

TÖÖSTUSETTEVÖTETE TULEOHUTUS

A. TALVARI

A. VALGE

Õppevahend on kasutamiseks SKA Päästekolledži rakenduskõrgharidusõppe päästeteenistuse erialal eeskätt õppeaines „Tööstusettevõtete tuleohutus“, kuid ka õppeainetes „Põlemiskeemia ja tulekahju dünaamika“, „Ohtlikud ained“ ning „Rakenduskeemia“. Õppevahend on vajalik ka tulekahjude analüüsi ja riskianalüüsi valdkondades, ettevõtete hädaolukorra plaanide ja ohutusaruande koostamisel, tuleohutusjärelvalve teostamisel ettevõttes jne. Seega on õppematerjal kasulik ka Päästekooli õpilastele ning tõenäoliselt heaks abimeheks päästeteenistuse spetsialistidele.

ISBN 978-9985-67-157-3

© Sisekaitseakadeemia 2008

Sisekaitseakadeemia
Kase 61, 12012, Tallinn
oktoober 2008

SISUKORD

ÜLDOSA.	lk 4
Mõõtmised, mõõtühikud. Mõnede tööstustehnoloogias kasutatavate ainete füüsikalisi-keemilisi omadusi.	lk 4
I.OSA TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUSE ALUSED.	lk 8
1.peatükk TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUSE JA KAITSE ANALÜÜS.	lk 8
1.1. Tulekahju ennetamisvõimalused.	lk 8
1.1.1. Põlevsegu moodustumine tehnoloogilises seadmestikus tavatöötitingimustes.	lk 8
1.1.2. Põlevsegu moodustumine ainete väljumisel tehnoloogilisest seadmestikust normaalsel töötingimustel.	lk 10
1.1.3. Põlevsegu moodustumine tehnoloogilise seadmestiku käivitamisel ja seiskamisel.	lk 11
1.1.4. Põlevsegude moodustumine tehnoloogilise režiimi rikkumisel või tehnoloogilise seadmestiku avariidel.	lk 11
1.1.5. Tehnoloogilise seadmestiku kahjustused.	lk 12
1.1.6. Tööstuslikud süüteallikad.	lk 13
1.2. Tule (kahju) leviku takistamine.	lk 16
1.2.1. Põlevainete koguste vähendamine tehnoloogilises protsessis.	lk 16
1.2.2. Tootmiskommunikatsioonide kaitse.	lk 17
1.2.3. Tehnoloogilise seadmestiku kaitse.	lk 18
1.3. Tootmishoonete tuleohutusklassi ja tehnoloogia tuleohuklassi määramine.	lk 19
2. peatükk TÖÖSTUSETTEVÖTETE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUSE AUTOMAATIKASEADMED.	lk 22
2.1. Automaatseadmete osatähtsus.	lk 22
2.2. Automaatikaseadmete põhielemendid (Esmased. Sekundaarsed).	lk 22
2.3. Automaatreguleerimiseadmed.	lk 25
2.4. Tuletõrje nõuded kontrollmõteteadmetele ja automaatseadmetele.	lk 26
Tähised skeemidel.	lk 26
II. OSA TÖÖSTUSETTEVÖTETE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUS.	lk 27
3.peatükk. Tööstusettevõtete põhiprotsesside tuleohutus.	lk 27
3.1. Põhiprotsesside klassifikatsioon.	lk 27
3.2. Põlevainete kuumutamine ja jahutamine.	lk 30
3.3. Rektifikatsiooniprotsess.	lk 31
3.4. Sorptsiooniprotsessid.	lk 32
3.5. Põlevainete ja – materjalide transpordiprotsessid.	lk 33
3.6. Värvimisoperatsioonid.	lk 35
3.7. Kuivatamisoperatsioonid.	lk 37
3.8. Keemilised protsessid.	lk 39
3.9 Tuleohtlikkus ja ennetus.	lk 67
4.peatükk Tuleohutus nafta ja naftasaaduste tootmisel, töötlemisel ja hoidmisel.	lk 67
4.1. Nafta tootmine.	lk 67
4.2. Nafta ja naftasaaduste ladustamine.	lk 67
4.3. Täitmise -ja tühendamisekohad ladudes.	lk 68
4.4. Nafta ja naftasaaduste hoidmine.	lk 68
4.5. Naftatöötlemisettevõtete tuleohutus.	lk 70

5. PEATÜKK. Tuleohutus põlevgaaside tootmisel ja hoidmisel.	lk 72
5.1. Tehniliste gaaside tuleohtlikud omadused.	lk 72
5.2. Gaaside hoidmine märgades gaasihoidlates (WGH).	lk 73
5.3. Veeldatud süsivesinikgaasid.	lk 74
5.4. Gaaside hoidmine balloonides.	lk 80

6. PEATÜKK. Süttivaid tolme ja kiude eraldavate tootmistehnoloogiate tuleohutus.	lk 81
6.1. Tolmude ja kiudude tuleohtlikkus.	lk 81
6.2. Jahvatusaaduste tootmine.	lk 82
6.3. Kiudmaterjalide laod.	lk 82
6.4. Linatootmisettevõtted.	lk 82
6.5. Puuvilla ketrusvabrikud.	lk 83
6.6. Kudumis ja tekstiiltoodete ettevõtted.	lk 83

7. PEATÜKK. Puidutöötlemisettevõtete tuleohutus.	lk 84
7.1. Metsamaterjalide laod.	lk 84
7.2. Puidutöötlemisettevõtted.	lk 85

8. PEATÜKK. Logistika – ja autovedude ettevõtete tuleohutus.	lk 88
8.1. Logistikaettevõte – see on kaasaegne laotenus.	lk 88
8.2. Autoveod.	lk 88
8.3. Autode tuleohtlikkus.	lk 88
8.4. Tuleohutusnõuded garaazide, parklate, autoteeninduste, kütusetanklate projekteerimisel ja ekspluateerimisel.	lk 89
8.5. Tuleohutus maa-alustes garaazides.	lk 89

9. PEATÜKK. Energeetikaettevõtete tuleohutus.	lk 90
9.1. Üldmõisted. Elektri jaamad ja energiasüsteemid.	lk 90
9.2. Põletuskütuseelektri jaamad.	lk 91
9.2.1 Tuleohutus elektri jaamades.	lk 93
9.3. Tuumaelektri jaamad.	lk 95
9.4. Hüdroelektri jaamad.	lk 97
9.5. Tuuleelektri jaamad.	lk 98
9.6. Soojus- ja elektri jaamad Eestis.	lk 99

III OSA. TÖÖTLEVA TÖÖSTUSE ETTEVÕTETE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUS.

10. PEATÜKK. Tuleohutus viljakoristusel ja saagi hoidmisel.	lk 100
10.1. Tuleohutus viljakoristustöödel ja teraviljahoidlates.	lk 100
10.2. Põllumajandustehnika ekspluatatsioon.	lk 101
10.3. Teravilja kasvatus.	lk 101
10.4. Teraviljahoidlad.	lk 101
10.5. Mineraalväetiste laod.	lk 103
10.6. Toiduainetetööstus.	lk 104

11.PEATÜKK. Tuleohutus loomakasvatuseettevõtetes. _____	lk 105
11.1. Looma-ja linnukasvatushoonete kompleksid. _____	lk 105
11.2. Loomasööda hoidmine, heina kuivatamine ja transport. _____	lk 106
11.3. Soojusenergeetiliste seadmete kasutamine. _____	lk 106
11.4. Vitaminiseeritud rohujahtootmine. _____	lk 106

IV OSA. KÄITLEMISE OHUTUSUURING. _____ lk 108

12.PEATÜKK. Praktiline juhend (keemia)tööstuse riskide analüüsiks ja ohjamiseks. _____	lk 108
12.1. Seadusandluse nõuete tõlgendamine ja selgitamine. Ohutusuuringu osad. _____	lk 108
12.2. Ohtude määratlemine. _____	lk 109
12.3. Ohutusuuringute teostamine. Juhtimise (korraldamise) aspektid praktiline läbiviimine. _____	lk 114
12.4. Ohutusuuringute uuendamine. _____	lk 115
12.5. Ohutusuuringu individuaalsed astmed. _____	lk 117

V OSA. RIIKLIK TULEOHUTUSJÄRELVALVE TÖÖSTUSE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUSE TAGAMISEL. _____ lk 134

13.PEATÜKK. Riiklik tuleohutusjärelvalve tuleohutusnõuete vastavuse üle tootmisettevõtete tehnoloogia projekteerimisel. _____	lk 134
13.1. Ehitusprojekti tehnoloogiline osa. _____	lk 134
13.2. Ehitusprojekti tehnoloogilise osa kontroll. _____	lk 134
13.3. Tuleohutuse projektipõhised suunitlused. _____	lk 135

ÜLDOSA

Mõõtmised. Mõõtühikud

Kasutusel on kaks mõõtühikute süsteemi: rahvusvaheliste mõõtühikute süsteem (SI, 1960), kus on seitse põhiühikut (pikkus, mass, aeg, elektrivoolu tugevus, temperatuur, valgustustugevus ja ainehulk) ja nn Inglise mõõtühikute süsteem, mida peale Suurbritannia kasutavad Ameerika Ühendriigid ning mitmed inglise keelt kasutavad riigid. Nendeks ühikuteks on: toll (inch - in = 2,54 cm), jalg (foot - ft= 12 tolli=30.48 cm), jard (yard - yd= 36 tolli=91,44 cm), miil, unts (ounce - oz, 23,8 g), nael (pound - lb, 543,6 g), tonn, pint (pint - pt, 0,57 l), kvart (quart - qt, 1,14 l), gallon (gallon - gal, 4,54 l; USA-s 3,78 l), kuivainete mõõt bussel (bushel, 36,36 l), inglise külimit (peck, 9,08 l), teelusikatäis (teaspoon - tsp), supilusikatäis (tablespoon - tbsp).

Enamik maid maailmas kasutab SI-süsteemi, ka teaduskirjandus kasutab enamasti SI-süsteemi. Selles õppematerjalis on sageli kasutatud mõlemat süsteemi, kuna tuletõrje-päästetöötajad võivad sellega mõnedes maades kokku puutuda. Näiteks temperatuuri puhul on vaja teada üleminekut Fahrenheiti skaalalt Celsiusele ja vastupidi. Ka rõhkude mõõtmisel võivad manomeetrid olla gradueeritud Inglise süsteemis.

Järgnevalt on toodud mõned üleminekud SI-süsteemilt Inglise süsteemile:

1 m = 39,37 in (toll)	2,54 cm = 1 in (toll)
1 kg = 2,2 lb (nael)	454 g = 1 lb (nael)
946 ml = 1 qt (kvart)	

AINE TIHEDUS

Tihedus on aine ruumalaühiku mass: mass/maht. SI-süsteemis on ühikuks kg/m^3 , kasutatakse ka g/cm^3 . Inglise süsteemis lb/gal (nael/gallon). Tiheduse numbrilise väärtuse esitamisel näidatakse ka temperatuur, mille juures määramine toimus.

Tavaliselt on selleks temperatuuriks 20°C (68°F). Aine suhtelist tihedust määratakse suhtes vee tihedusega 4°C juures (d_4^{20}), mil vee tiheduseks on 1000 kg/m^3 ($1,000 \text{ g/cm}^3$).

Gaaside ja aurude puhul on kasutusel ka mõiste "auru tihedus" õhu suhtes (vapor density). Kuiva õhu, mis kujutab endast gaaside segu (lämmastik, hapnik, süsihappegaas jt), tihedus on 1,29 g/l või 0,011 lb/gal. Hapnikul on 1 liitri gaasi mass 1,43 g, seega tema tihedus õhu suhtes on $1,43 \text{ g/l} : 1,29 \text{ g/l} = 1,11$

Mõnede vedelike tihedusi 20°C juures (g/cm^3) / (kg/m^3)

VEDELIK	g/cm^3	kg/m^3
Äädikhape	1,05	1050
Etüülatsetaat	0,97	970
Kloorbenseen	1,11	1110
Lämmastikhape	1,50	1500
Heptaan	0,68	680
Väävelhape	1,84	1840
Soolhape	1,19	1190

Mõnede tähtsamate gaaside auru tihedused õhu suhtes

Aine nimetus	Tihedus õhu suhtes(õhk = 1)
Atsetüleen	0,899
Fluor	1,7
Metaan	0,553
Ammoniaak	0,589
Vesinik	0,07
Lämmastik	0,969
Süsinikdioksiid	1,52
Kloorvesinik	1,26
Hapnik	1,11
Süsinikmonooksiid	0,969
Vasiniüksüaniid	0,938
Osoon	1,66
Kloor	2,46
Vesiniksulfiid	1,18
Propaan	1,56
Butaan	2,04
Vääveldioksiid	2,22

ENERGIA

Energia avaldusvorme on mitmeid: radiatsioonienergia, keemiline energia, elektrienergia jt. Vaadeldes keemilist energiat teame, et ka temal on mitmeid avaldusvorme. Näiteks on dünaamias hulk keemilist energiat, plahvatades realiseerub see valguse, soojuse ja helina. Kõikides ohtlikes ainetes peitub keemiline energia, mis avaldub nende ohtlikkuses.

Energia ühikuna on kasutusel džaul (J, joule) SI-süsteemis, USA-s on kasutusel ka Inglise terminiline ühik Btu (British Thermal Unit).

Temperatuur

Temperatuuri mõõtmisel on kasutusel Kelvini skaala (absoluutne skaala), Celsiuse skaala (sajakraadine skaala), Fahrenheiti skaala (saja kaheksakümne kraadine skaala) ja Rankine skaala.

Celsiuse 0°C vastab Fahrenheiti 32° F-le ja 100°C vastab 212° F-le, Rankine juhul vastavalt 492°R ja 672°R.

Üleminekuteks saab kasutada valemeid:

$$(^{\circ}\text{F}) = 9/5 t(^{\circ}\text{C}) + 32 \quad t(^{\circ}\text{C}) = 5/9 t(^{\circ}\text{F}) - 32$$

Absoluutne null on -273,15°C või -459,69° F,

Üleminekuvalemid on:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15^{\circ}\text{C} \quad \text{ja} \quad T(^{\circ}\text{R}) = t(^{\circ}\text{F}) + 459,69^{\circ}\text{F}$$

RÕHK

SI süsteemis kasutatakse ühikuna njuuton ruutmeetri kohta (paskal, Pa – N/m²), USA-s on mõõtühikuks nael ruuttolli kohta (lb/in² nimetusega “psi”).

Normaalne atmosfääri rõhk on: 1 atm = 760 mmHg = 14,7 psi = 101,325 Pa

Mahutites olevat rõhku mõõdetakse manomeetriga, mis näitab selles oleva rõhu erinevust atmosfääri rõhust (ülerõhk, manomeetrirõhk).

Inglise süsteemis lisatakse ülerõhuühiku nimetusele täht “g” (*gauge pressure*) “psi g”, meil on “atü”.

Õige rõhk, mida nimetatakse absoluutrõhuks (*absolute pressure*) on:

$p(\text{absoluut, absolute}) = p(\text{manomeetirõhk, gauge pressure}) + 14,7 \text{ psi või } 1 \text{ atm}$

Mõnede tööstustehnoloogias kasutatavate ainete omadusi

Aine nimetus	Valem	ÜRO nr	Molaar-mass kg/kmol	Sulamis-temp. °C	Kee-mis-temp. °C	Stand. põlemis-soojus, [J / kg] [J/mol]	Leek-punkt °C	Sütti-mis-piirid, maht % õhus	Vees lahus-tuvus, kg/m ³
Akroleiin	CH ₂ CHCHO	1092	56	-87,7	52,7	2,77/1,55	-26,0	2,8..	206,0
Akrüülo-nitriil	CH ₂ CHCN	1092	53	-83,5	77,35	3,18/1,69	-0,00	2,4..	73,0
Õhk		1003	28,96	-213,15	-193,15	0,00	-273,15	0..	0,2
Ammoniaak	NH ₃	1005	17	-77,74	-33,43	1,86/3,17	-64,75	16..	530
n-Butaan	C ₄ H ₁₀	1011	58	-138,29	-0,45	4,59/2,66	-77,75	1,9..	0,0
Süsinik-mono-oksiid	CO	1016	28	-205,00	-191,45	1,01/2,83	-206,1	12,5..	0,0
Väävel-süsinik	CS ₂	1131	76	-111,57	46,23	1,45/1,10	-30,0	1,3..	2,0
Kloor	Cl ₂	1017	70	-101,0	-34,0	0,0/0,0	-273,15	0,0..	7,0
Eteen	CH ₂ =CH ₂	1962	28	-169,15	-103,85	4,72/1,32	-147,45	2,75..	0,1
Bensiin	C ₄ ...C ₁₂	1203	115	-20,15	59,85	4,50/5,17	-45,65	1,4..	0,0
Vesinik	H ₂	1049	2	-259,15	-253,95	1,41/2,86	-260,25	4,0..	0,0
Kloor-vesinik	HCl	1050	36,5	-114,18	-85,00	7,84/2,86	-273,15	0,0..	720,0
Vesinik-tsüaniid	HCN	1051	27	-13,24	25,70	2,30/6,23	-17,78	6,0..	100,0
Vesinik-floriid	HF	1052	20	-83,36	19,52	1,81/3,63	-273,15	0,0	1000,0
Väävel-vesinik	H ₂ S	1053	34	-85,47	-60,35	1,81/6,17	-106,75	4,3..	6,0
Metaan	CH ₄	1971	16	-182,15	-161,65	5,00/8,02	-188,50	5,0..	0,0
Metanool	CH ₃ OH	1230	32	-97,60	64,70	1,96/6,27	10,85	6,0..	1000,0
Metüül-merkaptaan	CH ₃ SH	1064	48	-122,97	5,96	2,39/1,15	-53,15	3,9..	23,0
Lämmastik dioksiid	NO ₂	1067	46	-11,20	20,85	7,19/3,31	-273,15	0,0	1000,0
Propaan	C ₃ H ₈	1978	44	-187,15	-42,25	4,60/2,03	-103,65	2,1..	0,0
Propeen	CH ₃ CH=CH ₂	1077	42	-185,15	-47,85	4,58/1,93	-108,15	2,0	0,0
Väävel-dioksiid	SO ₂	1079	64	-73,15	-10,02	0,0/0,0	-273,15	0,0	105,0

MÄRKUS :Alltoodud suurused on määratud tingimustel : 288,15 K (15° C)
ja 1,00 N/m² (~1 bar)

Aine nimetus	Ved. tihedus kg/m ³	Auru rõhk, bar	Aurustumis- soojus, kJ / kg	Ved. soojus mahtu- vus, J /(kg K)	Gaasi soojus mahtu- vus, (ideaal gaas) kJ /(kg K)	Gaasi tihedus, kg/m ³	1 m ³ gaasi/ auru mass, kg	1 kg gaasi/ auru maht, m ³	1 m ³ ved. mass, kg	1000 kg Ved .maht, m ³
Akroleiin	844,03	0,24	547,84	2,15	1,13	2,340	2,340	0,427	844,03	1,185
Akrüülo- nitriil	812,5	0,09	633,68	2,03	1,19	2,215	2,215	0,452	812,50	1,231
Õhk	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	1,00	1,21	1,21	0,827	Määra- matu	Määra- matu
Ammo- niak	616,6	7,28	1209,09	4,59	2,11	0,711	0,711	1,407	616,55	1,622
n-Butaan	584,49	1,82	362,140	2,46	1,64	2,425	2,425	0,412	584,49	1,711
Süsinik- mono- oksiid	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	1,04	1,169	1,169	0,855	Määra- matu	Määra- matu
Väavel- sõsinik	1267,9	0,32	368,58	0,999	0,58	3,178	3,178	0,315	1267,90	0,789
Kloor	1427,44	5,89	256,54	0,899	0,47	2,960	2,960	0,338	1427,44	0,701
Eteen	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	1,54	1,171	1,171	0,854	Määra- matu	Määra- matu
Bensiin	740,38	0,43	370,14	2,195	1,04	4,800	4,800	0,208	740,38	1,351
Vesinik	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	14,32	0,084	0,084	11,884	Määra- matu	Määra- matu
Kloor- vesinik	846,91	37,29	275,71	1,75	0,795	1,522	1,522	0,657	846,91	1,181
Vesinik- tsüaniid	694,54	0,67	1048,36	2,62	1,31	1,128	1,128	0,886	694,54	1,440
Vesinik- floriid	967,27	0,86	378,39	2,49	1,45	0,835	0,835	1,197	967,27	1,034
Metaan	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	Määra- matu	2,21	0,67	0,67	1,493	Määra- matu	Määra- matu
Metanool	809,35	0,10	1203,05	2,48	1,36	1,337	1,337	0,748	809,35	1,236
Metüül- merkap- taan	875,58	1,49	501,47	1,85	1,06	2,008	2,008	0,498	875,585	1,142
Lämmas- tik dioksiid	1467,00	0,76	828,83	3,097	0,825	1,920	1,920	0,521	1466,99	0,682
Propaan	509,27	7,31	348,16	2,58	1,66	1,841	1,841	0,543	509,27	1,964
Propeen	522,69	8,91	348,88	2,57	1,51	1,756	1,756	0,569	522,69	1,913
Väavel- dioksiid	1394,52	2,80	362,91	1,35	0,62	2,674	2,674	0,374	1394,52	0,717
Tolueen	871,01	0,02	415,99	1,67	1,12	3,844	3,844	0,260	871,01	1,15
Vesi	1036,88	0,02	2545,85	4,19	1,87	0,752	0,752	1,330	1036,88	0,96

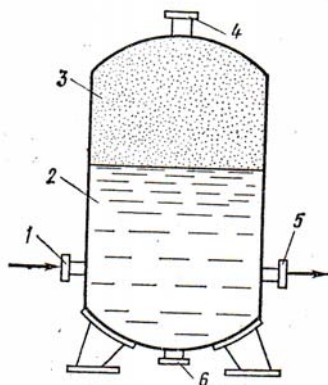
I. OSA: TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHTUSE ALUSED

1. PEATÜKK. TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHTUSE JA KAITSE ANALÜÜS

1.1.1. PÕLEVSEGUDE MOODUSTUMINE TEHNOLOOGILISES SEADMESTIKUS NORMAALSETEL NORMAALSETEL TÖÖTINGIMUSTEL.

Tehnoloogilistes protsessides osalevad ained ja materjalid on kas gaasilises, vedelas või tahkes olekus. Igal neist on oma iseärasused, mis mõjutavad nende põlevsegu moodustumise tingimusi tehnoloogilises süsteemis.

Seadmed vedelikega. Tööstuse tingimustes ei täideta mahuteid täielikule, seetõttu jääb vedeliku pinna kohale teatud vaba ruum, mis järk-järgult küllastub vedeliku aurudega (joonis 1.1).



1. sissevoolutoru
2. vedelik
3. auru-õhu ruum
4. õhutusava
5. väljavoolutoru
6. altjooksu toru

Joonis 1.1. Vedelikumahuti.

Sellistes tingimustes võib selles vabas mahus moodustuda vedeliku auru ja õhu (või muu oksüdeerija) süttimisvõimeline kontsentratsioon (segu).

Üldiselt on kergestisüttivate ja põlevate vedelike kontsentratsioon liikumatu vedeliku pinna kohal olevas ruumis ligilähedane küllastatud auruõhu kontsentratsioonile C_s . See määratakse küllastatud auru õhu P_s ja vaba mahu üldrõhu $P_{\text{üld}}$ abil:

$$C_s = P_s / P_{\text{üld}} \quad (1.1)$$

Küllastatud auru rõhk leitakse tabelist või arvutatakse. Ta oleneb ainult vedeliku temperatuurist , seetõttu ka küllastatud auru kontsentratsioon on temperatuuri funktsioon $C_s = f(T)$.

Ohtliku süttimiskontsentratsiooni olemasolu hindamisel võib kontrollida kahte tingimust:

- a) vedeliku kohal oleva vaba mahu olemasolu
- b) järgmist olenevust $T_{\text{al}} < T < T_{\text{ül}}$ (1.2)

Tal ja Tül väärtused saame teatmikust.

Juhul kui vedeliku töötemperatuur (T) muutub tehnoloogilises protsessis, siis (1.2)-s töötemperatuuri (T) asemele võib panna temperatuuri muutumise vahemiku (T).

Küllastatud auru kontsentratsioon võib muutuda täiendava õhu tõttu läbi seadme „hingamisseadmestiku“. Seejuures vedeliku auru kontsentratsioon võib muutuda süttisohtlikuks. Sellisel juhul süttisohtu ei saa hinnata keskkonna temperatuuri järgi, vaid tuleb hinnata seose (1.3) järgi:

$$C_{\text{al}} < C < C_{\text{ül}} \quad (1.3)$$

Tegelikku kontsentratsiooni C võib määrata katseliselt või arvutada lähtudes sellest, et vedeliku antud temperatuurile vastab alati võrratus $C < C_s$ küllastatud auru kontsentratsiooni C_s lahjenemise arvel „ hingamisseadmetikust“ tulevast õhu kogusest, mis vastab väljapumbatud või (väljavalatud) vedeliku kogusele. Seega on (1.3) seos samuti õhu tingimuseks süttiva segu moodustumisel kinnises seadmes.

Süttisohtliku vedeliku auru-õhu segu tekkimise vältimiseks võib kasutada järgmisi tehnoloogilisi võtteid:

- 1) Vaba ruumi (mahu) likvideerimine vedeliku kohal. Teatud tehnoloogilisi anumaid võib täielikult täita

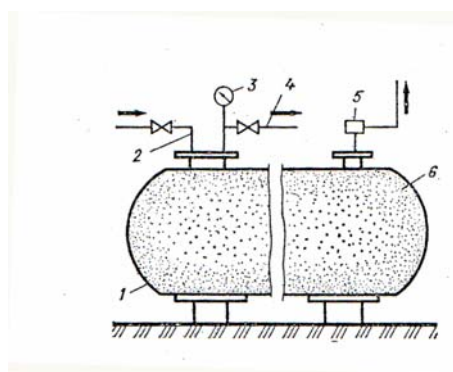
(nt siugtüüpi reaktorid, soojusvahetid jms.). Vaba ruumi praktiliselt ei ole heledate naftasaaduste ujuvkatusega mahutites.

2) Ohutu temperatuurirežiimi hoidmine. Temperatuuri hoitakse automaatselt süttimispiiridest väljaspool.

3) Vedeliku aurude kontsentratsiooni vähendamine vedelikupealses vabas ruumis. Siinjuures kasutatakse püsiva koostisega vahetusid, emulsioone, polümeermaterjalist mikrokerakesi jms. Teatud aja jooksul nad takistavad aurustumisprotsessi. Vedelikule võib lisada ka tema kohal olevas vabas mahus olevate aurude partsiaalrõhku vähendavaid aineid (nt vesi metanooli ja etanooli jt. alkoholide, atsetooni ja äädikhappe puhul, CCl_4 naftasaaduste ja väävelsüsiniku puhul).

4) Auru-õhu segu lahjendamine temasse mittepõlevate (inertsete) gaaside sisseviimisega. Mittepõlevad gaasid (N_2 , CO_2 , H_2O , sisepõlemismootori väljaheitegaasid jm) vähendavad segus hapniku partsiaalrõhku, ahendades seega süttimispiire. Samuti võivad nad endasse võtta teatud soojushulga, mis muidu läheks temperatuuri tõstmisele. Inertgaasi toime efektiivsus on seda suurem, mida kõrgem on tema soojusmahtuvus.

Seadmed Gaasiga



1. korpus
2. täiteliin
3. manomeeter
4. tarbimisliin
5. kaitseventiil
6. gaas

Joonis 1.2. Gaasimahuti

Nende seadmete töö seondub sageli ülerrõhuga ning nii mahuti ise kui ka torustikud on täiedetud gaasiga (või gaaside seguga) ilma oksüdeerija lisandita. Sellises süsteemis ei saa tekkida süttiv segu. Mõningates tehnoloogilistes protsessides vastavalt reglemendile juhitakse seadmesse põlev gaasi- ja õhu (või hapniku) segu. Näiteks metaani konversioonil vesiniku saamine jt. Süttiva segu tekkimise üle saab otsustada (1.4) järgi:

$$C_{al} \leq C \leq C_{ül} \text{ , kus} \quad (1.4)$$

C_{al} ja $C_{ül}$ on gaasi alumine ja ülemine süttimiskontsentratsioon ja C on põlevgaasi töökonsentratsioon seadmes. Süttimisohtliku kontsentratsiooni vältimiseks võib kasutada järgmisi tehnoloogilisi võtteid:

- 1) hoida gaasi töökonsentratsioon suhtes oksüdeerijaga väljaspool süttimis-kontsentratsiooni piire
- 2) lahjendamine mittepõlevate (inertsete) gaasidega. Seda kasutatakse juhul, kui gaasi-õhu segu on süttimisohtlikus kontsentratsiooni piires.

Seadmed tolmuuga. Mitmed tehnoloogilised protsessid (purustamine, lõhustamine, separeerimine jt) on seotud tolmsaadustega (tolm võib tekkida ka kõrvalsaadusena), mis kujutavad endast väga väikeste mõõtmetega tahkeid aineid.

Olenevalt osakeste mõõtmetest võib olla tegemist hõljuva tolmuuga (aerosool) või sadeneva tolmuuga (aerogeel). Õhus hõljuv tolmu võib moodustada plahvatusohtliku kontsentratsiooni. Ohtliku kontsentratsiooni piirkond on aine keemilise koostisest, dispersiooniastmest, niiskusest ja tuhasisaldusest (mineraalainete sisaldusest). Võimaliku ohtliku tolmu-õhu segu kontsentratsiooni moodustumist hinnatakse ainult alumise süttimiskontsentratsiooni (C_{al}) järgi, kuna ülemist piiri on praktiliselt raske saavutada. Seadmes või torustikus võib moodustuda ohtlik kontsentratsioon järgmisel juhul:

$$C \leq C_{al} \quad (1.5)$$

Ohtlik on ka tootmisruumis sadenenud tolmu (aerogeel). Olenevalt materjalist võib esineda, tänu suurele õhuga kokkupuutepinnale ka isesüttimine. Hõljuva tolmu plahvatus saab lisajõudu sadenenud tolmust, mis primaarsel plahvatusel õhku paiskub. Sekundaarne plahvatus võib purustada nii seadmeid kui ka hoonet. Selliseid plahvatuste seeriaid on esinenud elevaatorites, suhkrutööstuses jt. sellistes „tolmustes“ tehnoloogilistes protsessides. Ohtlike tolmu-õhu kontsentratsioonide vältimiseks kasutatakse järgmisi tehnoloogilisi võtteid:

- 1) vähem tol mavate tehnoloogiate kasutamine (nht vibratsioon-jahvatus, peenendamine niiskemas õhus jm)
- 2) tolmu eemaldamiseseadmete kasutamine
- 3) lahjendamine mittepõlevate (inertsete) gaaside või mineraalse päritoluga tol mudega (kriit, tsement jms.)
- 4) tolmu sadestumise vältimine seadmete uuresse, ruumi nurkadesse jm.

1.1.2. Põlevsegude moodustumine ainete väljumisel tehnoloogilisest seadmestikust normaalsetel töötingimustel.

Põlev keskkond tootmishoones või sellest väljaspool võib tekkida juhul kui põlevaine on seadmest välja pääsenud. Kõige ohtlikumateks seadmeteks on avatud aurumispinnaga seadmed (nt mitmesugused värvimisvannid, rasvärastamisvannid jms.).

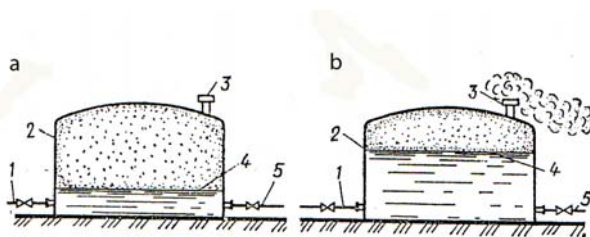
Süttimisohtlik aurude kontsentratsioon tekib ainult siis selliste seadmete puhul kui vedeliku töötemperatuur T on võrdne või suurem leekpunktist T_{lp} .

$$T \geq T_{lp} \quad (1.6)$$

Ohtliku olukorra vältimiseks kasutatakse järgmisi tehnoloogilisi võtteid:

- 1) avatud pinnaga seadmete asendamine kinnistega kui tehnoloogia seda lubab
- 2) töötemperatuuri hoidmine alla leekpunkti
- 3) kergeltsüttivate ja süttivate vedelike asendamine mittesüttivatega või vähem süttivatega (millede leekpunktid on kõrgemad)

„Hingamissüsteemiga“ seadmed kujutavad endast kinniseid mahuteid (joonis 1.3).



- a) enne täitumist
- b) täitmisel (väljahingamisel)
1. toiteliin
2. korpus
3. hingamisklapp
4. vedeliku tase
5. tarbimisliin

Joonis 1.3. Reservuaari „hingamine“

Kus sisemus on atmosfääriga ühendatud hingamissüsteemi kaudu (hingamistoru, hingamisklapp jm). Selle tüüpi alla kuuluvad kergestsüttivate ja süttivate vedelike mahutid, dosaatorid, mõõtemahutid jm. Eristatakse suurt ja väikest hingamist, esimesel juhul on tegemist mahutite täitmisel ja tühjendamisel, teisel juhul on tegemist temperatuuri muutustega vedeliku pinnal asuvas vabas auru-õhu mahus. Aurude väljumine hingamisel võib tekitada süttimisohtliku auru-õhu segu aurude väljumisavade läheduses kui vedeliku töötemperatuur T on suurem või võrdne vedelikuaurude alumise süttimistemperatuuriga

$$(T_{al}) : T \geq T_{al} \quad (1.9)$$

Õhu sissepääs mahutisse (nt mahuti tühjendamisel) võib nn rikka segu lahjendada süttimiskontsentratsiooni piiridesse. Seetõttu on eriti ohtlikud nn suured hingamisprotsessid.

Ohtlike olukordade vältimiseks kasutatakse järgmisi tehnoloogilisi võtteid:

- 1) auruõhu vaba ruumi vähendamine või likvideerimine, hoides mahutis vedeliku taset maksimaalkõrgusel või kasutada ujukatuseid;
- 2) vedelike (nt vedelgaaside) hoidmine ülerõhu tingimustes;
- 3) gaasi (auru) kogumissüsteemide loomine;
- 4) väljuvate aurude püüdmine sorptsioonimeetodil, jahutamisel vms;
- 5) hingamistoru väljundite viimine eemale tootmishoonest
- 6) päikesekiirguse toime vähendamiseks värvida mahutid heledates toonides, ehitada seinte veejahutussüsteemidega, kasutada soojusisolatsiooni või spetsiaalseid ekraane.

Hermeetilised seadmed, mis töötavad ülerõhu tingimustes võivad samuti olla põlevate aurude ja gaaside allikaks. Selle põhjuseks on paljud ühenduskohad, võllide tihenduskohtad, pumbad jms ka normaalse tööreži-

imi korral. Tootmisruumide hea ventilatsioon väldib süttivate aurude süttimisohlike aurude kontsentratsiooni teket.

1.1.3. Põlevsegu moodustumine tehnoloogilise seadmestiku käivitamisel ja seiskamisel.

Tehnoloogilise seadmestiku seiskamine ja taaskäivitamine võib toimuda perioodiliselt vastavalt tehnoloogilisele reglamendile (seadmete ülevaatus, olulisemate sõlmede kontroll, puhastamine, remont vms). Põhjuseks võib olla ka tehnoloogilise režiimi muutmised (temperatuur, rõhk, ainete kontsentratsioonid jms.). Seiskamise järel on võimalik põlevkeskkonna moodustumine mitmetes tehnoloogilise liini lõikudes. Põlevained tuleb süsteemist täielikult eemaldada, jääkaurude eemaldamiseks puhutakse süsteem läbi inertgaasiga (või olenevalt osalevatest ainetest ka veeauruga).

Rektifikatsiooni kolonne pestakse veega, vesi peseb järk-järgult välja tuleohtliku vedeliku, asendudes ise temaga. Kui seiskamise järel on vajadus tuletööde järele (nt keevitamine), tuleb enne töö alustamist gaasianalüsaatoriga kontrollida põlevgaaside olemasolu. Ohtlik põlevkeskkond võib tekkida ka taaskäivitamisel. Kui õhuga täidetud mahtudesse saabuval kuumad põlevad komponendid võib toimuda nende süttimine. Süsteemi läbipuhumisel on oluline osa jääkõhu (hapniku) eemaldamisel.

