit (η)

Lloji i cikloni	Modeli i Lapple	Aspen Plus
1D2D	78.9%	92%
2D2D	86.6%	96%
1D3D	85.2%	97%

- Rënia e presionit (Δp)

Një tjetër parametër me rëndësi të madhe që duhet marrë parasysh gjatë modelimit të ciklonëve është llogaritja e rënies së presionit. Rënia e presionit në një ciklon përkufizohet me ndryshimin ndërmjet presionit të rrymimit furnizues në hyrje dhe presionit të gazit të pastruar në gypin e shkarkimit. Sipas autorëve të shumtë faktorët kryesorë që ndikojnë në rënien e presionit janë:

1. humbjet (rezistencat) lokale dhe gjatësore,
2. raporti i dimensioneve cilindër/kon,
3. përqendrimi i madh i grimcave në gaz dhe
4. shpejtësia e madhe e hyrjes së gazit.

Duhet theksuar se modeli i Lapple nuk merr parasysh dimensionet vertikale (gjatësinë e përgjithshme) të ciklonit që kontribuojnë në rënien e presionit [Rhodes, 2003]. Një mospërfillje e tillë shpije deri tek ideja e gabuar se një ciklon i gjatë do të kishte rënie të presionit të njëjtë sikurse një ciklon i shkurtër pavarësisht që të dytë do të kishin dimensionet (jashtme dhe të brendshme) e tjera të njëjta dhe shpejtësi të hyrjes së gazit të njëjtë. Po ashtu është konsideruar se efikasiteti i një cikloni rritet me rritjen e dimensioneve vertikale, prandaj mund të përfundohej se cikloni do të duhej të ishte sa më i gjatë që është e mundur meqë do të ndikoj në rritjen e efikasitetit të tij, pa marrë parasysh koston e rënies së presionit. Prandaj do të duhet një qasje e re e modelimit për të parashikuar rënien e presionit në raport me dimensionet e ciklonit.

Klasifikimi i ciklonëve në bazë të rënies së presionit është dhënë në tabelën 2.6.

Tabela 2.6: Klasifikimi i ciklonëve në bazë të rënies së presionit

Klasifikimi	Shkalla e rënies së presionit, [kPa]	
	Lartë	Poshtë
Efikasitet i ulët	0.5	1.0
Efikasitet i mesëm	1.0	1.5
Efikasitet i lartë	2.0	2.5

2.4.3 Modelimi sipas Leith dhe Licht

Modelimi i një cikloni sipas metodës së autorëve Leith dhe Licht, merr në konsideratë kohën e qëndrimit të gazit përbrenda ciklonit. Ky model përshkruan lëvizjen e grimcave në hyrje dhe në zonat e mbledhjes në bazë të supozimeve se:

1. Shpejtësia tangjenciale e grimcës është e barabartë me shpejtësinë tëngjenciale të rrymimit të gazit, me fjalë tjera nuk ka shmangie në drejtimin tangjencial ndërmjet grimcës dhe gazit.
2. Shpejtësia tangjenciale është e ndërlidhur me rrezen e cilindrit të ciklonit përmes shprehjes: $uR^n = \text{konstant}$.

Llogaritja e shkallës së efikasitetit fraksional varet nga parametrat e ciklonit dhe karakteristikat e rrymimit të suspensionit. Sipas këtyre autorëve ekzistojnë disa faktorë kufizues që e pamundësojnë arritjen e një modeli “ideal” të ciklonit.

Këta janë:

1. $a < S$, për të parandaluar “rrugën e shkurtër” të rrymimi të suspensionit¹,
2. $b < \frac{1}{2}(D - D_e)$, për të shmang ngushtimin e përnjëhershëm,
3. $S + l \leq H$, për të mbajtur rrymimin shtjellor brenda ciklonit,
4. $S < h$,
5. $h < H$,
6. $\Delta P < 2.5 \text{ kPa}$
7. $\frac{v_i}{v_s} \leq 1.35$, për të parandaluar hyrjen e grimcave që njëherë janë ndarë nga gazi,
ku: v_i – shpejtësia lineare e hyrjes së suspensionit dhe
 v_s – shpejtësia e shmangies së grimcës nga rryma e gazit.
8. $\frac{v_i}{v_s} \cong 1.25$, në mënyrë që të arrihet efikasiteti optimal i ciklonit.

¹ “Rruga e shkurtër” nënkupton që me të hyrë në ciklon, suspensioni lëviz drejtpërdrejt në pjesën e poshtme të ciklonit dhe nuk rrymon në mënyrë spiralore nga lartë poshtë.

Barazimet matematikore për llogaritjen e parametrave të ciklonit sipas modelit Leith dhe Licht nxjerren duke u bazuar në modelin gjeometrik të ciklonit.

Gjatësia e zakonshme e ciklonit është distanca më e madhe e shtrirjes së rrymimit shtjellor (vorteksit) nën gypin e shkarkimit [Stern, A.C., 1986] dhe përkufizohet me shprehjen:

$$l = 2.3D_e \left(\frac{D^2}{a \cdot b} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.7)$$

Me fjalë tjera l paraqet distancën nën të cilën gazi del jashtë (shkarkohet). Kjo në fakt paraqet pikën e kthimit të rrymimit shtjellor.

Për $l < (H - S)$, vëllimi i ciklonit për gjatësinë e zakonshme do të jetë:

$$V_{nl} = \frac{\pi D^2}{4} (h - S) + \frac{\pi D^2}{4} \left(\frac{S + l - h}{3} \right) \left(1 + \frac{d}{D} + \frac{d^2}{D^2} \right) - \left(\frac{\pi D_e^2 l}{4} \right) \quad (2.8)$$

Diametri i bërthamës qendrore në pikën e kthesës së rrymimit shtjellor që në fakt paraqet diametrin e konit është:

$$d = D - \frac{(D - B)(S + l - h)}{(H - h)} \quad (2.9)$$

Për $l > (H - S)$, vëllimi i ciklonit nën gypin e shkarkimit (duke përjashtuar bërthamën) është:

$$V_H = \frac{\pi D_e^2}{4} (h - S) + \frac{\pi D^2}{4} \left(\frac{H - h}{3} \right) \left(1 + \frac{B}{D} + \frac{B^2}{D^2} \right) - \frac{\pi D^2}{4} (H - S) \quad (2.10)$$

Eksponenti i rrymimit shtjellor jepet me shprehjen:

$$n = 1 - \left[\left(1 - 0.67 \cdot D^{0.14} \right) \left(\frac{T}{283} \right)^{0.3} \right] \quad (2.11)$$

Konstanta e vëllimit të ciklonit duke shfrytëzuar V_{nl} ose V_H do të jetë:

$$K_c = \frac{2V_s + V_{nl,H}}{2D^3} \quad (2.12)$$

ku:

$$V_s = \frac{\pi}{4} \left(S - \frac{a}{2} \right) (D^2 - D_e^2) \quad (2.13)$$

Koha e relaksimit τ_i për llojin e grimcës i me diametër d_{pi} është:

$$\tau_i = \frac{\rho_p \cdot d_{pi}^2}{18\mu} \quad (2.14)$$

Faktori i formës së ciklonit G përcaktohet nga raportet gjeometrike:

$$G = \frac{8K_c}{K_a^2 \cdot K_b^2} \quad (2.15)$$

Me zëvendësimin e shprehjeve për K_a , K_b dhe K_c në barazimin 2.16 fitojmë:

$$G = \left\{ 2 \left[\pi \left(S - \frac{a}{2} \right) (D^2 - D_e^2) \right] + 4V_{nl,H} \right\} \frac{D}{a^2 \cdot b^2} \quad (2.16)$$

Shkalla e efikasitetit fraksional mund të shprehet:

$$\eta_i = 1 - \exp \left\{ -2 \left[\left(\frac{G \cdot \tau_i \cdot Q}{D^3} (n+1) \right) \right]^{\frac{1}{2(n+1)}} \right\} \quad (2.17)$$

Shpejtësia e shmangies së grimcave nga rrymimi i gazit

Leith dhe Licht përmes metodës së tyre kanë përkufizuar shpejtësinë e shmangies së grimcave si shpejtësinë më të vogël të gazit të nevojshme për të parandaluar fundërrimin e grimcave që barten me rrymimin e gazit. Kjo shpejtësi varet nga dimensionet e ciklonit, shpejtësia në hyrje dhe veçorive të gazit dhe grimcave dhe mund të ketë vlera prej 15-28 m/s. Shpejtësia e shmangies shprehet me barazimin:

$$v_s = 2.055\omega \left[\frac{\frac{b}{D}}{\left(1 - \frac{b}{D} \right)^{\frac{1}{3}}} \right] \cdot D^{0.067} \cdot v_i^{0.667} \quad (2.18)$$

$$\text{ku:} \quad \omega = \left[\frac{4g\mu(\rho_p - \rho_g)}{3\rho_g^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.19)$$

kurse shpejtësia e hyrjes v_i

$$v_i = \frac{Q_i}{a \cdot b} \quad (2.20)$$

ku: Q_i – shpejtësia e rrymimit vëllimor të suspensionit në hyrje të ciklonit.

- **Rënia e presionit (Δp)**

Rënia e presionit përgjatë ciklonit llogaritet përmes barazimit:

$$\Delta p = 0.003 \rho_g v_i^2 N_H \quad (2.21)$$

Ku N_H paraqet numrin e lartësisë së shpejtësisë dhe përkufizohet me barazimin:

$$N_H = K \left(\frac{a \cdot b}{D_e^2} \right) \quad (2.22)$$

- **Diametri kritik i ciklonit (d_{50})**

Diametri kritik i ciklonit jepet me barazimin:

$$d_{pc} = \left[\frac{9\mu D}{4\pi N_e v_i (\rho_p - \rho_g)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.23)$$

Ku N_e paraqet numrin e rrotullimeve efektive që bën rryma e gazit në ciklon dhe përkufizohet me barazimin:

$$N_e = v_i (0.1079 - 0.00077 v_i + 1.924 \cdot 10^{-6} v_i^2) \quad (2.24)$$

Përpos parametrave të cekur më lartë Leith dhe Licht kanë dhënë edhe barazimet për llogaritjen edhe të disa faktorëve tjerë shumë me rëndësi siç janë:

a) Lartësia e shpejtësisë në hyrje bazuar në sipërfaqen hyrëse:

$$h_{vi} = 0.003 \rho V_c^2 \quad (2.25)$$

b) Lartësia e rënies së presionit të gazit, të shkaktuar nga fërkimi i gazit me muret e brendshme të ciklonit:

$$F_{cv} = \Delta P_{cv} + 1 - \left(\frac{4A}{\pi D_e^2} \right)^2 \quad (2.26)$$

Në tabelën 2.7, paraqitet ndikimi i parametrave në performancën e ciklonit:

Tabela 2.7: Ndikimi i parametrave në performancën e ciklonit

Parametri	Ndikimi
Rritja e diferencës së presionit	Zvogëlohet diametri kritik i grimcave (d_{50}), rritet shpejtësia e rrymimit, rritet vrazhdësia (ashpërsia) e grimcave.
Rritja e përqendrimit të grimcave në rrymimin furnizues	Rritet diametri kritik i grimcave mbi 15-20%.
Rritja e faktorit ($\rho_p - \rho_g$)	Zvogëlohet diametri kritik i grimcave,
Rritja e diametrit të ciklonit, D	Rritet diametri kritik i grimcave, zvogëlohet diferenca e presionit.
Rritja e diametrit të gypit furnizues (a)	Zvogëlohet forca e gravitetit në ciklon, rritet diametri kritik i grimcave, bie kapaciteti, zvogëlohet diferenca e presionit
Rritja diametrit të rrymimit furnizues	Rritet diametri kritik i grimcave, rritet erozioni i mureve të brendshme ciklonit.
Rritja e përmasave të ciklonit	Rritet diametri kritik i grimcave,

(Burimi: Adoptuar nga Coker, A. Kayode, 2007)

Nga kjo që u cek më lart është më së e qartë se modelimi i një cikloni është proces mjaft i komplikuar duke marrë parasysh numrin e madh të parametrave që duhet përcaktuar. Secili parametër është i varur nga parametrat e tjerë dhe gjatë llogaritjes së tyre shpesh duhet të përdoret metoda provo-gabo e cila merr kohë. Gjatë modelimit të këtyre pajisjeve problem paraqet edhe rasti kur për shkak të përshtatjes së performancës jemi të detyruar të bëjmë ndërrimin e modelit. Si rezultat i kësaj ndodhë që shpeshherë llogaritjet duhet të përsëriten nga fillimi. Modelimi i sistemeve të ciklonëve paraqet një problem akoma më të përbërë, për shkak të rënies së presionit dhe rrymimit jo të njëtrajtshëm në secilën njësi të sistemit.