1.1.4. Põlevsegude moodustumine tehnoloogilise režiimi rikkumisel või tehnoloogilise seadmestiku avariil.

Suurimat ohtu tootmisele avaldab tehnoloogilise režiimi rikkumisega seonduvad avariid. Nad võivad lühikese aja jooksul tekitada põlemisohtliku keskkonna nii seadmestikus kui ka väljapool tootmishoones.

Avariid ja tulekahju suurus oleneb kahjutuse suuruselt. Kohaliku iseloomuga vigade puhul (mõrade teke, tihendmaterjali kulumine, ühenduskohtade purunemine vms) rõhu all töötavates seadmetes (kas ala – või ülerõhk) muutub rõhk aeglaselt. Seadmetest väljub põlevaine suhteliselt aeglaselt. Sellistel tingimustel on kahjustused lokaalsed.

Võimalik on aga seadme või torujuhtme täielik prurnemine. Sellisel juhul on rõhumuutus väga kiire ning seadmes (torujuhtmes) olev aine paiskub keskkonda väga lühikese aja jooksul (nt gaasimagistraaltoru purunemine Peterburi lähedal 2007 a suvel tekitas suure tulekahju, lööklainet oli tunda 5 km kaugusel). Seadme täielikul purunemisel võib olla tuntav mõju lähedalolevatele seadmetele, ehitistele ja rajatistele.

Järgnevalt kirjeldame mõningaid iseloomulikke situatsioone, mida tuleb tuleohutuse seisukohalt arvestada.

- Kui kahjustatud seadmetes või torujuhtmetes põlevained (vedelad või gaasilised) on rõhu all ja kuumutatud üle isesüttimistemperatuuri, siis nende paiskumisel keskkonda kokkupuutel õhuga toimub isesüttimine.
- Kui põlevained on kuumutatud alla isesüttimistemperatuuri kuid üle leekpunkti (vedelike ja vedelgaaside puhul), siis nende paiskumisel keskkonda kus puudub süüteallikas moodustub põlevaine aurude ja õhu segu. Siinjuures ei moodustu see ainult lokaalselt, vaid levib kogu tööstushoone ruumis(des) ja ka väljaspool seda. Süüteallikaga kokkupuutumisel võib toimuda selle „pilve“ süttimine ja põlemine kineetilises piires (st segupilve plahvatuse näol).
- Kui kahjustatud seadmest või torujuhtmest väljuva vedeliku temperatuur on alla leekpunkti, siis ei saa moodustuda põlemisohtlikku gaasi-õhu segu, mistõttu pole plahvatusohtu ka süüteallika olemasolul. Siiski tuleb arvestada sellega kui mahavalgunud vedeliku pinnale mõjub pikaajaliselt tugev soojuskiirgus võivad vedeliku aurustunud gaasid õhu käes süttida ning tuli levib aeglaselt (difusiooni- põlemise piires) üle kogu vedeliku pinna.
- Vaakumi all töötavate seadmete kahjustusel pääseb õhk kiiresti seadmesse. Siinjuures tekivad samasugused olukorrad kui põlevaine väljumisel ümbritsevasse keskkonda. Suureneb seadme siseplahvatuse oht. Seetõttu võivad lokaalsed kahjustused lõppeda seadme katastroofilise purunemisega. Ohuolukordade vältimiseks rakendatakse mitmesuguseid tehnoloogilisi võtteid. Eelkõige püütakse vältida suurte ainekoguste väljumist keskkonda. Selleks rakendatakse automaatsüsteeme, mis sulgevad põlevaine pealevoolu seadmesse kui mingi andur (rõhuandur, gaasianalüsaator vms) sellekohase signaali annab. Avariiohu korral lülituvad sisse täiendavad ventilaatorid, mis eemaldavad avariikohalt süttimisohhtlikud gaasid.

1.1.5. Tehnoloogilise seadmestiku kahjustused.

Oluliseks näitajaks on seadme materjali mehaaniline tugevus, mille all mõeldakse tema vastupanuvõimet töökoormusele etteantud tugevuspiirides. Tehnoloogilise seadmestiku valmistamisel on esmatähtis vastava materjali valik. Lähtutakse seadme kõige raskematest (ekstreemsematest) töötingimustest. Vaatamata sellele esineb tehnoloogilistes protsessides seadmete ja torujuhtmete kahjustusi, millega seonduvad plahvatused ja tulekahjud. Ühest küljest võivad põhjused olla seotud tehnoloogilise protsessi parameetritest kõrvalekaldumisega, kuid teisalt võivad pikaajasel eksploatatsioonil avarii põhjuseks olla seadme metalli varjatud defektid (mikropraod vm). Seadme sisepinna kulumisest tingitud vastupanuvõime vähenemine võib olla samuti avarii põhjuseks.

Järgnevalt iseloomustame kolme põhjust seadme seinamaterjali kahjustumisel (mehaaniline, temperatuurne, keemiline).

1. Mehaanilise toime puhul eristatakse kolme viisi:

a) üle- ja alarõhk

b) dünaamiline koormus ning

c) erosiooniline kulumine

a) rõhu muutumine võib toimuda materjali – ja soojusbilansist kõrvale kaldumisel, condensatsiooniprotsessist, kergeltkeevate vedelike sattumine kuuma seadmesse, eksotermiliste keemiliste reaktsioonide toimumine. Erinevatel rõhkudel töötavate seadmete vahele tuleb ühendada spetsiaalsed automatiseeritud rõhuregulaatorid (reduktorid).

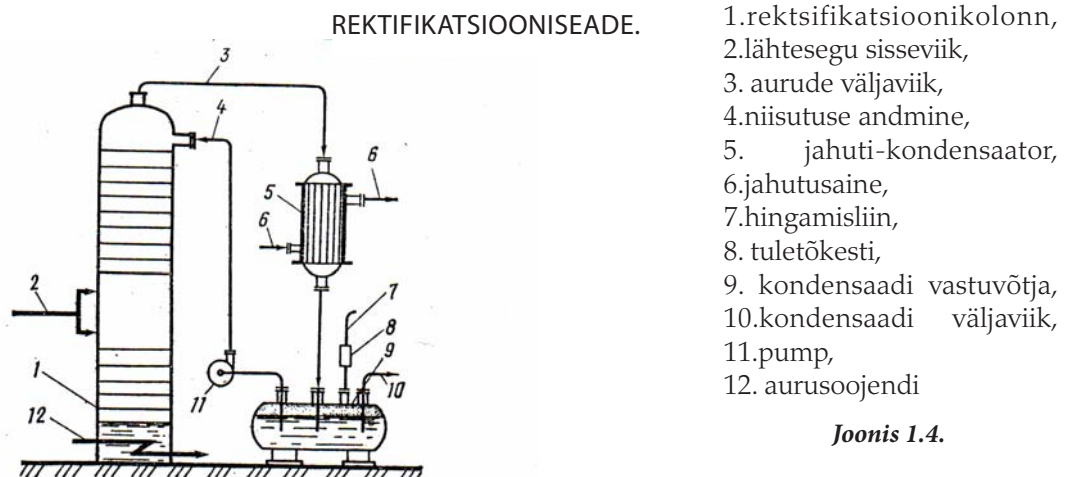
Rõhu tõus võib olla sageli tingitud sellest, kui unustatakse torujuhtmete ühenduskohtadele ette sulgurid (nn „pimedad“). Rõhu muutustest tulenev oht on suurem, kui tehnoloogilises liinis on pumbad ja kompressorid. Niiskete põlevgaaside, kergeltsüttivate vedelike ja süttivate vedelike aurude liikumisel võib temperatuuri alanemine esile kutsuda veeauru condensatsiooni ning teatud tingimustel ka jäätumise.

Süsivesinikgaaside (propan, etaan, maagaas jt.) ning vedelate süsivesinike torustranspordil võib talvetingimustes esineda jäätumist ja ka kristallhüdraatide teket. Viimaste teket soodustab gaasi niiskusesisaldus, temperatuur ja rõhk. Juba rõhul 0,2 MPa (2 at) ja enam võivad kristallhüdraadid moodustuda ka plussktaadidel (5-10°C piires). Igasuguste lisandite olemasolu võib teatud tingimustel soodustada nende kondenseerumist ja ka tahkestumist. Ohtlike olukordade tekke vältimiseks tuleb nii gaasidest kui ka vedelikest eemaldada vesi ja eelkõige madala keemistemperatuuriga lisandid. Kui kondensaadi tekkimist ei saa takistada, tuleb kasutada spetsiaalseid kondensaadi kogujaid. Tuleb meeles pidada, et torujuhtmed vajavad teatud aja vältel puhastamist ja kontrollimist (nt survele). Kõikide tehnoloogiliste seadmete eksploatatsioon peab toimuma eeskirjade järgi.

Oht tekib ka mahutite täitmisel. Temperatuuri mõjul paisuvad nii gaasid kui ka vedelikud, seetõttu täidetakse vedelgaasi mahutid 85-90% ulatuses ja vedelike mahutid 90-95% ulatuses.

Aurude condensatsiooni protsessil võivad samuti esineda ohtlikud rõhumuutused. Sisuliselt on need massivahetusprotsessid ning neid kasutatakse segude lahutamisel komponentideks, näiteks kas lihtdestillatsioonil või rektifikatsioonil, lahuste kokkuaurutamisel jm.

Igal juhul vedeliku aurustumine seonduv tema aurude condensatsiooniga (joonis 1.4), mis tagatakse aurude jahutamise spetsiaalses jahutis.



Aurude kondensatsioon jahutis võib vähendada või hoopis lakata. Seejuures auru hulk süsteemis tõuseb ning kasvab ka rõhk. Selle põhjuseks võib olla häire soojusrežiimis või jahutussüsteemis. Aurude kondenseerumisele avaldab negatiivset mõju soojusülekande teguri suurenemine jahuti seinale kogunenud ainete (soolad, vaigud jm) tõttu.

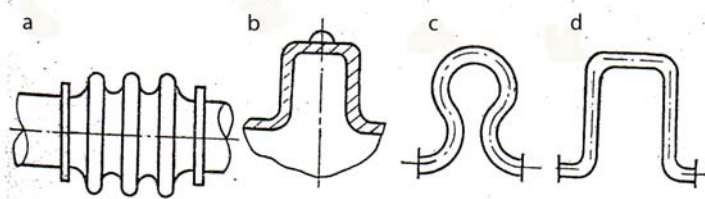
Rõhu muutustega on seotud ka asjaolu, et kõrge keemistemperatuuriga komponentide puhul esineb nende lagunemiseoht, mistõttu protsessi viiakse läbi alarõhu (vaakum) tingimustes.

b) dünaamilise koormuse mõju. Dünaamilised koormused võivad seina materjalis esile kutsuda pingeid, mis ületavad 10-15 korda staatilisest koormusest tingitud pingeid. Dünaamilised koormused tekivad rõhu järsust muutusest, hüdraulilistest löökidest, vibratsioonist ja sisemistest mehaanilistest löökidest. Järsud rõhumuutused esinevad seadmestiku seiskamisel ja seiskumisel, taaskäivitamisel ja temperatuurirežiimi rikkumisel. Hüdraulilised löögid tekivad vedeliku või gaasi voolamise järsul tõkestamisel (pidurdamisel), ventiilide, kraanide jms kiirel sulgemisel ja avamisel.

c) erosiooniline kulumine. Erosiooniks nimetatakse seadme või toru seinamaterjali mehaanilist kulumist vedeliku või gaasi liikumisest tinglikult. Seinte paksus aja jooksul pidevalt väheneb, lokaalselt võivad tekkida purustused (tühikud, kraatrid vm). Olenevalt toimivast tegurist jaotub erosioon: gaasi-, abrasiiv-, kavitatsioon-, elektriline- ja ultrahelieroosioon.

Temperatuuride toime

Temperatuuri mõjul muutuvad metallist detailide, osade, sõlmede vms. joonmootmed. Torujuhtmete puhul kasutatakse mitmesuguse kujuga temperatuurikompensaatoreid. (joonis 1.5.)



Joonis 1.5.

- a) kolmelääteline,
- b) ühe läätse läbilõige,
- c) lüürakujuline,
- d) silmuse kujuline

Temperatuuri mõju metallile avaldub mehaanilise vastupidavuse nõrgenemises. Näiteks konstruktsiooniterase vastupidavus väheneb temperatuuril üle 573 K (300°C) märkimisväärselt. Legeeritud ja kuumakindlad teras-esordid on vastupidavamad.

Keemiline toime

Agressiivsete ainete ja materjalide toimel väheneb samuti seadmete ja torujuhtmete seina paksus ning koos sellega ka seadmestiku mehaaniline vastupidavus.

Metallide lagunemist temaga kokkupuutuva keskkonna toimel nimetatakse korrosiooniks. Eristatakse keemilist, elektrokeemilist ja biokeemilist korrosiooni.

1.1.6. Tööstuslikud süüteallikad.

Tööstuslike süüteallikate all tuleb mõista ainult tootmis- tehnoloogilistes protsessides esinevaid või tekkivaid süüteallikaid. Neid iseloomustatakse süütamisvõime järgi. Näiteks võib sädemekujuline keha olla süüteallikaks ainult juhul kui :

■ sädeme temperatuur $T_{sä}$ on suurem (või võrdne) põlevkeskkonna, millega säde kokku puutub, isesüttimistemperatuuriga T_{isk}

$$T_{sä} \geq T_{isk}$$

■ sädeme soojussisaldus $q_{sä}$ on suurem (või võrdne) põlevkeskkonna minimaalse süttimisenergiaga q_{min}

$$q_{sä} \geq q_{min}$$

■ sädeme toimeaeg $t_{sä}$ (määratakse sädeme jahtumiseni $T_{sk} -ni$) on suurem (või võrdne) põlevkeskkonna induktiooniperioodiga T_{ind}

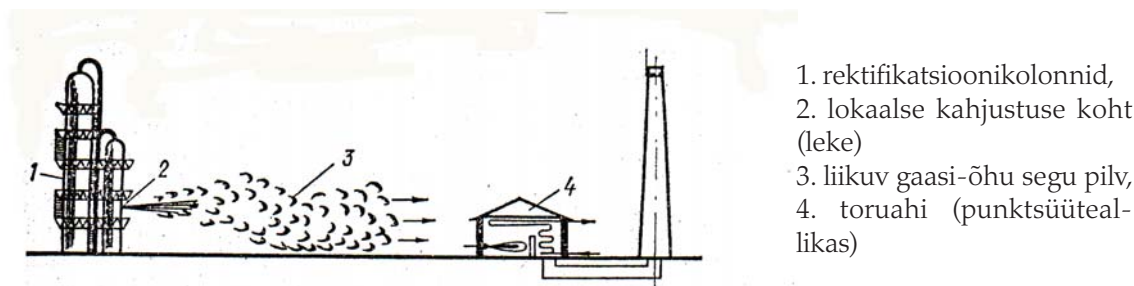
$$T_{\tau} \geq T_{ind}$$

Isegi kui ainult üks nendest tingimustest pole täidetud, ei ole säde süütamisvõimeline.

Süüteallikad grupeeritakse olenevalt tootmistingimustest järgmiselt: alaliselt olemasolevad

(nad on ette nähtud tehnoloogilise reglemendiga) ja potentsiaalselt tekkivad (tekkivad tehnoloogilise protsessi rikkumisel).

Olemuse järgi grupeeruvad nad nii: lahtine tuli ja hõõguvad põlemissaadused, mehaanilise energia soojusilmingud, keemilised reaktsioonid ja elektrienergia. Selline jaotus on muidugi kokkuleppeline.



Joonis 1.6 Toruahi – süüteallikas retifikatsiooniseadmete alas.

Joonisel on punktsüüteallikana kujutatud toruahju. Selles on lahtine tuli koldes, mis on „avatud“ läheneva pilve suunas.

Koldes on gaasikütuse puhul temperatuur 1300°C, vedelkütuse puhul 1200°C.

Selline temperatuur on tunduvalt kõrgem enamike põlevainete ja –materjalide süttimistemperatuurist.

Naftaümbertöötamistehastes, naftakeemia ettevõtetes ja ka mitmetes keemiatööstuse ettevõtetes (Eestis nt AS Nitrofert Kohtla-Järvel) kasutatakse pidevalt põlevat tulekoonalt (tavaliselt maagaasi baasil), mille läbi toimub tehnoloogiliste põlvgaaside ja –aurude jääkide utiliseerimine. Üldisesse tulekoonla süsteemi juhitakse jäägid, mille temperatuur ei ole üle 200°C ning võivad sisaldada mitte enam kui 3% hapnikku ning mitte enam kui 8% väävelvesinikku. Tulekoonla süsteemi ohtlikkus seisneb tema pidevas põlemises (lahtine leek); mit-tetäielikul põlemisel võivad laiali lennata sädemed. Ohtliku olukorra tekke vältimiseks on tulekoonal maap-innast võimalikult kõrgele paigutatud.

Tuletööd ettevõttes seonduvad eelkõige elektri- ja gaasikeevitusega, metalli lõikamisega, metalli jootmisega, vaikude ja bituumenite kuumutamise ja jms. Ohufaktor on lahtine leek, keevitussädemed elektrodid (ca 1700°C), tehnoloogilise seadmetiku keevitusest kuumutatud pinnad. Metallilõikamise leegi temperatuur ulatub 3000°C-ni, süsielektroodide puhul elektrikaarleegi temperatuur ulatub 6000°C-ni. Seega keevituskoha ümbruses võib süttida praktiliselt mistahes põlevaine või –materjal. Sädemed võivad lennata kaugemale kui 10 meetrit, rikošetiga isegi kuni 16 m kaugusele

(3 mm raadiusega sädeme energia on ca 60 J).

Eriti ohtlikud on need sädemed, mis satuvad varjatud põlevmaterjalile (seina vahed, põranda alused jms.). Sellisel juhul võib põleng tekkida mitme tunni, harva ka ööpäeva jooksul. Sel põhjusel teostatakse tuletõid lahtise leegiga rangelt reglementeeritult.

Süüteallikateks võivad olla ka kõrgetemperatuurilised põlemissaadused ning sise – põlemismootorite väljaheitegaasides sageli olevad sädemed.

Süüteallikateks võivad olla ka kõvade kehade löökidel ja hõõrdumisel tekkivad sädemed. Sädemed kujutavad endast mõõtnetes 0,1 ... 0,6 mm metalli – või kivitükikesi. Ohtlikud on tavaliselt sädemest metallitükikesed, mille temperatuur võib olla 1500°C piires. Vaatamata kõrgele temperatuurile on metall-sädeme süütamisvõime väike (0,5 mm diameetriga teras-sädeme energia on vaid 0,418 J (0,1 kal) tema jahtumisel 1550°C-lt 450°C-ni. Sädemed on võimelised süütama gaasi-õhu segu, millel on lühike induktiooniperiood. Ohtlikumad segud moodustavad atsetüleenist, vesinikust, etüleenist, süsinikoksiidist ja väävelvesinikust. Liikumatu säde võib olla aga palju suurema süütamisvõimega, nad võivad süüdata isegi peenestatud tahket põlevmaterjali (kiud, tolm). Tootmistingimustes moodustuvad seda tüüpi sädemed tööriistade kukkumisel, pöörleva mehhanismiga sead-metesse metallitükkide või kivitükkide sattumisel, haamerveskites jm.

Seda tüüpi sädemete tekke vältimiseks kasutatakse tule- ja plahvatusohtlikes tootmisruumides sädemekind-laid instrumente, mis on valmistatud pronksist, fosforpronksist, berüllumist, duralumiiniumist, teatud tears-esortidest jt vastavatest materjalidest.

Ohtlikud olukorrad tekkivad ka hõõrdumisel (liuglaagrid, transportöörilindid, ülekanalid jms.).

■ Gaaside kokkusurumist (komprimeerimist) kompressorites rakendatakse mitmetes keemiaettevõtetes (Eesti AS Nitrofert, kus sünteesigaas komprimeeritakse kaheastmeliselt kuni 300 atm-ni (30 MPa).

Gaaside komprimeerimisel nende temperatuur tõuseb, samuti ka kompressorseadme enda (toimub eraldunud soojuse hajutamine).

■ Temperatuuri tõusuga on seotud ka keemilised eksotermilised reaktsioonid, teatud ainete reaktsioonid veega jm.

Teatud ained on õhuga kokku puutudes võimelised isesüttimisele. Üldiselt jagunevad nad kahte gruppi: esimesel on $T_{\text{isesütt}} < T_{\text{töö}}$ ja teisel $T_{\text{isesütt}} > T_{\text{töö}}$. Esimese gruppi kuuluvad ained, mis on tootmistingimustes kuumutatud kõrgemale keskkonnatemperatuurist. Näiteks on masuuti, mille $T_{\text{isesütt}} = 380^{\circ}\text{C}$ töödeldakse vaakumaparaadis temperatuuril 400°C , termilise krakkimise puhul isegi 500°C . Avari puhul seadmest väljavoolanud kuum masuut kokkupuutumisel õhuga süttib. Siia gruppi kuuluvad ka ained, mille tehnoloogiline temperatuur ei ületa keskkonna temperatuuri, näiteks kollane fosfor $T_{\text{isesütt}} = 30^{\circ}\text{C}$, triisobutüülalumiinium $T_{\text{isesütt}} = -40^{\circ}\text{C}$ jt. Süttimise vältimiseks tuleb hoolega vältida nende kokkupuudet õhuga.

Teise gruppi kuuluvad ained, mis keskkonna temperatuuril või kergel kuumutamisel kuni $T < T_{\text{isesütt}}$ on algimpulsi mõjul võimelised isesüttimisele. See algab seda tüüpi ainete isekuumenemisest ja võib lõppeda aine isesüttimisega. See on keeruline füüsikalise-keemiline protsess, mis sageli sisaldab ka mikrobioloogilist elementi. Selliste isekuumenemis/isesüttimisprotsesside vältimiseks tuleb vältida temperatuurikollete (termopisade) teket, selleks tuleb ladustatud materjali sagedamini teisaldada, segada vms.

Mikrobioloogiliste protsesside vältimiseks tuleb vähendada niiskusesisaldust piirini, kus mikroorganismide elutegevus on pärsitud.

Teatud ained reageerivad veega (ka niiskus!) väga tormiliselt, põhjustades temperatuuri tõusu, mis võib reaktsioonisaadusena tekkinud põlevgaasi süüdata (leelismetallid, kaltsiumkarbiidid jt.). Ohtlik on ka kustutamata lubi (CaO), mis veega kokkupuutel (nt vihm) tekitab tormilise eksotermilise reaktsiooni.

Teatud ainete vastastikusel kokkupuutel võib samuti tekkida süttimine. Siia gruppi kuuluvad mitmed gaasilised, vedelad ja tahked oksüdeerijad (nt vedel hapnik, peroksiidid jt.).

Sageli juhtub tulekahjusid ladudes, kus hoitakse tugevat oksüdeerijat – lämmastikhapet.

Teatud ained võivad süttida enda lagunemise, kuumutamise või mehaanilise löögi toimele. Siia kuuluvad ebapüsisivad keemilised ühendid (reeglina endotermilised ühendid) nagu lõhkeained, ülihapendid, atsetüleen, nitraatühendid (salpeetrid), atsetüleniidid, pürofoorid jt. Need ained ei tekita mitte ainult tulekahju vaid võivad plahvatades hävitada nii tehnoloogilist seadmestikku kui ka lähedalolevaid hooneid ning rajatisi.

Ohtlikud olukorrad võivad tekkida ka seoses elektrienergia muundumisega soojusenergiaks.

1.2. TULE (KAHJU) LEVIKU TAKISTAMINE.

1.2.1. Põlevainete koguste vähendamine tehnoloogilises protsessis.

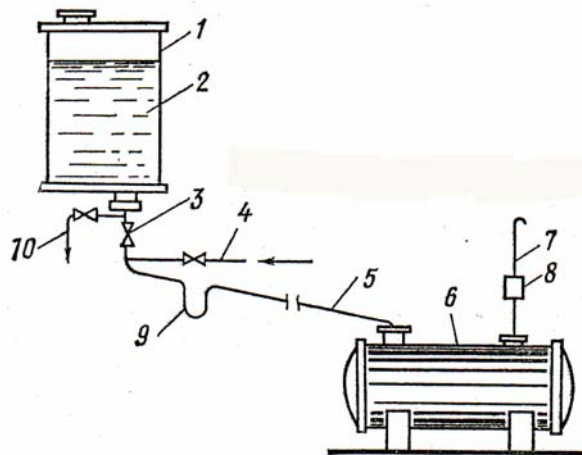
Erinevate tootmisliinide ekspluatatsioon on näidanud, et ühtedel juhtudel alanud tulekahju teatud aja möödudes sumbub ise, teistel juhtudel tulekahju hoogustub ning muutub laiaulatuslikuks, väljudes antud tehnoloogilisest liinist laienedes kogu tootmishoonele. See toob kaasa nii materiaalse kahju kui ka nõuab halvimal juhul inimohvreid. Selliseid suuremastaabilisi tulekahjusid on meil vabariigis suhteliselt vähe. Märkimisväärsemad seonduvad puidutööstusega (Võru mk) ja plastmaterjalidega (Tallinnas, Pärnu mnt. ja Lasnamäel). Kuigi selliste suurtulekahjude osatähtsus on väike, on nende poolt tekitatud materiaalne kahju suur (Tallinnas, Pärnu mnt. tootmishoone põlengus hukkus üks töötaja). Siit tuleneb tööstuses tehtava ennetustöö tähtsus, tuleb luua tulekahju lokaliseerimise tingimused. Tulekahju areng on kiire kui tehnoloogilises protsessis on selleks sobivad tingimused: suure hulga põlevainete ja – materjalide kogused; sellise tehnoloogilise transpordisüsteemi olemasolu, mis seob tootmishoone eri ruume nii horisontaal – kui ka vertikaaltasapinnas; ootamatute põlengut kiirendavate tegurite tekkimine (tuleohtliku materjali laialivalgumine avariilise lekke puhul, seadmete purunemine lõhkemisel jm.).

Tulekahju arengut soodustavad: tema hiline avastamine ja sellest teatamine, statsionaarsete ja esmaste tulekusutusvahendite mittekorrasolek; töötajate oskamatu tegutsemine tulekahju likvideerimisel. Need pole küll seotud tehnoloogilise protsessiga kuid annavad siiski tulekahju arengusse märkimisväärse osa. Teades tulekahju arengu põhjuseid, saame korraldada vastavat ennetustööd. Näiteks: juba tehnoloogilise liini projekteerimisel võimalusel vältida suurte põlevmaterjali koguste kontsentreerumist tehnoloogilise liini osades, tehnoloogiliste kommunikatsioonisüsteemide kaitse leegi eest; seadmete lekke ja purunemise vältimine jms.

Põlevaine koguste vähendamine nii lähteainete kui saaduste osas, kahjustamata tehnoloogilise liini tootlikkust vähendab märkimisväärselt nii tulekahju teket kui ka arengut. Tehnoloogilise liini projekteerimisel eelistatakse tuleohtumat meetodit kui saadust on võimalik saada mitmel viisil. Eriti oluline on see polümeeride tootmisel. Oluline on ka tehnoloogilise seadmestiku valik. Eelistatakse pidevalt töötavaid seadmeid (mitte perioodiliselt). Tähtis on tehnoloogilise seadmestiku paigutus. Võimalusel eelistatakse avatud paigutust (platvormid), torujuhtmete lühidust, pumpade ning kompressorite võimalikult väikest arvu, vahemahuteid. Ohtlikud tehnoloogilised liinid eraldatakse teistest liinidest (eri korrused, samal korrusel teatud ohutu vahekauguse järel jms.). Oluline on vältida tuleohtliku toorme, vahesaaduste ja saaduste kuhjumist selleks mitte ettenähtud tootmisruumides. Tootmisruumides on lubatud hoida põlevmaterjali kogutes, mis arvestab ruumi põlemiskoormust. Eelistatakse tootmisjäakideta tehnoloogiaid. Keemia ja keemilise tehnoloogia areng lubab nüüdisajal kasutada toormena vähe tuleohtlikke materjale (ei kasutata enam näiteks väga tuleohtlikku tsel-luloidi, nitrotselluloosist kinofilmi tootmisel kasutatakse ohutumalt triat setüülselluloidi).

Põlevaine hulkade vähendamine avariidel ja tulekahjul.

Sellisel juhul on väga oluline põlevaine eemaldamine avariilisele või tulekahju kohalt. Selleks on ette nähtud spetsiaalsed süsteemid, mis tagavad põlevaine avariilisele evakuatsioonile. Nad töötavad kas vedeliku isevoolu teel või pumba/kompressori vahendusel (joonis 1.7).



Joonis 1.7 Tuleohtliku vedelikuavariiväljavoolu skeem isevoolu teel.

1- avariiis olev mahuti, 2- evakueeritav mahuti, 3- avariiventil, 4- inertgaasi liin, 5- äravoolutoru, 6- avarii mahuti, 7- „hingamisliin“, 8- tuletõkesti, 9- hüdrolukk, 10- varuliin

Kuuma vedeliku korral kasutatakse süsteemis kas veeauru või inertgaasi, vältimaks plahvatusohtliku vedeliku auru-õhu segu tekkimist. Avariimahutid paigutatakse tootmishoonest väljapoole kas maapinnale või maa alla. Avariimahutite paigutus tootmishoone suhtes on reglementeeritud. Avariitorustik paigutatakse kaldega mahuti poole, võimalikult sirgjooneliselt. Avariisüsteemil on automaatsed reguleerimis – ja kaitseventiilid.

Avariisüsteemi efektiivsuse määrab aeg, mille vältel ohtu sattunud mahutit (tehnoloogilist reaktorit vm) saab tühjendada. Tulekahju korral on ohus tehnoloogilist seadmistikku kandvad metallkonstruktsioonid, oluline on ka hoone enda tulepüsivus.

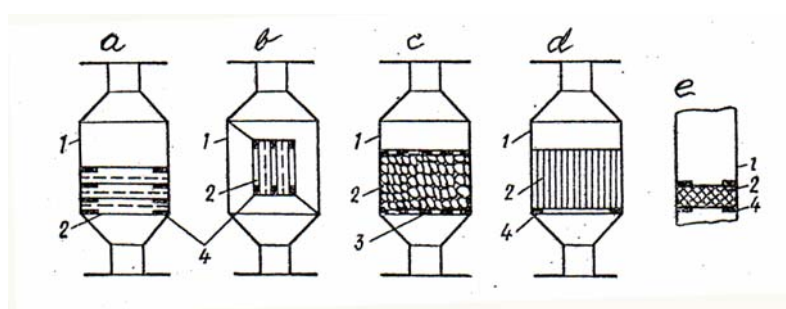
Avariisüsteemi projekteerimisel küll lähtutakse nn lubatud 30 min tühjendusajast, kuid praktiliselt on soovitatav, et tühjenemisprotsess ei ületaks 15 min aja. Vedeliku voolamise kiirendamiseks võib kasutada täiendavaid seadmeid. Ohtlikum on olukord kui avariitulekahju kohas on põlevad aurud ja gaasid. Avariisüsteem peab tagama nende väljapääsu tehnoloogilisest süsteemist. Seda tagavad tavaliselt rõhule tundlikud kaitseventiilid (-klapid). Põlevgaaside ja aurude atmosfääri laskmine reostab seda ning tekitab plahvatusohtliku auru/gaasi-õhu segu, mida tuleb arvestada tulekahju korral

(lahtise leegi soojuskiirgus!). Selle vältimiseks juhitakse avariiline gaas/aur maapinnast ohutule kõrgusele, tihti kasutatakse ka tema süütamist gaasitornis pidevalt põleva leegi abil. Tehniliselt kõige lihtsam on teisaldada tahket põlevainet või – materjali. See vajadus tekib ladude, kaubabaaside jm. Kuid ka siin võib taaras (pakendis) olla gaasid (gaasiballoonid), põlevvedelikud (lahustid jm.). Sellise „tahke aine“ teisaldamisel tuleb olla väga ettevaatlik. Puistematerjali teisaldamisel tekkiv tolm võib olla tule- ja plahvatusohtlik. Otstarbekas on sellistel juhtudel kasutada hermetiseeritud transpordisüsteeme (nt pneumotransport).

1.2.2. Tootmiskommunikatsioonide kaitse.

Tootmiskommunikatsioonide alla kuuluvad tehnoloogilise torujuhtmestiku tugikonstruktsioonid (metall, betoon), maa-alused tunnelid, kanalid, tranšeed jm. Nende kaudu võib tulekahju leek levida juhul, kui tekib süttimisohtlik auru-õhu segu, tolm aerosoolina. Tulekahju leviku tõkestamiseks piki tootmiskommunikatsioone kasutatakse mitmesuguseid vahendeid: tahke puistematerjaliga lukud, tulekindlad lukud, sillused, vee – ja aurukardinad.

Kuivad tuletõkestid on kasutusel vedelgaasi vaba torustike kaitseks, kus võib tekkida kuum gaasi-õhu segu. Tõkesti töö põhineb leegi kustutamisel kitsastes kanalites. Seal toimub intensiivsem soojuskadu võrreldes leegi soojuseraldusega. Selle tagab leegi rinde eripinna suurenemine. Kui soojuskao kiirus saavutab kriitilise suuruse võrreldes soojuse eraldusega, siis põlemise temperatuur, samuti ka keemilise reaktsiooni kiirus põlemissoonis vähenevad sedavõrd, et põlemise (leegirinde) laienemine piki põlevaine pinda kitsas kanalites muutub võimatuks. Sellised tingimused just tagataksegi kuivades tuletõkestites. Leek siseneb tuletõkesti täidisesse, mis koosneb paljudest kitsastest kanalitest ning jaguneb paljudeks väikesteks leekideks, millised ei suuda kitsastes kanalites laieneda. Täidiseid on mitmesuguseid: torukimbud, võrgud, graanulid, rõngad jms. Tuletõkesti diameeter on kaitstava toru diameetrist suurem vältimaks hüdraulist takistust. Joonisel 1.8 on põhiliste tõkestite skeemid.



Joonis 1.8. Põhiliste tuletõkestite skeemid.
*horisontaalvõrkudega, b- vertikaalvõrkudega, c- täidisega (kerad, rõngad),
d- spiraaliks keeratud koos gorfreeritud ja siledade lintidega,
e- metallkeraamilise täidisega;
1- korpus, 2- tuletõkesti täidis, 3- võrk, 4- kaitserõngad*

Vedeliktuletõkestid. Nendes hüdrolokudes toimub leegi (kuum gaasi-õhu segu) kustutamine sel hetkel kui leek läbib (barboteerub) takistava vedelikukihi. Toimub pihustumine ning leegi eripind suureneb mitmekordselt. Sarnaselt kuivtõkestitega luuakse ka siin tingimused kus soojuskadu ületab soojuse tekke.

1.2.3. Tehnoloogilise seadmestiku kaitse.

Tehnoloogiliste seadmete kaitset tulekahju korral teostatakse kahel suunal: välditakse tuleohtlike vedelike leket ja seadme purunemist plahvatusel.

Lekke vältimine on teostatav mitmesuguste automaatselt tegevusse lülituvate kaitseseadmetega, mis katkestavad või vähendavad põlevvedeliku juurdevoolu avariilisse seadmesse ja takistavad ka väljavoolu (lekke). Selleks on tagasivoolu klapid, membraanklapid jm. Aitab ka avariiline pumpade väljalülitusseade. Mahavoolanud vedeliku edasivalgumise tõkestamiseks on mitmesuguseid vahendeid ja võtteid (vallituse tekitamine, piirete kasutamine).

Seadmete kaitse purunemise eest plahvatusel. Plahvatusel pururnenud põlevvedelikkuiu sisaldav seade soodustab tulekahju arengut ja levikut tootmisruumidesse laialipaiskunud põlevaine tõttu. Lisaks tekitavad kahjustusi seadme purunenud laialilendavad osad (killud). Sellele asjaolule tuleb ennetustöös pöörata vajalikku tähelepanu, kuna kildudest võivad kannatada nii lähedalolevad inimesed kui ka seadmetele võib tekitada tulekahju arengut soodustavaid kahjustusi. Purunemise põhjuseks on tavaliselt seadmes kiiresti tõusev rõhk, mis võib algrõhu ületada 8-10 kordselt; tolmuplahvatustel on rõhu tõus tavaliselt 4-6 kordne.

Kaitsemehanism seisneb tavaliselt ülerõhuventiilis (-klapis), mis avaneb ohtlikul rõhu tõusul. Plahvatusel põhjustab kiire siserõhu tõus, millele kaitseventiil oma inertsuse tõttu ei avane õigeaegselt. Avanemisel võib juba esineda olukord, kus suhteliselt väiksest ventiiliavast väljuv gaasihulk ei taga normaalset ohutut siserõhku seadmes. Efektsemad on membraan tüüpi kaitseklapid või šarniiridele kinnitatud avanev klapp. Sellisel juhul tekkinud avausest pääseb kiiresti välja ohtliku ülerõhu tekitanud gaas (aur). Seda tüüpi kaitseseadmeid kasutatakse pihustuskuivatites (nt piimapulbri tootmine), atsetüleenitootmisel, viskooskiu tootmisel jm. Membraanid purunevad teatud ülerõhu juures. Membraane valmistatakse plastilistest metallidest (Al, Ni, Cu, sulamid jt.), teatud juhtudel ka rabedatest materjalidest (malm, grafiit, klaas). Šarniiridel olevat klappi kasutatakse toruahjudes, kateldes, gaasigeneraatoritel jm. Tavaolekus on klapp suletud oma raskuse mõjul. Rõhu kasvades üle teatud piiri klapp avaneb ja laseb liigse gaasi (auru) välja ja sulgub taas oma raskuse mõjul. Membraanide suurus ja paksus arvutatakse, niisamuti ka klapi raskus.

1.3 TOOTMISHOONETE TULEOHUTUSALASED KRITEERIUMID PROJEKTEERIMISEL, RAJAMISEL JA EKSPLUATEERIMISEL

Võttes aluseks tootmishoones toimuva tehnoloogilise protsessi tuleohuklasside erisusi on võimalik teha minimaalseid kulutusi nii ehitise projekteerimisel, kui ka püstitamisel, tagades sellega tuleohutuse kogu ehitise kasutusaja vältel.

Uue või rekonstrueeritava tootmishoone projekteerimisel tuleb järgida ehitisele esitatud olulisi tuleohutusnõudeid, mis tagavad, et võimaliku tulekahju puhkemise korral:

1. säilib ettenähtud aja jooksul ehitise kandevõime;
2. on ehitises tule tekkimine ja levik takistatud;
3. on ehitises suitsu tekkimine ja levik takistatud;
4. on tule levik ehitisest naaberehitisele takistatud;
5. on inimestel võimalik ehitisest evakueeruda;
6. on võimalik inimesi ehitisest evakueerida;
7. on arvestatud päästemeeskondade ohutuse ja nende tegutsemisvõimalustega.

Lähtudes eelpool loetletud olulistest tuleohutusnõuetest ja tootmistegevuse tuleohuklassidest tuleb arvestada nõuete või piirangutega järgmiste näitajate osas:

1. korrused;
2. ehitise suurus, sealhulgas kõrgus ja ehitusalune pind;
3. tuletõkkeseksioonid;
4. tulepüsivus;
5. tuletundlikkus;
6. tuleohutuspaigaldis;
7. ehitist kasutatavate inimeste arv;
8. evakuatsioon;
9. päästemeeskonna ohutus ja tegutsemisvõimalused.

Tootmishoone vastavus olulistele tuleohutusnõuetele loetakse tõendatuks, kui on arvestatud tulekahju puhkemise korral võimalikku inimeste evakuatsiooni ja varakahjude minimeerimist ning tulekahjuga seotud võimalikku kahju avalikkusele, sealhulgas keskkonnale ning kui:

ehitis ja selle osa vastab õigusaktides ettenähtud piirväärtustele või

ehitis ja selle osa vastab asjakohasele tehnilisele normile või

ehitis ja selle osa vastab asjakohasele standardile või

arvutuslikul, analüütilisel või muul usaldusväärsel viisil on tõestatud ehitise vastavus olulistele tuleohutusnõuetele, kusjuures on arvestatud tulekahju võimaliku puhkemise ja kustutamisega.

Tehnoloogiline protsess või tootmistegevus jagatakse kahte ohuklassi.

1. tuleohuklass, millesse kuuluvad toimingud, kus tuleoht ja tuleleviku võimalus on vähese või mõõduka tõenäosusega ehk:

- toimingud, kus käsitletakse märgi või niiskeid materjale või kus korraga käsitletav materjali kogus on väike;
- toimingud, kus tootmise või ladustamisega seoses käsitletakse aineid, mis kogemuse kohaselt tehnoloogilises protsessis tuleohtu ei põhjusta või on see piiratud;
- toimingud, kus ainet tahkes või sulas olekus käsitledes või töödeldes kiirgussoojuse, kaarleegi või lahtise tule kasutamisega esineb tuleohtu vähesel määral;
- toimingud, kus tööstuslikult käsitletakse või ladustatakse põlevvedelikke mille leekpunkt on üle 55°C, või selliseid gaase(aure) ja peeneteralisi tahkeid aineid(tolmu), mis on vähesel määral tuleohtlikud.

2. tuleohuklass, millesse kuuluvad toimingud, kus tuleoht ja tule leviku võimalus on suure tõenäosusega, lisaks võib esineda plahvatusoht ehk:

- toimingud, kus seoses tootmise või ladustamisega tekib tehnoloogilises protsessis või muul viisil selliseid aure või peeneteralist tolmu, mis koos õhuga võivad moodustada plahvatava või kergsüttiva segu;
- toimingud, kus seoses tootmise või ladustamisega käsitletakse kergesti süttivaid ja kiiresti soojust eraldavaid aineid ning materjale;
- toimingud, kus tööstuslikult käsitletakse või ladustatakse erinevatel temperatuuridel põlevvedelikke, mille leekpunkt on kuni 55°C ja mille aurud võivad moodustada koos õhuga plahvatava segu;

■ toimingud, kus käsitletakse lõhkeaineid või aineid, mis näiteks kokkupuutel vee ja õhuga, hõõrdesoojuse või vibratsiooni toimel võivad iseeneslikult süttida või plahvatada.

Tootmishoonetes rakendatavad tulekaitsetasemed :

I tulekaitsetase

tagatakse esmaste tulekustutusvahenditega ning vajaduse korral ka tõhustatud tulekustutusvahenditega(üldjuhul 2.tuleohuklassi puhul)

II tulekaitsetase

tagatakse ööpäevaselt jälgitavasse kohta või häirekeskusega ühendatud automaatse tulekahju signalisatsioonisüsteemiga ja lisaks I tulekaitsetaseme kohaste esmaste tulekustutusvahenditega.

III tulekaitsetase tagatakse automaatse tulekustutussüsteemiga ja lisaks I tulekaitsetaseme kohaste esmaste tulekustutusvahenditega.

Tootmishoonete tuleohutusklassid:

TP1

tulekindel ehitis, mille korruste arv ja kõrgus ei ole piiratud ning hoones on lubatud mõlema tuleohuklassiga tootmisprotsessid. Tulekindla ehitise kandekonstruktsioon ei tohi ettenähtud aja jooksul tulekahjus variseda.

TP2

tuldtakistav ehitis, on lubatud rajada ühe- ja kahekorruselisi hooneid, maksimaalne kõrgus ühekorruselise hoone puhul 18m ja lubatud on ainult 1.tuleohuklassi kuuluv tootmisprotsess ning kahekorruselise hoone puhul 8,5m ja lubatud on mõlema tuleohuklassiga tootmisprotsessid. Tuldtakistava ehitise kandekonstruktsioon ei tohi ettenähtud aja jooksul tulekahjus variseda, kusjuures ettenähtud aeg on lühem tulekindla ehitise suhtes ettenähtud ajast.

TP3

tuldkartev ehitis, lubatud rajada ühekorruselise hoonena maksimaalse kõrgusega 14m. Üldjuhul on lubatud ainult 1.tuleohuklassi kuuluv tootmisprotsess, erandkorras on lubatud ka 2.tuleohuklassi kuuluv tootmisprotsess III tulekaitsetaseme olemasolul ja maksimaalselt 200 m² pindalaga ruumis. Tuldkartva ehitise kandekonstruktsioonile ei seata nõudeid tulepüsivuse suhtes.

Ehitismaterjalide tuletundlikkuse nõuded tootmishoonetes on alljärgnevad:

■ tootmistegevuse 1.tuleohuklassi puhul on ruumide seintele ja lagedele TP1 ja TP3 ehitises D-s2,d2 ning TP2 ehitises B-s1,d0. Ruumide põrandatele TP1 ja TP3 ehitises DFL-s1 ning TP3 ehitise põrandatele ei seata nõudeid.

■ tootmistegevuse 2.tuleohuklassi puhul on ehitise seintele ja lagedele kõigi kolme tuleohutusklassi korral B-s1,d0 ning põrandate puhul A2FL-s1

Tulenevalt tootmisprotsessis käideldavast suurest ja tihti ka tuleohtlikust materjali kogusest st suurest põlemiskoormusest, on tootmishoonete puhul eriti oluline tuletõkkesektsioonide moodustamise tule ja suitsu leviku tõkestamisel.

Erinevalt teiste kasutusviisiga ehitistest on tootmishoonete tuletõkkesektsioonide moodustamine piirpindala järgi seotud mitme erineva tuleohutusala kriteeriumiga, milledeks on:

- tuleohutusklass;
- korruselisus;
- tuleohuklass;
- tulekaitsetase

Samas on ka piirpindalast tulenevatele tuletõkkekstruktsioonidele esitatud nõuded rangemad, erinedes kandekonstruktsioonidele esitatud tulepüsivusajast ja sisaldades nõuet löögikindlusele.

Piirpindala järgi määratud tuletõkkekstruktsiooni avatäidete (uksed, aknad, kommunikatsioonide läbivi-

iguavad) tulepüsivusaeg peab vastama selle tuletõkkekonstruktsiooni tulepüsivusajale.

Erinõuded plahvatusohtlikes tootmisprotsessides.

Kui ehitises või selle osas toimub 2.tuleohuklassi kuuluv plahvatusohtlik tegevus, tuleb tagada plahvatusohtuse meetmed, milledest kõige levinum on plahvatusohtliku keskkonnaga ruumi varustamine paiskpin-
dadega, mis väldivad plahvatuse korral ülerõhu ruumis ja hoone varingu.

Nafta –keemiatehased, lõhkematerjali ja pürotehniliste toodete valmistamise või ladustamiskohad projekteeritakse ning rajatakse erinõuete järgi.

2. PEATÜKK.

TÖÖSTUSETTEVÖTETE TULEOHUTUSE AUTOMAATIKASEADMED

2.1. AUTOMAATSEADMETE OSATÄHTSUS TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUSE TAGAMISEL.

Automatiseerimine tähendab protsesse juhtivate tehniliste seadmete rakendamist ilma inimese vahetu osavõtuta. Automatiseeritud seadmed kindlustavad masinate ja seadmete tehnoloogilise režiim järgse töö. Nad hoiavad tehnoloogilisi parameetreid ettenähtud piires, reguleerivad tootmisprotsesse, samal ajal kindlustavad ka tehnoloogiliste tootmisprotsesside tuleohutuse.

Aparaadiehitis on püüdnud luua minimaalse hulga seadmete tüüpseeriaid, mis oleksid võimalikult universaalse kasutusega. Siin kehtivad omad klassifikatsioonid, standardid ja muud kõik-tehnilised dokumendid üksikdetailideni välja, et see kõik võimaldaks koostada mistahes keerulisi automaatikaskeeme. Automaatikaseadmed koosnevad üksikutest elementidest, millest igaüks täidab konkreetset ülesannet automatiseeritavas tehnoloogilises protsessis.

Automaatikaseadmed jagunevad:

- 1) kontrolli- ja signalisatsiooniseadmed;
- 2) kaitse – ja blokeeringuseadmed;
- 3) automatiseeritud juhtimisseadmed;
- 4) automatiseeritud reguleerimisseadmed.

Kaasajal on seadmete jälgimist, kontrolli, juhtimist jm. korraldatud arvutiprogrammide (tarkvara) vahendusel. See on viinud paljudes tööstusharudes inimressursi kasutamise miinimumini.

1) kontrolli – ja signalisatsiooniseadmed kindlustavad etteantud tehnoloogilistest parameetritest kinnipidamise (nt temperatuur, rõhk, nivootase, materjali kadu, kontsentratsioon jms). Seadmed informeerivad töötajat ettenähtud parameetritest kõrvalekaldumistest. Sellistes seadmetes on järgmised lülid: andur, juhtmestik, sekundaarne seade, signaalsüsteem (heli-, valgus – vm). Sellised seadmed on kasutatavad kolmel tehnoloogilisel eesmärgil:

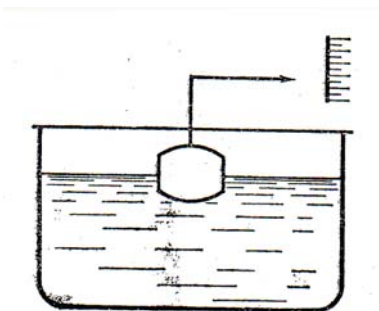
- a) teatab kontrollobjekti seisukorda (kas ventiilid on lahti või kinni; kas pumbad töötavad või ei jms.);
 - b) edastab hoiatava signaali tehnoloogilise parameetri olulisel muutumisel, mis võib esile kutsuda avarii, plahvatuse, tulekahju vms.
 - c) edastab avariiohtliku signaali (nt mõne seadme ootamatu seiskumine tehnoloogilises liinis; eriti suur kõrvalekalle tehnoloogilisest parameetrist).
- 2) kaitse- ja blokeeringuseadmed kindlustavad ohtlike, avariiliste olukordade vajaliku eelsignalisatsiooni. Nad võivad tehnoloogilise protsessi katkestada kas osaliselt või täielikult.
- 3) Automatiseeritud juhtimisseadmed töötavad vastavalt koostatud arvutiprogrammi järgi. Programmi koostamisel lähtutakse tehnoloogiliselt liinilt tulevast hetkeolukorra informatsioonist, selle analüüsist ning analüüsitulemist olenevast tegevusjuhistest seadmetele tehnoloogilises liinis.
- 4) Automatiseeritud reguleerimissüsteemid on kõige täiuslikumad. Nad hoiavad tehnoloogilise liini kõiki parameetreid kontrolli all, nende vastikusest sõltuvusest olenevalt toimuvad vajalikud reguleerimistoimingud, mis tagavad tehnoloogiliselt liinilt tuleva saaduse kõige optimaalsemad tehnilis-majanduslikud näitajad.

2.2. Automaatikaseadmete põhielemendid. Esmased mõõtemuundurid.

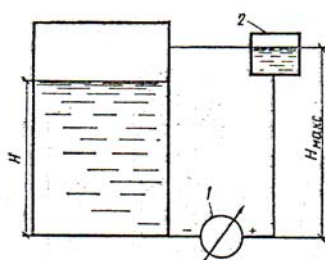
Esmased (primaarsed) automaatika süsteemi mõõtemuundurid (andurid) on mõeldud tehnoloogilise protsessi teatud näitajate (parameetrite) vastuvõtuks, mõõtmiseks ja muundamiseks. Kvalitatiivselt mõõdavad nad siseneva suuruse ja muundavad selle teist tüüpi signaaliks. Laialt levinud on andurid, mis muundavad mitteelektrilise suuruse elektriliseks (nt pneumo-, hüdrauliline-, lineaarse mõõte muutumise signaal). Andureid, mis ainult edastavad signaali sekundaarseadmele, nim. „pimedateks”, vastupidiselt neile, kus anduri juures on tulemi näit (isekirjutaja, ekraan vms). Primaarsed andurid on kasutusel temperatuuri, rõhu, vedeliku nivoo, materjali kulu, koostise, kontsentratsiooni jm mõõtmisel.

Primaarsed temperatuurimõõtmismuundurid on: paisumistermomeetrid, manomeetriselised termomeetrid, takistustermomeetrid ja termopaarid.

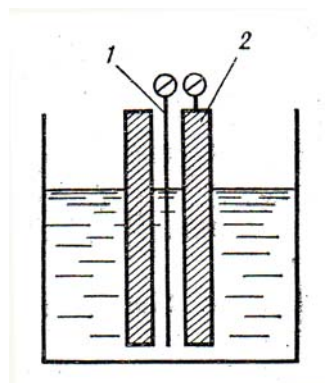
Primaarsed nivoomõõtmismuundurid on kasutusel nii vedelike kui ka tahke aine (puistematerjalid) nivoo mõõtmisel. Vedelike nivoo mõõtmisel on enamkasutatavad: ujuk-, hüdrostaatilised-, elektrilised ja radiatsioonnivoomõõturid (joonised 2.1-2.4).



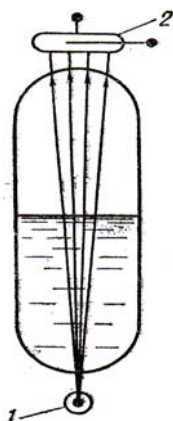
Joonis 2.1 . Ujuknivoomõõtur



Joonis 2.2. Hüdrostaatiline nivoomõõtur
1- Diferentsiaalmanomeeter, 2- tasemenõu



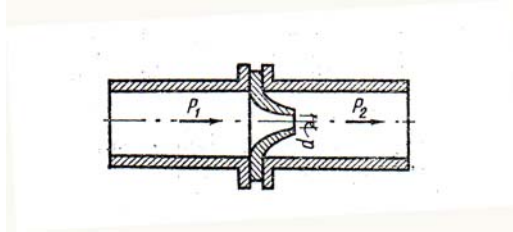
Joonis 2.3 . Elektriline nivoomõõtur. Varras koos toruga moodustab kondensaatori. Selle mahtuvus oleneb aga vedeliku nivoost. Agresiivsete ja elektrit juhtivate vedelike puhul kaetakse torud polümeeriga. 1- elektrod, 2- metalltoru



Joonis 2.4. Radiatsioonimõõtur.
Kasutatakse gamma-kiirgusallikat (Co-60)
1- radioaktiivne allikas, 2- kiirgusmõõtur

Puistematerjali nivoo määramisel kasutatakse elektrilist- ja radiatsioontüüpi andureid.

Primaarsed kulumõõdumuundurid. Palju kasutatakse vahelduval rõhumuutusel töötavaid muundureid. Võimalik on täpselt mõõta erinevatel temperatuuridel ja rõhkudel olevaid materjalihulki. Meetodi mõte seisneb alljärgnevas. Kui torusse paigutada kitsendus (düüs) (joonis 2.5), siis materjalinivoo potentsiaalne energia üleminekul kineetiliseks tema keskmine kiirus düüsis kasvab, mille tulemusel staatilise rõhu väärtus selles lõikes väheneb võrreldes staatilise rõhuga enne düüsi.



Joonis 2.5 . Standarddüüsiskeem

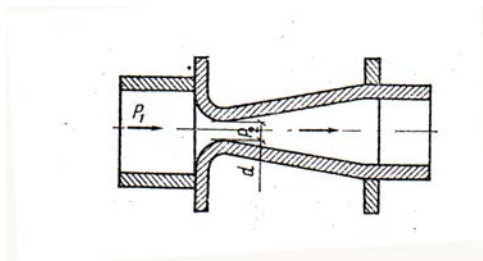
Rõhulang enne ja peale düüsi on seda suurem, mida suurem on materjalinivoo hulk ning järelkult võib see olla materjalikulu mõõduks.

$$\Delta P = P_1 - P_2, \text{ kus}$$

P_1 on rõhk enne düüsi;

P_2 on rõhk peale düüsi.

Sellisel rõhulangu meetodil töötavad standardsed diafragmad, düüsid, Venturi toru (düüs) (joonis 2.6)

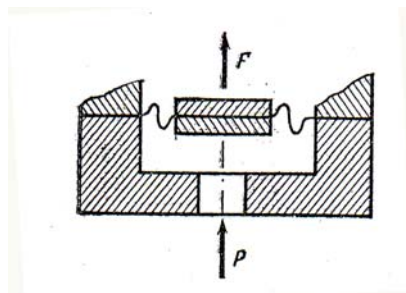


Joonis 2.6. Venturi düüsi skeem.

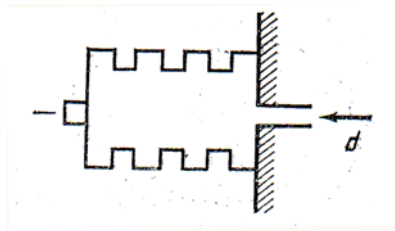
Materjalikulu mõõtmisel kasutatakse ka rotameetreid.

Primaarsed üle- ja alarõhu mõõtmise muundurid. Kasutusel on mitmesugused membraanid, sülfoonid (painduv gorfeesitud toru), toruvedrud jm. Nende toimeprintsiip seisneb mõõdetava suuruse tasakaalustamisel mitmesuguste elastsete elementide deformatsioonijõududega.

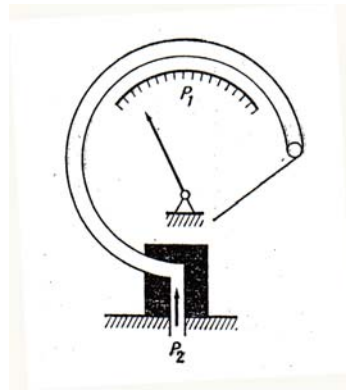
Joonised 2.7-2.10



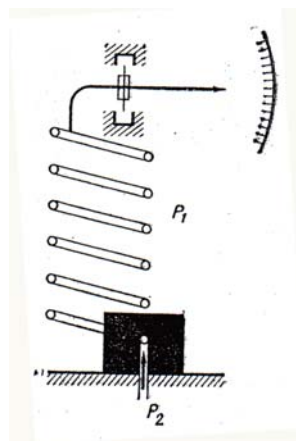
Joonis 2.7 . Membraan



Joonis 2.8 Sülfoon



Joonis 2.9 Ühekeermeline vedru



Joonis 2.10 Torujas spiraalvedru. Mitmekeermeline vedru koosneb tavaliselt 6-0 keerust.

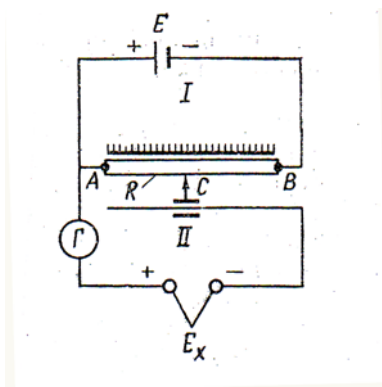
2.3. Sekundaarsed automaatsed kontrolli- ja signalisatsiooniseadmed.

Need seadmed võtavad vastu signaalid muundurist, mis asub vahetult mõõtekohas (primaarne seade) ning muundab need nähtavaks vastaval skaalal (või ka paber kandjal-diagrammlehel). Sekundaarseadmes on üksikud lülid omavahel sidustatud elektriliselt või mehaaniliselt. Sekundaarseadme korpusesse võib monteerida reguleerivaid süsteeme. Sekundaarsed seadmed jaotuvad sissetuleva signaali järgi elektrilisteks ja pneumaatilisteks; funktsionaalsete tunnuste järgi - näitavad, isekirjutavad, summeerivad, signaliseerivad.

Pneumaatilised seadmed suruõhu rõhu mõõtmiseks. Saab mõõta mistahes tehnoloogilisi parameetreid, mis on eelnevalt muundatud suruõhu rõhuks.

Alalispinget mõõtvad seadmed – potentsiomeetrid. Selline mõõtmismeetod tugineb teada pingelaengu elektromotoorse jõu tasakaalustamisel (kompenseerimisel).

Takistust mõõtvad seadmed. Kasutusel tasakaalustatud (joonis 2.11) ja tasakaalustamata sillad ja logomeetrid.



Joonis 2.11 Tasakaalustatud silla skeem.

Tootmisruumi õhus plahvatusohtlikku kontsentratsiooni kontrollivad seadmed.

Põhimõtteliselt kuuluvad siia alla mitmesugused gaasianalüsaatorid. Vastavatest tabelitest on saadavad põlevaaine aurude ja põlevgaaside alumise ja ülemise süttimiskontsentratsiooni kohta. Gaasianalüsaatorite paigutamine ja kasutamine on reglementeeritud vastavate juhenditega. Signalisaatorite andurid paigutatakse näiteks kompressorite hoonesse (igale kompressorile andur; proovivõtmise koht on võlli tihendite juures); pumba-hoonesse (mitte vähem kui üks andur 100 m² tootmispinna kohta või 1 andur 6 pumba kohta); tule- ja plahvatusohtlikes ruumides (vähemalt üks andur ohtliku koha juures). Õhust kergemate gaaside ja aurude puhul paigutatakse andurid 0,5-0,7 m kõrgusele ohuallikast, õhust raskemate puhul – mitte kõrgemale kui 0,5 m põrandast.

2.4. Tuleohutus nõuded kontrollmõõteseadmetele ja automaatseadmetele.

Tähised skeemidel.

Automaatikaseadmete valikul tuleb arvestada nende jagunemist järgmistesse gruppidesse: mehaanilised, pneumaatilised, hüdraulilised ja elektrilised. Laialdasemalt kasutatakse elektrilisi seadmeid. Tuleohutusastme järgi jagunevad automaatikaseadmed: mitteelektrilised mehaanilised seadmed ja elektrienergiat tarbivad seadmed. Esimesse gruppi kuuluvad manomeetrid, elavhõbetermomeetrid, ujuknivoomõõtjad, pneumaatilised ja hüdraulilised regulaatorid. Kõik need on tuleohutuse seisukohalt ohutud.

Plahvatusohtlikesse tsoonidesse võib paigutada selliseid primaarseid automaatikaseadmeid (takistustermomeetrid, termopaarid, fotoelemendid jt), millel puudub oma elektritoide, pole induktiivsust ega mahtuvust kui nad on ühendatud sädemekindlas ahelas sekundaarseadmega. Seadmete kasutamisel tuleb järgida kasutamise- ja paigaldusjuhiseid, samuti märgistust. Samuti on reglementeeritud nende kasutamine, vastavalt tootmishoone tuleohuklassile.

Automaatikavahendite ja kontrollmõõteriistade paigaldamisel tuleb järgida ka nõudeid hoonetele ning ruumidele. Seadmete automaatikakilbid paigaldatakse tavakohaselt eraldi asetsevasse hoonesse või ohutusse tootmishoone ossa tule- ja plahvatuskindlasse ruumi. Kilbiruumid ei tohi olla ohtlike hoonete all ega peal, dušširuumide all, vett rohkesti kasutatavate tootmisruumide all, üldventilatsiooni kambrite all ega peal jne. Reglementeeritud on kilbiruumi mitmed parameetrid ustele, akendele, seintele jms. Järgida tuleb ka elektri-toitekaablite paigaldamisnõudeid.

Kaasajal on tehnoloogilise protsessi automatiseerimise tase kõrge. Sellest tuleneb tõsine ning vastutusrikas töö tehnoloogiliste projektdokumentide ekspertiisil ja tuleohutuse ning tehnilise järelevalve teostamisel.

Arvestada tuleb eelkõige järgnevaga:

- protsessi automatiseerituse aste; automaatkaitsesüsteemi olemasolu; blokeeringud; tulekahju avastamise ja – kustutamise seadmed ning nende käitumine tehnoloogilisest automaatikasüsteemis;
- blokeeringu – ja signalisatsiooniseadmete töövõime kontroll-graafiku olemasolu;
- kontroll-mõõteseadmete kaitse, montaaži ja tüüpide ning automaatikaseadmete vastavus tuleohutusnõuetele;
- kaitseseadmete olemasolu, mis tagavad tingimusteta tootmiseseadmete töö katkestuse ohuolukorra tekkimisel tule – ja plahvatusohtlikus tsoonis;
- kaitse-, kontroll – ja tehnoloogilist protsessi reguleerivate seadmete töökindlus;
- automaatikaseadmete kilbiruumi vastavus tuleohutusnõuetele.

2. OSA TÖÖSTUSETTEVÖTETE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUS

3. TÖÖSTUSETTEVÖTETE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUS.

3.1. Põhiprotsesside klassifikatsioon.

Keemilises tehnoloogias klassifitseeritakse protsesse ka kolme tunnuse järgi:

- Protsessi kiiruse järgi

* Soojuslikud protsessid (kuumutamine, aurutamine, kondenseerimine, jahutamine) määratakse soojusülekanne seadustega

* Massivahetusdifusioonprotsessid (sorptsioon, kuivatamine, destillatsioon) määratletakse massiülekanne seadustega ja iseloomustatakse aine üleminekuga ühest faasist teise nendevahelise jaotuspinna kaudu

* Hüdromehaanilised protsessid (gaaside ja vedelike üleminekud, gaaside kokkusurumine, setitamine, tsentrifuugimine, filtreerimine, vedelike segamine) määratletakse hüdrodünaamika

* Mehaanilised protsessid (ainete transport, purustamine, peenendamise, segamine, sorteerimine) määratletakse tahke keha mehaanika seaduste järgi

* Keemilised protsessid (eksotermilised, endotermilised) määratletakse keemilise kineetika seaduste järgi

Paljudel juhtudel on protsessid vastastikku seotud, näiteks on massivahetusprotsessid seotud soojusvahetusega ja hüdromehaaniliste elementidega.

- Protsessi läbiviimise viisi järgi

* perioodilised

* pidevad

* kombineeritud

- Protsessi parameetrite ajas muutumise järgi

* statsionaarsed (parameeter ei muutu ajas)

* mittestatsionaarsed (parameetrid ei muutu)

Perioodilised protsessid toimuvad mittestatsionaarsel režiimil, mistõttu on neid raskem automatiseerida. Pidevatel protsessidel on tuleohtlikud käivitamise- ja seiskamise operatsioonid, statsionaarse protsessi käivitamisel on oht suhteliselt ohutu.

Järgnevalt vaatame enamkasutatavate tehnoloogiliste protsesside tuleohtlikkust ja vajalikku ennetustööd.

Kemikaale võib jaotada oma iseloomu poolest järgmistesse klassidesse:

1. Süttivad materjalid. Need on igasugused tahked ained, vedelikud, aurud või gaasid, mis süütamisel süttivad kergesti ja põlevad kiiresti. Süttivate materjalide näiteks sellises laias määratluses on lahustid nagu benseen ja etanool, tolmud nagu jahu ja teatud peendispergeeritud pulbrid nagu alumiinium ja gaasid nagu vesinik ja metaan.

2. Isesüttivad materjalid. Need on tahked või vedelad ained, mis süttivad ise ilma süütamist vajamata. See toimub tavaliselt, kuid mitte alati, soojuse ohtliku akumulatsiooni tõttu oksüdatsiooni või mikrobioloogilise tegevuse tulemusel nende säilitamisel. Selliste ainte näiteks, mis süttivad ise ilma süütamist vajamata on valge fosfor; Ained, mis on isesüttivad soojuse kogunemisel on ka kalajahu ja rohi.

3. Lõhkeained. Need ained plahvatavad tavaliselt põrutuse, kuumuse või mõne teise initsieeriva mehhanismi tõttu. Näideteks on dünaamiit ja trinitrotolueen (TNT).

4. Oksüdeerijad. Need on ained, mis eraldavad või tekitavad hapnikku kas toatemperatuuril või kuumuse toimel. Näideteks on ammoonium permanganaat ja bensoüülperoksiid.

5. Korrodeerivad materjalid. Need on tahked ained või vedelikud, nagu akuhape, mis põletavad või kahjustavad muul viisil nahakudet kontaktikohas.

6. Toksilised materjalid. Laias tähenduses on need mürgid, mis väikestes doosides kas põhjustavad surma või avaldavad kahjulikku mõju tervisele. Tulekustutus - ja päästetöödega on esmajoones seotud süsinikmonooksiid ja teised põlemisgaasid.

7. Radioaktiivsed ained. Neid aineid iseloomustavad muutused, mis toimuvad nende aatomituumades. Radioaktiivsete ainete näiteks on uraanheksafluoriid.

Need ained pole ohtlikud mitte üksi eraldi, vaid nad võivad veelgi ohtlikumad olla omavahel segatuna. Näiteks süttiv vedelik on ohtlik, kuid ta kujutab veel suuremat ohtu ümbrusele, kui ta on segatud plahvatava, toksilise või radioaktiivse materjaliga.

Lisaks võivad keemilised ained omavahel reageerida, moodustades uusi aineid, mis võivad ohtlikud olla. Järgnevad näited, mis on esitatud joonisel 3.1, kujutavad endast tüüpilist viisi, kuidas kahe või enama aine keemilised segu tekitavad ohtliku materjali.

Ained võivad reageerida, moodustades ohtliku aine. Oletagem, et me segame happe, mis on mõne roostetõrjevahendi või tualetipotipuhastaja koostises, kas pesupleegitaja või basseini desinfitseerijaga. Kohe toimub keemiline reaktsioon, kusjuures tekib kloorigaas. Kloor on sissehingamisel väga mürgine; inimorganism ei talu kloori rohkem kui üks osa miljoni osa õhu kohta.



Joonis 3.1. Kahe aine segamine võib olla ohtlik mitmel viisil: võib eralduda mürgine gaas, segu võib plahvatada või süttida või keemilise reaktsiooni soojus võib põhjustada lähedalolevate materjalide isesüttimise.

Ained võivad reageerida, moodustades süttiva või plahvatusohtliku aine. Selliste ainete päästetöötajatele olulised näited on veega reageerivad ained. Näiteks metalliline naatrium reageerib veega moodustades isesüttiva vesiniku.

Ained võivad reageerida soojuse eraldumisega. Oksüdeerijad on ohtlike ainete näiteks, mis reageerides süttivate ainetega, põhjustavad isesüttimise. Näiteks, kontsentreeritud lämmastikhapet, mis on oksüdeerija, tuleb peenele saepurule ettevaatlikult valada, sest tekib keemiline reaktsioon eraldab küllaldaselt soojust, põhjustamaks saepuru isesüttimist.

3.1.1. Põlengute liigid

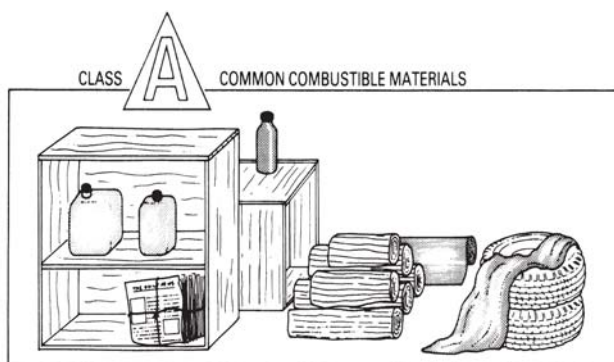
Põlenguid seostatakse sageli ohtlike ainetega seotud intsidentidega ja neid võib jagada nelja rühma: klass A, klass B, klass C ja klass D (USA standard)

A klassi põlengud. A klassi põlengud tekivad tavalise tselluloosse materjali, nagu puu või paber, ning sarnaste looduslike ning sünteetiliste materjalide, nagu kumm ja plastmassid, põlemisel. Joonis 2.2. illustreerib mõningaid tavalisi põlevaid materjale, mille põlemisel tekivad A klassi põlengud. Neist põlenguist jääb tavaliselt järele hõõgav tuhk; vesi on tavaliselt efektiivne tulekustutusvahend.

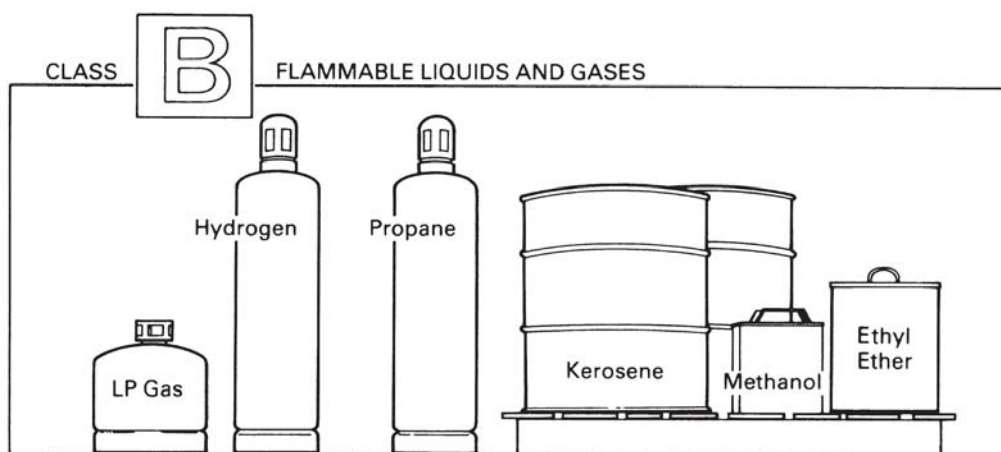
B klassi põlengud. B klassi põlengud tekivad põlevate gaaside ning süttivate ja põlevate vedelike põlemisel, millest mitmeid on kujutatud joonisel 3.3. Süsinikdioksiid, kuivad keemilised tulekustutid või vaht on sobivad B klassi põlengute kustutamisel, mitte aga vesi.