Për të lehtësuar procesin e modelimit të këtyre pajisjeve, kohëve të fundit janë në përdorim software të ndryshëm përmes së cilëve mundësohet llogaritje e shpejt dhe saktësi e madhe. Shumë prej software-ve që përdoren sot kanë modele të gatshme të ciklonëve dhe mjafton që me një numër të vogël të parametrave të njohur të modelohen sisteme komplekse të përbëra nga dhjetëra njësi të ciklonëve.

2.5 Simulimi kompjuterik i proceseve dhe pajisjeve

Përparimet në dizajnimin e proceseve me ndihmën e kompjuterit në dekadat e fundit kanë qenë vërtetë mahnitëse. Deri në fund të viteve të 70-ta, ka qenë e pazakontë për një inxhinier të ketë ndonjë përvojë në përdorimin e programeve kompjuterike për simulimin e proceseve në fusha të ndryshme të inxhinierisë kimike dhe mjedisore. Në shumicën e rasteve llogaritjet e bilancit material dhe energjetik për një proces të caktuar ende kryheshin me dorë nga ekipe të inxhinierëve me shumë përvojë. Simulimi i rigoroz i pajisjeve për ndarjen shumëshkallëshe, dhe sistemit të reaktorëve të komplikuar në përgjithësi ishin të panjohura, prandaj projektimi i pajisjeve të tilla është realizuar me kombinimin e analizës së thjeshtimit, metodave të drejtpërdrejta, dhe në bazë të përvojës shumëvjeçare. Mirëpo në ditët e sotme, kompanitë e ndryshme industriale, presin nga inxhinierët e rinj të jenë të familjarizuar me lloje të ndryshme të programeve kompjuterike, posaçërisht me simulator të proceseve.

Simulimi kompjuterik i proceseve dhe pajisjeve për ndarjen e ciklonëve është mjet i fuqishëm për të analizuar dhe optimizuar performancën e ciklonëve pa pasur nevojë për eksperimente fizike, që mund të jenë të shtrenjta dhe të ndërlikuara. Ky proces përdor modele matematikore dhe teknika të simulimeve numerike për të parashikuar sjelljen e ciklonit nën kushte të ndryshme dhe për të kuptuar se si ndryshimet në dizajn ose parametrat operativ ndikojnë në efikasitetin e ndarjes. Njohurit themelore që kërkohen për të simuluar me sukses një proces apo pajisje deri në njëfarë mase, varen nga programi simulues që përdoret. Aktualisht në treg gjendet një numër i madh i simulatorëve siç janë: ASPEN PLUS, HYSYS, CHEMCAD, PRO/II, SuperPro Designer etj. Programet e tilla mundësojnë simulimin e proceseve sharzhore, gjysëmkontinuale dhe kontinuale.

Disponimi i një programi me mundësi të tilla është një pasuri e madhe për një inxhinier me përvojë, por një vegël aq e sofistikuar mund të jetë rrezik potencial në duart e një inxhinieri fillestar. Por megjithatë çështja kryesore në simulimin e çfarëdo procesi është se, si inxhinier prapë jemi përgjegjës për analizimin e rezultateve të gjeneruara nga kompjuteri [Turton et al, 2012].

2.5.1 Programi Aspen Plus

Aspen Plus (shkurtimisht AP) është Simulatori kryesor i procesit kimik në botën e Inxhinierisë Kimike. AP është një softuer që mundëson përdoruesit të ndërtojë një model procesi dhe më pas ta simulojë atë duke përdorur llogaritje komplekse (modele, ekuacione, llogaritje matematikore, regresione, etj.) Ka shumë përfitime nga Aspen Plus, që nga dizajni i proceseve të reja deri te përmirësimi i atyre ekzistues. Ky softuer maksimizon fitimet duke përdorur një zgjidhje simulimi në të gjithë fabrikën që kombinon saktësinë e pashembullt dhe bashkëpunimin inxhinierik me rrjedhën e punës që kursen kohë. Në figurën 2.12, është paraqitur Programi Aspen Plus.

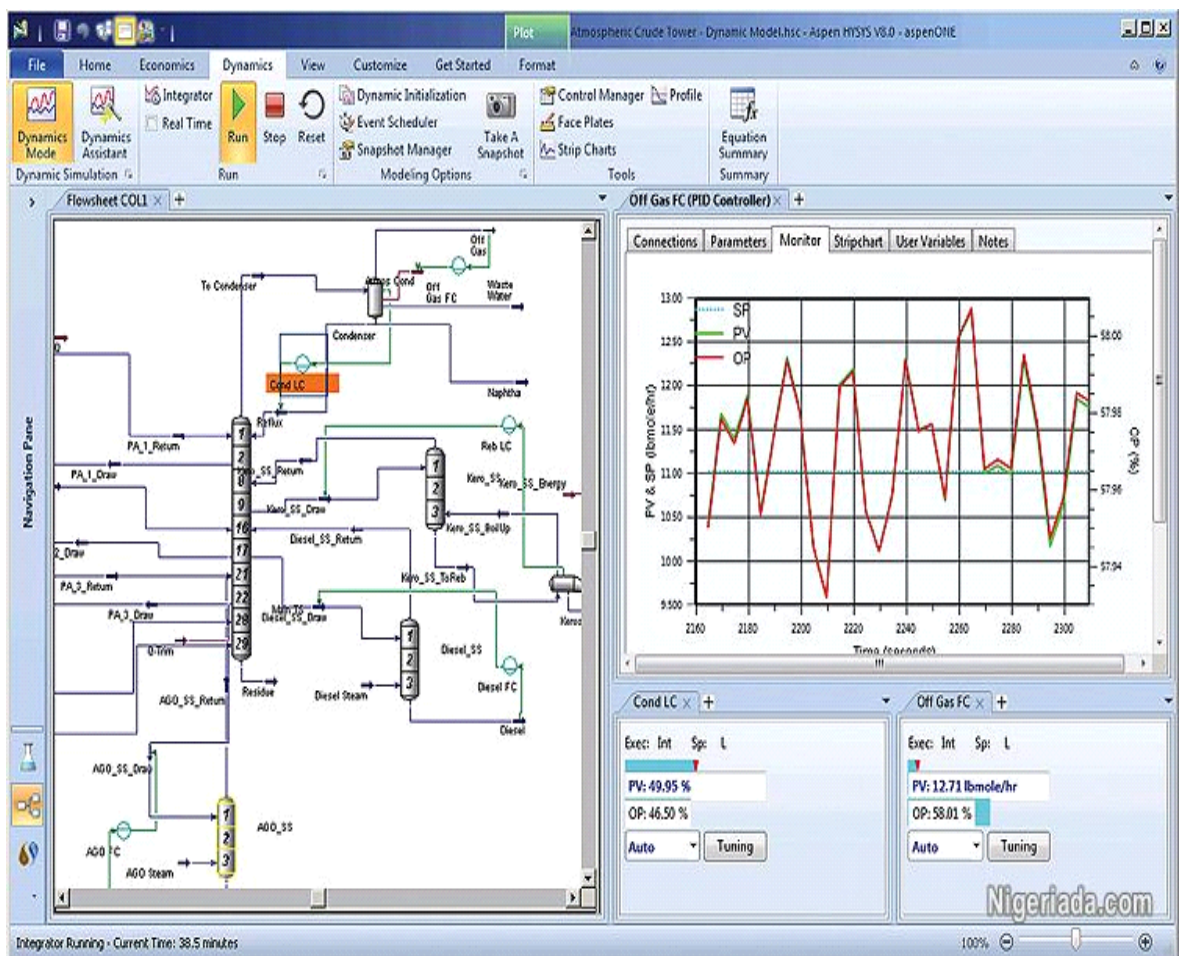


Figura 2.12: Programi Aspen Plus

2.5.2 Struktura e programit simulues

Në përgjithësi të gjitha programet simuluese përbëhen nga gjashtë tipare kryesore. Këto elemente janë:

1. Databaza e Komponentëve (Component Database): Përmban konstantat e nevojshme për llogaritjen e vetive fizike nga modelet termodinamike.
2. Zgjidhësi i modelit termodinamik (Thermodynamic Model Solver): Përmbanë opsione të ndryshme për llogaritjen e baraspeshës avull-lëngë, lëng-lëngë, entalpisë si dhe vetive tjera termodinamike.
3. Ndërtuesi i skemës (Flowsheet Builder): Bënë ndërlidhjen ndërmjet rrymave dhe pajisjeve në procesin e simuluar.
4. Blloku për zgjidhjen e operacionit të njësisshëm (Unit Operation Block Solver): Paraqet blloqet apo modulet përmes së cilave mundësohet llogaritja e bilancit material dhe energjetik për një mori pajisjesh të njësisshme.
5. Gjeneruesi i rezultateve (Data Output Generator): Shërben për të përshtatur formën e rezultateve në raportin i cili gjenerohet nga simulatori. Zakonisht rezultatet e tilla mund të jenë në formë numerike, tabelare, ose grafike.
6. Zgjidhësi i Skemës (Flowsheet Solver): Bënë kontrollimin e llogaritjeve të njëpasnjëshme dhe konvergjimimin e tërësishëm të simulimit për procesin e dhënë.

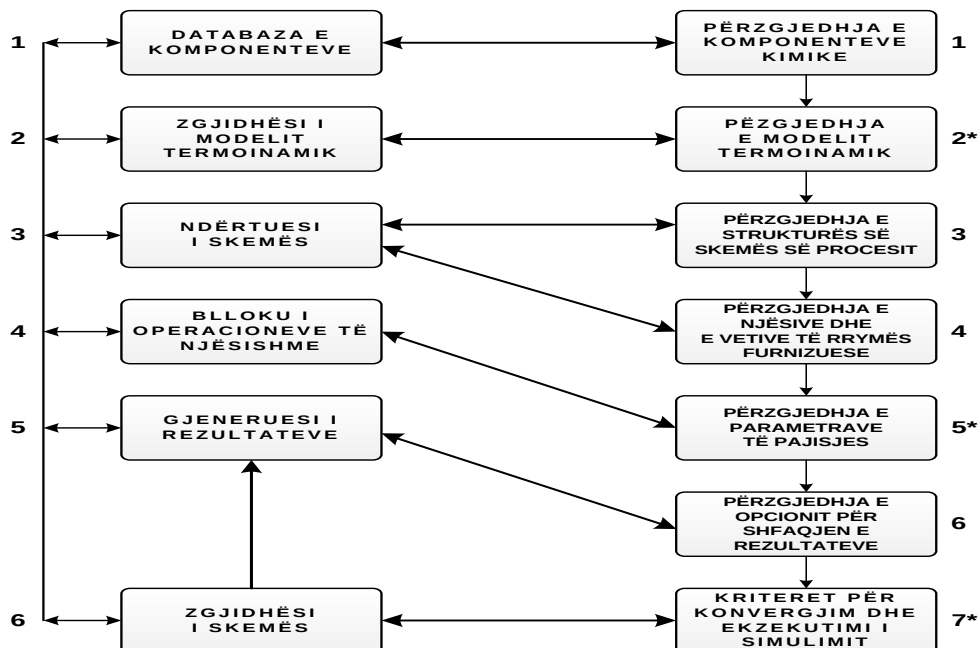


Figura 2.13: Marrëdhëniet ndërmjet elementeve themelore për llogaritje dhe futjes së të dhënave të nevojshme për të zgjidhur problemin e simulimit të një procesi. Simboli (*) tregon fushat me interes të posaçëm. (Burimi: Adoptuar nga Turton et al, 2012)

Natyrisht përpos këtyre elementeve që janë paraqitur më lartë, në kuadër të një programi simulues ka edhe elemente tjera si p.sh.: opsionet për ndryshimin e njësive nga një sistem në sistemin tjetër, opsionet për modifikimin e parametrave të komponentëve të ndryshme e kështu me radhë. Gjithashtu në anën e djathtë të skemës në figurën 2.13, janë treguar shtat hapat e përgjithshëm që duhet ndjekur për të zhvilluar simulimin e një problemit. Këta hapa janë:

1. Përzgjedhja e të gjitha komponentëve kimike të nevojshme për procesin e dhënë nga baza e të dhënave të simulatorit (Component Database).
2. Përzgjedhja e modeleve termodinamike të nevojshme për simulim. Këto mund jenë të llojllojshme për pjesë të ndryshme të pajisjes. P.sh., për të simuluar një ciklon është e domosdoshme të përdorët modeli termodinamik i cili mund të parashikoj rënien e presionit në varësi nga temperatura e gazit që trajtohet.
3. Përzgjedhja e strukturës së skemës së procesit (Flowsheet) që simulohet duke i saktësuar hyrjet dhe daljet e rrymave për secilën pjesë të pajisjes.
4. Përzgjedhja e vetive (temperaturës, presionit, shpejtësisë së rrjedhjes, fraksioneve të avullit dhe përbërjes kimike) të rrymimeve furnizues të procesit.
5. Përzgjedhja e parametrave për secilën pjesë të pajisjes në proces.
6. Përzgjedhja e mënyrës së shfaqjes së rezultateve (numerike, grafike, tabelare).
7. Përzgjedhja e metodës së konvergimit dhe ekzekutimi i simulimit.