C klassi põlengud. C klassi põlengud tekivad materjalide põlemisel, mis esinevad või pärinevad elektrivõrkudest, selliseid materjale kujutab joonis 3.4. Tavaliste C klassi põlengute kustutamisel on soovitatav süsinikdioksiidi ja kuivade keemiliste tulekustutite kasutamine.

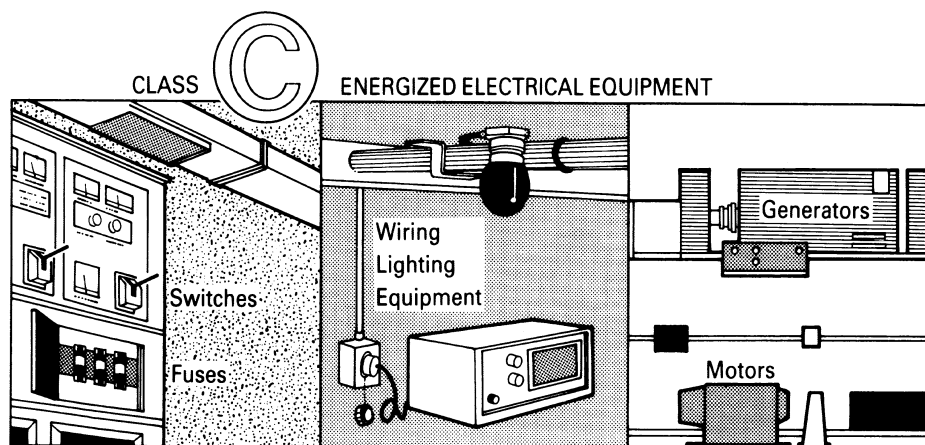
D klassi põlengud. D klassi põlengud tekivad teatud metallide põlemisel, millel on üsna unikaalne keemiline reaktiivsus. Selliste metallide näited on toodud joonisel 3.5, sinna kuuluvad titaan, magnesium, tsirkoonium, alumiinium ja naatrium. D klassi põlenguid kustutatakse sageli spetsiaalsete tulekustutitega, nagu grafiit või naatriumkloriid (tavaline keedusool); vett ei tohi D klassi põlengute kustutamisel kunagi kasutada.



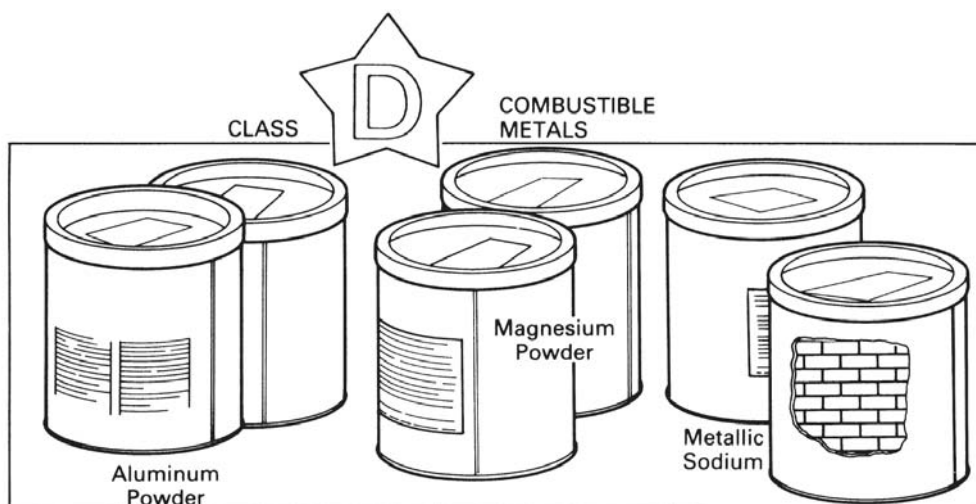
Joonis 3.2. A klassi põlengud tekivad tselluloosse materjali (näiteks puu või puuvill) plastmassid ja kummi põlemisel.



Joonis 3.3. B klassi põlengud tekivad põlevate gaaside ning süttivate ja põlevate vedelike põlemisel.



Joonis 3.4. C klassi põlengud tekivad pingestatunud elektriseadmetest



Joonis 3.5. D klassi põlengud tekivad teatud reaktiivsete metallide süttimisel.

Eesti Vabariigis on põlengute klassifikatsioon järgmine :

A-klass – tahkete, peamiselt orgaanilise päritoluga ja põlemisel hõõguvate ainete põlengud ;

B-klass – põlevvedelike ja tahkete sulavate ainete põlengud (õli, bensiin, lahustid, vaigud, liimidrasv, enamik plaste jms) ;

C-klass – gaaside põlengud (maagaas, atsetüleen, propaan, vesinik jms) ;

D-klass – metallide põlengud (alumiinium, magneesium jms) ;

Vastavalt sellele jaotusele jaotatakse ka tulekustutid (vt. Eesti standardi EVS-620-1 „Tuleohutus.Tulekahjude klassifikatsioon“).

3.2.Põlevainete kuumutamine ja jahutamine

Mitmete keemiliste protsesside (rektifikatsioon, kuivatamine, sulatamine, aurutamine jms) kiirendamiseks on vajalik temperatuuri tõstmine (kuumutamine), teiste puhul on vaja jahutamist (ainete kondensatsioon, sublimatsioonkuivatus, madala keemistemperatuuriga ainete lahutamine/eraldamine, ainete külmas/jahedas säilitamine jms).

Soojusandjad ja külmaagendid.

Aineid, mida kasutatakse teiste ainete kuumutamiseks nimetatakse soojuskandjateks ning aineid jahutamiseks – külmaagentideks.

Tehnoloogilistes protsessides üsna sageli kuumutamisel kasutatakse lahtist leeki ja suitsugaase (põlemisgaase); veeauru; kõrgtemperatuurilisi orgaanilisi soojuskandjaid; vahesaadustega reaktsiooniaparaadist väljuvaid kuumi saadusi.

Kasutatakse ka kuumat vett, kuumat õhku, elektri- ja aatomienergiat. Jahutus (külma)agentidena kasutatakse vett, soolvett, freoone, ammoniaaki, surugaase (vedelgaase: propaani, butaani, etüleeni, lämmastikku jt).

Seadme tuleohtlikkuse määrab kuumutatava või jahutatava põlevaine tuleohtlikud omadused, kuumutamise viis või soojuse eraldamise viis ning töötemperatuur.

Kuumutamine veeauruga ja kuumade töötlemissaadustega.

Kasutatakse küllastatud veeauru, millega võib aineid kuumutada umbes 180°C-ni. Veeauru rõhk on seejuures 1,023 MPa.

Kuumutatakse kas otseauruga (aur juhatakse kuumutatavasse ainesse) või kaudsel viisil (auru soojuse ülekande toimub soojusvahetajas). Soojusvahetajate tüüpe on mitmeid: sirgete torudega, singtorudega jm.

Tuleohutuse seisukohalt otseauruga kuumutamisel võib esineda kuumade põlevsegude kontsentratsioonide moodustumine süttimistemperatuuri läheduses. Seda ei juhtu reeglina veeauru kasutamisel soojusvahetajas. Võimalikud võivad olla rebendid temperatuuripingelistes kohtades (soojusvahetaja torud ja seinad on erinevatel temperatuuridel), see esineb perioodiliselt töötavate seadmete käivitamisel ja ka seiskamisel.

Ennetustegevuses varustatakse aurutorud automaatsete regulaatoritega, tagasilöögi klappidega ja kondensaadikogujatega. Pikkade aurutorude puhul (üle 2 m ja temperatuurivahe puhul üle 40 °C on kasutusel temperatuurikompensaatorid).

Soojusvahetite kuumad pinnad on tavaliselt kantud soojusisolatsiooniga. Pidevalt teostatakse torude puhastamist katlakivist ja mehaanilistest lisanditest. Kasutatakse madala kontsentratsioonilisi happe-, leelise- või muude reagentide lahuseid. Tulekahju kustutamiseks kasutatakse veeauru – või vahusüsteeme.

Kuumutamine leegiga või põlemisgaasidega.

Aine kuumutamiseks vajalik soojus saadakse kütuse (vedel-, gaas-) põlemisel pidevalt töötavates ahjudes. Harvem on kasutusel perioodiliselt töötavad ahjud. Tavaliselt on kasutusel tüüpilised toruahjud, kus metallkarkassile toetuvad nii soojusvahetustorud kui ka tulekindlast materjalist (tellis) seinad, vaheseinad jm.

Soojusülekanne toimub leegilt soojusvahetustorudele kiirgusega ja konvektiivsel teel.

Toruahjude kasutamisel esinev tulekahjuoht seisneb plahvatuste võimalikkuses ahju sisemuses, soojusvahetustorude kahjustumisel või kütetorustiku lekkes. Leegi temperatuur koldes on 1100-1200°C, ahju sisemuse temperatuur on 800-900°C, välispinna temperatuur isoleerimata kohtades on piires 250-400°C. Sellised temperatuurid võivad põhjustada lähiümbrusesse juhtuva põlevgaasi-õhu segu süttimise.

Ennetusmeetmed on tavaliselt olemas toruahjude eksploatatsioonijuhendites. Tähelepanelik tuleb olla ahju käivitamisel. Otstarbekas on temperatuure ja rõhkusid reguleerida automatiseeritult. Oluline on perioodiliselt puhastada soojusvahetuspindasid. Ahjude paigutamisel tuleb samuti järgida ohutute vahekauguste põhimõtet teiste tehnoloogiliste seadmetega.

Kuumutamine kõrgetemperatuuriliste orgaaniliste soojuskandjatega.

Kuumutamisel piires 200-400°C keemilise kiu, plastmasside, lakkide, värvide jm. tootmise juures kasutatakse kõrge keemistemperatuuriga orgaanilisi vedelikke (kt on piires 250-350°C normaalrõhul. (difenüül $C_6H_5-C_6H_5$; difenüüleeter $(C_6H_5)_2O$; daitem (difenüüli 26,5% ja difenüüleetri 73,5% segu; aromatiseeritud õli, mobilterm jt).

Kuumutusseadmetes on need vedelikud kinnises süsteemis, nende tsirkulatsioon võib olla kas sund – või vabatsirkulatsioon. Tuleoht seisneb peamiselt selles, et kõik kasutatavad vedelikud on põlevained. Eksploatatsioonil on nad kuumutatud kõrgemale süttimistemperatuurist kuid madalamale isesüttimistemperatuurist. Kinnises süsteemis on nad vedeliku või auru kujul, rõhk torustikus on üle atmosfääriohtu, mistõttu süsteemis on paisumispaagid vältimaks rõhu tõusmist kriitilise piirini.

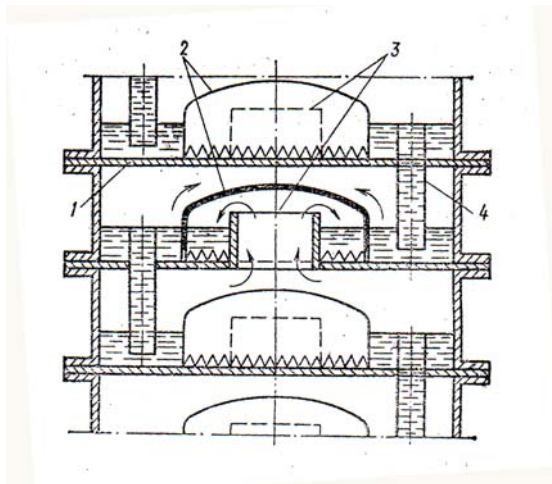
Peamised ohud seisnevad tihenditest, ka muudest põhjustest tulenevatest leketest. Ohtlikud on ka torude ülekuumenemine ja sellega seotud rõhu tõus.

Soojuskandja kasutamisel tuleb järgida juhiseid. Igal vedelikul on kindel töötamise aeg, sest kõrge temperatuuril esineb mingil määral ikka termilist lagunemist.

3.3. Rektifikatsiooni protsessid

Rõhuv enamik kergelt süttivaid ja põlevaid vedelikke (naftasaadused, alkoholid, benseen, toluen, ksüleenid, atsetoon, stürool, vinüülkloriid jt) saadakse destillatsioonil (rektifikatsioonil). Rektifikatsiooni kasutatakse paljudes keemilise tehnoloogia ja naftakeemia tehnoloogilistes protsessides. Rektifikatsioonil toimub segu komponentide eraldamine vastavalt keemistemperatuurile. Suhteliselt madalama keemistemperatuuriga vedelike nim. kergeltkeevateks (KEK) ja suhteliselt kõrgema keemistemperatuuriga vedelike – kõrgeltkeevateks (KÕK) vedelikeks. Lihtdestillatsioonil saab hästi eraldada komponente, millede keemistemperatuuride erinevused on 15-20°C, ent keemilises tehnoloogias on see vähekasutatav. Rektifikatsioonil toimub üheaegselt segu aurustumine ja aurude osaline kondenseerumine. Rektifikatsioonil moodustub kaksiksüsteem (binaarne süsteem): kondensaat, mis sisaldab rohkem KÕK ja mitte kondenseeruv aur, mis sisaldab rohkem KEK-i, seega erineva kontsentratsiooniga osad. Jätkates selliselt aurustumist – ja osalise kondensatsiooniprotsessi, võib lõppkokkuvõttes saada teineteisest erinevad lahuse komponendid. Tervikuna toimub see rektifikatsioonikolonnis.

Kolonni tööd kujutab joonis 3.6.

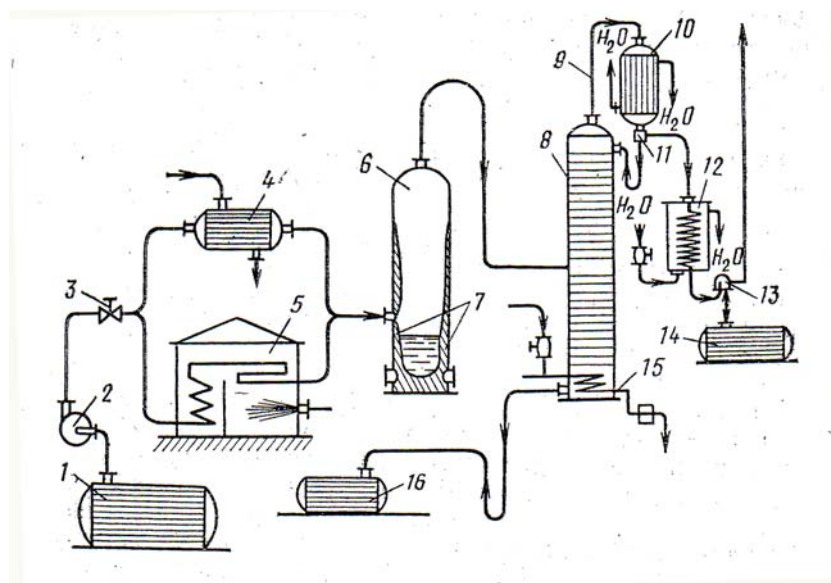


Joonis 3.6. Rektifikatsioonikolonni osa skeem: 1-taldrik; 2-kuppel; 3-aurutorn; 4-ülevoolutoru

Kolonn kujutab endast vertikaalset silindrit horisontaalsete taldrikutega. Taldrikud on omavahel ühendatud ülevoolutorudega. Igal taldrikul on pidevalt uuenev vedelikukiht – flegma. Igal taldrikul on süsteem, mis tagab ülestõusvate aurude ühtlase flegmast läbimiseku. Kuna igal taldrikul olev flegma on veidike jahedam kui temast läbiminev aur, siis toimub seal aurude osaline kondensatsioon ning kondenseerumisel eralduva soojuse arvel vedelik keeb, st, et toimub flegma osaline aurustumine. Sealjuures aur mõnevõrra rikastub KEK-ga ja flegma – KÕK-ga. Selline protsess toimub igal taldrikul. Mitmekordsel massivahetusel kolonnist väljuval aarul on rektifikaadi koostis ja flegmal – jäägi koostis.

Temperatuur kolonni erinevatel kõrgustel on erinev: ülalosas vastab ta rektifikaadi keemistemperatuurile, all-osas – jäägi keemistemperatuurile. Flegma koostis, mida antakse kolonni ülalt kolonni „niisutamiseks“ vastab rektifikaadi koostisele, seetõttu osa kolonnist väljunud vedelikku antakse tagasi kolonni (nn tagasijooks).

Taldrikult konstruktsioone on erinevaid. Sagedamini kasutatakse kuppel-, sõel – ja täidiskolonne. Joonisel 3.7. on kujutatud pidevalt töötava rektifikatsiooniseadme skeem.



Joonis 3.7. Pidevalt töötava rektifikatsiooniseadme skeem.
 1-algsegu mahuti (kuub); 2-pump; 3- rõhu regulaator; 4-aurusoojendi;
 5-toruahi; 6-auruti-separaator;; 7-vaigulised laguained; 8-rektifikatsioonikolonn; 9-manteltoru; 10-deflegmaator; 11-separaator; 12-kondensaator-jahuti; 13-vaatelamp; 14-rektifikaadi koguja; 15-keeduspiraal; 16-kõrgelt-keeva komponendi mahuti.

Algsegu suunatakse pumba vahendusel soojendisse (toruahi või soojusvaheti) kus ta kuumutatakse keemistemperatuurini. Edasi suundub kuum algsegu rektifikatsioonikolonna aururuumi. Kergeltlenduv fraktsioon (rektifikaat) liigub auruna deflegmaatorisse. Siin deflegmaatorist väljuv flegma ja mittekondenseerunud aur eraldatakse separaatoris, millest vedelik valgub isevoolu teel kolonni, aur – kondensaator-jahutisse täielikuks kondenseerumiseks ja rektifikaadi jahutamiseks. Kõrgelkeev fraktsioon juhatakse rektifikatsioonikolonna alumisest osas jääkide mahutisse.

Mitmekomponentsete segude lahutamisel kasutatakse mitut järjestikku töötavat kolonni. Tavaliselt on rektifikatsioonikolonnid avatud pinnal, harvem ruumides. Kolonnide töö rõhk on 0,12-0,7 MPa, vajadusel kasutatakse kõrgemat rõhku või ka vaakumit.

Tuleoht seisneb võimalikes plahvatus-(tule-)ohtlike süttivate aurude ja õhu segude tekkimisel leketest rektifikatsioonikolonnis. Tekkiv tulekahju või plahvatus võib hävitavalt mõjuda rektifikatsiooni kompleksile tervikuna ning levida ettevõtte territooriumile. Tavaliselt on rektifikatsiooni lähteaineks põlevvedelikud (naftatöötlemissaadused, lahustid, kütused, aromaatsed ühendid jms). Näiteks nafta esmadestillatsioonil on seadme tootlikkus tunnis ca 60 tonni auru ja ca 20-40 tonni flegmat. Ohtlikumad on rektifikatsioonikolonnid kõrgusega 10...60 m ja diameetriga 1...6 m ja enam. Kolonni kõrguse kõrval on väga palju tehnoloogilist torustikku, kontroll – ja kaitseseadmeid, iga taldriku kohal (taldrikkolonna puhul) on vaateluugid. Seega on tihendite kahjustumisel lekke võimalusi palju. Väljaimbuv aine võib imenduda soojusisolatsioonimaterjali, moodustades aja jooksul tuleohtliku materjali.

Tähelepanu tuleb pöörata tehnoloogilise režiimi parameetrite (temperatuur, rõhk, materjali liikumise kiirus jms) püsivusele. Ohtlikud olukorrad võivad tekkida seadme seiskamisel ja ka käivitamisel.

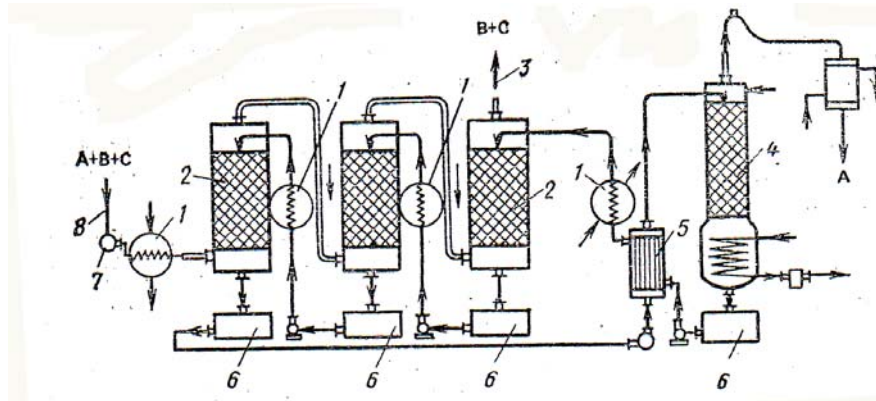
3.4. Sorptsiooniprotsessid.

Gaasi- ja aurusegude lahutamisel kasutatakse kõige sagedamini sorptsiooniprotsesse, millel on selektiivne omadus: iga sorbent on võimeline neelama segust ainult teatud gaase ja auru. Eristatakse adsorptsiooni ja absorptsiooni.

Absorptsiooniprotsessid on sellised kus gaaside või aurude neeldumine toimub vedelabsorbentides. Seejuures tekib lahus (füüsikaline absorptsioon) või suhteliselt ebapüsiv keemiline ühend (kemosorptsioon). Absorptsiooniprotsessid on atsetüleeni, soolhappe jt tootmisel. Neid kasutatakse suitsugaaside, koksigaaside jt. puhastamisel näiteks väävelvesinikust, lämmastikoksiididest jt. lisanditest. Kasutatakse ka õhu puhastamisel lahustiaurudest. Absorbendiks võivad olla nii põlevained (atsetoon, metanool, difenüülformamiid, solaarõli,

etanoolamiinid jt) kui ka mittepõlevad ained (vesi, leeliselahused jt). Adsorptsiooniprotsessid on reeglina eksotermilised. Temperatuuri tõusuga ja rõhu langusega adsorbentide neeldumisvõime langeb. Desorptsioon võib toimuda rektifikatsioonil, kuumutamisel, oksüdatsioonil või vakumeerimisel.

Seadmeid, kus toimub adsorptsiooniprotsess nim. adsorberiteks või skrubberiteks. Nad võivad olla täidis-, taldrik- või barbotaažtüüpi. Konstruktsiooni poolest sarnanevad nad vastavate rektifikatsioonikolonidega. Joonisel 3.8 on toodud adsorptsiooniseadme põhimõtteline skeem. Gaasisegu (A, B, C) komprimeeritakse ning lastakse läbi kahest järjestikusest adsorberist. Iga adsorberi eel adsorbenti jahutatakse. Adsorbent, mis neelas segust komponendi A esimeses adsorberis liigub vahemahutisse ja seejärel desorberisse.



Joonis 3.8 Adsorptsiooniseadme skeem.

1-jahutid; 2-adsorberid; 3-mitteneeldunud komponentide (B ja C) väljund; 4-rektifikatsioonikolonn; 5-adsorbendi soojusvaheti; 6-adsorbendi kogumismahuti; 7-kompressor; 8-gaasisegu (A,B,C) sisenemine.

Tuleoht seisneb adsorbendi ja gaaside tuleohtlikkuses, nende suurtes kogustes. Ohtlikud on gaasisegud, mis sisaldavad õhku või teisi oksüdeerijaid. Nende koguste kumuleerumisel võivad tekkida tule- ja plahvatusohtlikud gaasisegud.

Ennetustegevus: kasutatakse võimalikult madalaid temperatuure ja kõrge keemistemperatuuriga adsorbente. Adsorptsiooni temperatuur ei tohiks olla väga lähedane adsorbendi süttimispiirile. Soovitatav on gaaside kogumismahutites kasutada kaitseventiile ohtliku ülerõhu tekkimise vältimiseks. Adsorptsiooniseadmete põhiaparatuur on enamikel juhtudel avatud territooriumil. Adsorbendi lekke puhul laialivalgumise vältimiseks, ümbritsetakse seadme maa-ala min 15 cm kõrguse vallitusega.

Adsorptsiooni protsessidel toimub segudest gaasi-, auru-gaasi, vedelik-) gaaside või aurude neeldumine tahke neelaja (adsorbendi) pinnal. Adsorptsiooni kasutatakse väga väikeste adsorbeeritavate koguste puhul. Tavaliselt kasutatakse seda nn sorptsiooni lõppjärgus, kui on vaja täielikult eraldada mingi komponendi jääkogused. Suuremad kogused eraldatakse adsorptsioonil.

Adsorptsiooniprotsesse kasutatakse gaaside, aurude ja vedelike puhastamisel ja kuivatamisel. Sageli kasutatakse neid lenduvate lahustite eraldamisel tuleohtu vältimiseks – see on ühtlasi ennetustegevus. Samal ajal adsorptsiooniseadmed (kuhu kogunevad tuleohtlikud ained) on küllaltki tuleohtlikud. Adsorbentidena kasutatakse laialdaselt aktiivsütt ja silikageeli. Aktiveeritud söe suhteline tööpind on 600...1700 m²/g. Siinjuures tuleb meele pidada et aktiivsöel on kalduvus kokkupuutel õhuga isesüttimisel, kuna ta neelab õhust kiiremini hapniku võrreldes lämmastikuga. Silikageel – ränihappe geel – on tahke mineraalne mittepõlev aine. Eriti hästi adsorbeerib ta veeauru, tema eripind on 400-700 m²/g.

Seadmeid, milles töötab adsorbent nim. adsorberiteks. Nad võivad olla nii perioodiliselt (liikumatu adsorbent) kui ka pidevalt töötavad (liikuv või keevkiht) adsorberid. Kujult võivad nad olla vertikaalsed, horisontaalsed, ringikujulised. Adsorberi töö koosneb neljast faasist: adsorptsioon (neeldumine), desorptsioon (auruga läbipuhumine), adsorbendi kuivatamine ja tema jahutamine. Adsorberiseadmes on tavaliselt kaks adsorberit, ühes toimub adsorptsioon, teises desorptsioon.

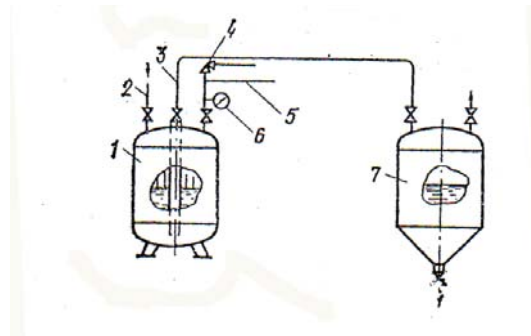
Tuleoht seisneb kergeltsüttivate vedelike kumuleerumisel töökohas ja sellega seonduvas ohtliku gaasi-õhu segu tekkimises. Ohtlikud gaasid võivad tekkida ka adsorberis. Süüteallikateks võivad olla metallesemete löögil või hõõrdumisel tekkivad sädemed, ventilaatori labade kokkupuutel korpusega tekkivad sädemed vms. Ise-süttimisvõime on suurem värskel aktiveeritud söel.

3.5. Põlevainete ja -materjalide transpordioperatsioonid.

Kaasaja tootmisel on kasutusel sagedamini torustransport, ka konveiertransport. Selles kompleksis on ka pumbad, kompressorid, vahemahutid, transportöörid, punkrid, pneumotransport, tsüklonid jt. tehnoloogilised aparaadid.

Vedelike transport. Põlevvedelikke transporditakse isevoolu teel, surve all ja pumpade vahendusel. Isevoolutorustikel on tulekahju leviku vältimiseks hüdraulilised lukud.

Surve tekitamisega transporditakse vedelikke mitte eriti kaugete vahemaade taha. Kergeltsüttivate vedelike puhul kasutatakse seadmed surve tekitamiseks inertgaasi (joonis 3.9)



Joonis 3.9. Vedelike teisaldamine surve abil.
1-vedeliku mahuti; 2-täiteliin; 3-ülekanaliin; 4-kaitseventiil; 5-surugaasi (inertgaasi) liin; 6-manomeeter; 7-vastuvõtumahuti.

Kõige levinum on vedelike transport pumpade vahendusel. Tavaliselt on kasutusel tsentrifugaal – ja kolbpumbad, vähem kasutatakse hammasratas-, vint-, joa-jm pumpasid. Pumbad käivituvad kas elektri jõul või sise põlemismootori abil. Pumbad tavaliselt koondatakse eraldi hoonesse. Eristatakse külm – ja kuumpumpasid. Esimestes on pumbatava vedeliku temperatuur kuni 250°C, teistes üle 250°C. Pumplates esineb vedelike leket üsna sageli. Seetõttu on kergeltsüttivate vedelike ja põlevvedelike pumplad suure tuleohuga hooned. Vedelike laialivoolamise vältimiseks on pumbad eraldatud vallitusega, elektrimootorid on sädemekindla süsteemiga. Igati tuleb vältida süüteallikaid, sest süttimisohliku gaasi-õhu segu teke on võimalik üsna kiiresti (nõrga ventilatsiooni puhul, ventilaatorite seiskumisel vm). Ennetustöödel tuleb tähelepanu pöörata võimalikele lekkekotadele (võlli tihendid, toruühenduste tihendid jm). Otstarbekas on gaasianalüsaatorite rakendamine, see informeerib ohtlike tule – ning plahvatusohtlike kontsentratsioonide tekkimisest. Tavaliselt on pumplad nõuetekohaselt varustatud ka automaatsete signaalsüsteemide – ja tulekustutusseadmetega.

Surugaaside (põlevgaasid) transport. Gaase transporditakse nii külmana kui ka soojendatult kujul mitmesugustes rõhutingimustes. Gaaside liikumapanejad on: vaakumpumbad (imemisrõhk on madalam atmosfäärirõhust); ventilaatorid (suruvad gaasi rõhuni kuni $P = 0,01$ MPa); gaasipuhurid ($P = 0,01-0,3$ MPa) ja kompressorid ($P > 0,3$ MPa). Tööstuses on enamkasutatavad kolb – ja tsentrifugaalkompressorid. Viimased suruvad gaasi rõhuni 3,5 MPa, kolbkompressorid suruvad gaasi kokku mistahes rõhuni. Gaaside kokkusurumisel tõuseb gaasi temperatuur. Tavaliselt kasutatakse ühe-, kahe – või kolmeastmelist komprimeerimist. Kohtla-Järvel AS Nitroferdis on kasutusel kaheastmeline sünteesigaasi komprimeerimise süsteem (esimeses astmes kuni 20-30 atm, teises vajalik 300-400 atm). Kompressoritel on keeruline õlitussüsteem, milles on õlipumbad, õli torustik, õlipaagid, õli jahutid, filtrid, gaasieraldid jms. Kasutatavad elektrimootorid kompressoritel on väga võimsad. Kompressorid on tavakohaselt eraldi tootmishoones (ruumis).

Tuleoht on kompressorijaamas (hoones) väga suur. Laialdane on gaasitorustik, õlitussüsteem. Õhus võivad olla komprimeeritavat gaasi, õli auru, seega õhuga segunedes võib moodustuda mitmesuguse koostisega tule- ja plahvatusohtlikku segu. See võib ka väljuda kompressoriruumist ja ohustada tule – ja plahvatusohtlikke kõrvalolevaid tootmisruume ja – hooned. Süüteallikate tekkimisvõimalusi tuleb igati vältida.

Ennetustegevuses tuleb tähelepanu pöörata tihendite olukorrale. Vajadusel tuleb neid vahetada. See väldib tule – ja plahvatusohtlike gaaside ja aurude pääsemise kompressoriruumi. Kompressorite juures tuleb jälgida nii temperatuuri, rõhku kui ka õlitussüsteemi töökorras olekut. Kompressorid koondatakse tavaliselt ühekorralise hoonesse, mis on ehitatud tulekindlast materjalist ning väljapoole avanevate suurte akendega.

Tahkete materjalide transport. Puistematerjali transportöörid ja pneumotransport on kasutusel kõikides tööstusharudes ning ka põllumajanduses.

Transportöörid jagunevad: lint-, kraap-, kopp-, vint-, vibro- jm konveierid. Asendi järgi: horisontaalsed-, vertikaalsed – ja kaldtransportöörid. Linttransportööril on vedavaks organiks elektrimootoriga üle reduktori käivituv juhttrummel. Konveierilint on tavaliselt valmistatud kummeeritud kangast või elastsest materjalist. Transportööri maksimaalne pikkus on alla 200 m, laius – 1,4 m, liikumiskiirus 0,5-2 m/s. Vertikaalsel transportööril (elevaator, koppelevaator) on nn lõputa lint, mis on suletud ümbristorusse. Nende tõstekõrgus on kuni 40 m, lindi liikumiskiirus on kuni 1,5 m/s.

Tuleohtlikkus seisneb põlevmaterjali rohkuses konveierilindil. Seal võib moodustuda tule – ja plahvatusohtlik tolmu/õhu segu, mis süüteallika olemasolul ka süttib. Ohtlik on ka konveieri osadele ja uretesse sadenev tolmu

(aerogeel). Konveieri avariilisel seiskumisel võib toimuda materjali kuhjumine. Ohtlikuks kohaks, kus temperatuur tõuseb on lindi rullikute ja ka lindi enda kinnikiilumine mehaanilistel põhjustel. Näiteks on põlevkivikaevandustes sageli süttinud konveierlint seismakiilunud rulliku kohal, tuli on siis haaranud ka põlevmaterjali lindil – põlevkivi. Konveieri lindil alanud tulekahju võib kiiresti edasi levida lattu vm.

Ennetustegevusena püütakse konveierliinidel vältida tolmu tekkimist ja lindi seiskumist. Sageli on konveierisüsteem suletud ümbritsetud torusse.

Pneumotranspordil liigub materjal torudes gaasi (või õhu) voolus kiirusega 8-35 m/s. Materjali kogus liikivas gaasivoolus on 1-35 1 kg õhu kohta.

Tuleohtlikkus oleneb transporditavast materjalist. Tulekahju tekkimisel levib see väga kiiresti piki pneumotranspordi toru. Liikumisel on võimalik ka staatilise elektri teke, mistõttu on olulise tähtsusega maandussüsteemi olemasolu.

3.6. Värvimise operatsioonid.

Lakkimise ja värvimise operatsioonidel kasutatakse kolme liiki materjale:

- 1) segud, mis koosnevad lenduvatest komponentidest (orgaanilised lahustid, vesi);
- 2) segud, mis ei sisalda lenduvaid komponente, nad on valmistatud vedelate monomeeride ja polümeeride baasil ning neid kantakse materjalile sulatise olekus;
- 3) pulbrilised.

Enam kui 90% lakke ja värve sisaldavad lahusteid, seetõttu on peatähelepanu pööratud nendele. Lähteainetena kasutatakse: kilemoodustajaid (moodustavad tootel õhukese tiheda kaitsva kihi), plastifikaatoreid (annavad kilele pehmuse ning plastilisuse), lahustid ja lisandid, pigmendid (annavad vajaliku värvi), täiteained, sikatiivid (kiirendavad kuivamist). Lahustitena on kasutatavad bensiin, waitspirt, benseen, toluen, ksüleen, erinevad alkoholid, tärpentiin, atsetoon, estrid. Lahustid lahustavad kilemoodustajaid. Lahjendajad (mistahes kergelt-süttivad – ja põlevvedelikud) ei lahusta kilemoodustajaid, vaid lahjendavad laki-värvi koostist vajaliku töökonsistentsini. Täiteained – lahustumatud mineraalsed ained, mida lisanditena kasutatakse (talk, jahvatatud peenliiv, tolmkvarts jms. Eeltoodud komponendid võimaldavad valmistada: lakke, värve, email-suspensioonvärve. Laialdaselt kasutatakse nitrovärve, polüester-, karbamiidformaldehüüd-, polüüretaan-, melamiinalküül-, alküülpolüstürool-, bituumen -, pentaftaal- ja räniorgaanilisi lakke ning emaile jpm. Metallesemmed tavaliselt enne värvimist või lakkimist puhastatakse roostest ning rasvärastatakse. Vedelaid värve ja lakke kantakse pindadele mitmel viisil: pihustades (pneumaatiliselt, elektrostaatiliselt, hüdrauliliselt, aerosoolina), detaile värvi või lakki sukeldades, üle valades, rullidega, pintslitega jms. Igal katmisviisil on oma tehnoloogia ja tehnilised vahendid.