Hapi i tretë arrihet me ndërtimin e skemës së procesit duke i shfrytëzuar ikonat e pajisjeve përkatëse dhe duke i lidhur ato me rrymat e procesit. Ndërveprimi ndërmjet elementeve dhe hapave si dhe rrjedhjes së përgjithshme të të dhënave është treguar përmes shigjetave në figurën 2.13. Nga hapat e cekur më lartë, hapat 2, 5 dhe 7 në anën e djathtë të diagramit janë shkaktarët më të mëdhenj të shumicës së problemeve që e shoqërojnë ekzekutimin e simulimit.

Ekzistojnë tri lloje themelore të algoritmeve për zgjidhjen e problemeve që përdorën në programet simuluese: modulatorët vazhdues (sequential modular), zgjidhësi i barazimeve matematikore (simultaneous nonmodular), dhe modulatorët simultan (simultaneous modular).

Me metodën e modulatorëve vazhdues, barazimet matematikore që e përshkruajnë performancën e njësive të pajisjes grupohen së bashku dhe zgjidhen në module – pra, procesi zgjidhet pjesë-pjesë. Përmes modulatorit për zgjidhjen e barazimeve, të gjitha

marrëdhëniet e procesit shkruhen së bashku dhe matrica (tabela) rezultuese e barazimeve jo lineare simultane zgjidhet për të dhënë zgjidhjen e procesit. Kurse me metodën e modulatorëve simultan, zgjidhja arrihet me kombinimin e modularizuar të barazimeve matematikore për një pajisje specifike. Prej këtyre tri metodave, më e përshtatshmeja është ajo e modulatorëve vazhdues. Përmes kësaj metode secila pjesë e pajisjes zgjidhet veçmas, duke filluar nga e para, më pastaj e dyta, e kështu me radhë.

2.5.3 Të dhënat e nevojshme për simulimin e procesit – Futja e të dhënave

Futja e të dhënave për simulimin e procesit të ndarjes në ciklon është një hap kyç për të siguruar që simulimi të jetë i saktë dhe të ofrojë rezultate të besueshme. Këtu janë disa të dhënat kryesore që duhen futur për të realizuar një simulim të suksesshëm të procesit të ndarjes në ciklon:

1. Të Dhënat e Lëngut ose Gazit (Për Rrymë Ajri)

Simulimi i rrjedhës së gazit është i rëndësishëm për të modeluar sjelljen e ajrit dhe për të vlerësuar se si ai ndërvepron me grimcat e ngurta.

Të dhënat që nevojiten janë:

- Shpejtësia e rrjedhës (velocity): Shpejtësia e ajrit në hyrje dhe dalje të ciklonit. Kjo përfshin përshpejtimin dhe drejtimin e rrjedhës.
- Temperatura e ajrit: Kjo është e rëndësishme për të kuptuar ndryshimet termodinamike që ndodhin gjatë procesit të ndarjes.
- Dendësia e ajrit: Përdoret për të llogaritur forcat që ndikojnë në grimcat dhe për të modeluar ndarjen e fazave.
- Viskoziteti i ajrit: Dhëlpësia e rrjedhës është e rëndësishme për të simuluar korrektësisht përpjekjet për të kaluar ajrin nëpër ciklon.
- Kompozita kimike e ajrit: Në disa raste, është e rëndësishme të dimë përbërjen kimike të ajrit (p.sh. përmbajtja e lagështisë, pluhurit, ose gazrave të tjerë) për të parashikuar ndërveprimet me grimcat.

2. Të Dhënat e Grimcave të Ngurta

Të dhënat për grimcat që ndahen janë kritike për të kuptuar se si do të ndodhin proceset e ndarjes. Këto përfshijnë:

- Madhësinë e grimcave: Kjo është shumë e rëndësishme, pasi ciklonët janë më efikas në ndarjen e grimcave të caktuara, zakonisht ato më të mëdha.

Madhësia mund të matet si diametri mesatar ose shpërndarja e madhësive të grimcave.

- Dendësia e grimcave: Dendësia e grimcave ndikon në forcën centrifugale që do të përjetojnë dhe në mundësinë e ndarjes së tyre nga rrjedha e ajrit.
- Format i grimcave: Grimcat mund të jenë sferike, cilindrike ose me forma të tjera, dhe kjo mund të ndikojë në mënyrën se si ato ndahen në ciklon.
- Koeficienti i dragut: Ky parametër përshkruan forcën e rezistencës që grimcat ndjejnë gjatë kalimit përmes ajrit, i lidhur ngushtë me madhësinë dhe formën e grimcave.
- Koeficienti i kohezionit: Në disa raste, grimcat mund të kenë aftësinë të ngjiten me njëra-tjetrën (agregatimi), kështu që duhet të modelohet edhe ky faktor.

3. Të Dhënat e Cikloneve dhe Parametrat Struktural

Parametrat e dizajnit të ciklonit janë të nevojshme për të simuluar rrjedhën dhe ndarjen e grimcave. Këto përfshijnë:

- Dizajnin e ciklonit
- Diametri i ndarësit të ciklonit: Ky është diametri i brendshëm i ciklonit dhe ndikon në shpejtësinë e ajrit dhe efektivitetin e ndarjes.
- Këndet e përkuljes: Këndi i përkuljes së ndarësit mund të ndikojë në formimin e rrjedhës dhe forcën centrifugale.
- Lartësia dhe gjerësia e trupit të ciklonit: Këto parametra ndikojnë në gjatësi dhe hapsirën për rrjedhën e ajrit dhe mund të optimizohen për efikasitet të lartë.
- Numri i spirales: Disa ciklone kanë spirale që ndihmojnë në përqendrimin dhe forcimin e rrjedhës së ajrit. Ky parametër është i rëndësishëm për simulime të sakta.
- Shpejtësia e rrymimit të ajrit: Sa më e lartë të jetë shpejtësia, aq më shumë forca centrifugale do të krijohet, që ndihmon në ndarjen e grimcave. Kjo duhet të jetë e përputhshme me kapacitetin e ciklonit.
- Shpërndarja e rrymimit: Si shpërndahet ajri brenda ciklonit, që përfshin shpërndarjen e ajrit rreth perimetrit të ciklonit dhe thellësinë e tij.

4. Kushtet e Operimit

Kushtet e operimit janë thelbësore për të simuluar procesin me saktësi. Këtu përfshihen:

- Kushtet e temperaturës dhe presionit: Temperatura, presioni ndikojnë në densitetin dhe viskozitetin e ajrit dhe grimcave. Kjo është e rëndësishme për simulimet termodinamike.
- Ndryshimet e presionit: Kushtet e presionit mund të ndikojnë në shpejtësinë dhe sasinë e ajrit që hyn në ciklon.
- Përqendrimi i grimcave: Ky është numri i grimcave që janë të pranishme në një njësi volume dhe ndihmon në modelimin e reagimeve të grimcave brenda ciklonit.

5. Të Dhënat e Rrymimit të Ajrit dhe Dinamikës së Grimcave

Koeficientët e forcave centrifugale dhe interaksionet e grimcave me ajrin: Këto janë të domosdoshme për të kuptuar se si grimcat do të veprojnë dhe do të ndahen sipas forcave të aplikuara në to.

6. Të Dhënat për Ndihmësit e Proçesit (Pajisje të tjera)

Në disa raste, mund të jetë e nevojshme të përfshihen të dhëna të tjera për pajisje ndihmëse si filtrat dhe pajisjet pastrimi: Nëse cikloni është pjesë e një sistemi të integruar pastrimi, duhet të simulohet se si cikloni bashkëpunon me këto sisteme.

7. Të Dhëna të duhura për modelimin matematikor

Simulimet shpesh përfshijnë përdorimin e ekuacioneve matematikore për të parashikuar sjelljen e rrjedhës dhe grimcave.

Zakonisht hapi i parë në simulimin e një procesi është përzgjedhja e komponentëve kimike të cilat do të përdoren në një proces. Çdo program simulues përmban bazën e të dhënëve me dhjetëra mijëra elemente dhe komponime kimike duke përfshi edhe një numër të madh të karakteristikeve të tyre fizike dhe kimike.

2.6 Përzgjedhja e modelit termodinamik

Përzgjedhja e modelit matematik të cikloneve është një proces i rëndësishëm për të siguruar që simulimi të jetë i saktë dhe të ofrojë rezultate të besueshme për ndarjen e grimcave dhe rrjedhën e ajrit. Modeli matematik duhet të jetë i aftë të kapë karakteristikat themelore të procesit të ndarjes dhe të ofrojë një përshkrim të saktë të dinamikës së rrjedhës dhe forcave që ndihmojnë në ndarjen e grimcave. Ja disa nga modelet kryesore që përdoren për ciklone dhe kriteret përzgjedhëse:

1. Modelet e Rrymimit të Lëngjeve dhe Gazrave (CFD) e cila është një nga teknikat më të fuqishme për modelimin e cikloneve, pasi ajo mundëson simulimin e rrjedhës së ajrit dhe ndarjen e grimcave në një nivel të detajuar. Disa nga modelet që përdoren për CFD janë:

- a) Modeli i Rrymimit Turbulent (TFM)
- b) K-epsilon Model: Ky është një nga modelet më të zakonshme për përshkrimin e rrjedhës turbulente. E përdor dy ekuacione për të llogaritur energjinë turbulente dhe shkallën e disipacionit të saj. Ky model është i përshtatshëm për ciklone të zakonshme, por mund të ketë kufizime në llogaritjen e rrjedhës së ajrit me përmasa shumë të ndryshme të grimcave.
- c) K-omega Model: Ky model është më i përshtatshëm për raste ku ka shkallë të lartë turbulencë dhe përshkrime të sakta të rrjedhës pranë sipërfaqeve.
- d) Simulimi i vorbullave të mëdha (LES): Ky është një model më i avancuar që përdoret për simulime më të sakta të turbulencës, duke pasur parasysh shkallën më të madhe të ndarjes. Përdoret në ciklone të kompleksuara me më shumë variacione të rrjedhës.
- e) Modelet e rrymimit laminar - Për ciklone me rrjedhje të ngadalshme dhe pa turbulencë, mund të përdoren modele laminar. Këto janë më të thjeshta dhe mund të përdoren për të simuluar ciklone më të vegjël me shpejtësi të ulët rrjedhjeje.
- f) Modelet e Kombinuara (Reynolds-Averaged Navier-Stokes - RANS)
Ky është një model që përfshin të dyja efektet turbulente dhe të laminara për rrjedhjet me turbulencë të ulët dhe të mesme, duke përfshirë ndarjen e grimcave. RANS është një metodë e popullarizuar për analiza të cikloneve dhe mund të aplikohet për një shumëllojshmëri të gjerë aplikimesh.

2. Modeli i ndeshjes së grimcave

Për ndarjen e grimcave, mund të përdoren disa modele që bazohen në llogaritjen e forcave që ndikojnë në grimca dhe mënyrën se si ato do të ndahen nga rrjedha e ajrit:

a) Modeli i trajektores së grimcave

Ky model llogarit lëvizjen e grimcave nëpër ciklon duke përdorur ekuacionet e lëvizjes, të cilat janë të bazuara në ligjin e Newton-it për lëvizjen dhe ndihmojnë në përcaktimin e rrugës së grimcave. Ky model është i rëndësishëm për ciklonet që ndajnë grimca me diferenca të mëdha në madhësi dhe densitet.

- b) Modeli Lagrangian: Ndjek grimcat individuale duke përdorur trajektoren dhe llogarit forcat e aplikuara mbi to, siç janë forcat centrifugale dhe drag.
- c) Modeli Eulerian: Kjo është një metodë alternative që e trajton rrjedhën e grimcave në një rrjet të ngurtë dhe është më e përshtatshme për grimca shumë të vogla ose me shpërndarje më të holluar.
- d) Modeli i Efektit Centrifugal

Në ciklone, grimcat e ngurta ndahen kryesisht për shkak të forcës centrifugale. Ky model ndihmon në llogaritjen e ndarjes së grimcave sipas madhësisë dhe densitetit në bazë të shpejtësisë së rrjedhës dhe këndit të rrotullimit të ciklonit. Forca centrifugale vepron për të larguar grimcat nga rryma e ajrit dhe i dërgon ato në murin e ciklonit.

3. Modelet e fluksit të shumëfazës

Në ciklone, kemi të bëjmë me dy faza: ajri (gaz) dhe grimcat (ngurtë). Këto faza ndërveprojnë me njëra-tjetrën, dhe modelet e fluksit të shumëfazës janë të domosdoshme për të simuluar këto ndërveprime.

a) Modeli Eulerian-Eulerian

Ky model trajton të dyja fazat (ajrin dhe grimcat) si fluide të ngjashme që ndërveprojnë në mënyrë të vazhdueshme. Përdoret për të përshkruar ciklone me një shpërndarje të holluar grimcash që lëvizin nëpër gaz.

b) Modeli Eulerian-Lagrangian

Ky model është më i përdorur për grimca të mëdha që lëvizin nëpër ciklon. Ai simulon gazin në një hapësirë Euleriane dhe grimcat në një hapësirë Lagrangiane (ndjekin çdo grimcë individualisht).

4. Modeli i ndarjes dhe koeficienti i dragut

Koeficienti i dragut është një parametër kritik që përcakton sa fort një grimcë përjeton rezistencë nga ajri kur kalon përmes ciklonit. Ky parametër është i lidhur ngusht me madhësinë, formën dhe densitetin e grimcave. Për ciklone, përdoren modele empirike për të vlerësuar koeficientin e dragut si funksion të shpejtësisë dhe karakteristikave të grimcave (p.sh. modeli i dragut të Schiller-Naumann për grimcat sferike).

5. Optimizimi i Dizajnit të Cikloneve

Modelet matematikore mund të përdoren gjithashtu për të optimizuar dizajnin e cikloneve, duke marrë parasysh parametrat si këndi i përkuljes, diametri i ndarësit

dhe shpejtësia e rrjedhës. Kjo mund të bëhet përmes analizës parametrike, ku ndryshimet në dizajn simulohet dhe krahasohet për të gjetur konfigurimin më efikas.

6 Përzgjedhja e Modelit të Përshtatshëm

Përzgjedhja e modelit të duhur është e lidhur ngushtë me disa faktorë:

- a) Kompleksiteti i ciklonit: Nëse cikloni ka një formë të thjeshtë dhe një fluks të parashikueshëm, një model i thjeshtë mund të jetë i mjaftueshëm. Për ciklone më komplekse, mund të nevojiten modelet e përparuara të turbulencës dhe ndarjes.
- b) Madhësia e grimcave: Nëse grimcat janë të vogla, do të nevojiten modelet që mund të kapin ndërveprimet mes grimcave dhe ajrit.
- c) Shpejtësia e rrjedhës: Përdorimi i një model të turbulencës është i nevojshëm kur shpejtësia e rrjedhës është mjaft e lartë dhe ka efekt të dukshëm turbulencë.

Përfundimisht, përzgjedhja e modelit matematik për ciklonët do të varet nga aplikimi specifik dhe kushtet e procesit që duhen simuluar, dhe mund të përfshijë një kombinim të metodave të mësipërme për të siguruar që të dhënat të jenë të sakta dhe të vlefshme. Përzgjedhja e modelit termodinamik më të përshtatshëm paraqet pjesën më të rëndësishme të simulimit të çfarëdo procesi apo pajisje. Në rast se përdoret modeli jo i duhur (i gabuar), rezultatet e fituara me anë të simulimit nuk do të jenë të sakta dhe nuk mund të jenë të besueshme. Për rëndësinë e përzgjedhjes së modelit termodinamik dhe ndikimit të tij në vlefshmërinë/besueshmërinë e rezultateve të gjeneruara nga programi simulues autorët Horwitz dhe Nocera, paralajmërojnë:

“Duhet të jeni plotësisht të sigurt në modelin termodinamik të cilin e keni zgjedhur për t’i përfaqësuar komponentet kimike dhe operacionet/pajisjet e njësishe. Kjo është përgjegjësi e juaja, dhe jo e programit simulues. Nëse për këtë përgjegjësin ja barteni programit simulues, bëhuni gati për pasoja të tmerrshme.”

2.7 Përzgjedhja e parametrave të pajisjes

Përzgjedhja e parametrave të pajisjes për një ciklon është një proces i rëndësishëm për të siguruar që pajisja të funksionojë në mënyrë optimale, duke siguruar efikasitet të lartë në ndarjen e grimcave dhe ruajtjen e performancës. Këtu janë disa nga

parametrat kryesorë që duhet të merren parasysh për zgjedhjen e pajisjes dhe dimensioneve të ciklonit:

1. Shpejtësia e rrymimit të ajrit

Shpejtësia e hyrjes (V_1) dhe shpejtësia e daljes (V_2): Këto janë parametrat më të rëndësishëm që ndikojnë në forcën centrifugale dhe për pasojë në efikasitetin e ciklonit. Një shpejtësi më e lartë mund të ndihmojë në ndarjen më efikase të grimcave të mëdha, por gjithashtu mund të çojë në humbje më të mëdha të energjisë dhe më shumë ndotje të ajrit. Prandaj, është e rëndësishme të përcaktohet shpejtësia e duhur për aplikimin e caktuar.

2. Këndi i perkuljes

Këndi i perkuljes është një nga faktorët që ndikon në formimin e rrjedhës dhe në forcën centrifugale që vepron mbi grimcat. Zgjedhja e një këndi të përshtatshëm mund të ndihmojë në përmirësimin e ndarjes dhe në optimizimin e efikasitetit të ciklonit.

3. Diametri i trupit të ciklonit

Diametri i trupit të ciklonit është një nga parametrat më të rëndësishëm për të përcaktuar kapacitetin e pajisjes. Ky parametër ndikon drejtpërdrejt në shpejtësinë e rrjedhës dhe në forcat centrifugale të krijuara për të larguar grimcat nga rrjedha e ajrit.

4. Lartësia dhe gjerësia e ciklonit

Lartësia dhe gjerësia e ciklonit mund të ndikojnë në rrjedhën e ajrit dhe forcën e centrifugës. Në disa raste, një ciklon më i gjatë mund të krijojë një rrjedhë më të qëndrueshme dhe më efikase, ndërsa një ciklon me diametër të madh mund të jetë i nevojshëm për të trajtuar më shumë ajër.

5. Raporti i rrymimit të ajrit

Raporti i rrymimit të ajrit është i lidhur me përqendrimin dhe madhësinë e grimcave. Ky parametër duhet të përcaktojë sasinë e ajrit që kalon përmes ciklonit dhe si ndikon kjo në ndarjen e grimcave.

6. Forca centrifugale dhe shpejtësia e rrotullimit

Forca centrifugale është ajo që ndihmon në ndarjen e grimcave. Kjo forcë krijohet nga rrotullimi i ajrit dhe varion në funksion të shpejtësisë së rrotullimit të ciklonit dhe dimensioneve të tij. Për të arritur efikasitet të lartë, cikloni duhet të ketë një shpejtësi të mjaftueshme të rrotullimit dhe një dizajn që mund të prodhojë forcën centrifugale të nevojshme për ndarjen.

7. Madhësia dhe dendësia e grimcave

Madhësia e grimcave është një nga faktorët kryesorë që ndikon në ndarjen e grimcave. Ciklonët janë më efikas në ndarjen e grimcave të mëdha, por mund të ndajnë gjithashtu grimca të vogla në varësi të forcës centrifugale dhe karakteristikave të tjera të ciklonit.

8. Efikasiteti i ndarjes

Efikasiteti i ndarjes është një tregues kyç për të përcaktuar sa mirë cikloni arrin të ndajë grimcat nga ajri. Ky parametër ndihmon në vlerësimin e performancës së ciklonit dhe mund të përdoret për të optimizuar dizajnin e tij.

9. Temperatura dhe presioni i rrymës së ajrit

Temperatura dhe presioni i ajrit mund të ndikojnë në densitetin dhe viskozitetin e ajrit dhe mund të ndihmojnë në përcaktimin e parametrave të tjerë për optimizimin e ciklonit. Rëndësi për të siguruar që cikloni të operojë brenda kushteve optimale të temperaturës dhe presionit.

10. Konsumi i energjisë

Konsumi i energjisë është gjithashtu një faktor i rëndësishëm për ciklonet industriale. Parametrat si shpejtësia e rrjedhës, shpejtësia e rrotullimit dhe forcën centrifugale mund të ndikojnë në konsumin e energjisë për funksionimin e pajisjes.

11. Materiali i ndërtimit dhe qëndrueshmëria

Ciklonët industrial janë të ndikuar nga kushte të ndryshme të mjedisit, si temperatura ekstreme dhe ndotës të tjerë. Materialet e ndërtimit duhet të jenë të qëndrueshme dhe të afta për të duruar këto kushte, për të garantuar një jetëgjatësi të gjatë të pajisjes.

Pra, përzgjedhja e parametrave të pajisjes për ciklonin është një proces kompleks që kërkon marrjen e parasysh shumë faktorëve të ndryshëm, duke përfshirë karakteristikat e grimcave, shpejtësinë dhe presionin e ajrit, forcën centrifugale dhe kapacitetin e ciklonit. Për të arritur performancën më të mirë, është e rëndësishme të balancohet efikasiteti i ndarjes, konsumimi i energjisë dhe dimensionet e ciklonit. Është me rëndësi të ceket se shumica e programeve simuluese, me disa përjashtime, janë të ndërtuar për të llogaritur bilancin material dhe energjetik, kinetiken e reaksioneve, baraspeshën e reaksioneve, baraspeshën e fazave dhe performancën e pajisjeve të njësisë. Prandaj para se të fillohet me simulimin e një procesi është e

rëndësishme të dihet se cilët parametra të pajisjes duhet caktuar në mënyrë që të simulohet procesi. Ekzistojnë dy nivele në të cilat mund të kryhet simulimi i një procesi. Niveli i parë, është niveli i cili furnizohet me një numër më të vogël të të dhënave në mënyrë që të fitohen rezultatet për bilancin material dhe energjetik. Kurse në nivelin e dytë, vetë programi simulues përdoret për të kryer sa më shumë llogaritje të mundshme të parametrave. Prandaj në këtë nivel kërkohen më shumë të dhëna. Gjatë përpjekjeve për të simuluar një proces për herë të parë gjithmonë rekomandohet të fillohet nga niveli i parë.

2.8 Përzgjedhja e kriterëve të konvergjencës dhe ekzekutimi i simulimit

Për pajisjen e cila kërkon zgjidhje me iteracion, në kuadër të modulit të pajisjes ekziston opsioni për përcaktimin e konvergjencës dhe kriterëve të tolerancës. Po ashtu ekzistojnë edhe kriteret e konvergjencës për tërë skemën e simulimit, e cila mund të përshtatet nga vetë përdoruesi.

Kriteret më të rëndësishme janë numri i iteracioneve dhe tolerancës. Këto kriterë shpesh kanë vlera të paracaktuara nga vet programi simulues, dhe zakonisht ndryshohen apo rregullohet vetëm në rastet kur skema e procesit është shumë e përbërë dhe ka numër të madh të pajisjeve të njësishtme të lidhura me rryma riqarkulluese (recikluese). Në rastet e këtilla nëse simulimi nuk ka konvergjuar, rezultatet e tilla nuk e përfaqësojnë zgjidhjen e besueshme dhe si të tilla nuk do të duhej pranuar.

Në rastet kur konvergjenca nuk arrihet, shkaktojnë tri mundësi:

1. Problemi është parashtruar keq. Kjo nënkupton që të dhënat në një pajisje ose në rrymat furnizuese nuk janë futur si duhet (saktë).
2. Toleranca e zgjidhjes është caktuar shumë ngushtë, dhe nuk mund të arrihet konvergjenca me saktësinë e dëshiruar pa marrë parasysh sa iteracione për kërkimin zgjidhjes janë kryer.
3. Numri i iteracioneve nuk është i mjaftueshëm për konvergjenca. Kjo zakonisht ndodh kur skema ka shumë rryma recikluese, prandaj në këto raste kërkohet riekzekutimi i simulimit dhe në qoftë se përsëritet i njëjti problem, duhet larguar sa më shumë rryma recikluese që është e mundur. Më pas ekzekutohet simulimi, dhe rrymat recikluese shtohen prapë një nga një

KAPITULLI III

3. METODOLOGJIA

3.1 MATERIALI DHE METODAT – Modelimi dhe simulimi i ciklonëve

Me qëllim të përcaktimit të një modeli më të përshtatshëm të ciklonit, për të realizuar procesin e ndarjes së grimcave nga rryma e ajrit, përmes software-it Aspen Plus (2013), janë zhvilluar 103 simulime, duke testuar modele të ndryshme në bazë të parametrave që e përkufizojnë këtë pajisje. Për realizimin e simulimeve në këtë punim është përdorur versioni i programit 8.2 (64-bit). Për simulimin e ciklonit fillimisht si mostër është marrë modeli klasik i Lapple. Në nivelin e parë të simulimit, software-i është furnizuar vetëm me të dhënat që janë të domosdoshme dhe që kërkohen nga software-i në mënyrë që të plotësohen kushtet minimale për ekzekutimin e simulimit. Niveli i parë është realizuar në bazë të të dhënave të paraqitura në tabelën 3.1:

Tabela 3.1 – Të dhënat bazë për simulimin e modelit të ciklonit sipas Lapple

Komponentet e përzierjes:	Ajri dhe pluhuri nga rëra e kuarcit																				
Përqindja masore e komponentëve:	$w_{\text{air}}=99.57\%$, $w_{\text{SiO}_2}=$ dhe 0.087%																				
Shpejtësia e rrymimit furnizues:	$Q=3.5 \text{ kg/s}$																				
Kushtet e rrymimit furnizues:	Normale ($T=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ & $p= 101.325 \text{ kPa}$)																				
Metoda:	Lapple																				
Lloji i simulimit:	Statik (<i>Steady-State</i>)																				
Përbërja granulometrike e pluhurit:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$d_p, [\mu\text{m}]$</th><th>$w, [\%]$</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2.5</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>3</td></tr> <tr><td>10</td><td>4</td></tr> <tr><td>20</td><td>12</td></tr> <tr><td>40</td><td>2</td></tr> <tr><td>50</td><td>25</td></tr> <tr><td>60</td><td>13</td></tr> <tr><td>70</td><td>15</td></tr> <tr><td>80</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	$d_p, [\mu\text{m}]$	$w, [\%]$	2.5	1	5	3	10	4	20	12	40	2	50	25	60	13	70	15	80	3
$d_p, [\mu\text{m}]$	$w, [\%]$																				
2.5	1																				
5	3																				
10	4																				
20	12																				
40	2																				
50	25																				
60	13																				
70	15																				
80	3																				
Efikasiteti i ndarjes së grimcave:	80%																				
Kriteret për konvergimin e skemës:	Të parapërcaktuar nga software-i																				

Duke pasur parasysh që në këtë rast pajisja (cikloni) e modeluar me Aspen Plus, përbëhet nga një bllok i vetëm i cili e përfaqëson pajisjen e njësishe dhe nuk ka rryma recikluese, atëherë si algoritëm themelor për zgjedhje rekomandohet të merret modulatori vazhdues (sequential modular) [Schefflan, 2011].