Värvimisprotsessid on tuleohtlikud, sest tekkida võivad kuumad auru-õhu segud, mis kõrge temperatuuri tõttu võivad süttida ning arendada tulekahju tootmisruumides. Tuleohu määrab orgaaniliste lahustite ja lahjendajate süttimisohtlikkuse tase. Tavaliselt moodustub kergeltsüttivate lahustite ja lahjendajate osatähtsus 50-80%. Süttimisohtlik auru-õhu segu võib moodustuda tehnoloogilise liini mistahes kohas: värvimiskambris, ventilatsioonikäikudes, lahusti mahutites jt. kohtades. Tuleb jälgida kergeltsüttivate vedelike isesüttimistemperatuure. Pihustusmeetodit kasutades tekib värvimiskambris „värviudu“, mis on äärmiselt süttimis- ja plahvatusohtlik.

Peale auru-õhu segude süttimisvõimaluse, on tuleohtlikud ka värvitud valmistooted (eriti põlevmaterjalist), tuldvõtvad on ka värviga kaetud tehnoloogilise seadmeosad. Värviga kaetud seadmeid pidi tulekahju levik üsna kiire (ca 0,5 m/s).

Tuleohutuse ennetustegevusena tuleb eelkõige järgida värvimisprotsessi tehnoloogilist reglementi, kus on ära näidatud antud värvimismeetodil kasutatavate ainete tuleohtlikud omadused ja protsessi ohtlikumad kohad. Tavakohaselt ohtlikum värvimisprotsess viiakse läbi hästiventileeritavas teistest tootmisruumidest eemalasuvas piirkonnas. Ventilatsioonisüsteem peab tagama õhu liikumise tõmbekanalisis vähemalt 1 m/s. Otstarbekas on kasutada gaasianalüsaatoreid.

3.6.1. Lahustid

Lahuse aururõhk

Vaatleme mistahes vedeliku auramist. Vedeliku molekulid on kaootilises liikumises mitmesugustes suundades erinevate kiirustega. Need osakesed, mis on pinnal võivad teatud kineetilise energia olemasolul ületada molekulaarsed vastastikused toimejõud ja eralduda vedelikust. Lahtise anuma korral võib kogu vedeliku hulk aurustuda. Kinnises süsteemis koguneb vedeliku kohale üha rohkem vedeliku gaasilises olekus molekule. Ka nende liikumine on kaootiline, vedeliku pinnaga kokkupuutes toimub siin vastupidine protsess, kondenseerumine. Aurustumise esimeses etapis pole kondenseerumine intensiivne ja muutub intensiivsemaks aurustumise kiirenedes. Teatud ajal on need kiirused võrdsed. Sellist olukorda nimetatakse küllastunud auruks

ja seda auru rõhku, mis on tasakaalus vedelikuga nimetatakse küllastunud auru rõhuks. Tema suurus ei olene auru hulgast, ta sõltub ainult temperatuurist ja aine iseloomust.

Järgnevalt on esitatud mõnede olulisemate vedelike aururõhud:

Temperatuur		H ₂ O	C ₂ H ₅ OH	C ₆ H ₆
°F	°C	mmHg	mmHg	mmHg
14	-10	2,1	5,6	
15				
32	0	4,6		12,2
27				
50	10	9,2		23,6
45				
68	20	17,5	43,9	
74				
86	30	31,8	78,8	
118				
122	50	92,5		271
167	75	289,1		643
212	100	760,1	1360	

Lahustid

Lahustitena kasutatakse mitmesuguste omadustega anorgaanilisi ja orgaanilisi aineid. Lahusteid iseloomustavad kõigepealt nende füüsilised omadused: keemistemperatuur, lenduvus, polaarsus (tabel 3.1).

Alla 100°C keevaid vedelikke nimetatakse madala keemistemperatuuriga lahustiteks (etanool, metüülatsetaat, atsetoon), üle 100°C keevaid – kõrge keemistemperatuuriga lahustiteks (tolueen, ksüleen).

Lahusti lenduvuse määrab tema aururõhk. Arvuliselt võrdub see lahusti auru partsiaalrõhu suhtega tema moolosasse vedelas faasis. Suhtelist lenduvust (α) iseloomustatakse tavaliselt dietüüleetri lenduvuse suhtega antud lahusti lenduvusse. Kergesti lenduvatel lahustitel on $\alpha < 10$, keskmise lenduvusega lahustitel $10 < \alpha < 35$ ja raskesti lenduvatel $\alpha > 35$. Eriti madala aururõhuga vedelikke, nn mittelenduvaid lahusteid (benseedikarbonsülaadid jt) kasutatakse sünteetiliste polümeeride plastilisuse ja külmakindluse suurendamiseks.

Lahusti polaarsuse määrab tema dielektrilise läbitavuse ϵ arväärtus. Mittepolaarsete lahustite (< 15) hulka kuuluvad süsivesinikud, nende halogeenderivaadid; polaarsete lahustite (> 15) hulka vesi, atsetoon, dimetüülformamiid jt.

Mitmed orgaanilised lahustid toimivad inimorganismisse mürgina. Sattudes nahale või hingamisteede kaudu kopsudesse koguneb lahusti rasvarikastes kudedes (ajus, maksas jm) ja hakkab mõju avaldama organismis toimivatele biokeemilistele reaktsioonidele. Kehtestatud on lubatud piirkontsentratsioonid (LPK) töökohtade õhus sellise arvestusega, et nende kogus ei ületaks kriitilist taset nagu kogu tööaja (mitte ainult tööpäeva!) vältel.

Enamik orgaanilisi lahusteid on ka tule- ja plahvatusohtlikud. Orgaaniliste lahustite omadusi on toodud tabelis 3.1.

Individaalainete kõrval kasutatakse lahustina ka segusid. Näiteks on kasutusel naftafraktsioonid: petrooleeter (kt° 40-70°C), ekstraktsioonibensiin (kt° 70-75°C), lahustibensiin (kt° 80-120°C) ja lakibensiin (kt° 165-200°C). Petrooleetrit ja ekstraktsioonibensiini kasutatakse tavaliselt ekstrahheerimisel, lahustibensiini kiireltkuivavate lakkide ja värvide valmistamisel ning lakibensiini emailide ja isolatsioonilakkide valmistamisel.

Lahusti	Kt ⁰ (⁰ C)	ε (25 ⁰ C)	Aururõhk (25 ⁰ C, Tr*)	Leekpunkt (⁰ C)	LPK* (mg/m ³)
Heksaan	68,8	1,9	121,2	-25,7	300
Tsükloheksaan	80,7	2,0	76,9	-17,2	80
Benseen	80,1	2,3	74,8	-16	5
Tolueen	110,6	2,4	22,3	4,4	50
Metüleenkloriid	39,9	8,9	349	-	50
Kloroform	61,2	4,7	160	-	(10)
Süsiniktetrakloriid	76,6	2,2	90,7	-	20
Klorobenseen	131,7	5,6	8,7	29,4	50
Metanool	64,5	32,6	95,7	15,6	5
Etanool	78,3	24,3	44,0	12,2	1000
1-propanool	97,2	20,1	14,5	15	10
Etüüleeter	34,6	4,2	442,4	-40	300
Dioksaan	101,3	2,2	27	5	10
Tetrahüdrofuraan	65,6	7,4	131,5	-	100
Etüülatsetaat	77,1	6,0	74,0	-2,2	200
Metüülsellosolv	124,4	2,1	8	42,8	(10)
Atsetoon	56,2	2,7	181,7	-17,8	200
Tsükloheksanoon	155,6	2,9	8,5	33,9	10
Nitrometaan	101,2	38,6	27,8	44,4	30
Äädikhape	117,2	6,2	11,8	41,7	5
Dimetüülformamiid	153,2	36,7	0,37	67	10
Süsinikdisulfiid	46,3	2,6	297,5	-30	1
Püridiin	115,6	18,3	15,4	23,3	5

Tabel 3.1. Orgaaniliste lahustite põhiomadused.

* - enamik orgaanilisi lahusteid on lõhna järgi avastatavad tunduvalt allpool LPK väärtust Tr (torr) = 1 mmHg sammast = 133,32 Pa.

3.7. Kuivatuseratsioonid.

Siin toimuval termilisel protsessil eemaldatakse materjalist niiskus tema aurutamisel ning sellele järgneval aurude eemaldamisel. Niiskuse all võime mõista mistahes vedelikku, mis asub aines ning mida on vaja kas osaliselt või täielikult materjalist eemaldada.

Materjalide kuivatamist saab teha kas loomuliku või kunstlikul teel.

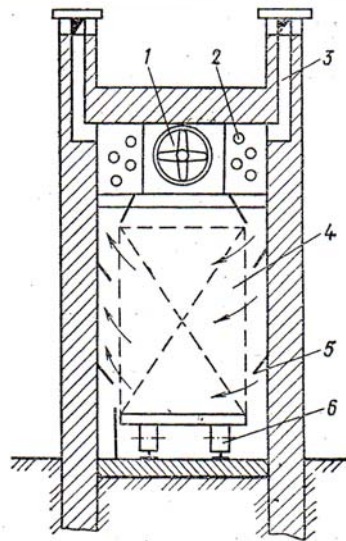
Loomulikul kuivatamisel kuivatav aine (õhk), küllastudes niiskuse aurudega eemaldub kuivatatavast materjalist loomulikul teel (teravilja, heina, puitmaterjali jm kuivatamine). Sellist operatsiooni viiakse läbi kas vabas õhus või varjualustes.

Kunstlikul kuivatuseratsioonil eemaldatakse kuivatav aine (õhk nt) ventilatsioonüsteemi vahendusel. Selline operatsioon viiakse läbi spetsiaalsetes seadmetes – kuivatites.

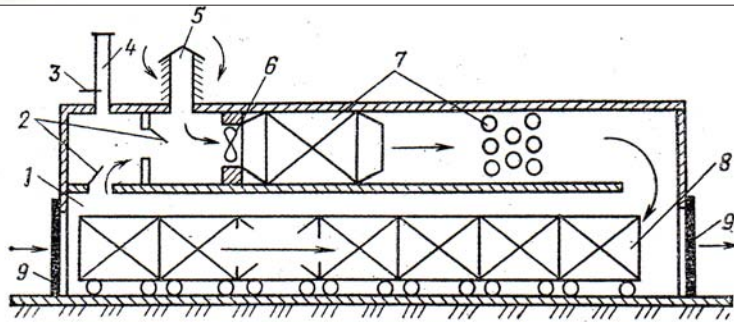
Kuivatid erinevad nii konstruktsiooni poolest kui ka soojuse andmise viisi järgi. Enamkasutatavad on kambertunnel-, šaht-, lint-, trummel-, valstüüpi kuivatid. Kasutatakse ka keevkihi – ja pihustuskuivateid. Soojuse andmise järgi eristatakse: konvektiivsed (vahetu kokkupuude soojuskandja ja materjali vahel); kontaktid (soojus kandub kuivatatavale materjalile üle läbi vaheseina), termoradiatsioonilised (soojus kandub materjalile infrapunase kiirguse kaudu), dielektrilised (materjal kuumeneb kõrgsagedusvoolu väljas), kombineeritud (radiatsioon-konvektiivsed, kõrgsagedus-auru kombinatsioon jms). Oma tegevuse alusel jaotuvad kuivatid perioodiliselt ja pidevalt tegutsevateks; rõhu järgi – atmosfäärirõhul ja vaakumis töötavad; transportseadmete järgi – kärud, vagonetis, konveierid jms. Kuivatuskambri konstruktsioone on samuti mitmesuguseid, nad võivad olla poolavatud või täiesti avatud jne.

Kuumutus (soojendus)seadmed paigutatakse kas kuivatuskambrisse või sellest väljapoole. Kuivatav õhk, milles

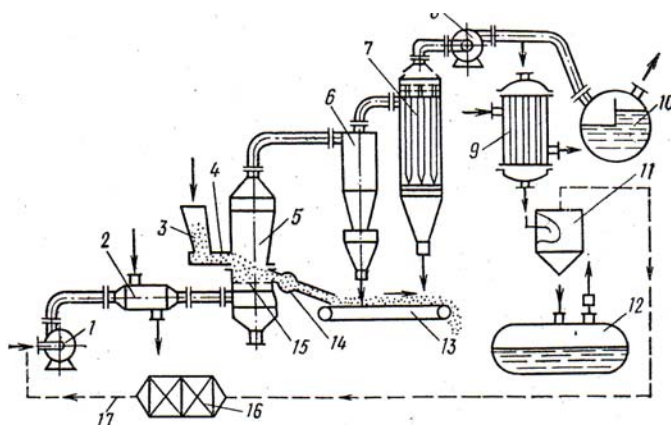
on neeldunud niiskus, suunatakse läbi retsiekulatsiooniseadme (kus ta kuivatatakse) tagasi kuivatussüsteemi või lastakse atmosfääri. Kuivatid on tavaliselt eraldiseisvad hooned või tootmishoone eraldiasetsevas tsehhis. Sageli on kuivati üks osa tehnoloogilisest liinist. Joonistel 3.10-3.13 on toodud erinevate kuivatustüüpide skeemid.



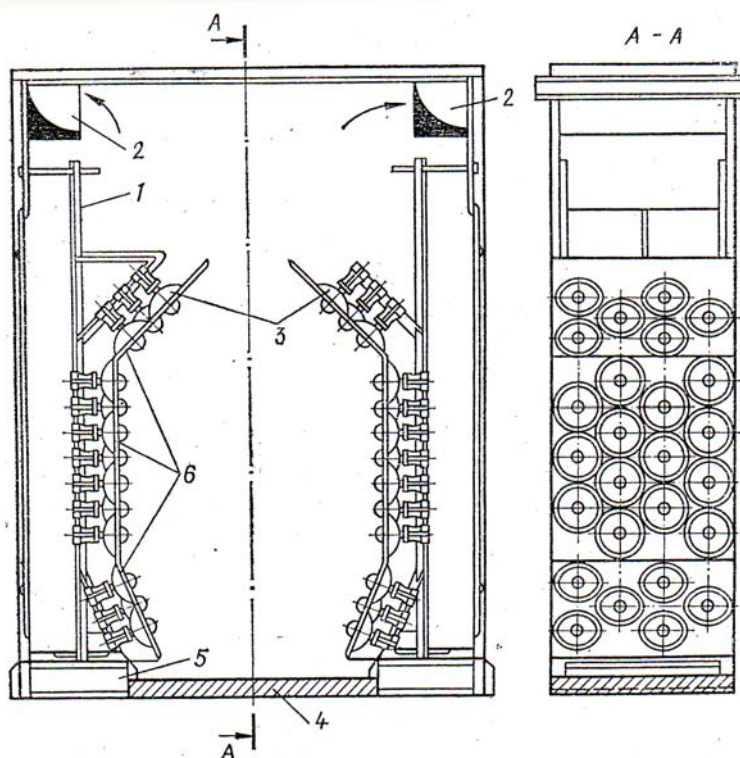
Joonis 3.10. Kambertüüpi kuivati siseventilaatoriga.
1-ventilaator; 2-kalorifer;
3-õhukanal; 4-staabeldatud kuivatatav materjal;
5-suunavad ekraanid; 6-käru.



Joonis 3.11 Tunnelkuivati skeem.
1-kuivatuskamber; 2,3-õhu reguleerimissibrid; 4-väljatõmbe toru;
5-žalužiikamber; 6-ventilaator; 7-kaloriifer; 8-kuivatatav materjal; 9-uksed



Joonis 3.12. Ühekambriline keevkihi kuivati
1,8-ventilaatorid; 2-kaloriifer; 3-niiske materjali vastuvõtupunkter;
4-tigu; 5-kamber; 6-tsüklon; 7-patareitsüklon; 9-kondensaator;
10- vahufilter töödeldud gaasi vabastamiseks tolmust; 11-separaator;
12-põlevvedeliku mahuti; 13-konveier; 14-toitja; 15-pihustusrest;
16-keramiline filter; 17-inertgaasi liin.



Joonis 3.15 Lampkuivati skeem.

1-liikuv paneel; 2-gaasi-õhu segu eemaldamiskanaliid; 3-reflektorid; 4-isoleeruv tellispõrand; 5-õhu andmise kanal; 6-pegeldavekraan.

Tuleohtlikkus seisneb põlevmaterjali (kuivatatav materjal) suures koguses kus tekib põlevgaasi (juhul kui niiskuseks on orgaaniline lahusti vms) – õhu tule – ning plahvatusohtlik segu. Kui niiskuseks on vesi, siis ohtlikuks on vaid kuivatatava materjali põlemisvõime (süttimisvõime). Ohtlikud on ka kuumutusseadmed. Puistematerjali ja pulbrite kuivatamisel võib tekkida ohtlik tolmu kontsentratsioon. Tule- ja plahvatusoht on keevkihi – ja pihustuskuivatite puhul.

Süüteallikateks on löökidel ja hõõrdumistel tekkivad sädemed, staatilise elektri lahendused jms. Teatud materjalidel on ka isesüttimise oht.

Suitsugaasidega töötavate kuivatite puhul on tavalisest kõrgem temperatuur, mis teatud olukordades (tehnoloogilise režiimi rikkumisel) võib põhjustada kuivatatava materjali ülekuumenemise ja ka jätkuval kuumutamisel – tulekahju. Ohtlikud kohad puistematerjalide ja pulbrite kuivatamisel on ventilatsioonitorud, kuhu võib (jällegi tehnoloogilise režiimi rikkumisel või seadmete mittekorrasolekul) sadeneda põlevmaterjalist tolm. Tuleoht on ka otsese soojuskiirguse (radiatsiooni) kasutamisel.

Materjal võib kiiresti kuivada, kuumeneda ja süttida. Süttimisoht on ka infrapunaste lampide (vms) purunemisel. Tulekahju tekkimisel võib selle areng olla väga kiire olemasoleva kuiva põlevmaterjali suurte koguste (laod) tõttu. Seepärast peab kuivati ja ladustamisala vahel olema tuldtõkestav tsoon.

Ennetustööna paigutatakse kuivatitele temperatuuri regulaatorid, mis väldivad temperatuuri tõusu materjali isesüttimise piirini. Kontrolli all olev ventilatsioonisüsteem väldib ohtlike auru-õhu ohtlike kontsentratsioonide tekke. Vajalik on ka gaasianalüsaatorite olemasolu. Väga suure orgaaniliste lahustite sisaldusega materjalide puhul kasutatakse vaakumkuivateid või inertgaasi atmosfääris töötavaid kuivateid. Õhu liikumise kiirus väljundisüsteemis peaks olema vähemalt 1-1,5 m/S. Staatiliste elektrilahenduste maandamine peab olema kõikidel vastavates kuivatites (keevkiht-, pihustus jt.tüüpi).

3.8. Keemilised protsessid.

Keemilised protsessid jagunevad eksotermilisteks ja endotermilisteks. Eksotermilistel protsessidel (polümeerisatsioon, polükondensatsioon, hüdrogeniseerimine) saadakse lähtesaadusi ja poolsaadusi sünteetiliste liimide, polümeeride, keemilise kiu, sünteetiliste kautšukide, alkoholide, lahustite jt. tootmiseks. Endotermilistel protsessidel (krakkimine, pürolüüs, dehüdrogeenimine jt) saadakse mootorkütuseid, aromaateid süsivesinikke, mitmesuguseid monomeere jm. Nii eksotermilistel kui ka endotermilistel protsessidel osalevad põlevained kõrgetel temperatuuridel ja rõhkudel, kasutusel on suhteliselt keerulised üksteisega seotud tehnoloogilised sead-

mete kompleksid. Kõik see tingib ka kõrgendatud tuleohtu keemilistel protsessidel.

Keemilised reaktorid on mistahes keemilise tootmis-tehnoloogilise liini tähtsamad, samal ajal ka tuleohtlikumad seadmed. Keemilises tehnoloogias kasutatakse palju mitmekesise konstruktsiooniga reaktoreid. Tehnoloogilise tsükli järgi jaotuvad nad perioodiliselt ja pidevalt töötavateks. Tavaliselt on kaasaegses tehnoloogias kasutusel pidevalt töötavad reaktorid.

Temperatuurirežiim. Keemilised reaktsioonid toimuvad teatud temperatuurivahemikus. Reaktsiooni käivitamiseks on vaja ületada aktivatsioonitase, mida madalam see on seda kiiremini algab reaktsioon. Keemilise reaktsiooni kiirus oleneb temperatuurist, Van 'tHoffi empiirilise reegli järgi suureneb reaktsiooni kiirus 2-4 korda temperatuuri tõstmisel 10°C võrra. Seega toimuvad keemilised reaktsioonid maksimaalselt lubatud temperatuuril, sellest kõrgemal võivad tekkida mitmed kõrvalreaktsioonid ohtlike gaasiliste saaduste tekkimisega. Igal reaktsioonil on omane optimaalne temperatuur, mis tagab maksimaalse saagisekoguse. Temperatuuri järgi toimub ka reaktorite jagunemine: adiabaatset-, isothermset – ja polütroopset tüüpi.

Adiabaatlist tüüpi reaktorid töötavad ümbrusega soojust vahetamata. Sellistes reaktorites on temperatuurirežiim määratletud reaktsiooni soojusefektiga, mistõttu on seda tüüpi reaktorite kasutamine piiratud.

Suure soojusefektiga reaktsioone viiakse läbi soojusvahetussüsteemidega reaktorites. Kui soojuse väljund (või sisend) reaktsiooni keskkonnast kindlustab proportsionaalselt (võrdeliselt) tema eraldumise (või neeldumise) siis töötemperatuur reaktoris muutub isothermist kõverat pidi. Selliseid reaktoreid, kus töötemperatuur muutub isothermilisel režiimil, nim. isothermset tüüpi reaktoriteks. Tööstuse tingimustes on isothermset režiimi raske saavutada, kuna kogu reaktsiooni massis on praktiliselt võimatu hoida püsivat temperatuuri peamiselt keemiliste reaktsioonide ajas muutumise kiiruse tõttu. Sellist tüüpi reaktorid on tööstuse tingimustes ideaalsed.

Rõhuv enamus reaktoreid töötab polütroopset režiimil, mis toimub soojusvahetusega. Nendes reaktorites ei ole soojuse sisend (või väljund) proportsionaalne (võrdeline) eralduva või neeldunud soojushulgaga. Selliseid reaktoreid, kus temperatuurirežiimi hoitakse ligilähedaselt isothermilisele, nim. polütroopset tüüpi reaktoriteks. Nendes saab läbi viia mistahes soojusefektiga keemilisi protsesse. Mida lähemal isothermilisele režiimile reaktor töötab, seda tuleohutum on ka tema eksploatatsioon. Kuivõrd on reaktorite konstruktsioon keeruline, seadavõrd on keeruline ka nende protsesside juhtimine. Seda tüüpi reaktorites kasutusel olevad jahutusained või soojuskandjad on ka ise kõrgendatud tuleohtlikkusega ained. Reaktorite juurde kuuluvad mitmed seadmed: pumbad, kompressorid, torujuhtmete süsteemid, soojusvahetid jms.

Konstruktsiooni järgi jagunevad reaktorid: kamber-, toru-, kolonn-, mahtuvus- ja siugtüüpi.

3.8.1. Polümeeride tootmine. Plastide ja kiudude keemia

Polümeerid on keemiliste ainete grupp, mis koosnevad suurtest molekulidest (makromolekulidest). Polümeeridest saadakse polümeerimaterjale, sh plaste (plastikuid), kiude, elastomeere (kumme), liime (adheesiive), pinnakattematerjale, komposiitmaterjale.

Makromolekul on suure molekulmassiga ja koosneb suurest arvust aatomitest. Tinglikult võib makromolekulideks nimetada neid molekule, mille molekulmass on >1 000. Enamiku tarbimist leidnud polümeeridel on molekulmass mõne tuhande ja mõne miljoni vahel.

Sõna polümeer (kr. keeles *poly* - palju; *meros* - osa) võttis kasutusele Berzelius 1833. a. Seega koosnevad polümeersed ühendid suurtest molekulidest, mis omakorda koosnevad lihtsatest korduvatest osadest. Korduvaid osi nimetatakse ühikuteks (units) või ka meerideks. IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) käsitleb termineid makromolekul ja polümeerne molekul sünonüümidenä (1994. a).

Makromolekul on suhteliselt suure molekulmassiga molekul, mille struktuur koosneb korduvatest ühikutest, mis tulenevad tegelikult suhteliselt väikese molekulmassiga molekulidest.

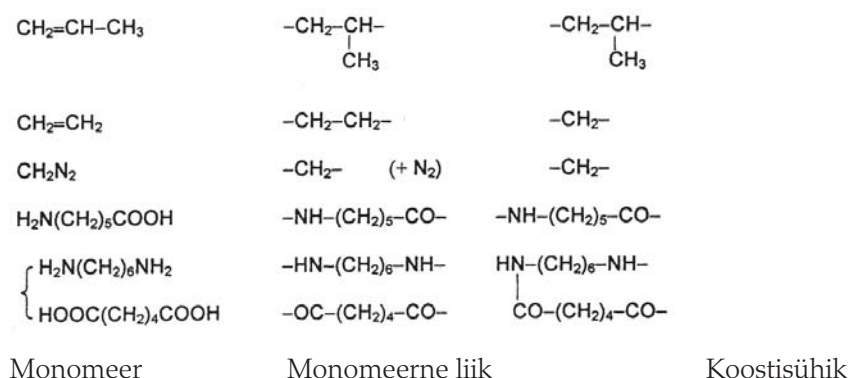
Polümeerteaduses käsitletakse makromolekule ja polümeerseid molekule sünonüümidenä. Polümeerne molekul on alati makromolekul. Näiteks biopolümeeride ensüümides (biokatalüsaatorites) koosnevad makromolekulid sadadest ja tuhandetest aminohapete ühikutest $-NH-CHR-CO-$, kus R võib olla väga erinev (vähemalt 20 varianti). Seega on eelmainitud biopolümeerid põhimõtteliselt polümeerse struktuuriga, kuid korduv ühik on erinev.

Kasulik on vahet teha ka polümeerse molekuli ja polümeeri vahel. Polümeer on aine, mis koosneb paljudest erineva suurusega polümeersetest molekulidest, mille vahel tegutsevad füüsikalised koosmõjud.

Polümerisatsioonireaktsioon on keemiline protsess, mis seob kokku kovalentse sidemete kaudu väikseid molekule makromolekulideks. Polümeeriteaduses kannavad need väiksed molekulid – polümerisatsiooni lähteained – nimetust monomeerid (kr. keelest *monos* - üksik).

Oligomeer, vahel prepolümeer, (kr. keelest *oligos* - vähe) koosneb mõnedest korduvatest ühikutest (meeridest) ja tekib polümerisatsioonireaktsiooni vaheastmena.

Kõige lihtsamad makromolekulid on lineaarsed ahelad, mis koosnevad korduvatest ühikutest. Vahet tuleb teha, kas korduv ühik on monomeerne ühik või koostisühik.



Korduv koostisühik on väikseim struktuuriühik, mille kordumine annab regulaarse makromolekuli. Ta viitab polümeerse ahela struktuurile.

Korduv monomeerne ühik (meer) on aga ühik, mis on moodustunud polümeerisatsiooniprotsessis monomeerist. Paljudel juhtudel need ühikud kattuvad polüpropüleen (PP) ja polüamiid (PA)). Sama koostisühiku $-\text{CH}_2-$ puhul etüleenist ja diasometaanist sünteesitud polümeeril on aga erinev monomeerne ühik. PA on sünteesitud kahest monomeerist ja tal on ka kaks monomeerset korduvat ühikut, korduv koostisühik aga moodustub kahest monomeerisest ühikust.

Polümeerset molekuli iseloomustab polümeerisatsiooniate, so monomeersete ühikute arv polümeeres molekulis. Nii et polümeerisatsiooniate on protsessist lähtuv, mitte struktuurist tulenev mõiste. Näiteks: polüetüleen (PE) $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_x-$, mitte aga $[-\text{CH}_2-]_x-$, kus tegu on hoopis polümetüleeniga.

Iga polümeerse molekuli ahel peab lõppema ots- ehk lõpprühmaga (end groups), nii et lõpprühmad on polümeerse molekuli osad, mis lõpetavad ahela.

Näide: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_x-\text{CH}=\text{CH}_2$

Lõpprühmad mõjutavad vähe polümeerse molekuli molekulimassi ja polümeeri lõppomadusi. Sageli on lõpprühmad teadmata ja polümeeride struktuur esitatakse tavaliselt ilma lõpprühmadeta. Reaktsioonivõimelistel lõpprühmadel on suur tähtsus aga polümeerisatsioonireaktsioonides.

Ajalooline areng. Elu saab eksisteerida ainult bioloogiliste makromolekulidena. Näited oleksid nukleiinhapped, ensüümid, proteiinid, tselluloos, tärklis, hemoglobiin jt. Inimene on alati vajanud toiduks valke ja süsivesikuid, tselluloosi põhikomponendina sisaldavat puitu ehitusmaterjaliks ja paberi tootmiseks, puuvilla riietuseks. Ka proteiinid villana ja naturaalse siidina on lähtematerjaliks riieele. Looduslikud polümeerid on ka naturaalne kautšuk, munavalge, mesilasevaha, šellak (putukate eritis), merevaik (muundunud kampol) jt kopaalvaigud, piimavalk kaseiin, proteiinsed ained kontidena, loomanahkadena, sarvedena, kilpidena jm.

19. sajandil töötati välja rida looduslike polümeeride muundamistehnoloogiaid teadmata midagi nende struktuurist. Näited:

- Goodyear'il õnnestus ristsiduda looduslik kautšuk 1839. a vähese koguse väävliga kasulikuks vulkani-seeritud kummiks ja 1851. a suurema väävlikogusega kõvaks mittesulavaks plastiks (eboniidiks).
- 1860. a hakati tootma nitreeritud tselluloosist plasti tselluloidi nime all. Tehiskiu saamiseks muudeti tselluloos lahustuvaks töötlemisel $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ja NH_3 lahusega (vask-ammoniaakkiud), NaOH ja CS_2 lahusega (ksantogenaat, ka viskooskiud), äädikhappe anhüdriidiga (atsetaatkiud).
Paljude monomeeride polümeerisatsioon avastati juba 19. sajandil, sealhulgas saadi polüvinüül- ja polüvinülideenkloriid (1838), polüstüreen ja polü-formaaldehüüd (1839), polüetüleenoksiid (u 1860), polümetüülmetakrülaad (1880), kuid nende tööstuslik tootmine algas tunduvalt hiljem.

Süntetiliste polümeeride ajastu algas 1910. aastal, kui hakati tootma fenoolformaldehüüdvaiku, mida ristseoti toodete vormimisel kõvaks plastiks – bakeliidiks. 30-ndail aastail järgnesid alküüdvaigud kasutamiseks pinnakatetena (1926), aminoplastid ja orgaaniline klaas (1928), rida alkadieenseid elastomeere, poüstüreen (1930) polüvmüülkloriid (1931). Aastad 1938-1941 olid viljakad, hakati tootma kiududena kasutatavaid polüamiide (1938), polüakrüülnitriili (1941), aga ka madaltihedat polüetüleeni (1939) ja polüuretaane (1940). Järgnevalt ilmusid turule küllaltki unikaalsete omadustega silikoonid (1942), epoksüvaigud (1946) tefloon (1950). 60-ndail aastail hakati tootma polüetüleentereftalaati põhiliselt polüesterkiuna (1953), väga head konstruktsiooniplasti polükarbonaati (1953), stereoregulaarseid kõrgtihedat polüetüleeni (1955) ja polüpropüleeni (1957). Aromaatsetest polüamiididest (1961) valmistati kõrgtehnoloogilist aramiidkiudu ja polüümiididest (1964)

kõrgtehnoloogilisi plaste ja komposiitmaterjale. Epohhiloova tähtsusega oli stüreen-butadieen-stüreen-plokk-kopolümeeride tootmise algus (1965). Hilisemal perioodil on eriti püütud tõsta polümeeride kuumuskindlust, tootma hakati kõrvuti polümiididega ka teisi heterotsüklilisi polümeere, aga ka polüeteerketooni, polüsulfoone, polüsulfiide, polüfenüleneetreid jt. Võrreldes uute polümeeride sünteesiga on tänapäeval tähtsamaks muutunud kõigvõimalike polüsegude ja komposiitide saamine.

Polümeeriteaduse arengust. Juba 19. sajandil olid tuntud sünteetilised polümeerid, kuid valdavaks oli arusaamine, et polümeerid on väikeste molekulide agregaadid (assotsiaadid). Esimesena võttis makromolekuli mõiste kasutusele Herman Staudinger (1920) ja sõnastas tänapäevasele ligilähedase polümeerse molekuli definitsiooni. Teda loetakse polümeeriteaduse isaks (Nobeli preemia 1953). Wallace Carothers (DuPonti firmas) pööras põhitähelepanu polümeeride sünteesiviiside väljaarendamisele ja seostele polümeeride struktuuri ja nende omaduste vahel (alates 1931). Tema tööd andsid maailmale sellised suurepärase materjalid nagu polüamiidkiud ja neopreenkummi. Karl Ziegler ja Giulio Natta (Nobeli preemia 1963) kasutasid uudseid katalüsaatoreid polümeeridesünteesiks ja nende tööd realiseerusid regulaarse struktuuriga kõrgtihedapolüetüleeni (1955) ja polüpropüleeni (1957) tootmises. Rida teoreetilisi uurimusi viis läbi Paul Flory (Nobeli preemia 1974), sealhulgas polümerisatsioonireaktsioonide mehhanismide selgitamine, makromolekulide konformatsioon, polümeeride lahuste termodünaamika, kummielastsus jne.

Tänapäeval pole eluvaldkonda, kuhu poleks jõudnud polümeerid. Juhtkohal on nende hulgas pakkematerjalid (liider polüetüleen) ja ehitusmaterjalid (liider polüvinüülkloriid).

Plastide toodangut võib hinnata 100 miljonile tonnile. Tavaliselt liigitatakse plastid laiatarbeplastideks ja konstruktsiooniplastideks (sh ka kõrgtehnoloogilised). Plastide tarbimine laiatarbes on üle 80%. Laiatarbeplastide hulka loetakse polüetüleen, polüpropüleen, polüvinüülkloriid, polüstüreen. Konstruktsiooniplastide kasutamine on kiiresti arenev valdkond, kuid nende osa ei moodusta siiski üle 10%. Valdavad on polüamiidid, polükarbonaat, modifitseeritud polüstüreen, polüestrid, polüatsetaal, polümetüülmetakrülaad, väiksemas mahus ka kõrgtehnoloogilised, kuid kallid plastid. Plastid liigitatakse ka kompaktplastideks, vahtplastideks, kiledeks jm.

Teisel kohal tootmismahult on kiud (ligi 40 miljonit tonni). Küllalt suur (u 50%) on kiudude tarbimises looduslike kiudude osa (tuntud puuvill ja vill). Põhiosa kiududest läheb tekstiilmaterjalide tootmiseks. Sünteetilistest kiududest on suurema osa turust (u 70%) haaranud polüester- ja polüamiidkiud, teised olulisemad on polüakrüülnitriilkiud (PAN-kiud), polüpropüleen, polüvinüülkloriidi kopolümeerid (vinyon-kiud), väga elastne polüuretaankiud (spandex). Kõrgtehnoloogilised kiud saadakse aromaatsetest polüamiididest (aramiidkiud) ja karboniseeritud PAN-ist või pigist (süsinikkiud).

Kummid (elastomeerid) on vetruvad materjalid, mis pärast mitmekordset pikenemist tõmbuvad koheselt kokku. Looduslik kumm (kautšuk) on säilitanud küllalt suure osa (~1/3) tarbimisest. Sünteetilistest on valdavalt alkadieensed kummid (polübutadieen, polüisopreen, polü(stüreen-ko-butadieen), polü(akrüülnitriil-ko-butadieen) (nitriil), polükloropreen), mida kasutatakse vulkaniseerituna. Ka polü(etüleen-ko-propüleen)- ja polüisobutüleenelastomeerid sisaldavad ristsidumise eesmärgil väikese hulga alkadieeni. Tänapäeva moodsaate elastomeeride lineaarsed ahelad koosnevad kõvadest ja pehmetest plokkidest (näiteks polüuretaan- ja polüestereeterkummid

Kuni 15% polümeerimaterjalide turust moodustavad liimid (adhesiivid), pinnakattematerjalid (lakid, värvid) ja sideained. Nende kasutamine põhineb heal adhesioonil substraadiga. Kasutatakse reeglina vedelal kujul ja pärast pindadele kandmist taotletakse kiiret kõvenemist, sellest ka retseptuuride suhteline keerulisus. Nii naturaalse värnitsate kui ka alküüdemailide või veelgi moodsamate uretaanalküüdide põhikõvenemine toimub küllastumata rasvhappelise komponendi ristsidumisel õhuhapnikuga. Järjest rohkem kasutatakse pinnakatetena (ka liimidena) vesiemulsioone polü(stüreen-ko-butadieeni), polüvinüülakrülaadi ja polüakrüülestriite baasil. Looduslike liimide osa on jäänud väga väikeseks (näiteks kaseiinliim, kondiliim jt). Oma tähtsuse on säilitanud nn "vanad liimid" – fenoolformaldehüüdlüümid ja karbamiid(melamiin)form-aldehüüdlüümid (ka katalüütlakkidena). Epoksüüdid on parimad liimid ja pinnakatted.

Liimide kõvenemise käivitamiseks kasutatakse ka isoleerimist õhuhapniku mõjust, näiteks anaeroobsetes liimides dimetakrülaadide ja niiskuse toimet, näiteks tsüanoakrülaadliimides (kõige kiiremini kõvenevad liimid) ja ka osades silikoon- ja polüuretaanliimides või hermeetikutes. Kuumuskindlad polümeerid leiavad järjest suuremat kasutamist (eriti kosmosetehnoloogias), kuid nende sideainetena kasutamist piirab sageli

tehnoloogilises.

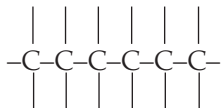
Polümeeride koostis

Polümeeride koostis tähendab aatomite ja sidemete järjekorda polümeersetes molekulides täpsustamata ruumilist ehitust.

Polümeerset molekuli võib vaadelda koosnevana lineaarsest peaahelast ja kõrvalahelatest (või külgrühmadest).

Liigitus peaahela koostise järgi

- Isoahelaga polümeerid. Peaahel koosneb ainult C-aatomitest:

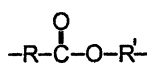


Näited: 1. Vinüülrühma $\text{CH}_2=\text{CH}-$ sisaldavate monomeeride ja akrüülhappe ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$) derivaatide polümerisatsioonil saadavad polümeerid (PE, PP, PS, PVC, PVAC, PMMA, PAN jt)

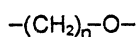
2. Alkadienidest saadavad polümeerid

Polübutadien ($\text{R}=\text{H}$). Polüisopreen ($\text{R}=\text{CH}_3$). Polükloropreen ($\text{R}=\text{Cl}$)

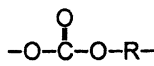
- Heteroahelaga polümeerid. Peaahel koosneb C- ja ühest või rohkemast heteroatomist (tavaliselt O, N, S).



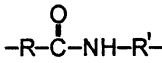
Polüestrid



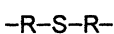
Polüeetrid



Polükarbonaadid (PC)



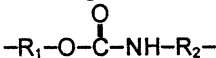
Polüamiidid (PA)



Polüsulfiidid



Polüsulfoonid



Polüuretaanid (PUR)

- C mittesisaldava peaahelaga polümeerid.

Näited:

Si ja O - Polüsiloksaanid

P ja N - Polüfosfaanid

On tuntud ka polümeerid, mis sisaldavad metalli aatomeid.

Monomeerid

Enamik monomeere on loodusliku gaasi ja nafta, vähem kivisöe ümbertöötlemise saadused.

Polümeeride nomenklatuur

Polümeeride keerulist koostist on raske väljendada. Kasutatakse mitmesuguseid võimalusi:

- trivaalnimed on kasutusel peamiselt looduslike polümeeride puhul.

Näited: tselluloos, tärklis, nukleinhape ja kaseiin.

- kaubanduslikud nimed on väga levinud (ligi 35 000 plasti- ja kiunime)

Näited: nailon (polüamiid), teflon (polütetrafluoroetüleen), pleksiklaas (polümetüülmetakrülaad), makrolon, leksaan (polükarbonaat), neopreen (polükloropreen), kevlar (polü-p-fenüleen-tereftaalamiid).

- monomeeri järgi protsessist lähtuvalt nimetamine on kõige rohkem kasutusel.

Näited: polüpropüleen, polüakrüülnitriil, polüetüleenoksiid, polü- -kaprolaktaam.

■ funktsionaalse rühma järgi nimetamine lähtub koostisest, kuid nimed iseloomustavad terveid polümeeride klasse.

Näited: polüamiidid, polüestrid, polüuretaanid, epoksüvaigud.

- süstemaatilised nimed lähtuvad koostisest (IUPAC), kuid on keerulised.

Näited: polü(1-atsetoksüetüleen) -polüvinüülatsetaat, polü(oksüetüleenoksiteftalüül) - polüetüleen-tereftalaat, polü(oksükarbonüüloksü-1,4-fenüleen-isopropülideen-1,4-fenüleen) - polükarbonaat-difenü-loonpropan.

Üldiselt:

- * Polümeeride nimed pole kunagi päris täpsed.
- * Molekuli kuju (hargnemine) jääb nimes kajastamata:
- * lõpprühmad jäävad nimes reeglina määratlemata;
- * makromolekulide erinev molekulmass jääb nimes kajastamata;
- * IUPAC-i tahtmisel on suund süstemaatiliste nimede kasutamise poole.

Polümeerisatsioonireaktsioonide liigitus

Toodud liigitus on tunnustatud IUPAC-i poolt:

- astmeline (astmekasvu) polümeerisatsioon (step growth):
 - polüliitumine (polüaddition)
 - polükondensatsioon (polycondensation)
- ahel (ahelakasvu) polümeerisatsioon (chain growth):
 - ahelpolümeerisatsioon (vanasti ka liitumispolümeerisatsioon – addition polymerization)
- polüelimiatsioon ehk kondensatiivne ahelpolümeerisatsioon (harva esinev)

Astmelise polümeerisatsiooni tunnused

- monomeeridel on funktsionaalsed rühmad a ja b, mis omavahel reageerides annavad rühma c;
- a ja b reaktsioonivõime ei muutu polümeerisatsiooniprotsessis;
- toimub igas suuruses molekulide juhuslik liitumine;
- kogu protsessis kehtib üks mehhanism;
- polümeerisatsiooniaste on suhteliselt madal ning kõrge molaarmassi saamiseks on vajalik pikk aeg;
- monomeer kulutatakse kiiresti, kuid molaarmass tõuseb aeglaselt, lõpus toimub kiire kasv;
- polümeerisatsioonikiirus on suhteliselt madal ja väheneb pidevalt protsessi käigus;
- saadakse nii termoplastseid lineaarseid polümeere kui ka ristseotud termoreaktiivseid polümeere.

Näited: - Polükondensatsioon – polüestrid dialkoholist ja dihappest:

- Polüliitumine – polüuretaanid dialkoholist ja diisotsüanaadist:

Polüliitumise erinevus polükondensatsioonist:

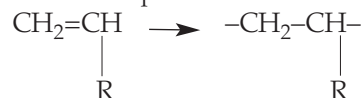
- toimub H ülekandmine;
- madalmolekulaarset ühendit ei eraldu;
- monomeer ja polümeer on sama koostisega.

Astmeline polümeerisatsioon on monomeeride, oligomeeride ja polümeeride juhuslik liitumine. Praktikas on levinud rohkem polükondensatsioon. Astmelist polümeerisatsiooni katalüüsitakse erinevalt ahelpolümeerisatsioonist, mida initsieeritakse.

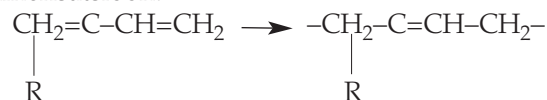
Ahelpolümeerisatsiooni tunnused:

- avaneb kaksiksidi või heterotsükkel ja monomeer kandub ahelasse vahetult üle;
- ahelakasv toimub monomeeri korduva liitumisena ahela aktiivse tsentriga;
- monomeer kasutatakse ära suhteliselt aeglaselt, kuid suured molekulid tekivad kohe;
- polümeerisatsiooniaste on väga kõrge;
- reaktsioonimehhanism on initsieerimise ja ahelakasvu staadiumites erinev, tavaliselt on ka lõpetav staadium;
- polümeerisatsioonikiirus kasvab aktiivsete tsentrite tekkimisel, ahelakasvul on konstantne;
- saadakse termoplastseid lineaarseid või vähehargnenud polümeere ja elastomeere.

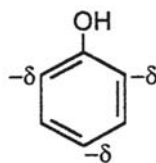
Näited: * Vinüülirea monomeeride polümeerisatsioon:



* 1,3-alkadieenide polümeerisatsioon:



Fenoolformaldehüüdvaigud (PF) olid esimesed sünteesivaigud. Tänapäeval toodetakse neid ca 4 miljonit tonni aastas. Fenoolis on reaktsioonivõimelised asendid aromaatses tuuma orto- ja para- asendid (trifunktsionaalne monomeer).



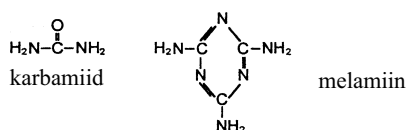
PF-vaigud liigitatakse:

- Resoolvaigud sünteesitakse FA liia ja aluselise katalüsaatoriga. Saadakse metüülrühmi sisaldavad prepolümeerid, mis kõvenemad kuumutamisel või happe lisamisega. Tekivad kolme tüüpi metüleensillad: o, o'; o, p'; p, p'. Kasutatakse liimide ja sideainetena – veekindel vineer, paberlaminaadid, kivi- ja klaasvill, valumuld, abrasiivmaterjalid.

- Novolakkvaigud sünteesitakse fenooli liia ja happelise katalüsaatoriga. Saadakse lineaarse ahelaga metüleensilladega vaigud, mis kõvenevad kõveni (paraformaldehüüd, heksametüleentetramiin) lisamisega. Kasutatakse presspulbrite sideainena, lakkide ja emailidena.

Kõvenenud PF-vaikusid nimetatakse fenoplastideks ja neid iseloomustab suur tugevus, vee- ja kuumuskindlus (u 200°C) ja jäikus, mille vähendamiseks on vaja modifitseerida.

- Karbamiid- ja melamiiniformaldehüüdvaigud. Saadakse karbamiidi (urea) või melamiini (ka nende segu) polükondensatsioonil FA (UF ja MF vaigud).



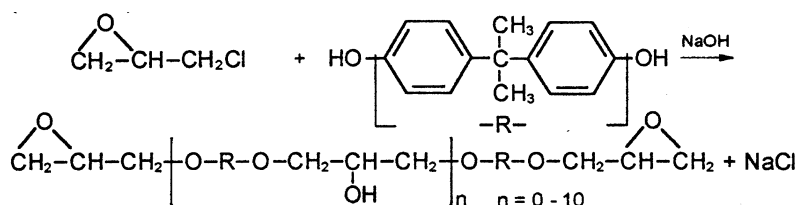
Vaigud on metüülrühmi sisaldavad prepolümeerid, mis kõvenevad latentse happelise katalüsaatori (NH₄Cl) lisamisega kuumutamisel. Vaigud on tavaliselt vesilahused, aga võivad olla ka kuivatatud pulbrid. Kasutatakse (u 4 miljonit t/a, MF on sellest 10%):

- liimidena (sideainetena) puitlaastplaatide (UF) ja paberlaminaatide (MF) tootmisel
- puiduliimide ja pahtlitena;
- katalüütlakkidena;
- isolatsioonvahtplastide (UF) tootmiseks;
- presspulbrite sideainena.

Kõvenenud vaikusid nimetatakse aminoplastideks ja neid iseloomustab kõvadus, hea adhesioon, hele värv, valguskindlus, mittesüttivus. UF-vaigud on odavad, kuid neil on väike veekindlus. MF-vaigud on kallimad, kuid parema veekindlusega. Probleemiks on vaba FA eraldumine toodetest.

Epoksüvaigud

Epoksüvaigud (EP) saadakse epiklorohüdrinist ja valdavalt difenüüloolpropanist (bisfenool A).

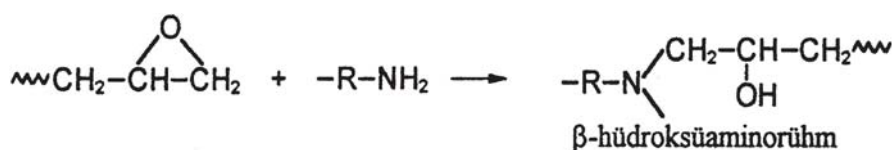


Süntees on ainult esimeses astmes polükondensatsioon, kuna eraldub HCl, mis seotakse NaCl-na (n=0). OH-rühmade teke on polüliitumine, kuna toimub H ülekandmine ja midagi ei eraldu.

Tekib prepolümeerne polümeer, mis sisaldab alati kaks epoksü(oksüraan)rühma ja erineva arvu OH-rühmi.

Vaigu ristsidumiseks lisatakse kõvendit:

- toatemperatuuril polüamiinid, näiteks dietüleentriamiin ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$) või trietüleentetriamiin
 - kuumkõvendamiseks (u 150°C) aromaatsed diamiinid ja happeanhüdriidid (näiteks ftaalanhüdriidid), viimasel puhul tekib estristruktuuriga polümeer;
 - kõvenemine homopolümerisatsioonil katalüsaatorite (BF_3) toimeb annab polüetri struktuuriga kõvenenud polümeeri.
- Epoksüvaike kasutatakse (ligi 0,8 miljonit t/a) kvaliteetliimidena, pinnakatetena, valuvaikudena, konstruktsioonikomposiitide sideainena. Epoksüplaste iseloomustab
- suur kõvadus ja tugevus;
 - hea adhesioon enamiku materjalidega;
 - vee- ja kuumakindlus (ca 200°C);
 - kõvenemisel ei eraldu midagi, järelikult kontraktsioon ja sisepinged on väikesed;
 - rabedus, kuid hästi modifitseeritavad elastomeeride ja termoplastidega.



Näiteid ahelpolümerisatsioonil saadud polümeeridest

Polüetüleen (PE)

$\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)-}_x\text{-}$ PE on kõige massilisemalt toodetav laiatarbeplast (ligi 30 miljonit tonni 1990. a). PE markeeritakse tiheduse järgi:

Madaltihe (*low density*) PE (LDPE) saadakse eteeni radikaalpolümerisatsioonil kõrgrõhul; on hargnenud struktuuriga, vähekristallunud (40-60%), madala T_m ($108\text{-}115^\circ\text{C}$) ja tihedusega ($<0,915$) PE, $M=50\text{-}100$ tuhat.

Konkurendiks on lineaarne madaltihe PE (LLDPE), mis on eteeni kopolümeer kuni 10% buteeni, hekseeni või okteeniga ja saadakse peamiselt Phillipsi protsessil ($d=0,92\text{-}0,93$, vähem hargnenud $T_m =$ kuni 125°C).

Kõrgtihe (*high density*) PE (HDPE) saadakse eteeni koordinatsioonpolümerisatsioonil kas Ziegleri protsessil ($d<0,945$) või Phillipsi ja Standard Oili protsessidel ($d=0,96\text{-}0,97$, $T_m =$ kuni 135°C , kristalliline (kuni 90%), $M=200\text{-}500$ tuhat).

- Ülikõrge molaarmassiga (3-6 miljonit) UHMWPE e kulumiskindel PE saadakse samuti koordinatsioonpolümerisatsioonil.

PE on sitke, madala T_g (kuni 125°C), sulaolekus ($150\text{-}200^\circ\text{C}$) hästi vormitav termoplast. Hinnatavad omadused on keemiline inertsus, apolaarsus, madal hind, kilede läbipaistvus.

PE kasutatakse järgmiste toodetena:

- kiled pakkimiseks ja katmiseks, laminaatkiled;
- pehmed pudelid, traatide ja kaablite isolatsioon;
- ekstrusioonitorud;
- rotovormitud suured mahutid;
- kastid, karbid, nõud, mänguasjad jt survevalu tooted.

Eteeni enamtuntud kopolümeerid saadakse vabaradikaalsel ahelpolümerisatsioonil:

- vinüülatsetaadiga (10-45%) kopolümeer (EVA) on kummisem ja kleepuvam; kasutatakse sulamliimina ja pinnakattematerjalina;
- akrüülhappega ($<20\%$) kopolümeeril (EAA) on parem adhesioon kasutamiseks laminaatkiledes; saab ka ristsiduda, kasutada isomeerina, polüelektrolüüdina;
- süsinikmonooksiidiga (CO) vahelduv kopolümeer on biodegradeeruv;
- kloreeritud ja sulfokloreeritud (SO_2Cl) PE-st saadakse elastomeerid.

Polüpropüleen (PP)

PP kasutatakse järgmiste toodetena:

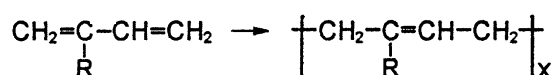
- suuremad survevalutööd (toolid, lauad, kohvid, seadmete korpused jms);
- hingedega tooted, steriliseeritav meditsiiniaparatuur;
- kiled, orienteeritud fibrilleeritud kiud (kõied, võrgud, nõör, kotimaterjal);
- traadiisolatsioon.

Polüisobutüleen (PIB)

PIB kasutatakse kleepuvust andva lisandina liimides, närimiskummis, tihendites jm. Vulkaniseerituna isopreemi kaudu on keemiliselt inertne, oksüdatsioonikindel ja gaase mitteläbilaskev butüülkummi.

Kummid alkadieenidest

Konjugeeritud alkadieenide polümerisatsioonil saadakse küllastamata painduva ahelaga elastomeerid:



Eeskujuks on looduslik kummi (*natural rubber*), mis saadakse kummilateksina heveapuu mahlast ja keemiliselt struktuurilt on ta *cis*-1,4 polüisopreen.

Stereoregulaarne *cis*-1,4-polübutadieeni valmistamine on sarnane: saadakse elastne, vähekuluv ja oksüdatsioonikindel kummi, mis on autokummide üks komponent.

Kummid butadieen kopolümeeridest sünteesitakse kopolümerisatsioonil koos stüreeniga või akrüülnitriiliga. SBR stüreenbutadieenkumm NBR nitriilbutadieenkumm

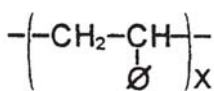
Butadieeni kopolümeerid saadakse vabaradikaalsel ahelpolümerisatsioonil emulsioonis ja nad on amorfsed juhusliku struktuuriga kopolümeerid.

SBR (Styrene-Butadiene-Rubber) on õli- ja kuumuskindel kummi. Põhitoodeteks on kütuse- ja õlivoolikud, mahutite vooderdus, lahus- ja lateksliimid.

Polükloropreen (neopreen) on esimene sünteetiliselt valmistatud kummi (1932). Neopreeni saadakse vabaradikaalsel emulsioonipolümerisatsioonil, kus põhiliselt tekib *trans*-1,4-isomeer. Vulkaniseeritakse Cl kaudu metalli oksiididega (ZnO). Põhiomadused on õli-, oksüdatsiooni- ja kuumuskindlus. Neopreen on hea üldkasutatav kummi. Sobib elektriisolatsiooni, voolikute, rihmade, taldade, kinnaste, veolintide jm valmistamiseks. Autokummide valmistamiseks peetakse neopreeni liiga kalliks.

Üldiselt: Kummid on keerulised kompaunid. Nad sisaldavad mitut elastomeeri seguna, vulkanisaatoreid, täiteaineid (tahm), pehmendeid, stabilisaatoreid jt. Alkadiensed kummid on odavad ja valdavad kummiturul (√90%)

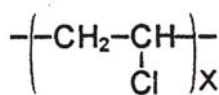
Stüreeni homo- ja kopolümeerid



Stüreen on hästi polümeeritav. Stüreeni polümeere toodeti ligi 8,5 miljonit tonni 1990. aastal. Homopolümeeri (PS) saadakse tavaliselt stüreeni radikaalpolümerisatsioonil suspensioonis või massis. PS on lineaarne ataktiline amorfne termoplast ($T_g=90-1000\text{C}$). Aromaatse külgrühma tõttu on PS jäik, kõva ja rabe materjal, mis lahustub solventides, on õlitundlik ja keskmise ilmastikukindlusega, eraldab kõrgemal temperatuuril stüreeni. Tema kasutamist soosivad ideaalne läbipaistvus, hea vormitavus sulaolekus ($\sim 200^\circ\text{C}$) ja madal hind. PS modifitseerimise eesmärgiks on parandada sitkust; saadakse kõrge löögikindlusega (*high impact strength*) PS (HIPS).

- Kummi (SBR, BR) lahustatakse stüreenis ja polümeeritakse; tekivad osaliselt pook-kopolümeerid ja toimub mikrosepareerumine.
 - Kopolümeer akrüülnitriiliga (SAN) on sitkem, aga ka õli- ja kuumuskindlam materjal.
 - Termopolümeer stüreenist, akrüülnitriilist ja butadieenist (ABS-plast) on keerulise morfoloogiaga mikrokomposiit (ligi 2 miljonit t/a), millel on optimaalne sitkuse ja jäikuse vahekord.
- PS kasutatakse järgmiste toodete valmistamiseks:
- survevalutooded (majapidamistarbed, mänguasjad, spordivarustus, korpused, nupud, lülitid, korgid, anumad jt);
 - vahtpolüstüreen soojusisolatsiooniks;
 - löögikindel õhukeseseinaline pakkematerjal;
 - väga hea konstruktsiooniplast on PC modifitseeritud ABS, kus täiteaineks on klaaskiud. PS ja polüfenüleneeter (PPO) moodustavad suhteliselt harva esineva homogeense polüsegu.

Polüvinüülkloriid (PVC)



Tootmismahult on PVC polümeeridest teisel kohal (ligi 18 miljonit tonni 1990. a). PVC saadakse vinüülkloriidi vabaradikaalsel polümerisatsioonil peamiselt suspensioonis. PVC on amorfne ebaregulaarse struktuuriga polümeer, mis koosneb sündiotaktilisest (kuni 55%) ja ataktilisest isomeerist. Oluline on ahelate vaheline interaktsioon; on ka hargnemisi (klaasistumistemperatuur $T_g=82^\circ\text{C}$; $M=100-200$ tuhat).

PVC on suhteliselt jäik, raske ($d=1,3-1,4$), halvasti lahustuv, polaarne, mittesüttiv, kuid ebastabiilne (eraldub HCl), odav ja halvasti töödeldav polümeer.

Modifitseeritud kompaundides on lisakomponentide osatähtsus suur, sh plastifikaatorid (dioktüülftaal), stabilisaatorid (Pb-soolad), määrdeained, täiteained, pigmendid, elastomeerid. Kompaundid on märksa paremini töödeldavad.

Kasutamine sõltuvalt kompaundist on erinev:

- jäigast PVC (UPVC) valmistatakse torusid, profiiltooteid, aknaid, seinaplaati jm.
- plastifitseeritud PVC-st (PPVC) valmistatakse kaabli- ja traadiisolatsiooni, täispuhutavaid esemeid, kardinaid, kaustu, kilerideid, dispersioonist plastifikaatorist (plastisoolist) alusmaterjalil kunstnahka, põrandakatteid, tapeeti, pinnakatteid jm.

Vinüülkloriidi kopolümeeride osatähtsus on suhteliselt väike ($\approx 10\%$):

- kopolümeeridel vinüülatsetaadiga (5-20%) on parem sitkus, neid kasutatakse näiteks põrandaplaatide tootmiseks
- akrüülniitriiliga ja vinüülkloriidiga kopolümeeridel on parem lahustuvus ja neid kasutatakse vinyonkiu ja sarankiu tootmiseks ja pinnakattematerjalina.

Fluori sisaldavad polümeerid

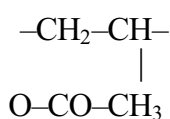
Peaesindaja on polütetrafluoroetüleen (PTFE) $[-\text{CF}_2-\text{CF}_2-]_x$. Saadakse radikaalpolümerisatsioonil vees graanulite või dispersioonina. PTFE on korrapärase struktuuriga kristalliline (kuni 94%) lineaarne polümeer (M kuni 9 miljonit; sulamistemperatuur $T_m=327^\circ\text{C}$). PTFE-l on hea sitkus ja löögitugevus, suurepärase kuumuskindlus, ilmastikukindlus, keemiline vastupidavus, parimad dielektrilised omadused; omapäraks on madal hõõrdetegur ja pinnaenergia. PTFE on halvasti töödeldav, saab kasutada graanulite paagutamist (380°C) ja aeglast ekstrusiooni. PTFE (tefloni) kasutatakse tihendite, elektriisolatsiooni, antiadhesioonmaterjalide, isemäärivate laagrite jm valmistamiseks.

Kopolümeer heksafluoropropüleeniga ($T_m=290^\circ\text{C}$) on paremini töödeldav ja temast saadakse ka läbipaistvat kilet.

Polüvinüülfluoriid on PVC-ga võrreldes parema kuumus- ja ilmastikukindlusega ning keemilise vastupidavusega. Sellest valmistatakse kõrgekvaliteetset gaase mitteläbilaskvat kilet.

Polüvinüülideenfluoriidi $[-\text{CH}_2-\text{CF}_2-]_x$ kasutatakse pinnakattena, tihendiks, isolatsiooniks. Polüvinüülideenfluoriidi kopolümeer heksafluoropropüleeniga on spetsiaalne fluorokummi.

Polüvinüülatsetaat ja derivaadid

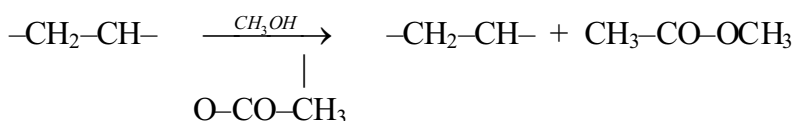


Polüvinüülatsetaat (PVAC) saadakse vinüülatsetaadi radikaalpolümerisatsioonil emulsioonis (ligi miljon t/a). PVAC on amorfne ataktiline jäiga ahelaga polümeer ($T_g=29^\circ\text{C}$). x PVAC on külmvoolav, vormitoodeteks sobimatu ja veetundlik polümeer.

Kasutamise valdkonnad on järgmised:

- plastifitseeritud vesiemulsioonid on tuntud lateksvärvid, lateksliimid ja metid paberile, puidule, tekstiilile;
- kopolümeer etüleeniga on heade omadustega odav sulamliim (EVA);
- polüvinüülalkoholi (PVAL) tootmise lähteaine.

PVAL saadakse PVAC alkoholüüsil (hüdrolüüsil), kuna vinüülalkohol monomeerina ei eksisteeri.



PVAL on ataktiline amorfne polümeer, mis orineteerumisel väikse asendaja tõttu ka kristallub trans-konformatsioonis. PVAL ei sula, vaid laguneb umbes 150°C juures, lahustub kergesti vees.

PVAL kasutatakse:

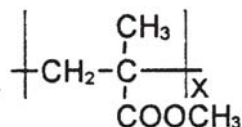
- tekstiili ja paberi mettimiseks (sizing);
- tihkestava lisandina vesilahuses;

- stabilisaatorina vesiemulsioonides;
- vees lahustuva kilena;
- polüvinüülatsetaalide saamise lähteainena.

Polüvinüülbutüraat (R=C₃H₇):

- kalandreeritakse koos plastifikaatoriga õhukesteks kileliimiilehtedeks;
- kasutatakse sulamliimina ohutu laminaatklaasi saamiseks, kuna PVB-l on hea adhesioon klaasiga, valgus- ja niiskuskindlus, ideaalne läbipaistvus.

Akrüülpolümeerid



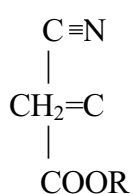
Akrüülpolümeerid (akrüülid) on akrüülhappe CH₂=CH-COOH derivaatide polümeerid. Põhiesindaja on polümetüülmetakrülaad (PMMA):

PMMA saadakse radikaalpolümerisatsioonil massis (M>1 miljon) lehtmaterjalina või suspensioonis (M>60 tuhat) teralise polümeerina. PMMA on amorfne lineaarse jäiga ahelaga termoplastne polümeer, mis sisaldab sündiotaktilist (kuni 75%) ja ataktilist isomeeri (T_g=104^oC). PMMA on polaarne, orgaanilistes solventides lahustuv, ilmastikukindel ja suurepärase optiliste omadustega. Lehtmaterjalile on iseloomulik kummiolikus töötlemine (>150^o C), teralisele polümeerile aga sulatöötlus (160^o C).

PMMA omadused on varieeritavad ja kasutamisel valdkonnad seetõttu küllaltki erinevad:

- leht- ja vormitoodetest valmistatakse reklaamtahvleid, teemärke, valgusteid, autode tagatulesid, tuuleklaase, aknaid jm läbipaistvaid tooteid;
- lehtede vaakumvormimisel saadakse vanne, valamuid jm;
- monomeer/polümeertainad kõvendatakse UV mõjul ja saadakse hambaproteese jm sarnaseid tooteid;
- kopolümeeritakse akrüülnitriili ja etüülakrülaadiga sitkuse parandamiseks;
- pikema kõrvalahelaga (>C₄) polüakrülaadid on elastomeerid ja kasutusel rõhutundlike liimidena kleeplintidel;
- erinevate akrülaatide kopolümeerid on tuntud lateksvärvid ja emailid.

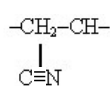
Alküülsüanoakrülaadid



On kõige kiiremini kõvenevad liimid kontakteerumisel õhuniiskusega (super, instant, miracle). Kõvenemine on anioonne ahelpolümerisatsioon. Omapära on selles, et kasutatakse monomeerina ja polümeer tekib liimivuugis.

Dimetakrülaate glükoolidega kasutatakse anaeroobsete liimide ja hermeetikutena. Nende kõvenemine käivitub initsiaatori toimel metalli ionide juuresolekul isoleerimisel õhuhapnikust.

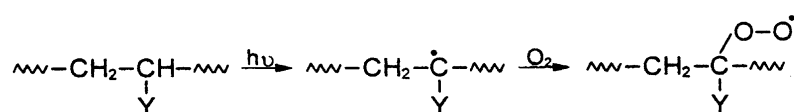
Polüakrüülnitriil (PAN)



Saadakse anioonsel ahelpolümerisatsioonil vees, kust polümeer sadestub välja. PAN kasutatakse akrüülkiu (üle 85% AN) saamiseks. PAN on ka lähteaineks süsinikkiu saamisel, kus kõigepealt toimub tsükliseerumine ja seejärel karboniseerumine.

Oksüdatiivne degradatsioon

Soojuse, niiskuse, kiirituse, hapniku ja mikroorganismide mõjul toimub polümeeride degradatsioon (vananemine). Oksüdatiivne degradatsioon on vabaradikaalne ahelreaktsioon. Radikaal tekib tavaliselt H eraldumisel rohkem asendatud C juurest, mis liites O₂ annab peroksüradikaali.



Viimane liidab H, andes hüdroperoksiidi ja uue radikaali. Nii hüdroperoksiid kui peroksüradikaal lõhestuvad, andes uusi radikaale. Eriti tundlikud oksüdatsiooni suhtes on rohkem asendatud vinüülpolümeerid (näiteks PIB) ja küllastamata polüalkadieenid.

Oksüdatsiooni takistamiseks lisatakse polümeeridele antioksidante. Primaarsed antioksidandid reageerivad radikaalidega ja katkestavad ahelreaktsiooni. Need peamiselt aktiivset H sisaldavad asendatud fenoolid ja sekundaarsed aromaatsed amiinid.

Polümeeride süttivus ja tulekindlus

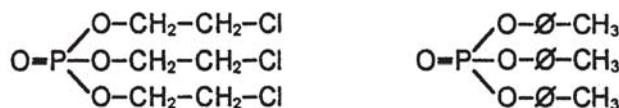
Enamik polümeere põleb hästi. Mittesüttivad (nonflammable) on halogeene sisaldavad polümeerid (PVC, PTFE). Mõned polümeerid põlevad ainult leegitekitaja juuresolekul ja on isekustuvad (*self-extinguishing*) (PC, PUR, MF jt). Polümeeri põlemisel on kaks astet:

- välise soojusallika mõjul polümeeri temperatuur tõuseb piirini, kus algab lagunemine põlevate gaaside vabanemisega;
- põlemine toimub gaasifaasi oksüdeerumisel, mis eraldab soojust ja stimuleerib esimest protsessi.

Kergemini põlevad termoplastid, kuna nad sulavad ja sellega põlevad gaasid pääsevad välja. Raskemini põlevad termoreaktiivid, kuna nad ei sula, vaid ristseotakse täiendavalt, moodustades klaasja söestuva kile, mis takistab gaaside liikumist. Tulekindluse (fire resistance) suurendamise põhiviis on leegiaeglustite (flame retardants) lisamine:

- põlemise aeglustamiseks gaasifaasis lisatakse halogeene sisaldavaid ühendeid. Koos Sb_2O_3 lisamisega tekib sünergeetiline efekt. Sama efekti omavad sünteesil saadud halogeene sisaldavad polümeerid.
- söe teke on soovitatav mittepõleva barjääri moodustamiseks. Palju sütt annavad aromaatsed ja rist sidemetega polümeerid. Söe teket soosib P sisaldavate estrite lisamine.

Näited:



- lagunemisel vett eraldavate ühendite ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$; $Al(OH)_3$) lisamine jahutab endotermiliselt pürolüüsitsooni;
- lagunemisel mittepõlevat gaasi eraldavate ühendite lisamine (Na_2CO_3 ; $(NH_4)_3PO_4$).

Suureks probleemiks on põlemisel eralduvad mürgised gaasid. PA ja PUR põlemisel eralduvad HCN ja NO_2 . PVC eraldab lagunemisel HCl. Enamikust polümeeridest kui süsinikku sisaldavatest ainetest eraldub põlemisel väga mürgine süsinikmonooksiid (CO). Polümeeri tulekindlus suureneb, kui väheneb ajaühikus eralduv põlemissoojus ja leegi levimise (fire spread) kiirus mööda pinda. Suitsu tekke vähendamiseks lisatakse polümeeridele ka mitmesuguseid metalliühendeid.

Polümeeride degradatsioon

Enamik polümeere on väga vastupidavad. Lühiajaliseks kasutamiseks mõeldud polümeeride juures pole seda aga vaja ja tekib jäätmete probleem. Probleemi lahendamiseks sünteesitakse polümeere, mis sisaldavad valgustundlikke ($UV-C=O$) ja hüdroolüüsuvaid funktsionaalseid rühmi. Need polümeerid lõhustuvad pärast kasutamist looduses. Kergesti lagunevaid polümeere kasutatakse ka tehnoloogilistel eesmärkidel:

- negatiivsel ilmutamisel varjestamata polümeer laguneb kiiritamisel;
- kemikaale, kus aktiivaine on seotud polümeeriga, kasutatakse põllumajanduses: eeliseks on, et aktiivaine eraldub aeglaselt ega leotata pinnasest välja;
- arstimate kapseldamisel kest laguneb organismis aeglaselt;
- lagunevad polüestriidid sobivad sisemiste haavade õmblemiseks.

Polümeeride toksilisus

Reeglina ei ole polümeerid mürgised. Enamik toksilisusega seotud probleemidest on tingitud kaasnevatest teguritest. Paljud monomeerid on mürgised, sh fenoolid, isotsüanaadid, epiklorohüdrin, formaldehüüd jt. Seepärast peavad polümerisatsiooniprotsessid olema viidud rangelt lõpuni või jääkmonomeerid eraldatud. Paljud lahustid on mürgised ja lenduvad. Ka lisandid võivad olla mürgised, sh katalüsaatorid, stabilisaatorid, värvid jt. Polümeeride lagunemisel tekkivad ühendid on mürgised (näiteks PVC-st eralduv HCl). Vahel tekib tasakaalu tõttu depolümerisatsioon (PS, PMAA). Ekstremaalsetes oludes, näiteks tulekahju korral, kaasneb mürgiste gaaside teke.