Nivelin e parë të simulimit kriteret për konvergjimin e skemës nuk duhet të jenë shumë të ashpra, atëherë rekomandohet që vlera maksimale e iteracioneve si dhe toleranca e gabimeve të mbeten ashtu siç janë të parapërcaktuar nga vet software-i Aspen Plus [Finlayson, 2012].

3.1.1 Rezultatet nga simulimi i Nivelit të Parë sipas modelit Lapple

Ne figurën 3.1 paraqitet skema (flowsheet) e ciklonit e krijuar me Aspen Plus.

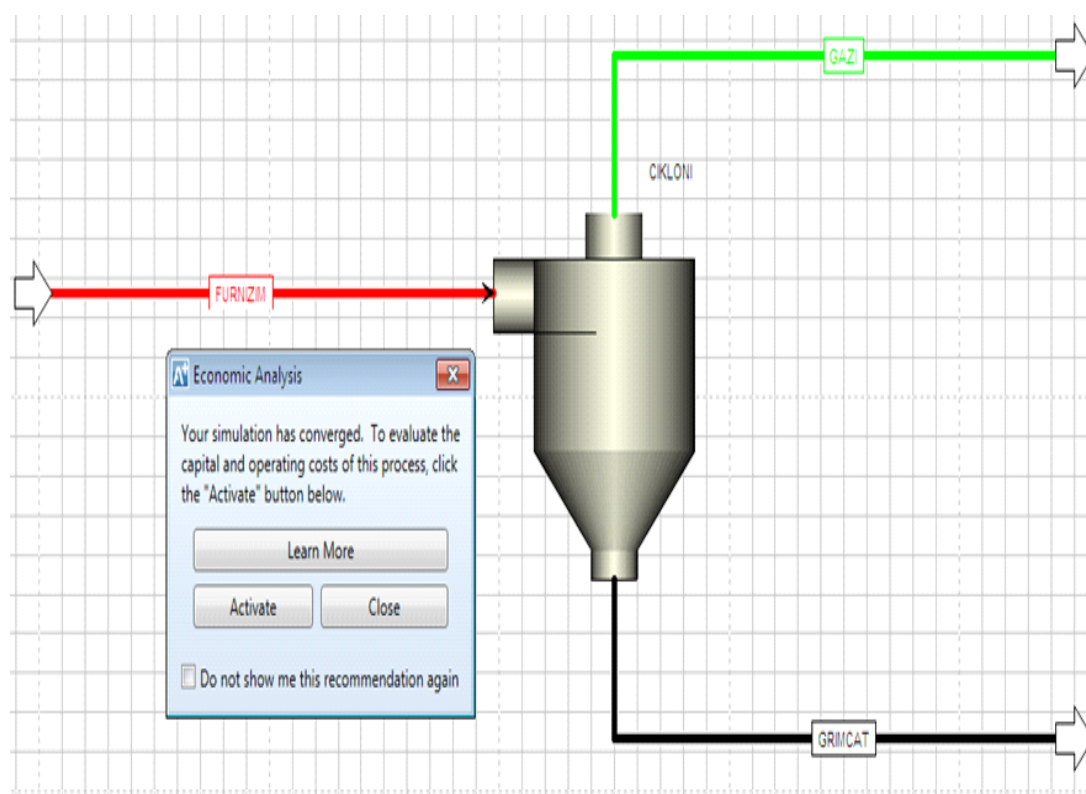


Figura 3.1: Skema (flowsheet) e ciklonit e krijuar me Aspen Plus

3.1.2 Parametrat karakteristik të ciklonit

Tabela 3.2 Parametrat e ciklonit të gjeneruar nga Aspen Plus

Parametri	Simboli	Njësia	Vlera
Efikasiteti i ndarjes	η	%	80
Rënia e presionit	Δp	<i>kPa</i>	0.238
Diametri i cilindrit	D	<i>m</i>	1.807
Gjatësia e cilindrit	h	<i>m</i>	3.624
Gjatësia e konit	Z	<i>m</i>	3.624
Diametri i gypit të shkarkimit	D_e	<i>m</i>	0.903
Gjatësia e gypit të shkarkimit	S	<i>m</i>	1.129
Gjatësia e gypit furnizues	a	<i>m</i>	0.903
Gjersia e gypit furnizues	b	<i>m</i>	0.452
Diametri i vrimës konike	B	<i>m</i>	0.452
Gjatësia e vorteksit	l	<i>m</i>	4.156
Numri i rrotullimeve të vorteksit	N_e	-	4
v_i/v_s	-	-	0.792

Në bazë të të dhënave të paraqitura në tabelën 3.2, shihet që kemi të bëjmë me ciklon me dimensione relativisht të mëdha. Meqë gjatësia e cilindrit është e njëjtë me gjatësinë e konit, atëherë kemi të bëjë me ciklon të llojit 2D2D. Rënia e presionit përgjatë ciklonit është brenda kufijve të lejuar, ($\Delta p < 2.5$ kPa), cikloni i tillë është i llojit me kapacitet të lartë (high throughput cyclone), efikasiteti i të cilit mund të jetë deri në 90%. Raporti në mes shpejtësisë së hyrjes së suspensionit dhe shpejtësisë së shmangies së grimcave nga rryma e gazit në brendi të ciklonit është, prandaj nuk do të ketë rifutje të grimcave që njëherë janë ndarë nga gazi.

3.2 Përbërja granulometrike e grimcave në hyrje dhe dalje të ciklonit

Në figurën 3.2 është paraqitur diagrami i përbërjes granulometrike të grimcave në rrymat hyrëse dhe dalëse të ciklonit. Nga ky diagram shihet qartë se lakorja e rrymimit furnizues është mjaft e ngjashme me lakoren e rrymimit në pjesën e poshtme të ciklonit (rrymimi i grimcave). Kjo tregon se shumica e grimcave kanë diametër aerodinamik më të madh se 25 [μm], prandaj ndarja e tyre është mjaft e lehtë duke pasur parasysh që kemi të bëjmë me grimca të kuarcit densiteti i të cilit është mbi 2.6 [g/cm^3].

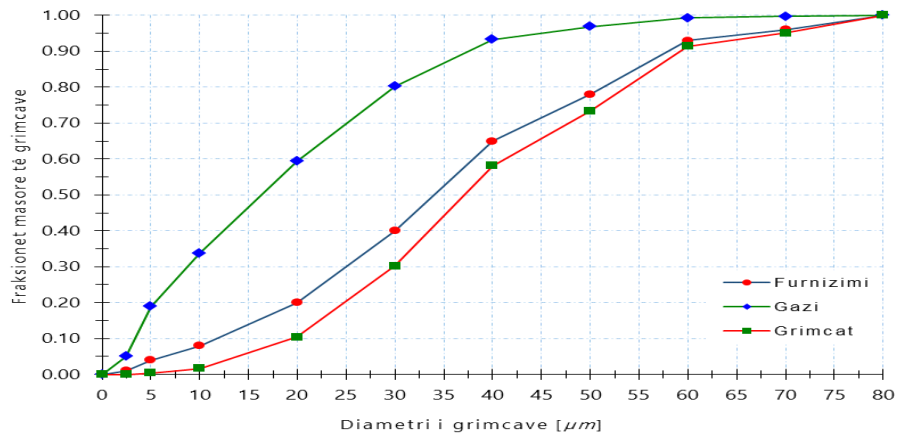


Figura 3.2: Përbërja granulometrike e grimcave në rrymat e ciklonit

3.2.1 Ndikimi i rritjes së efikasitetit të ndarjes

Siç e kemi cekur edhe më herët rritja e efikasitetit të ndarjes ndikon në të gjithë parametrat e ciklonit e sidomos në rënien e presionit dhe gjeometrinë e ciklonit. Në tabelën 3.3 është paraqitur ndikimi i rritjes së efikasitetit të ndarjes së grimcave në parametrat e ciklonit. Kurse figura 3.3 paraqet lakoren e efikasitetit të ndarjes në varësi nga diametri i grimcave.

Në bazë të vlerave të paraqitura në tabelën 3.3, mund të vërehet se me zvogëlimin e përmasave të ciklonit rritet efikasitetit, rritet rënia e presionit, rritet raporti por numri i rrotullimeve të vorteksit mbetet i pa ndryshueshëm.

Tabela 3.3: Ndikimi i rritjes së efikasitetit (η) në parametrat e ciklonit për modelin sipas Laple

Parametri	Simboli	Njësia	Vlerat	
Efikasiteti i ndarjes	η	%	85	90
Rënia e presionit	Δp	kPa	0.4435	1.0233
Diametri i cilindrit	D	m	1.5473	1.2554
Gjatësia e cilindrit	h	m	3.0946	2.5109
Gjatësia e konit	Z	m	3.0946	2.5109
Diametri i gypit të shkarkimit	D_e	m	0.7736	0.6277
Gjatësia e gypit të shkarkimit	S	m	0.9670	0.7846
Gjatësia e gypit furnizues	a	m	0.7736	0.6277
Gjersia e gypit furnizues	B	m	0.3868	0.3138
Diametri i vrimës konike	B	m	0.3868	0.3138
Gjatësia e vorteksit	L	m	3.5588	2.8876
Numri i rrotullimeve të vorteksit	N_e	-	4	4
v_i/v_s	-	-	0.887	1.0342

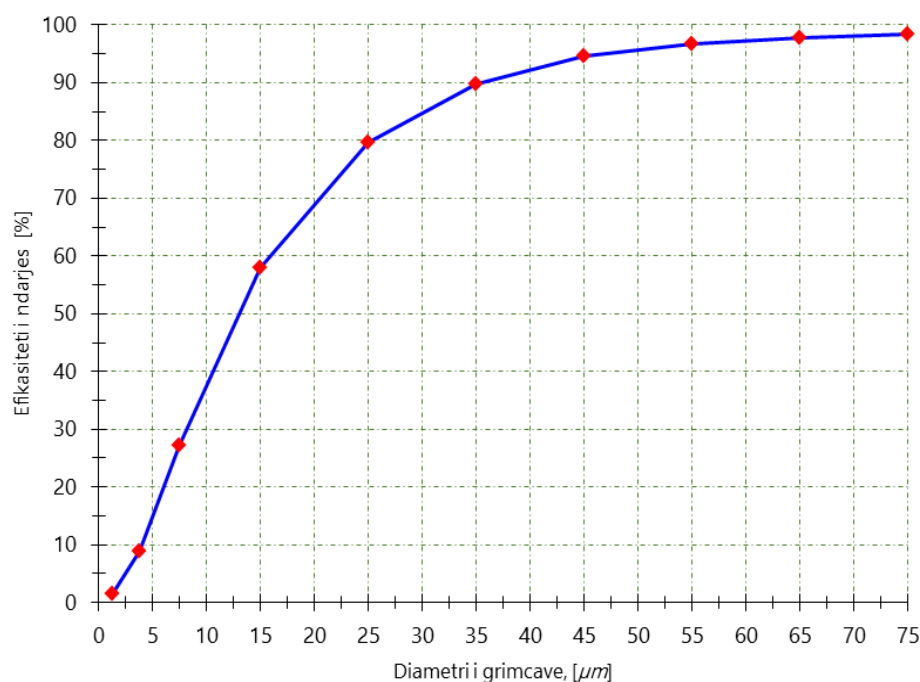


Figura 3.3: Lakorja e efikasitetit të ndarjes në varësi nga diametri i grimcave

3.3 Ndryshimi i modelit – Simulimi sipas modelit Leith&Licht

Siç kemi cekur më lartë, modelimi i një cikloni sipas metodës së Lapple, shoqërohet me mangësi të shumta. Para se gjithash ky model nuk merr në konsideratë dimensionet vertikale të ciklonit (gjatësinë e tërësishme të ciklonit). Po ashtu llogaritja e numrit të rrotullimeve efektive të vorteksit, prandaj nuk është mjaftë e saktë dhe është e kufizuar vetëm për një model gjeometrik të caktuar, atë 2D2D. Prandaj në praktika industriale përdoren metoda tjera për modelimin e saktë të ciklonëve, siç është metoda Leith & Licht.