3.8.2.POLÜMEERMATERJALID

Plastideks ehk plastmassideks nim polümeerseid materjale, mida saab kuumutamise, rõhu ja vaakumi abil vormida. Rakenduse saavad polümeerid kasutamisel polümeermaterjalides. Polümeermaterjal koosneb polümeerist ja lisakomponentidest, mida on keskmiselt 23 (0-90)%. Polümeermaterjale liigitatakse lähtudes polümeeri keemilisest struktuurist, näiteks PE, PP, PB, PA, PC, EP, PI jt. Materjalikesksem on liigitamine täiendava lõppfunktsiooni järgi:

- plastid (plastikud), mida omakorda liigitatakse kompaktplastideks, vahtplastideks, kiledeks, komposiitideks;
- kiud ja kiudmaterjalid;
- kummid ja elastomeerid, kas klassikalise kummikäitumisega või termoplastsed elastomeerid (elastoplastid);
- liimid (adhesiivid) ja sideained komposiitmaterjalides;
- pinnakattematerjalid, sh lakid, värvid ja polümeerpinded.

Sõltuvalt polümeermaterjali liigist on nende töötlemisel palju iseärasusi, kuid üldiselt võib eristada järgmisi töötlemise etappe:

- Polümeeri kompaundimine lisakomponentidega toimub peamiselt töötlemisel valtside ja tigusegistitega. Vahel ka lahustatakse või emulgeeritakse polümeeri.
- Toote kuju vormimine (*forming*) võib toimuda mitmel viisil:

1. sulapolümeeri deformatsioonil ekstrusioonil, survevalul (*injection moduling*), survevormimisel (*compression moduling*) pressvormides, puhumisel (*blow moduling*), rotatsioonvormimisel (*rotational moduling*);
2. kummiolikus deformatsioonil lehtmaterjali vaakumvormimisel (*vacuum forming*) või kalandeerimisel valtside vahel (*calendering*);
3. lahuse või dispersiooni (ka sulami) laialilaotamisel pinnale (*coating*) või valamisel (*casting*).

- Tootekuju stabiliseerimine võib toimuda:

1. tahkestumisel jahtudes – iseloomulik termoplastidele;
2. ristsidumisel – iseloomulik termoreaktiividele;
3. lahusti (kandja) aurumisel.

Polümeermaterjalide lisandid

- Täiteained (*fillers*) alandavad hinda, tõstavad dimensionaalset ja termilist stabiilsust ning tugevust:

1. peeneteralised täiteained – kriit, kaoliin, metallioksiidid, ränimuld, puidujahu, tahm jt, kummiosakesed, klaaskiud;
2. pikakiulisi täiteaineid, sh klaas-, süsinik-, aramiid- jt kiude kasutatakse klaasplastide, paberplastide, autokummide jt komposiitmaterjalide anisotroopseks armeerimiseks.

- Plastifikaatorid (*plasticizers*) lisatakse polümeeride voolavuse parandamiseks, Tg alandamiseks, sitkete ja külmakindlamate materjalide saamiseks. See on eelkõige PVC probleem (80%). Plastifikaatorid on kõrge keemistemperatuuriga vedelikud ($M > 300$), mis segunevad polümeeridega, ei tohi lenduda, migreeruda ega kristalluda. Rohkem kasutatakse väliseid plastifikaatoreid. Tuntuim on dioktülftalaat, aga ka teised ftaalhappe ja fosforhappe estrid, õlid (pehmedid), vahad, rasvhapete estrid, oligomeerid, polüetüleenglükoolid, elastomeerid.

- Töötlemist soosivad lisandid (*process aids*) parandavad voolamisomadusi või vähendavad toodete kleepumist vormivate pindade külge:

1. välised määrdeained migreeruvad pinnale (rasvhapete soolad ja estrid, vahad õlid), kuna neil on väike sobivus polümeeriga;
2. abhesiivid (*realase agents*) on madala pinnaenergiaga silikoonid, fluoropolümeerid, vahad;
3. sisemised määrdeained parandavad polümeeride voolamisomadusi; kasutatakse rasvhapete estreid, vahasid jt;
4. nukleatriooniagentide ülesandeks on suurte kristallide tekkimise takistamine.

- Stabilisaatoreid lisatakse degradatsiooni vältimiseks, sh antioksidandid, UV-absorberid, Pb-soolad (PVC), fungitsiidid jt.

- Värvaineid (*colorants*) on kahte liiki:

1. tavaliselt lahustumatud pigmendid (TiO_2 , tahm) segatakse polümeeri massiga;
2. lahustuvad orgaanilised värvid (*dyes*) lisatakse polümeeri läbipaistvaks värvimiseks.

- Kõvendamis- ja sidumisagendid (*curing and coupling agents*):

1. vulkanisaatorid (S), kõvendid prepolümeeride ristsidumiseks, katalüsaatorid ja initsiaatorid protsesside käivitamiseks;

2. sidusagendid moodustavad kovalentseid sidemeid polümeeri ja täiteainega parandades adhesiooni. Kõige tähtsamad on silaanid (näiteks $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{SiCl}_3$), aga ka Ti ja Cr metallorgaanilised ühendid.

Plastid

Polümeeri tarbimisväärtuse plastina määrab eelkõige jäikuse ja sitkuse vahekord ($E=0,2(\text{LDPE})-7(\text{PF})\text{GPa}$). Kompaktplastidest (*compact plastics, bulk polymers, polymers in mass*) tooted saadakse valdavalt survevalul ja ekstrusioonil:

- laiatarbeplastid (*commodity*) on odavamad masstoodangu polümeerid (PE, PP, PVC). Nad on sitked, tugevusomadused pole maksimaalsed, kuid püsivad.
- konstruktsioonplastid (*engineering*) on kõvad-sitked ($E=2-5\text{ GPa}$, $>100\%$) materjalid, valdavalt termoplastid (PC, PA, PET, HIPS, ABS, POM jt). Vähem kasutatakse termoreaktiivseid vaike (EP, PF, UF, MF, küllastumata polüester), kus tooted saadakse presspulbrite vormimisel, valamisel vormi või pinnale, reaktsioonsurvevalul. Vaike kasutatakse eriti komposiitmaterjalide sideainena. toote vormimine ja vaigu kõvendamine toimuvad ühe protsessina.
- kõrgtehnoloogilised konstruktsioonplastid (*high performance*) on reeglina kuumuskindlad polümeerid, mille omadused on paremad. Kasutatakse vormitoodetena, komposiitmaterjalidena jm. Põhipolümeerid on heterotsüklilised (PI), polüaramiidid, polüarüülüüdid, PPO, PEK, PEEK, S-sisaldavad jt.
- kilede ja pehmete õõnsate toodete saamiseks sobivad sitked polümeerid (PE, PP, plastifitseeritud PVC, PET, PA jt). Tooted saadakse ekstrusioonil ja puhumisel (ka rotovormimisel). Sitkus annab piisava sulami tugevuse venimiseks ja orientatsiooniks ilma katkemata.

Vahtplastid (*foamed plastics*) on polümeeri ja gaasi komposiidid, mis võivad olla jäigad või elastsed, kinniste või lahtiste pooridega. Saadakse polümeeride vahustava agendi (porofoori) lisamisega:

- keemilised agendid eraldavad lagunedes N_2 või CO_2 , PUR-vahtude tootmisel tekib CO_2 isotsüanaatrühmade reageerimisel veega;
- füüsikalised agendid on fluoreeritud süsivesinikud jt. PS-vahud saadakse juhul, kui porofoori sisaldavad graanulid töötlemisel auruga paisuvad ja kokku paakuvad.

Toodetakse ka isekustuvaid termoreaktiivseid jäikaid PF- ja UF-vahtplaste.

Kummid ja elastomeerid

Kummi (rubber) on materjal, mida võib korduvalt venitada vähemalt kahekordse pikkuseni ja mis taastab jõust vabanemisel esialgse pikkuse. Elastomeer on kummitaoline materjal, millel on piiratud venivus ja mis ei taasta jõust vabastamisel täielikult dimensioone. Kummi ja elastomeeri mõiste tõlgendus pole alati ühene. Kummi on põhimõtteliselt ristseotud elastomeer. Ajalooliselt nimetatakse kummideks aga just paljusid elastomeere. Looduslikku toorkummi (natural rubber) nimetatakse kautšukiks.

Kummit iseloomustab:

- väga kõrge molaarmassiga ja väga madala elastsusmooduliga lineaarse painduva ahelaga polümeerid, mille keerdunud molekulid on kerge sirgeks tõmmata;
- madala T_g polümeerid, mida kasutatakse palju kõrgemal temperatuuril;
- venitamata olekus on polümeer amorfne;
- polümeersed molekulid on omavahel harvalt ristseotud plastsuse vähendamiseks ja täieliku kummielastsuse saamiseks.

Elastoplastid (*thermoplastic elastomers*) näiteks (SBS, SIS, polüüretaanid jt) koosnevad omavahel lahustumatutest kõvadest ja pehmetest plokkidest:

- kõvad plokiidid agreeruvad ja moodustavad füüsikalisi ristsidemeid pehmete plokkide maatriksis;
- neid ei ole vaja vulkaniseerida;
- füüsikaline ristsidumine on pöörduv protsess;
- neid saab töödelda nagu termoplaste;
- kasutustemperatuuril käivituvad nagu elastomeerid, kuna pehme ploki $T > T_g$.

Alkadiensed kummid on odavad (90% kummiturust), looduslik polüisopreen moodustab 1/3, sünteetiliselt on ~50% SBR. Kummisegud on keerulised, lisatakse täiteaineid (tahm, kriit), pehmedid (õlid), vulkaniseerivaid aineid, antioksidante jt stabilisaatoreid, pigmente jt komponente. Kummisegude kompaundimine toimub segamisel valtsidega ja tigudega. Seda protsessi nimetatakse mastikatsiooniks. Kummitooted saadakse ekstrusioonil (torud) või survevormimisel (tihendid). Rehvid on tõelised komposiitmaterjalid. Üks põhiprob-

leeme on adhesiooni tagamine kordi ja mitmest kummist koosneva kummikompaundi vahel.

Kiud

Kiud (*fiber*) on polümaterjal, mille pikkus ületab läbimõõdu vähemalt 100 korda. Kiud liigitatakse:

- looduslikud – puuvill, vill, siid, lina;
- modifitseeritud tselluloos – atsetaatkiud, vaskammoniaakkiud, viskooskiud (*rayon*);
- sünteetilised – PET, PA, PAN, PP, PUR, polüaramiid jt.

Kiu saamiseks sobivaid polümeere iseloomustab:

- kõrge T_m ($\sim 250^\circ \text{C}$);
- kristalliinsus (v.a PUR-spandekskiud) või vedelkristallilisus;
- orienteerumisel saadakse kõrge E ja tõmbetugevus – 250-700 MPa, Kevlarkiud – 2 800 MPa;
- kiudmaterjalid peavad olema kulumiskindlad, hügieenilised, vastupidavad vananemisele ja kergesti hooldatavad.

Kiudu saadakse ketramisel (*spinning*) pideva kiuna (*filament*) vedela polümeeri surumisel läbi spetsiaalse aukudega plaadi (*spinneret*). Eristatakse järgmisi kiu saamise meetodeid:

- ketramine sulamist on põhimeetod, saadakse PA- ja PET-kiudu (70%);
- ketramine polümeeri lahusest:
 - kuiv ketramine, mille juures lahusti aurub, kasutatakse PAN-, PUR- ja atstaatkiu saamiseks;
 - märg ketramine, kus teine lahusti, mis ei lahusta polümeeri, peseb välja kiu lahusti, saadakse PAN- ja viskooskiudu.
- modifitseeritud meetodid, näiteks pärast ketramist toimub keemiline reaktsioon (PVAL + formalde-hüüd, PUR + diammiin).

Tähtis etapp kiutehnoloogias on orienteerumine, s.o põhimõtteliselt plastifitseeritud kiu ümberkerimine väiksema kiirusega poolilt suurema kiirusega liikuvale poolil. Kiudude edasine töötlemine on spetsiaalne ala, mis haarab kiu viimistlemist, kudumist kangaks jm. Mittekootud materjalide saamiseks sulatatakse staapelkiud (PP, PA) alusmaterjalil kokku või seotakse sideainega (sulamliim, lateksliim).

Adeshiivid

Adeshiivid ehk liimid (*adeshives, glues*) on ained, on võimelised hoidma materjale koos nende vahel tekkivate koosmõjude toimel. Liimimise eelised on ühtlane pingete jaotus, vastupidavus vibratsioonile, ühenduse hermeetilisus, väiksem kaal, materjalide vigastamata pinnad. Adhesioon tekib juhul, kui pinnad on viidud molekulaarjõudude mõjusfääri. Määrav suurus on materjali pinnaenergia. Liimile tohib puruneda kohesiivselt liimist või liimitavast materjalist. Eeldused hea liimliite saamiseks on järgmised:

- puhtad ettevalmistatud liimitavad materjalid (*adherends*);
- materjali hea märgumine (*wetting*) sobiva pinnaenergiaga liimiga;
- liimi kvaliteetne kõvendamine.

Liimid on keerulised kompositsioonid, mis sisaldavad peale polümeerse liimaine (liimvaigu) rea teisi komponente, sh kõvendid, katalüsaatorid, täiteained, naket parandavad ained (*tactifiers*), tihkestid (*thickeners*), tiksotroopsed lisandid, lahustid jm. Liime võib liigitada:

- lahusliimid, mis kõvenevad lahusti aurumisel (migratsioonil). Liimvaik on tavaliselt termoplast või elastomeer. Liimised on väikese tugevusega, roomavad ja kasutusel peamiselt fikseerimise eesmärgil.
- lateksliimid saadakse monomeeride emulsioonpolümerisatsioonil. Kõvenevad vee eraldumisel. Liimaine on madala T_g polümeer (PVAC, polüakrülaadid, polüalkadieenid (SBR)). Omadused sarnased eelnevaga.
- rõhutundlikud (*pressure-sensitive*) liimid on erandina mitte kõvenevad. Põhiomadus on püsiv nake. Kasutatakse kleplintide liimikilena. Enam levinud liimained on: kummi + kampol; akrüülpolümeerid, elastoplastid, polüalkadieenid, polüisobutüleen, silikoonid. Sarnased, kuid osaliselt kõvenevad on kontaktliimid.

Sulaliimid

(*hot-melt adhesives*) on termoplastsed polümeerid, mida kasutatakse sulana ja mis tahkestuvad jahtudes. Saadakse nõrga tugevusega roomavad liimliited. Enam levinud on vinüülatsetaadi kopolümeer eteeniga (EVA), PA, PET.

- reaktsioonliimid on liimid oligomeeridest (vahel monomeeridest), mis kõvenevad keemilisel reaktsioonil. Need on suure tugevusega konstruktsiooniliimid ja vastupidavad ekspulatsioonil.

Parimad on elastomeeridega modifitseeritud EP ja PF. Kõvenemist aktiveeritakse kõvendi, katalüsaatori või initsiaatori lisamisel, vahel ka isoleerimisel õhuhapnikust (anaeroobsed) või õhuniiskuse mõjul (näiteks koheselt kõvenevad tsüanoakrülaatlüimid).

Pinnakattematerjalid

Pinnakate (*coating*) on materjal, mis moodustab pinnal õhukese pideva kile. Polümeersed pinnakatted liigitatakse:

- värv (*paint*) on pigmente ja polümeerset kilemoodustit (film former) sisaldav kompositsioon, mis pinnale kantuna moodustab tahke läbipaistmatu kile;
- lakk (*varnish, lacquer*) on polümeerset kilemoodustit sisaldav kompositsioon, mis pinnale kantuna moodustab tahke läbipaistva kile;
- polümeerpulber, mis sadestatakse kuumale pinnale (ka sulapolümeer).

Pinnakatete kasutamise eelduseks on sarnaselt liimidega hea adhesioon. Erinevuseks kasutamisel on dekoratiivne ja pinda kaitsev eesmärk ning pideva õhukese kile saamise ja kasutamise tingimused. Pinnakatted on keerulised kompositsioonid, mille võtmekomponendiks on kilet moodustav polümeerne sideaine (binder). Pinnakatete kõvenemisel toimuvad samad protsessid kui liimide kõvenemisel, eriti oluline on lahusti aurumise kiirus. Enam levinud kilemoodustid on järgmised:

- õlivärvides ja -lakkides on sideaineks kuivavad õlid (küllastumata rasvhapped), mis ristseotakse reaktsioonil õhuhapnikuga (drying oils);
- alküüdid on küllastumata rasvhappega modifitseeritud polüestrid (pentataftaal- ja glüftaalvaigud) või ka kopolümeerid (näiteks uretaanalküüdid);
- termoplastsed sideained kõvenevad lahusti aurumisel. Enam levinud on tselluloosi estrid, polüvinülideenkloriid, polüakrülaadid jt;
- lateksvärvides on kilemoodustiks PVAC, SBR, akrülaatide kopolümeerid jt;
- keemilise reaktsiooniga kõvenevad pinnakatted:
 - küllastumata polüestrid kõvenevad radikaalpolümerisatsioonil süreeniga;
 - modifitseeritud UF- ja MF-vaikudele lisatakse happeline katalüsaator;
- polüliitumisel kõvenevad EP ja PUR.

Tabelites on toodud huvipakkuvamad andmed polümeermaterjalide kohta.

AAS (ASA)	termopolümeer akrülaadist, akrüülnitriilist ja stüreenist	ABA	termopolümeer akrülaadist, butadieenist ja akrüülnitriilist
ABS	termopolümeer akrüülnitriilist, butadieenist ja stüreenist	CPE (PE-C)	klooritud polüetüleen
CA	atsetaatselluloos	CIIR	klorobutüülkummi
CMC	karboksümetüülselluloos	BR	butadieenkummi
CR	kloropreenkummi	CSM	klorosulfoonitud polüetüleen
EAA	kopolümeer eteenist ja akrüülhapest	EC	etüülselluloos
EEA	kopolümeer eteenist ja etüülakrülaadist	EMA	kopolümeer eteenist ja metakrüülhapest
EP	epoksüvaik (plast)	EPR	etüleen-propüleenkummi
EPDM	kopolümeerikummi eteenist, propeenist ja dieenist	ETFE	kopolümeer eteenist ja tetrafluoroeteenist
EVA (EVAC)	kopolümeer eteenist ja vinüülatsetaadist	EVOH (EVAL)	kopolümeer eteenist ja vinüülalkoholist
HDPE	kõrgtihe polüetüleen	HIPS	löögikindel polüstüreen
IR	isopreenkummi	LDPE	madaltihe polüetüleen
IIR	kummi isobutüleenist ja isopropeenist (butüülkummi)	MAB	terpolümeer metüülmetakrülaadist, akrüülnitriilist ja butadieenist
LLDPE	lineaarme madaltihe polüetüleen	MBS	terpolümeer metüülmetakrülaadist, butadieenist ja stüreenist
MF	melamiin-formaldehüüdvaik (plast)	NBR	kummi akrüülnitriilist ja butadieenist (nitriilkummi)
NC	nitrotselluloos	NR	looduslik kummi
PA	polüamiid	PAA	polüakrüülhape
PAI	polüamidoimiid	PAN	polüakrüülnitriil
PAR	polüarülaat	PAS	polüarüleensulfoon
PB	polübutadieen või polü(1-buteen)	PBI	polübensimidiasool
PBT	polübutüleenitereftalaat	PC	polükarbonaat
PCTFE	polüklorotrifluoroetüleen	PDAP (DAP)	polüdüallüülfalaat
PDMS	polüpolüdimetüülsiloksaan	PE	polüetüleen
PEBA	polüeeter-plokk-polüamiid	PEEK	polüeetereterketoon
PEEKK	polüeetereterketoonketoon	PEG	polüetüleenglükool
PEI	polüesterimiid v polüeeterimiid	PEK	polüeeterketoon
PEO (PEOX)	polüetüleenoksiid	PES (PESU)	polüeetersulfoon
PET (PETP)	polüetüleenitereftalaat	PE-X	ristseotud polüetüleen
PF	fenoal-formaldhüüdvaik (fenoplast)	PHB	polü(2-hüdoksübutüraat) v polü(p-hüdoksübensoehape)
PI	polüimiid	PIB	polüisobutüleen

PMA	polümetüülakrülaat	PMMA	polümetüülmetakrülaat
POM	polüoksümetüleen (polüformaldehüüd)	PPE (PPO)	polüfenüleeneter (polüfenüleenoksiid)
POP	polüoksüpropüleen	PP	polüpropüleen (isotaktiline)
PPG	polüpropüleen-glükool	PPO (PPOX)	polüpropüleenoksiid
PPS	polüfenüleensulfiid	PPSU	polüfenüleensulfoon
PPVC	plastifitseeritud polüvinüülkloriid	PS	polüstüreen
PTFE	polütetrafluoroetüleen	PUR	polüuretaan
PVAC	polüvinüülatsetaat	PVAL	polüvinüülalkohol
PVB	polüvinüülbutüraal	PVC	polüvinüülkloriid
PVDC	polüvinüülideenkloriid	PVDF	polüvinüülideenfluoriid
PVF	polüvinüülflooriid	PVK	polü(N-vinüülkarbasool)
PVP	polü(N-vinüülpirrolidoon)	RF	resortsinool-formaldehüüdvaik
SAN	kopolümeer stüreenist ja akrüülnitriilist	SBS	triplokk-kopolümeer stüreenist ja butadieenist
SB	kopolümeer stüreenist ja butadieenist	SBR	stüreen-butadieenkummi
SI (Q)	silikoonplastid (silikoonelastomeerid)	SMA	kopolümeer stüreenist ja maleiin- happe anhüidriidist
T	tiokookummi	UP	küllastumata polüestervaik
UF	karbamiid-formaldehüüdvaik (aminoplast)	UHM WPE	ülikõrge molaarmassiga polüetüleen
UPVC	plastifitseerimata polüvinüülkloriid	VCVA C	kopolümeer vinüülkloriidist ja vinüülatsetaadist
VLDPE	väga madaltihe polüetüleen		

Ahelakasvupolümeeride nime lühendamisel lähtutakse tähest P (polü) ja monomeeri nime esitähel. Lühendite kasutamise avardamiseks kasutatakse sageli monomeeri eristamiseks ka rohkem tähti. Mõned lühendid viitavad ka teatud omadustele (näiteks HD – kõrgtihe, HI – löögikindel). Kopolümeeride nimelühendid sisaldavad rohkem tähti vastavalt monomeerid arvule (ilma P). Elastomeeride nimelühendid saadakse tavaliselt monomeeride nimede esitähel lisades R (rubber – kummi). Astmekasvupolümeeride nimed on vähem süsteemsed. Kuna nimed sageli viitavad tervetele polümeeride klassidele peamiselt funktsionaalse rühma järgi, siis saadakse ka lühendid vastavatest esitähedest (tavaliselt P). Lihtsamate nimede puhul esineb ka koostisest lähtuvate nimede esitähedest saadud lühendid (näiteks PET). Vaikude ja plastide nimesid lühendatakse ühtemoodi, kuid vahel lisatakse tähtedest lühenditele sõnad vaik (resin) või plast (ka kiud, kummi). Eesti keeles võib kopolümeeride nimed esitada ka üldiselt kasutatava skeemi järgi, näiteks: SAN – polü(stüreen-koakrüülnitriil). Plokk-kopolümeeride eristamiseks kasutatakse teistsugust skeemi, näiteks SBS – polü-stüreen-plokk-polübutadieen-plokk-polüstüstüreen.

Tabel Polümeeride enam levinud kaubanduslikud nimed.

A. POLÜOLEFIINID	
Polüetüleen (PE)	Alathon, Alkathene, Baylon, Dowlex, Eraclene, Escorene, Fertene, Flexirene, Fortiflex, Grex, Hostalen, Lacqtene, Lupolen, Marlex, Nipolon, Paxon, Petrothene, Riblene, Sclair, Tenite, Unival, Vestolen
Polüpropüleen (PP)	Appryl, Escorene, Fina, Fortilene, Hostacom, Hostalen PP, Larflex, Lacqtene P, Latene, Moplen, Napryl, Niplene, Norchem, Novolene, Profax, Propathene, Tenite, Vestolen P
Etüleeni kopolümeerid	Elvaloy, Elvax, Escorene, Greenflex, Levapren,
vinüülatsetaadiga (EVA)	Ultrathene, Vyna
metakrüülhappega (EMA)	Nucrel, Surlyn
tertrafluoreteeniga (ETFE)	Aflon COP, FP-FF, Halon, Hostaflon ET, Tefzel
PE/PP polüsegu	Hostalen LP, Keltan, Levaflex EP, Milastomer, Moplen SP, Propathane TE
B. HALOGEENE SISALDAVAD POLÜMEERID	
Polüvinüülkloriid (PVC)	Alpha, Carina, Corvic, Darvic, Elvic, Exon, Geon, Hostalit, Lacqvyl, Marvinol, Nipeon, Opalon, Oxyblend, Sicron, Trosiplast, Vestolit, Vinidur, Vinnol, Vinoflex, Vinuran, Vybak, Vygen, Welvic
Polüvinülideenkloriid (PVDC)	Saran, Tygon
Polüvinüülfluoriid (PVF)	Dyflor, Tedlar
Polüvinülideenfluoriid (PVDF)	Dyflor, Foraflon, Kynar, Solef
Polüklorotrifluoroetüleen (PCTFE)	Aclar, Halar, Kel-F, Voltalef
Polütetrafluoroetüleen (PTFE)	Algoflon, Florafon, Fluon, Halon, Hostaflon, Soreflon, Teflon
C. POLÜSTÜREENID	
Polüstüreen (PS)	Carinex, Dylene, Edistir, Fostarene, Hostyren, Lacqrene, Lastirol, Lustrex, Stirolan, Styrolux, Styron, Styropor, Vestyron
Stüreeni kopolümeer akrüül nitriliga (SAN)	Barex, Fostacryl, Lacqsan, Lastil, Luran, Lustran SAN, Thermocomp AF
Termopolümeer akrüül nitrilist, butadieenist ja stüreenist (ABS)	Abafil, Abson, Blendix, Cicolac, Dylel, Kralac, Lacqran, Lastilac, Lustran ABS, Magnum, Novodur, POLYabs, Terluran, Tybrene, Urtal
Stüreeni triplokk-kopolümeerid:	

* butadieeniga (SBS)	Cariflex, Europrene, Kraton, K-Resin, Soloprene, Stereon, Styrolux, Vector
* etüleen-butüleeniga (SEBS)	Bergaflex, Evoprene
D. ALKADIEEN- JA OLEFIINELASTOMEERID (kummid)	
Butadieenkummi (BR)	Budene, Buna, Diene, Ep-Neo, Europrene, Intene, Kuraprene, Solprene, Taktene
Stüreen-butadieen-kopolümeerkummi (SBR)	Buna S, Cariflex, Copo, Duradene, Intol, Philprene, Plioflex, Polysar, Soloflex, Solprene
Akrüülnitriil-butadieen-kopo-lümeer (nitriilkummi) (NBR)	Buna N, Chemingum, Hycar, Krynac, Nipol, Nysyn, Paracryl, Perbunan
Isopreenikummi (IR)	Ameripol, Natsyn, Nipol
Polüisobutüleen (PIB) ja butüülkummi (IIR)	Butyl, Exxon, Oppanol, Polysar Butyl, Vistanex
Kloropreenikummi (CR)	Baypren, Butaclor, Denka, Neoprene
Etüleen-propüleen-kopolümeerkummi (EPR, EPDM)	Buna EP, Elite, Exxral, Hifax, Nordel, Royalene, Santoprene, Vestoprene, Vistalon, Vyram
Fluoroelastomeerid	Aflas, Dai-El, Dyneon, Fluorel, Kalrez, Kel-F, Technoflon, Viton
Elastomeerid polüepiklorohüdriinist (polüeeter)	Epichlomer, Herclor, Hydrin
E. AKRÜÜLPOLÜMEERID	
Polüakrüülnitriilkiud	Acron (elastomeerid), Acrylite, Akrylon, Degalan, (peamiselt PMMA) Dicalite, Gujpol, Implex, Lucite, Lucryl, Oroglass, Perspex, Plexiglas, Rhoplex
Polüakrüülnitriilkiud	Acrylan, Creslan, Courtelle, Dralon, Dynel, Euroacryl, Orlon, Teklan, Verel, Zefran
F. POLÜVINÜÜLATSETAAT JA DERIVAADID	
Polüvinüülatsetaat (PVAC)	Elvacet, Elvanol, Vinylite
Polüvinüülalkohol (PVAL)	Elvanol, Gelvatol, Mowiol, Rhoddoviol, Vinol
Polüvinüülformaal	Formval, Mowital
Polüvinüülbutüraal (PVB)	Butacide, Butvar, Saflex

G. POLÜEETRID

Polüatsetaal (polüformaldehüüd (POM))	Alkon, Celcon, Derlin, Duracon, Hostaform, Kematal, Lubricomp, Sniatal, Ultraform
Polüetüleenoksiid (PEO)	Pluronics, Polyox
Polüetüleenglükool (PEG) ja polüpropüleenglükool (PPG)	Carbowax, Daltorez, Jeffox, Multamol, Niax, Pluracol, Poly-G, Terathene, Voranol
Polüfenüleneeter (PPE)	Laril, Luranyl, Noryl (PPE/PS), Pervex, Vestoblend, Vestoran, Xyron
Polüeeterketoonid (PEK)	Hostatec, Thermocomp LF, Ultrapek, Victrex

H. POLÜESTRID

Polüetüleenterftalaat (PET):	
* plastid	Arnite A, Eastar, Impet, Kodapak, Petlon, Petra, Rhodester, Rynite, Valox
* kiud	Angelette, Blue C, Caripak P, Celanar, Dacron, Diolen, Mylar, Terylene, Trevira
Polübutüleentereftalaat (PBT)	Arylef, Bergadur, Celanex, Crastin, Gafite, Hostadur, Later, Orgator, Pibiter, Pocan, TenitePTMT, Ultradur, Valox, Vandar, Vestodur
Polüeeterester-elastomeerid	Dryflex, Gaflex, Hytrel, Lomad, Riteflex
Küllastumata polüestrid	Alpolit, Cyglas, Dion, Durez, Gabraster, Leguval, Palatal, Polylite, Selectron, Stratyl
Aromaatsed polüestrid (polüarülaadid)	Ardel, Arylon, Bexloy M, Durel, Ekkcel, Ekonol, Vectra, Xydar, Rodrun
Polükarbonaadid (PC)	Apec, Bergalon, Calibre, Latilon, Lexan, Lubricomp, Makrolon, Merlon, Orgalan, Sinvet
* PC/PET	Petsar, Xenoy
* PC/PBT	Makroblend, Novarex, POLYlux, Sabre, Xenoy
* PC/ABS	Bayblend, Cycoloy, Multilon, Novamate, POLYblend, Pulse, Ronfalo, Triax

I. POLÜAMIIDID

Alifaatsed polüamiidid (PA) (N6, N66, N11, N12) kiud ja plastid	Akulon, Bergamid, Capron, Cristamid (12), Durethan, Fosta, Frianyl, Grilamid (12), Grilon, Guilon, Maranyl, Minlon, Miramid, Orgalloy (PA/PP), Orgamid, Perlon, Polyloy, Rhenyl, Rilsan (11, 12), Sniamid, Sniavitrid, Technyl, Ultramid, Verton, Vestamid (12), Vydyne, Zytel
Alifaatsed-aromaatsed polüamiidid	Arlen, Durethan CT, Grilamid TR 55, Grivory, Hostamid, Torgamid T, Ultramid KR, Zytel 330
Polüeeteramiidid (plokk)	Estamid, Grilamid, Pebax
Aromaatsed polüamiidid	Arenka, Conex, Durette, Flexten, Ixef, Kermel, Kevlar, (polüaramiidid) Nomex, Twaron
Polüimiidid (PI)	Kapton, Keremid, Kermel, Kinel, LarC, Pyralin, Thermid, Ulten, Vespel
Polüamidoimiidid (PAI)	Torlon

Järgneb uuel leheküljel →

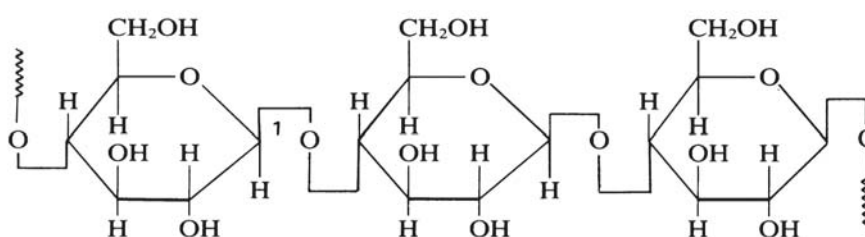
J. VÄÄVLIT SISALDAVAD POLÜMEERID	
Polüfenüleensulfiidid (PPS)	Fortron, Larton, Ryton, Thiokol (alifaatne)
Polüsulfoonid	Astrel, Lasulf, Radel, Udel, Ultrason, Victrex
K. POLÜURETAAN (PUR) TERMOPLASTSED POLÜMEERID	
Adiprene, Bayflex, Desmopan, Dorlaston, Elastollan, Estane, Lycra, Millathane, Pellethane, Rimthame, Spandex, Spanzelle, Texin, Urepan, Vibrathane, Vulkollan	
L. MÕNED TERMOREAKTIIVID	
Polüsiloksaanid (SI, Q)	Elastosil, Silastic, Silopren
Epoksüvaigud (EP)	Araldit, DER, Epikote, Epirez, Epon, Epotuf, Epoxin, Hostapox, Levepox
Fenool-formaldehüüdvaigud	Bakelite, Durez, Fenofom, Plenco, Progilite, Resinox, Trolitan
Karbamiid-melamiin formaldehüüdvaigud	Avisco, Beetle, Formica, Melaform, Plaskon, Uroform

Tabelis on toodud polümeeride enam levinud kaubanduslikud nimed. Kuna nimede hulka võib hinnata mitmekümnele tuhandele, siis on valik põgus ja kindlasti ka suvaline. Suhteliselt vähe on toodud kopolümeeride ja polüsegude nimesid. On püütud rohkem esitada kaubanimesid autoriteetsematelt firmadelt. Väheste tuntumate firmade hulgas tuleks nimetada BASF, Bayer, Dow, Du Pont, Eastman, Exxon, Hoechst, Huels, ICI, Mitsubishi, Monsanto, Montedison, Phillips, Shell, Union Carbide. Kaubanimedele järgneb tavaliselt veel materjali tähistav numbrite ja tähtede kombinatsioon. Mingit konkreetset süsteemi kaubanduslike nimede valikus ei ole. Vahel kasutatakse nimesid, kus on aimatav seos firma nimega (näiteks Hoechst). Mõned esialgselt kaubanduslikud nimed on muutunud mingit polümeeriklassi tähistavaks üldnimeks, näiteks nailon, teflon, neopreenkummi. Vahel kasutatakse ka ühte nime (näiteks Thermocomp) ja erinevaid polümeeriklasse eristatakse lisatähtedega. Alati ei kasutata polümeeri kaubanduslikku nime, vaid firma koos polümeeri nimelühendiga (näiteks Borealis PE, PP; Dow HDPE).

3.8.3 LOODUSLIKUD POLÜMEERID

Tselluloos ja derivaadid

Puidust ligniini või loodusliku sideaine eraldamisel järele jäävat osa nimetatakse tselluloosiks (naturaalne polümeer). Tselluloos on taimede tugiaine. Kuni 50% kuivast puidust moodustab tselluloos. Puuvill on peaaegu puhas tselluloos (98%). Tselluloosi keemiline valem on $(C_5H_{10}O_5)_n$, kus n on ca 5000.



Koostisühik on β -glükoos.

Kui hüdroksü grupid asuvad ülal, siis selline vorm on α -glükoos, mis on tähtsuse, kui samuti väga tähtsa biopolümeeri korduvaks lülits. Tähtsuse on taimeriigi põhiline varuaine. Ta tekib juba taimelehtedes fotosünteesi lõpp-produktina. Primaarsed tähtsusetarad hüdrolyüsuvad ja kanduvad teistesse taimeosadesse glükoosina. Looduslike kõrgmolekulaarsete ühendite modifitseerimissaadustest on olulisemad tselluloosi estrid ja eetrid. Kõige olulisemad tselluloosist pärinevad polümeerid on etüültselluloos ($X = C_2H_5$), bensüültselluloos ($X = C_6H_5CH_2$), atsetüültselluloos ($X = CH_3CO$) ja nitrotselluloos ($X = NO_2$).