Në bazë të të dhënave të paraqitura në tabelën 3.4, është simuluar cikloni sipas modelit më të avancuar Leith & Licht, si dhe modeleve gjeometrike Stairmand dhe Swift me kapacitet të lartë (efikasitet mesatar). Rezultatet e simulimit janë paraqitur në tabelën e më poshtme (tabela 3.4), dhe sipas modelit Swift në tabelën 3.5.

Tabela 3.4 Ndikimi i efikasitetit (η) në parametrat për modelin Leith & Licht me kapacitet të lartë.

Parametri	Simboli	Njësia	Vlerat		
Efikasiteti i ndarjes	η	%	80	85	90
Rënia e presionit	Δp	<i>kPa</i>	0.2320	0.5581	1.6142
Diametri i cilindrit	D	<i>M</i>	1.2129	0.9739	0.7468
Gjatësia e cilindrit	h	<i>M</i>	1.8194	1.4609	1.1202
Gjatësia e konit	Z	<i>M</i>	3.0323	2.4348	1.8671
Diametri i gypit të shkarkimit	D_e	<i>M</i>	0.9097	0.7304	0.5601
Gjatësia e gypit të shkarkimit	S	<i>M</i>	1.0613	0.8522	0.6534
Gjatësia e gypit furnizues	α	<i>M</i>	0.9097	0.7304	0.5601
Gjersia e gypit furnizues	b	<i>M</i>	0.4548	0.3652	0.2800
Diametri i vrimës konike	B	<i>M</i>	0.4548	0.3652	0.2800
Gjatësia e vorteksit	l	<i>M</i>	3.1934	2.5642	1.9663
Numri i rrotullimeve	N_e	-	4	4	4
v_i/v_s	-	-	0.6477	0.7608	0.9245

Tabela 3.5 Ndikimi i efikasitetit (η) në parametrat për modelin Leith & Licht, Swift me kapacitet të lartë.

Parametri	Simboli	Njësia	Vlerat		
Efikasiteti i ndarjes	η	%	80	85	90
Rënia e presionit	Δp	kPa	0.2480	0.5963	1.7238
Diametri i cilindrit	D	m	1.1941	0.9590	0.7354
Gjatësia e cilindrit	h	m	2.0300	1.6303	1.2503
Gjatësia e konit	Z	m	2.3883	1.9180	1.4709
Diametri i gypit të shkarkimit	D_e	m	0.8956	0.7192	0.5516
Gjatësia e gypit të shkarkimit	S	m	1.0150	0.8151	0.6251
Gjatësia e gypit furnizues	α	m	0.9553	0.7672	0.5883
Gjersia e gypit furnizues	b	m	0.4179	0.3356	0.2574
Diametri i vrimës konike	B	m	0.4776	0.3836	0.2941
Gjatësia e vorteksit	l	m	3.1486	2.5286	1.9393
Numri i rrotullimeve	N_e	-	4	4	4
v_i/v_s	-	-	0.6834	0.8026	0.9752

Nga të dhënat e paraqitura në tabelat 3.4 dhe 3.5 mund të vërehet se modeli gjeometrik i Swift-it në përgjithësi ka përmasa më të vogla, megjithatë duke marr parasysh që rënia e presionit është më e ulët tek modeli gjeometrik i Stairmand-it atëherë ky model është më i përshtatshëm për aplikim industrial.

Nga figura 3.4 shihet që diametri kritik i ciklonit (dpc) për ciklonët e modelit Stairmand është mjaftë i vogël gjë që ndikon në rritjen e efikasitetit të ndarjes ku duhet cekur se ciklonët me kapacitet të lartë sipas modelit gjeometrik Stairmand dhe Swift për kushtet e cekura më lartë mund të arrijnë efikasitetet të ndarjes së përgjithshme të grimcave prej 80-90%. Në bazë të kësaj mund të vihet në përfundim se ciklonët e tillë kanë efikasitet mesatar.

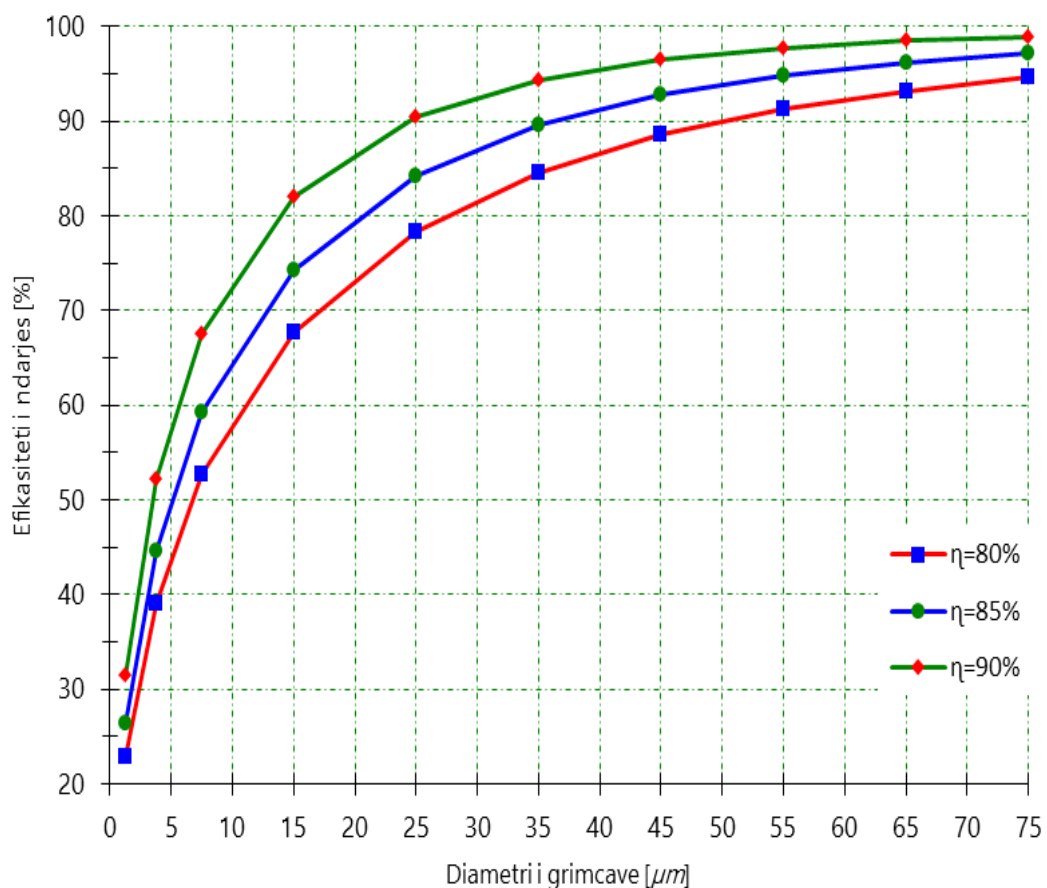


Figura 3.4: Lakoret e efikasitetit të ndarjes në varësi nga diametri i grimcave për modelin gjeometrik Stairmand

3.3.1 Ciklonët me efikasitet të lartë

Ciklonët me efikasitet të lartë janë pajisje të përdorura për pastrimin e ajrit, për ndarjen e grimcave të ngurta nga lëngjet apo gazrat dhe për aplikime të tjera të ngjashme. Këto ciklone përdorin forca centrifugale për të ndarë grimcat nga ajri ose lëngu. Këtu janë disa lloje ciklonesh me efikasitet të lartë:

- Ciklonët me shumë faza: Këto ciklone përdorin disa faza ndarjeje për të arritur një pastrim të lartë.
- Ciklonët me dizajn të avancuar: Disa ciklone janë dizajnuar me forma speciale që optimizojnë fluksin e ajrit dhe intensifikojnë forcat centrifugale, siç janë ciklonët me spirale të theksuara.
- Ciklonët me presion të lartë: Përdorimi i presionit të lartë për të përmirësuar veprimin centrifugal mund të rrisë efikasitetin në ndarjen e grimcave të vogla.
- Ciklonët në industri të energjisë: Disa ciklone përdoren në industri të energjisë, si për shembull për pastrimin e ajrit të përdorur në termocentrale, ku kërkohet efikasitet maksimal në ndarjen e pluhurit dhe grimcave të ngurta.

Në tabelën 3.6 shihet ndikimi i rritjes së efikasitetit (η) në parametrat e ciklonit për modelin Leith & Licht dhe gjeometri Stairmand me efikasitet të lartë, kurse në figurën 3.5 paraqitet lakorja e efikasitetit të ndarjes për ciklonet me efikasitet të lartë

Tabela 3.6 – Ndikimi i rritjes së efikasitetit (η) në parametrat e ciklonit për modelin Leith & Licht dhe gjeometri Stairmand me efikasitet të lartë.

Parametri	Simboli	Njësia	Vlerat		
Efikasiteti i ndarjes	H	%	94	95	96
Rënia e presionit	Δp	kPa	0.7100	1.0548	1.6824
Diametri i cilindrit	D	m	1.4545	1.3174	1.1723
Gjatësia e cilindrit	H	m	2.1817	1.9762	1.7585
Gjatësia e konit	Z	m	3.6362	3.2936	2.9308
Diametri i gypit të shkarkimit	D_e	m	0.7272	0.6587	0.5861
Gjatësia e gypit të shkarkimit	S	m	0.7272	0.6587	0.5861
Gjatësia e gypit furnizues	α	m	0.7272	0.6587	0.5861
Gjësia e gypit furnizues	B	m	0.2909	0.2634	0.2344
Diametri i vrimës konike	B	m	0.5454	0.4940	0.4396
Gjatësia e vorteksit	L	m	3.6036	3.2641	2.9045
Numri i rrotullimeve	N_e	-	7	7	7
v_r/v_s	-	-	1.1172	1.2014	1.3088

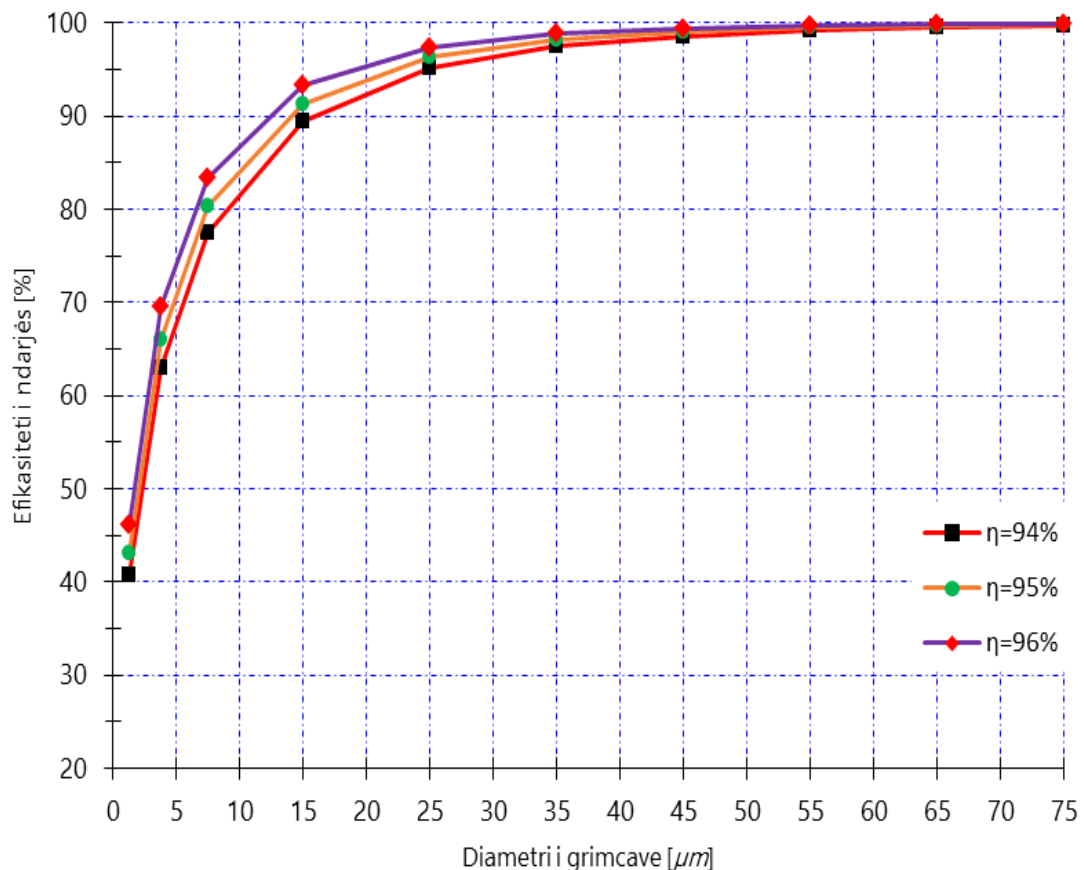


Figura 3.5 Lakorja e efikasitetit të ndarjes për ciklonet me efikasitet të lartë

3.3.2 Ndikimi i rrymimit furnizues në parametrat e ciklonit

Rrymimi furnizues, ose rrjedha e ajrit që hyn në ciklon, ka një ndikim të rëndësishëm në parametrat e ciklonit, si efikasiteti i ndarjes, shpejtësia e fluksit, dhe presioni. Ja disa mënyra se si rrymimi furnizues ndikon në parametrat e ciklonit:

- Shpejtësia e Rrymimit:** Shpejtësia e rrjedhës së ajrit është një nga faktorët kryesorë që përcakton efikasitetin e ciklonit. Kur shpejtësia e rrjedhës rritet, forca centrifugale që ndihmon në ndarjen e grimcave nga ajri gjithashtu rritet. Megjithatë, nëse shpejtësia është shumë e lartë, mund të ndodhin humbje të presionit dhe një zvogëlim i efikasitetit të ciklonit në ndarjen e grimcave më të vogla.
- Kohëzgjatja e kontaktit:** Rrymimi furnizues ka gjithashtu ndikim në kohëzgjatjen e kontaktit të grimcave me parimet e ciklonit. Një rrjedhë më e ngadaltë mund të rezultojë në një kohë më të gjatë të ekspozimit të grimcave

në fushën centrifugale, duke ndihmuar në ndarjen e grimcave më të vogla, por mund të shkaktojë humbje më të madhe të energjisë dhe mbingarkesë të ciklonit.

- c) Përshpejtimi i grimcave: Kur rrjedha furnizuese e ajrit ka shpejtësi më të lartë, grimcat e ngurta përshpejtohen më shumë gjatë kalimit nëpër ciklon, çka rrit mundësinë që ato të ndahen nga ajri. Kjo ndihmon në efikasitetin e ciklonit, por gjithashtu krijon më shumë kërkesa për energji dhe presion.
- d) Madhësia e grimcave të ndara: Ciklonet janë efikasë për ndarjen e grimcave me madhësi të caktuar. Nëse rrymimi furnizues është shumë i fuqishëm ose i dobët, cikloni mund të mos jetë në gjendje të ndajë grimcat më të vogla ose më të mëdha. Për grimca më të vogla, kërkohet një rrymim më i lartë për të arritur efikasitet të lartë ndarjeje.
- e) Presioni dhe humbja e energjisë: Rrymimi furnizues ndikon drejtpërdrejt në humbjen e presionit dhe energjisë gjatë kalimit të ajrit përmes ciklonit. Nëse rrymimi është shumë intensiv, humbja e presionit mund të rritet, duke ulur efikasitetin e ciklonit dhe mundësinë e riciklimit të ajrit.
- f) Përmbajtja e lagështisë: Rrymimi furnizues mund të ndikojë në formimin e kondensatëve dhe lagështirës në ciklon, veçanërisht në aplikimet ku ajri është i ngopur me ujë. Kjo mund të shkaktojë grumbullimin e grimcave më të vogla, që do të çonte në një zvogëlim të efikasitetit të ndarjes.

Në përmbledhje, optimizimi i rrymimit furnizues është një faktor kyç për përmirësimin e performancës së ciklonit. Një balancë e mirë midis shpejtësisë së rrjedhës dhe karakteristikave të ciklonit është thelbësore për të arritur efikasitetin maksimal, sic është paraqitur në figurën 5.7.

Tabela 5.7 Ndikimi i rrymimit furnizues Q_i në parametrat e ciklonit me efikasitet mesatar sipas modelit gjeometrik Stairmand

	$\eta = 80\%$			$\eta = 85\%$			$\eta = 90\%$		
Q_i	D	Δp	v_i/v_s	D	Δp	v_i/v_s	D	Δp	v_i/v_s
3.5	1.213	0.232	0.648	0.974	0.558	0.761	0.747	1.614	0.925
7	1.541	0.356	0.685	1.234	0.865	0.806	0.944	<2.5	0.981
10.5	1.773	0.458	0.707	1.418	1.119	0.833	1.083	<2.5	1.015
14	1.958	0.547	0.724	1.565	1.341	0.853	1.194	<2.5	1.040
17.5	2.115	0.627	0.737	1.689	1.544	0.869	1.505	<2.5	0.946

(Q_i [kg/s], D [m], Δp [kPa], v_i [m/s], v_s [m/s])

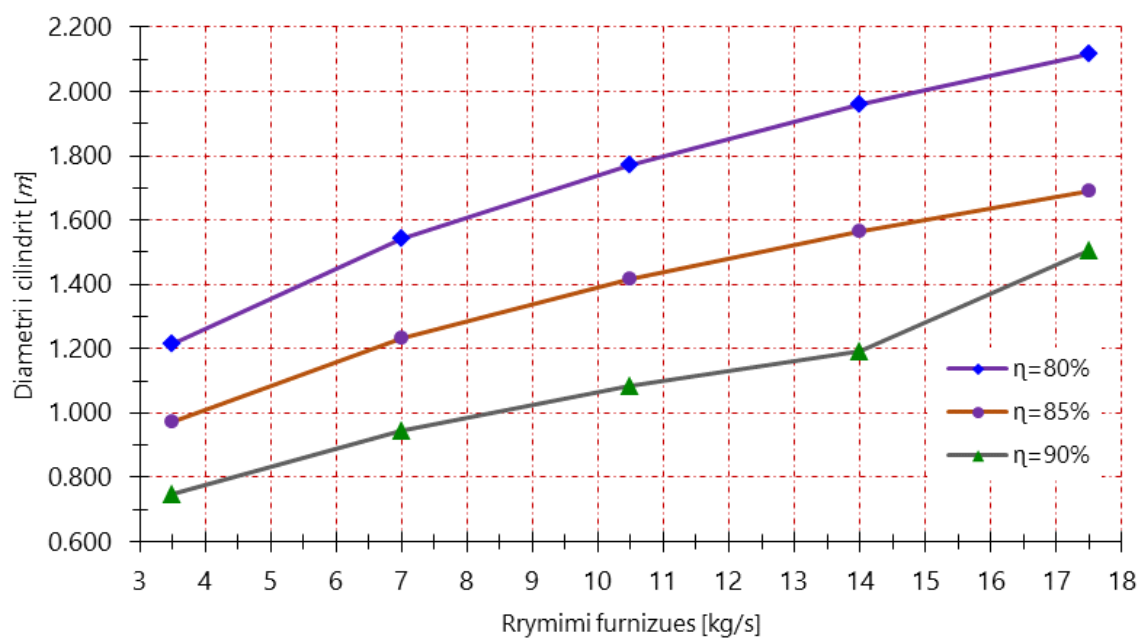


Figura 3.6: Ndikimi i rrymimit furnizues në diametrin e cilindrit

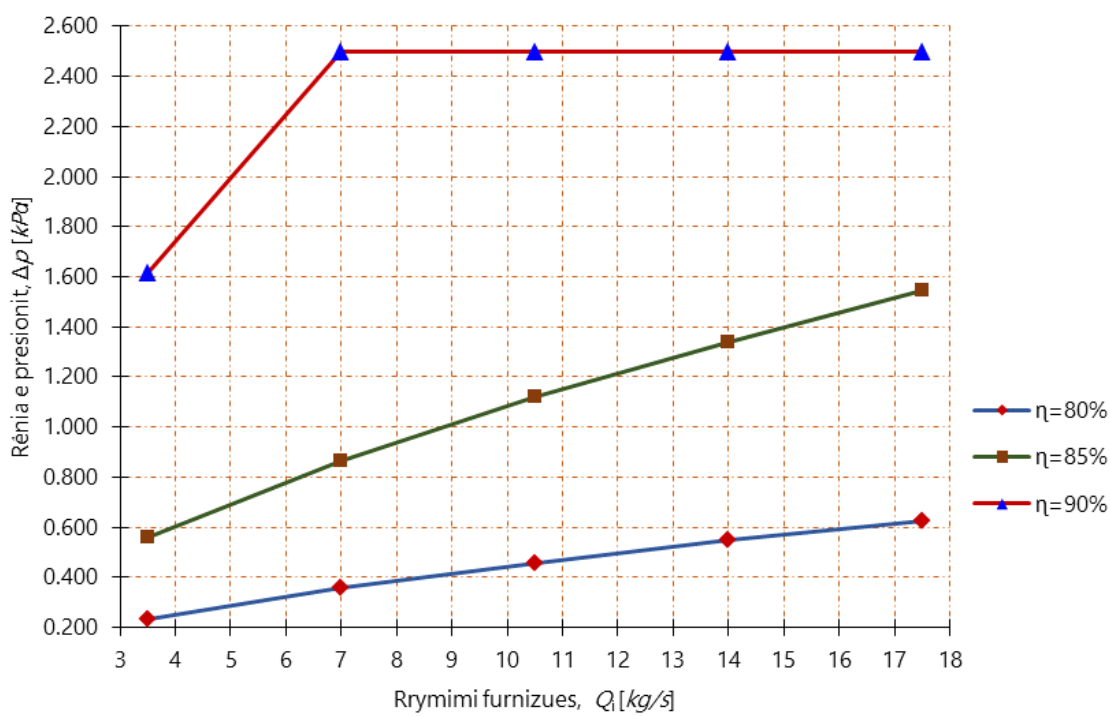


Figura 3.7: Ndikimi i rrymimit furnizues në rënien e presionit

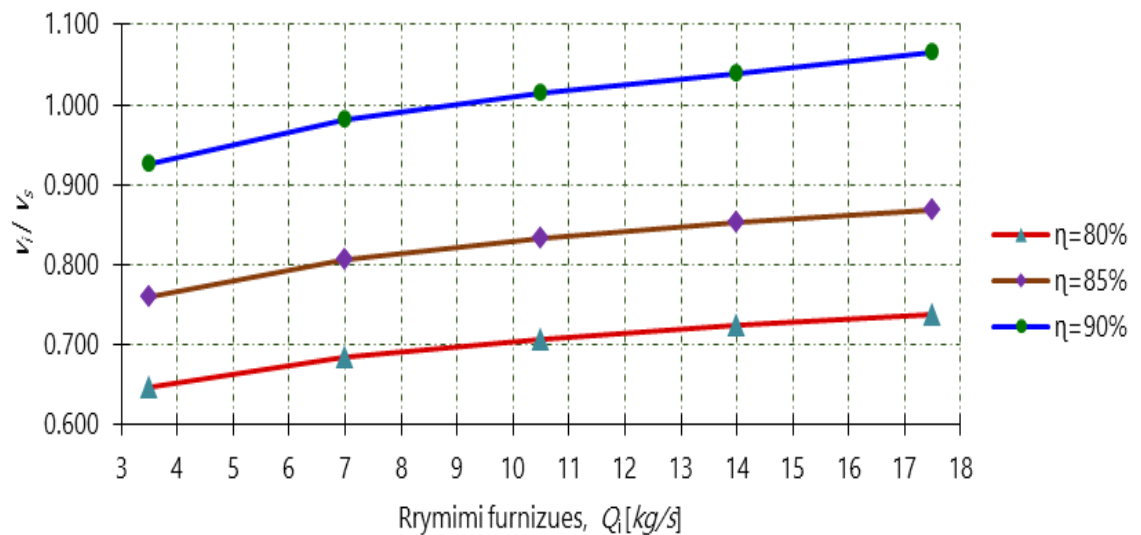


Figura 3.8: Ndikimi i rrymimit furnizues në raportin v_i/v_s

Tabela 5.8 Ndikimi i rrymimit furnizues Q_i në parametrat e ciklonit me efikasitet të lartë sipas modelit gjeometrik Swift

Q_i	$\eta = 93\%$			$\eta = 95\%$			$\eta = 97\%$		
	D	Δp	v_i/v_s	D	Δp	v_i/v_s	D	Δp	v_i/v_s
3.5	1.730	0.440	0.986	1.438	1.258	1.130	1.104	<2.5	1.371
7	2.184	0.944	1.047	1.812	1.994	1.201	0.952	<2.5	1.927
10.5	2.503	1.233	1.085	2.075	<2.5	1.245	1.166	<2.5	1.901
14	2.757	1.487	1.112	2.286	<2.5	1.276	1.345	<2.5	1.882
17.5	2.971	1.722	1.134	2.463	<2.5	1.301	1.504	<2.5	1.868

(Q_i [kg/s], D [m], Δp [kPa], v_i [m/s], v_s [m/s])

Mbështetur në të dhënat e paraqitura në formë tabelare dhe grafike, tabela 5.7 dhe figurat 3.6, 3.7 dhe 3.8 respektivisht, vërehet se ciklonët janë mjaft të përshtatshëm për të gjitha vlerat e rrymimit furnizues, për faktin se asnjëherë nuk i tejkalojnë vlerat maksimale të rënies së presionit dhe raportit v_i/v_s . Ndërkaq cikloni me efikasitet nuk është i përshtatshëm me përjashtim të rastit kur $Q_i=3.5$ [kg/s] për shkak të tejkalimit të vlerës maksimale të rënies së presionit përgjatë ciklonit. Prandaj në këto

raste duhet të ndryshohet modeli gjeometrik. Më karakteristik është rasti tek cikloni me efikasitet ku me rritjen e shpejtësisë së rrymimit të suspensionit në hyrje të ciklonit (rrymimit furnizues) për katër herë, diametri i cilindrit rritet në mënyrë të theksuar, kurse raporti v_i/v_s zvogëlohet në mënyrë të theksuar, kurse ndryshimi i presioni është më karakteristik për vlerën $Q_i=7$ [kg/s].

Tek ciklonët me efikasitet të lartë është konstatuar se modeli gjeometrik i Stairmand nuk është i përshtatshëm përkundër faktit që përmasat e ciklonit janë dukshëm më të vogla sesa te modeli gjeometrik i Swift. Në tabelën 3.8 është paraqitur ndikimi i rrymimit furnizues në parametrat e ciklonit sipas modelit gjeometrik Swift. Në bazë të vlerave të paraqitura në tabelën 3.8, shihet se për efikasitet rënia e presionit dhe raporti v_i/v_s asnjëherë nuk i tejkalon vlerat maksimale, kurse për efikasitet dhe tejkalimi i vlerave maksimale është tepër i madh. Poashtu vlenë të theksohet se pa marrë parasysh shkallën e efikasitetit numri i rrotullimeve efektive të gazit sipas këtij modeli çdoherë mbetet konstant gjë që tregon se ky parametër është i pavarur nga shpejtësia e rrymimit të suspensionit në hyrje. Prandaj në këto raste duhet të modelohet sistemi i ciklonve të lidhur paralelisht ose në seri.

KAPITULLI IV

4. DISKUTIMI I REZULTATEVE

Mbështetur në rezultatet e fituara me anë të simulimit kompjuterik, është konstatuar se:

1. Modeli klasik i Lapple edhe pse jep rezultate të mira për ciklonët me efikasitet deri në 90%, megjithatë nuk është mjaft i përshtatshëm për aplikim industrial, për shkak të përmasave të ciklonit. Ndryshimi në gjatësinë e diametrit të cilindrit krahasuar me modelet gjeometrike Stairmand dhe Swift është mbi 60% më i madh. Po ashtu Modeli i Lapple për ciklonët me efikasitet të lartë (93-97%) është i pa përshtatshëm pasi në përgjithësi vlerat e parametrave të ciklonit janë shumë të larta me përjashtim të numrit të rrotullimeve efektive të gazit brenda ciklonit, që është mjaft i ulët
2. Meqë përmasat ndikojnë në efikasitetin e punës së një cikloni është konstatuar se për kushtet e dhëna (tabela 5.1), modelet gjeometrike Stairmand dhe Swift japin rezultate dukshëm më të mira në krahasim me modelin gjeometrik të Lapple.
3. Modelimi i ciklonit sipas metodës Leith dhe Licht, në krahasim me atë të Lapple është dukshëm më i përshtatshëm duke u bazuar në rend të parë në gjeometrinë e ciklonit. Për ciklonët me efikasitet 80-90% aplikimi i kësaj metode në modelin gjeometrik të Stairmand-it është më e përshtatshme kurse në modelin gjeometrik të Swift-it jep rezultate më të mira për shkallën e efikasitetit 93-95%, për Kurse për efikasitet është plotësisht i papërshtatshëm pasi vlerat e rënies së presionit dhe raportit i tejkalojnë kufijtë e lejuar.
4. Po ashtu është konstatuar se për intervalin e temperaturës prej 0-100 °C, efikasiteti i ciklonit pothuajse mbetet i pa ndryshuar, dhe kjo vjen si rezultat i përbërjes kimike të përzierjes gaz-grimca (ajër-kuarc), pasi që në këtë interval të temperaturave densiteti i ajrit dhe grimcave të pluhurit të kuarcit nuk pëson shumë ndryshime.

KAPITULLI V

5. PËRFUNDIME

Gjatë modelimit të një cikloni krahas efikasitetit rëndësi të veçantë duhet kushtuar rënies së presionit dhe shpejtësisë së rrymimit furnizues. Meqë gjatë modelimit të ciklonëve duhet përcaktuar një numër të madh të parametrave të cilët e përkufizojnë këtë pajisje atëherë duke shfrytëzuar software adekuat lehtësohet procedura e modelimit si dhe rritet saktësia e rezultateve. Aplikimi i software-it Aspen Plus, mundëson gjetjen e një modeli më të përshtatshëm në aspektin gjeometrik si dhe llogaritjen e shpejtë dhe të saktë të parametrave siç janë: rënia e presionit, shpejtësia e hyrjes së suspensionit, shpejtësia e shmangies së grimcave nga rryma e gazit brenda ciklonit, gjatësia e shtjellës (vorteksit) etj.

Në këtë punim përmes simulimeve të realizuara me software-in Aspen Plus, kemi arritur në përfundim se për kushtet e dhëna, modeli më i përshtatshëm gjeometrik për efikasitetin e ciklonit prej 80-90%, është modeli Stairmand, kurse për efikasitet prej 93-95%, modeli më i përshtatshëm është ai i Swift-it. Kurse për të arritur efikasitet më të lartë se 95% është e domosdoshme lidhja e ciklonëve në paralel ose seri. Kjo do të mundësonte që krahas rritjes së efikasitetit të zvogëloheshin përmasat e ciklonit dhe në këtë mënyrë vjen deri të reduktimi i shkallës presionit përgjatë ciklonit dhe si rezultat i kësaj është e mundur të arrihet vlera optimale e operimit të ciklonit, me fjalë tjera arritja e vlerës së raportit.

Bazuar në rezultatet nga simulimi mund të përfundohet se shpejtësia e rrymimit të suspensionit që futet në ciklon, rritja e efikasiteti të ciklonit në përgjithësi ndikon në zvogëlimin e diametrit të cilindrit, rritjen e ndryshimit të presionit, e si rezultat i kësaj vjen deri te rritja e raportit.

Meqë shpejtësia e zakonshme me të cilën përzierja gaz-grimca hynë në ciklon nuk është aq e madhe, rëndom 20 m/s, në ciklon nuk arrihet ndarja e plotë e grimcave nga gazi, çka paraqet mangësinë themelore të punës së këtyre pajisjeve.

Pasi që në vete nuk përmbajnë pjesë lëvizëse, ciklonët tregohen mjaft të përshtatshëm për trajtimin e të gjitha llojeve të gazrave, duke përfshirë këtu edhe gazrat e nxehta deri në temperaturën 1000 °C.

Në rastet kur cikloni duhet të modelohet në mënyrë që të shfrytëzohet si pajisje e njësisë kryesore për trajtimin e ajrit të ndotur nga grimcat atëherë efikasiteti i tij duhet të jetë shumë i lartë. Ndërsa në rastet kur cikloni përdoret për parapastrimin e ajrit nga grimcat, zakonisht efikasiteti i tij është më i ulët, i cili zakonisht montohet para pajisjeve tjera siç janë: filtrat, skruberët, etj.

CONCLUSIONS

During the modeling of a cyclone, in addition to the efficiency, special importance should be paid to the pressure drop and the velocity of the supply flow. Since during the modeling of cyclones, a large number of parameters that define this device must be determined, then by using adequate software, the modeling procedure is facilitated and the accuracy of the results increases. The application of the Aspen Plus software allows finding a more suitable model in terms of geometry as well as the quick and accurate calculation of parameters such as: pressure drop, suspension entry speed, particle avoidance speed from the current of gas inside the cyclone, the length of the plume (vortex), etc.

In this paper, through the simulations carried out with the Aspen Plus software, we have come to the conclusion that for the given conditions (table 5.1), the most suitable geometric model for the cyclone efficiency of 80-90% is the Stairmand model, while for efficiency of 93-95%, the most suitable model is that of Swift. However, to achieve an efficiency higher than 95%, it is necessary to connect the cyclones in parallel or series. This would enable, in addition to the increase in efficiency, to reduce the size of the cyclone and in this way, the reduction of the pressure level along the cyclone and as a result of this it is possible to achieve the optimal value of the cyclone operation, in other words the achievement of the value of the report

Based on the results from the simulation, it can be concluded that depending on the speed of the suspension flow that enters the cyclone, the increase in the efficiency of the cyclone generally affects the reduction of the cylinder diameter, the increase of the pressure change, and as a result of this it comes to increasing the ratio

Since the usual speed with which the gas-particle mixture entered the cyclone is not so great, usually 20 m/s, the complete separation of particles from the gas is not achieved in the cyclone, which represents the basic shortcoming of the work of these devices.

Since they do not contain moving parts, cyclones are suitable for handling all types of gases, including hot gases up to a temperature of 1000 °C.

In cases where the cyclone must be designed in order to be used as a single main device for the treatment of air polluted by particles then its efficiency must be very high. Whereas in cases where the cyclone is used for pre-cleaning the air from particles, its efficiency is usually lower, which is usually mounted before other devices such as: filters, scrubbers, etc.

BIBLOGRAFIA

- [1] Towler, G. and Sinott, R. “Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design” 2nd Edition, Elsevir Inc, 2012
- [2] Wang, L. “A new engineering approach to cyclone design for cotton gins”, M.S. Thesis. Department of Agricultural Engineering, Texas A&M University, 2000
- [3] Pell, M. Dunson, J. B., Knowlton, T. M., “Perry's Chemical Engineers' Handbook, Section 17: Gas-Solid Operations and Equipment”, Eighth Edition, McGraw-Hill, 2007
- [4] Elsayed, K. and Lacor, C. “Numerical modeling of the flow field and performance in cyclones of different cone-tip diameters” Computers & Fluids, Elsevir, Volume 51, Issue 1, 15, Pages 48–59, December 2011
- [5] Chen, J. and Shi, M “A universal model to calculate cyclone pressure drop” Powder Technology, Sciencepaper Online, Volume 171, Pages 184-191, 2007
- [6] Vitaku, A., “Trajtimi i ajrit të ndotur”, Dispencë interne, FXM, 2008, Mitrovicë
- [7] Utikar, R., Darmawan, N., Tade, M., Li, Q, Evans, G., Glenney, M. and Pareek, V. “Hydrodynamic Simulation of Cyclone Separators” Computational Fluid Dynamics, INTECH, Croatia, 2010
- [8] Air and Waste Management Association (AWMA), “Air Pollution Emission Control Devices for Stationary Sources” 2000
- [9] Air Pollution Training Institute (APTI), “Control of Particulate Matter Emissions” Student Manual, APTI Course 413, Third Edition, 2000
- [10] Hoffman, A.C., & Stein, L. E., “Gas Cyclones and Swirl Tubes: Principles, Design, and Operation” Second Edition, Springer, 2008
- [11] Beqiri, E. “OPERACIONET TEKNOLOGJIKE I – Operacionet mekanike” UP, Fakulteti i Xehetarisë dhe Metalurgjisë, 1996
- [12] Rhodes, M. “Introduction to Particle Technology” 2nd Edition, John Wiley and Sons, 2003
- [13] Stern, A.C. “Air Pollution”, Vol. II, Academic Press, New York, 1968
- [14] Coker, A. Kayode, “Fortran Programs for Chemical Process Design, Analysis, and Simulation” Gulf publishing company, Texas, 2007
- [15] Turton, R., et al., “Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes”, 4th Edition, Prentice Hall, International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences, 2012

- [16] Schefflan, R. "Teach Yourself the Basics of Aspen Plus" John Wiley and Sons, 2011
- [17] Finlayson A.B. "Introduction to Chemical Engineering Computing" 2nd Edition, John Wiley and Sons, 2012