Puuvilla toorme annab puuvillataime *Gossypium* kõik neli vormi, ta kasvab Maakeras soojas kliimavööndis. "Puuvillapallid" töödeldakse kogumise järel keevas NaOH lahuses temas leiduvate vahade eraldamiseks, seejärel pleegitatakse klooriga, naatriumhüpokloritiga, neutraliseeritakse väävelhappesega aluseliste ühendite eemaldamiseks ja lõpuks pestakse veega. Selliselt on ta toormaterjalina valmis.

Mõnede sünteetiliste kiudude valmistamisel kasutatakse ka looduslikke (naturaalseid) polümeere. Näiteks

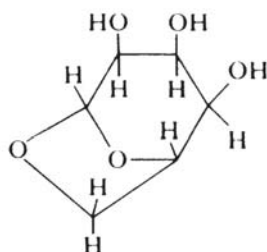
tselluloosi atsetaati (nn atsetaatkiudu) saadakse tselluloosi töötlemisel äädikhappega, saadud produkti nimetatakse kunstsiidiks (rayon). Ta on märkimisväärselt tugevam, aga ta süttib ja põleb väga hõlpsasti. Kunstsiidist toodete maht on tunduvalt väiksem kui aastaid tagasi. Nitrotselluloos on tuntud lõhkeainena. Paljud tuntud tekstiilmaterjalid on valmistatud naturaalse tooraine baasil, taimsetest või loomsetest kiududest. Linane ja puuvillane materjal on saadud taimsest kiust, villane ja siidmaterjal – loomsest kiust. Tekstiilmaterjalide lähteaineks on muidugi ka polümeersed materjalid.

Lina

Lina on samuti tähtis taimne kiudaine. Keemia seisukohalt on ta samuti peaaegu puhas tselluloos. Linakiud on üks tugevamaid looduslikke kiudusid, tähelepanuväärseks omaduseks on tema niiskuseimavus, mis on palju suurem kui teistel looduslikel kiududel. Linasest riidest valmistatud riided on seega sobivad suvel palavas kliimavööndis. Head on ka linasest käterätikud vms. Füüsikaliste omaduste erinevused linakiu ja puuvillakiu vahel olenevad kiu loomusest.

Pea iga süüteallika olemasolul kõik tselluloossed materjalid põlevad ilma eelneva sulamiseta, nad on A klassi materjalid, mida saab veega hästi kustutada. Analüüsid on näidanud, et tselluloosse materjali põlemisel ja termilise lagunemisel tekkiva suitsu koostises on umbes 200 erinevat keemilist ainet.

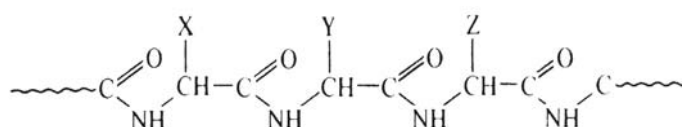
Tselluloosse materjali põlemisprotsess on küllaltki komplitseeritud. Teadlased arvavad, et esmasel etapil moodustub levoglükosaan, mille keemiline valem on:



Edasisel termilisel lagunemisel tekivad juba lihtsamad ained.

Vill ja siid

Loomsetest kiudainetest on vill ja siid kõige tähtsamad toormed tekstiilitööstusele. Nende makromolekulaarne struktuur on erinev tselluloosist. Villa saadakse lammaste, laamade, kitsete jt sarnaste loomade karvkattest. Villa makromolekuli struktuur on toodud joonisel 3.14. Tema üldvalem on $C_{42}H_{157}N_5SO_{15}$.



Joonis. 3.14 Villa makromolekul.

Selles proteiinis X, Y ja Z on erinevad aminohapped üldvalemiga $R - CHNH_2COOH$. Tavaliselt leiame neid molekulis ainult 21 aminohappe hulgast.

Siid on pehme läikiv kiud, mida produtseerivad siidiussid oma kookoni valmistamiseks. Siidikiud on väga tugev, elastne ja sile. Ta on tekstiilitööstuses üks enamkasutatavaid looduslikke kiude. Tema väärtus ilmneb ka suhteliselt kõrges hinnas.

Keemiliselt on siidsegu kahest lihtsast valgust, siidifibroin (silkfibroin) ja seritsiin (sericin). Esimese struktuuri nägime joonisel 10.1, kusjuures X, Y ja Z on vastavalt $-CH_3$; $HO-C_6H_5-CH_2-$ ja $HO-CH_2-$. Seritsiini struktuur on lihtsam, joonisel kujutatud valemis on X $HO-CH_2-CH-NH_2-$, üldvalem on tal $C_{15}H_{23}N_5O_6$.

Mõlemad kiud, nii villa kui siidi süttivad raskemini. Süttimistemperatuur on umbes $570^\circ C$. Süttimisel põleb üldiselt aeglaselt, nad hõõguvad ja söestuvad, kustutada on neid suhteliselt kerge, nimelt veega, sest neil on omadus vett hästi endasse võtta. Kui villa makromolekulides leidub väevli ja lämmastikku aatomeid, sisaldavad põlemisproduktid ka SO_2 ja NO_2 . Hõõguva villa ja siidi puhul sisaldab tema läheduses olev atmosfäär sageli ammoniaaki ja vesiniktsüamiidi.

Polüvinüül polümeerid

Kõik polüvinüülpolümeerid sisaldavad vinüülgruppi $\text{CH}_2=\text{CH}-$. Erinevalt tselluloosi derivaatidest polüvinüülpolümeerid täielikult sünteetilised.

Tähtsamad on järgmised: etüleen, polüetüleen, propüleen, vinüülkloriid, polüvinüülkloriid, vinüülatsetaat, polüvinüülatsetaat jt

Tehnoloogilises protsessis on nad ohtlikud mitmest seisukohast. Kõik nad põlevad, neil on suhteliselt madal süttimistemperatuur, võimalikud on autopolümerisatsiooninähud.

Tuntud on kopolümeerid, mida kasutatakse torude, painduvate ümarmaterjalide (näiteks õngeritv) ja kiu valmistamisel, mis omakorda on toormeks tekstiilitööstusele.

Ohtlike ainetena tuntud metüülakrülaati, metüülmetakrülaati ja stüreeni transporditakse märgistusega "Kergesti süttiv vedelik".

füüsikalised omadused.

polüetüleen	polüpropüleen	polüstüreen polinüülkloriid
sulamistemperatuur 90°C	116°-177°C	141°-154°C
maksimaalse aurustumise temperatuurivahemik 328°-451°C	470°-522°C	471°-481°C
termilise lagunemise temperatuurivahemik 421°-450°C	453°-480°C 263°-476°C	361°-447°C
põlemissoojus [cal/g] 9,480-10,425	10,008-11,176 9952	11,112

Paljud polümeerid enne süttimist pehmenevad ja sulavad. Polüstüreen, polüetüleen ja polüpropüleen pehmenevad 90°C, 85°C ja 120°C juures, vastavalt. Polümeeride lagunemisel eralduvad vastavad monomeerid, arvestama peab selliste elementidega kui metaan, etaan, etüleen, benseen, toluen, etüülbenseen jt lihtsalt ühendid, need kõik on aga süttivad ja põlevad ained.

Polüetüleenil on n.ö tavalised põlemisproduktid CO , CO_2 ja H_2O , polüvinüülkloriidi puhul tuleb tema laialdast kasutusala arvestades tema põlemisel mürgise HCl -ga, millel on kahjulik toime hingamisteedele. Kantserogeenne aine on polüvinüülkloriidi ise.

Polüakrüülnitriil

On tuntud kaubanduslike nimedega nagu orloon, arkülaan, kreslaan ja tsefraan. Ta on akrüülkiust valmistatud tekstiilmaterjalide lähteaine. Temast valmistatud riidesemed on valguskindlad (ei pleegi nii kergesti päikesevalguses), kuivavad kiiresti ja neid on kerge triikida. Kui monomeer akrüülnitriil põleb väga kergesti, siis polüakrüülnitriidist valmistatud saadused põlevad väga intensiivselt. Põlemissaaduste hulgas on väga mürgine vesiniksüaniid HCN .

Polümetüül metakrülaad

Polümetüülmetakrülaad on tuntud kaubandusliku nime "pleksiklaas" all. Ta on läbipaistev aine, mistõttu kasutatakse läbipaistvust nõudvate toodete valmistamisel. Ta on "purunematu", samal ajal ka tootena mehaaniliselt tugev. Soojendamisel laguneb umbes 160°C juures, moodustub monomeer, metüülmetakrülaad, mis põleb loomulikult.

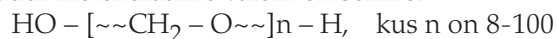
Polüatsetaadid, polüetrid ja polüestrid

Paljud aldehyüdid, eetrid ja estrid teatud tingimustel polümeriseeruvad, andes peamiselt nn kondensatsioonipolümeere. Madalama molaarmassiga aldehyüdid alluvad kergesti ka autopolümerisatsioonile (formaldehyüdid).

Metanaal (HCHO) lahustub kergesti vees. Vesilahuse hapustamisel ja kokkuaurustamisel moodustub trimeer (trioksimetüleen) või polümeer (paraform).

Ammoniaagiga moodustab metanaal aminometanooli, mis kondenseerub heksametüleetetramiini ehk urotropiini. Paraform ja urotropiin on tahked ained, mis kuumutamisel või vee toimel kergesti lähevad lähteaineks. Metanaali kasutatakse muuseas ka desinfitseeriva vahendina, tema 40% vesilahust.

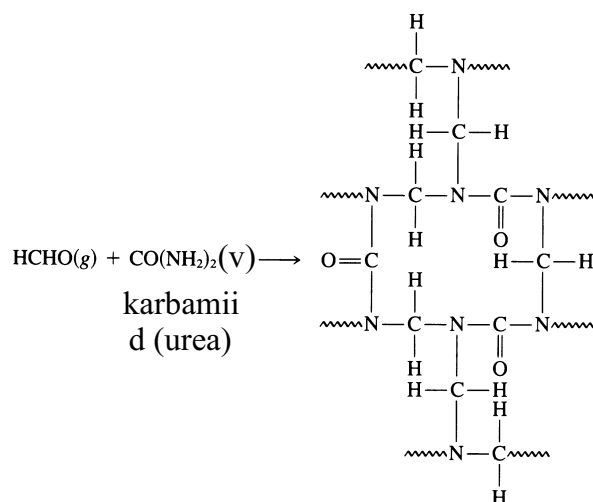
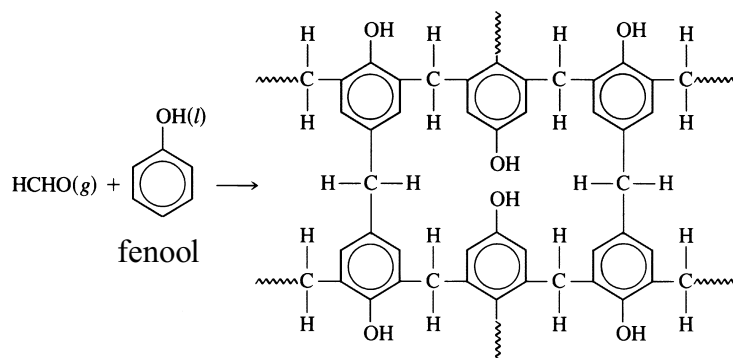
Paraformaldehüüdi molekulaarne valem on selline:



Paraformaldehüüd on üks näide polüatsetaaliks kutsutud polümeerist.

Tema tugevaid mehaanilisi omadusi arvestades valmistataksegi temast masina ja autoosi.

Formaldehüüdi kasutatakse ka kopolümerisatsioonil koos fenooli ja karbamiidiga:



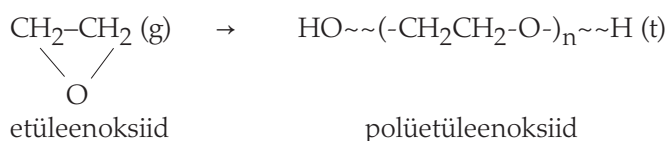
Vanast ajast tuntud kaubanduslikku nime bakeliit taga on kopolümeer fenoolist ja formaldehüüdist (metanaal-ist). Ta oli esimene termoreaktiivne töödeldav plastik. Kasutusala on ka tänapäeval lai.

Tuntud ja laia kasutusala on ka karbamiid-formaldehüüd kopolümeer, mille baasil valmistatakse nii valgeid, pastelseid kui ka värvilisi tooteid (lambikuplid, lauanõud jt dekoratiivsed kodumajapidamistooteid).

Formaldehüüdiga kopolümerisatsioonil võivad olla ka $-\text{NH}_2$ rühma (amiinid) sisaldavad ühendid, üldiselt nimetatakse neid melamiinideks, toodetena on kaubandusliku nime alla melamiin.

Eeltoodud formaldehüüdi kopolümeerid põlevad kõrgematel temperatuuridel. Kuumutamisel eraldub formaldehüüd. Lämmastikku sisaldavate polümeeride puhul eraldub ka NO_2 , kui põlemisprodukt.

Polüetereite puhul on korduvalüül $-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-$. Näiteks võib olla etüleenoksiidi polümerisatsioonil saadud polüetüleenoksiid:



Polüetüleenoksiidi kasutatakse veeslahustuva pakendikile valmistamisel. Tähtis polüesterkiud on poletüleen-tereftalaat, tuntud kaubandusliku nime all dacron (USA) ja terüleen (GB). Teda kasutatakse kortsumis- ja lü-

tumiskindlate tekstiilesemete tootmisel, sageli kombinatsioonis naturaalkiududega (vill).

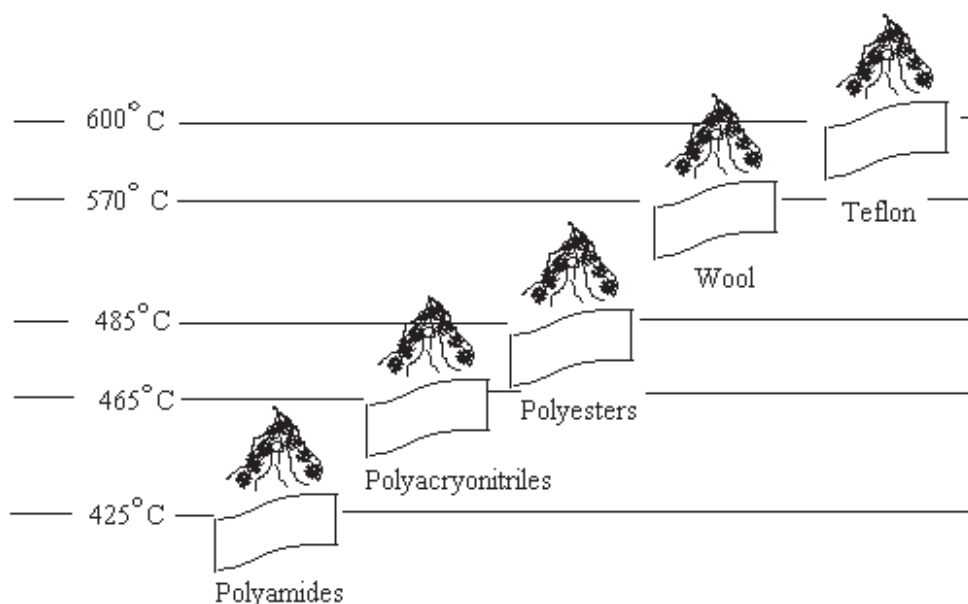
Polüestrid võivad olla ohtlikud, kui nendest on riided valmistatud, nad põlevad. Mõned polüestrid pehmenevad siiski alles 256°C juures. Mõningad polüestrid on valmistatud spetsiaalselt selle jaoks, et teha neist materjale, mida leegiinhibiitoriga töödeldes saab suhteliselt suure süttimisvastupidavusega tekstiil-materjali.

Lämmastikku sisaldavad polümeerid: polüamiidid ja polüüretaanid

Polüamiidpolümeere iseloomustab funktsionaalne amiid rühm: $-\text{CONH}$. Enamik tuntuimatest polüamiididest kuulub nailoni perekonda. Näiteks nailon-66, mis on saadud adipiinhappe ja heksametüleendiamiini kopolümeerisatsioonil:

Polümeeri kasutusala on väga lai (sh kalavõrgud, reketite spanningud, hamba-, riide- ja juukseharjad, jpm), sest tal on head mehaanilised omadused (tugevus, sitkus, plastilisus). Kuumutamisel seda tüüpi materjalid sulavad ent süttivad raskelt, põlev sigaret tekitab vaid augu nailon riidesse.

Mittesulavad polüamiidid süttivad kergesti. Polüamiidide põlemisel eraldub NO_2 kui põlemissaadus. Joonisel 3.15 on näha erinevate tekstiil-materjalide süttimistemperatuurid.



Joonis 3.15. Mõnede tekstiiltoodete lähteainete süttimistemperatuurid.

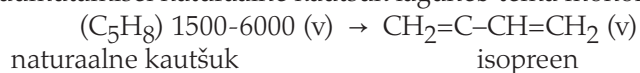
Polüüretaanilähteained on glükool ja orgaaniline diisotsüanaat. Lihtsaima isotsüanaadi valem on $\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$, diisotsüanaadil on kaks isotsüanaadi gruppi ($-\text{NCO}$):

Polüüretaan on omadustelt nii jäik kui painduv pehme plast. Jäika polüüretaanivahtu (*rigid foam*) kasutatakse isolatsioonina. Pehmet vahtu kasutatakse polstermaterjalina (näiteks autoistmed). Töötlemata polüüretaanilähteained on põlevad. Põlemisel tekib NO_2 värvib suitsugaasi lämmastikühendite põlemisele iseloomuliku punakaspruuni värvi. Mitte kõik polüüretaanilähteained ei põle ühelaadselt, sellised, mis on töödeldud inhibiitoritega on süttimisele vastupidavad. Polüüretaanilähteainete süttimisel tekib oht on suurem siseruumides, mis on märgitud kas kasutusjuhendites. Kustutusainena on kasutatav vesi. Meeles peab pidama aga seda, et polüüretaanivahtu põlemise kustutamisel võib temasse jääda piisavalt soojust, et teatud aja järel on taassüttimine võimalik.

Looduslik ja sünteetiline kumm (kautšuk)

Looduslikul ja sünteetisel kummil (kautšukil) on kõrgelastsed omadused, neid nimetatakse elastideks.

Mitmesuguste troopikapuude piimamahla kuivamisel tekib amorfne mass, mida nimetataksegi kautšukiks. Piimamahla nimetatakse lateksiks, ta sisaldab 30-35% polümeeri (C_5H_8) n struktuuriga, ülejäänud osa on vesi. Tähtsamad kautšuki taimed kasvavad Kesk- ja Lõuna-Ameerika kontinendil, ent väikesel määral sisaldab kautšukit ka meie võilille piimamahl. Toorkautšuk sisaldab vähesel määral ka valke, vaikusid ja teisi lisandeid. Tugeval kuumutamisel naturaalne kautšuk laguneb tema monomeerideks, isopreeniks:



Isopreen on lähtematerjaliks paljudele kummitoodetele. Isopreen ise on sünteetiline naftakeemia tööstuse raames. Ta on värvitu, kergestisüttiv vedelik, leektäpp on -54°C . Ta allub kergesti autopoliimerisatsioonile, mistõttu tema transportimiseks on vajalik talle inhibiitorit lisada. Transpordil märgistatakse teda kui „kergestisüttiv vedelik“.

Looduslikku kautšuki iseärasuseks on suur tugevus, elastsus, vee- ja gaasikindlus, head dielektrilised omadused ja püsivus agressiivsete ainete suhtes. Peaaegu kogu kautšukitoodang tarvitatakse kummina (jalatsitööstuses tallamaterjal, kummiliim, mõned spetsiaalsed tooted).

Tavalisel temperatuuril on kautšuk elastne, temperatuuri tõstmisel muutab ta pehmeks ja kleepuvaks, temperatuuri langemisel aga rabedaks. 19. sajandi teisel poolel avastas insener Goodyear, et kautšuki kuumutamisel ($150\text{--}160^{\circ}\text{C}$) vähesel hulgal ($\sim 3\%$) väävliga tekib väga elastne mittekleepuv aine, mis säilitab oma elastsuse ka kõrgetel ja madalatel temperatuuridel. Seda protsessi nimetatakse vulkaniseerimiseks ja vulkaniseeritud kautšukit – kummiks. Kui kasutada suuremat hulka väävlit ($30\text{--}65\%$) tekib tahke mitteelastne aine, mida nimetatakse kõvakummiks ehk eboniidiks. Eboniidil on hea isoleerimisvõime ja vastupidavus kemikaalide toimele. Eboniidist on valmistatud klaveri ja piano mustad klahvid, sageli ka autoaku kestad.

Vahtkummi (*foam rubber*) saadakse kui vulkaniseerimisprotsessis võtab osa ammooniumkarbonaat $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, mis kuumutamisel annab ammoniaagi ja süsihappegaasi, need gaasid jäävadki massi sisse „mullikestena“.

On loodud seeria polüsulfiidkumme ($-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-$), nende kaubanduslik üldnimi on tiokol (*thiokol*). Tooraine on 1,2 dikoroetaanist ja naatriumpolüsulfiidist.

Esimene kaubanduslik sünteetiline kummi oli neopreen, mida saadi kloropreeni või 2-kloro-1,3butadieni polümeerisatsioonil. Sarnaselt tiokolile on neopreen bensiniikindel.

Põlemisel tekkivate põlemisgaaside koostis oleneb toodete komponentidest. Tavalise kummi puhul on põlemisgaasides vaid CO , CO_2 ja H_2O . Vulkaniseeritud kummi puhul lisandub mürgina SO_2 . Neopreeni põlemisel samuti mürgine kloorvesinik (HCl). Seega kummitoodete põlemisel võib tekkida ümbruskonda mürgitav gaasipilv. Kustutamisel tuleb lähenemiseks valida sobiv suund olenevalt meteoroloogilistest tingimustest.

Sünteetiliste polümeeride põlemise üldised jooned

Enamik kaubanduslikult kasutatavaid polümeere on orgaanilised ühendid; järelikult kõrgetel temperatuuridel enamik sünteetilisest polümeeridest valmistatud tooteid põlevad. Nende põlemine on üldiselt seotud kolme iseloomuliku joonega:

1. toode sulab põlemisel sageli;
2. toote pind kaldub söestuma;
3. polümeerse produkti põlemisel eraldub suur hulk suitsu, süsinikmonooksiidi ja teisi ohtlikke põlemisgaase.

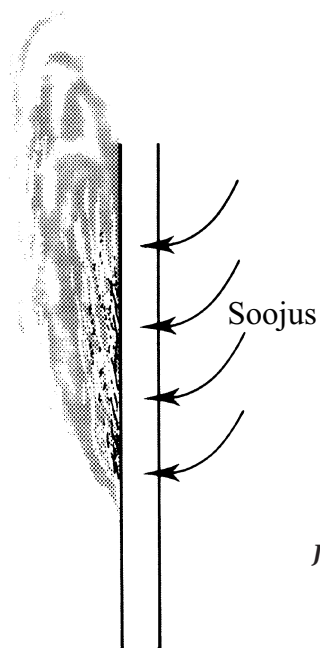
Tüüpilises põlenguolukorras on polümeeride sulamine nähtus, millel on samaaegselt nii kasulikke kui kahjulikke jooni. Sulamisega kaasneb tavaliselt polümeeri tilkumine ta esialsest asukohast mujale, näiteks laest põrandale. Selline polümeeri tilkumine sarnaneb kuuma küünlavaha tilkumisega. Ühest küljest, tilkumine on jahutusmehhanism, mis eemaldab soojust otsesest põlemiskohast. See võib takistada polümeeri põlemist. Teisest küljest, kui sula polümeer juba põleb, aitab tilkumine tõenäoliselt kaasa tule levikule ühest kohast teise.

Polümeeri põlemisele kaasneb sageli kõigepealt polümeeri enda termiline lagunemine lihtsamateks keemilisteks ühenditeks, tavaliselt monomeerideks, millest polümeer on moodustunud. Mõnikord need lihtsad ühendid difundeeruvad materjali pinnale, kus nad segunevad õhuhapnikuga ja põlevad. Ekspositsiooni korral suurele kuumusele võivad nende lihtsamate ainete aurud migreeruda otsesest põlemiskohast eemale ja akumulatsioonid mujal, näiteks, lae all, kus nad õhuga segunenult võivad süttida.

Soojus võib läbida polümeerse materjali juhtivuse või kiirguse teel, põhjustades polümeeri termilise lagunemise mitte seal, kus esialgne kuumutamine toimus. Joonis kujutab seinat, mis on tehtud puutaladest, millele on kinnitatud polümeersed paneelid. Kui soojus läbib juhtivuse või kiirguse teel seinat, võib polümeerne materjal laguneda, kuigi soojusallikas on mõnevõrra eemal. Sellisel juhul moodustub lihtsate orgaaniliste ainete põlev segu, mis süüteallika olemasolu korral võib süttida. See nähtus on flashover'i näide; see aitab kaasa tule levikule kõrvalasetsevatesse ruumidesse. Selline põleng on seotud eriprobleemidega suurtes avalikes hoonetes, mis on ehitatud osaliselt plastmasse kasutades, sest polümeersed produktid põlevad palju kiiremini ja põhjustavad kõrgema temperatuuri kui puit ja teised looduslikud materjalid.

Fataalsete juhtude arv põlengutes kasvab dramaatiliselt, kui põleva hoone ehitusel on kasutatud polümeerseid materjale. Need juhtumid on tavaliselt tingitud põlengugaaside sissehingamisest, mitte põletustest või muudest põhjustest. Väikestes ruumides tõuseb põlengugaaside kontsentratsioon eluohtlikule tasemele sekunditega. Pealegi, kui sellistes hoonetes leiab aset põleng võib põlengu mõju olla suurem kaugel põlengukohast. Mõnikord on see tingitud põlengugaaside ja termilise lagunemise produktide konvektiivsest liikumisest läbi ventilatsioonisüsteemide, prügisahide ja teisi teid mööda mujale. See põlengugaaside liikumine levitab tuld,

kuid gaaside sissehingamine võib olla fataalne inimestele, kes on kaugel põlengukohast.



Joonis Soojus, mis juhtivuse või kiirguse teel läbis selle seinasektiooni, põhjustab vastasküljel polümeerse paneeli termilise lagunemise.

Polümeeri lagunemine on seotud lihtsate orgaaniliste ainete tekkega, mis migreeruvad aeglaselt tekkekohast eemale ja segunevad õhuga. Kui selle segu kontsentratsioon on süttivuspiirides, põhjustab süüteallikas segu süttimise.

Sünteetiliste polümeersete produktide põlemine tekitab sageli teistsuguse põlengugaaside segu, võrreldes mitetplastiliste produktide põlemisega. Nende põlengute puhul on siiski samuti süsinikmonooksiid põhiproduct, kuid muid gaase tekib rohkem kui tavalisel põlengul. Tõenäoline on surmavate kontsentratsioonide tsüaanvesiniku ja kloorvesiniku teke.

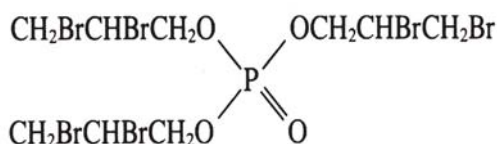
Polümeersete materjalide põlengutel on lisaks põlengugaasidele tõenäoline teiste toksiliste ainete teke. Kõige sagedamini on täheldatud küllastamatu aldehüüdi, akroleiini, teke; ta keemiline valem on $\text{CH}_2=\text{CHCHO}$. See on terava lõhnaga, intensiivselt ärritav, pisaraid tekitav aine, mille TLV on ainult 0,1 ppm. Vaid ühe minuti pikkune ekspositsioon õhule, mis sisaldab 1 ppm akroleiini, põhjustab nina ja silma limaskestade ärritust. Õhu sissehingamine, mis sisaldab 10 ppm akroleiini võib fataalselt lõppeda mõne minutiga.

Polümeersete materjalide põlengul tekkiva suitsu koostis sõltub polümeeri keemilisest loomusest. Aromaatsete polümeeride põlemisel tekib tavaliselt rohkem suitsu kui alifaatsete polümeeride põlemisel. Polüstireeni põlemisel tekib näiteks palju rohkem tahma kui polüetüleeni põlemisel.

Kuid nende materjalide poolt pakutav kaitse on vaid osaline. Plastmasside ja kangaste töötlemise tehnika nende tulekindluse tõstmiseks on keeruline ja pole täiuslik. Polümeersed materjalid põlevad ikkagi, isegi kui nad on töödeldud tuldsummutavate ainete ja põlemisvastaste vahenditega, eriti aga kõrgetel temperatuuridel suurte põlengute puhul.

Tüüpilised tuldsummutavad ained ja põlemisvastased vahendid, mida kasutatakse tänapäeva kangaste tootmisel on halogeenitud süsivesinikud, teatud vees lahustumatud metallide soolad, antimontrioksiid, trikresüül-

fosfaat ja teised fosfaatestrid. Üks selline tulesummuti kerkis päevakorda 1970-ndatel aastatel: tris-(2,3-



dibromopropüül)fosfaat, mida tavaliselt tunti TRIS'ina. Ta keemiline valem on järgmine:

Seda ainet kasutati esialgselt sünteetiliste kangaste immutamiseks, nagu laste magamisriided. Kuigi ta oli efektiivne tulesummuti, leiti, et ta on kantserogeenne katseloomadele nii oraalset manustamisel kui ka naha töötlemisel selle agendiga. Neil põhjustel keelati tris-(2,3-dibromopropüül)fosfaadi tootmine USAs.

Kõrvuti plastmasside ja tekstiilitöösturite vabatahtlike ettevõtmistega on seadusandlikud algatused samuti kaasa aidanud kangaste ohutumaks muutmisele tuleohutuse seisukohast. USA föderaalset tasemel vastab Süttivate kiudude seadus avalikkuse murele mitmete tõsiste õnnetuste osas, mis muuhulgas juhtusid kunstkiust sviitrite ja laste kaubainukkudega, mis mõlemad süütamisel põlesid valgukiirusel. See seadus nõuab tootjatelt kangaste testimist, mida kasutatakse rõivaste valmistamiseks, spetsiaalse 45° süütamis- ja ärapõlemistestiga. Tänu sellele seadusele ei ole Ameerika turul kiirestipõlevaid rõivaid.

1967. aastal parandati Süttivate kiudude seadust nii, et see sisaldab ka mööblit, paberit, plastmasse ja teisi materjale, mida kasutatakse rõivaste ja mööbli valmistamisel. Järgnevalt võeti USA-s vastu seadusega kehtestatud standardid vaipade ja pleedide, laste magamistarvete ja madratsite kohta.

Lisaks sellele on USA osariikide tarbijakaitse osakonnad vastu võtnud süttivusregulatsioonid, mis on rakendatavad mitmesugustele mööbliesemetele. Teatud erinõuded kehtivad nende kasutamisel ühiskondlikes hoonetes. Kuigi ohtu ei saa täielikult elimineerida, aitavad vastavate gruppide ühendatud pingutused vähendada vigastusi põlengutel, kui põlevad plastmassid ja tekstiil.

3.9. Tuleohtlikkus ja ennetus.

Tootmises on tavaliselt suured põlevaine kogused (lähteained, valmistoodang tavaliselt graanulitena, täiteained (võivad olla nii mittepõlevad-anorgaanilised kui ka põlevad-orgaanilised ained), värvid, stabilisaatorid, plastifikaatorid. Tehnoloogilistel liinidel on tavaliselt nõutavad tulekahju automaatse/signalisatsiooni – ja kustutusseadmed. Tuleohtlikud tehnoloogilised lõigud on eraldatud tuletõkke vaheseintega tulekahju leviku takistamiseks tootmishoones.

4. PEATÜKK. TULEOHUTUS NAFTA JA NAFTASAADUSTE TÖÖTLEMISEL JA HOIDMISEL

4.1. Nafta tootmine.

Nafta on üheks tähtsaimaks tooraineks, millest valmistatakse mootorikütuseid ja määrdeõlisid. Naftagaasid on tooraineks polümeeridele, keemilistele kiududele ja sünteetikautsukidele. Nafta tootmisel eristatakse kahte protsessi: puurimine ja puuraugu eksploatatsioon.

Kaasajal on puurimisseadmestik keeruline insenerlik seade. Kuna me ei puutu kokku nafta puuraukude puurimise ega puuraukude eksploatatsiooniga, siis neid tehnoloogilisi aspekte me ei käsitle. Üldiselt on teada suur-tulekahjud naftapuurtornide juures. Teatud juhtudel võib maapinnale paiskuda suured kogused naftagaase ja ka naftat. On esinenud juhtumeid kus tekkiv auru-gaasi-õhu pilv süttides, olenevalt nafta ja gaasi joa suurusest, meteoroloogilistest tingimustest ja maapinna reljeefist, võib laieneda 1-2 km ulatuses purskavast joast. Süüteallikate tekkel sellisel tehnoloogilisel maaalal on palju võimalusi: sädemed metallide omavahelistest löökidest, sisepõlemismootorite suitsugaasides olevad sädemed, mitmed kuumutusseadmed ja muud soojust tekitavad protsessid.

Ühel neist peatume: raua ja väävli ühendid tekivad küllalt sageli tehnoloogiliste seadmete sees ja pinnal väävelvesiniku ja vaba väävli ning rauast pinna vahelisel keemilisel reaktsioonil. Raua ja väävli ühendite kokkupuutel õhuhapnikuga toimub nende aktiivne oksüdatsioon, mis teatavasti on eksotermiline reaktsioon. Isekuumenemine võib sageli viia isesüttimiseni, mis on omamoodi süüteallikaks ümbruses olevale naftagaaside-aurude-õhu segule. Katastroofiliselt ohtlik on puuraugust väljapaiskunud naftaväljade süttimine, see võib laieneda naaberpuuraukudeni ja võtta katastroofilisi mõõtmeid. Vertikaallegei kõrgus võib ulatuda 100 meetrini. Võib ette kujutada kui suur on üldpõlengust lähtuv otsene soojuskiirgus.

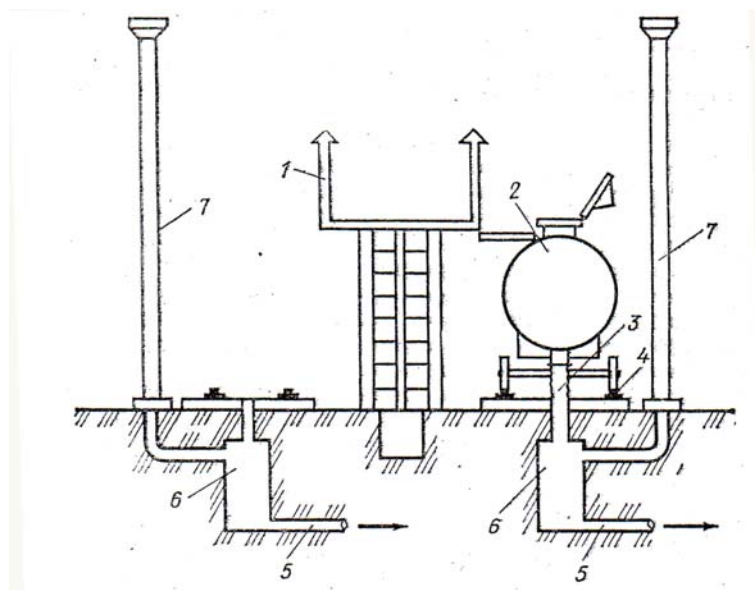
Ennetustöö põhiohk on range kinnipidamine kõikide operatsioonide tehnoloogilisest reagemendist. Seal on toodud ainete tuleohtliku omadused, tähelepanu on juhitud tule- ja plahvatusohtlikele tehnoloogilistele lõikudele.

4.2. Nafta ja naftasaaduste ladustamine

Ladude alla üldmõistes kuuluvad ehitiste ja rajatiste komplektid, kus võetakse vastu, hoitakse ja väljastatakse toornaftat ja nafta ümbertöötlemissaadusi. Väljastamine tarbijale toimub raudteed, veeteed ja maanteed pidi, samuti torujuhtmete vahendusel. Projekteerimisel järgitakse rangeid ehitusnorme. Ladude peamiseks tehnoloogilisteks sõlmedeks on vedelike täitmise ja tühendamise kohad, pumbajaamad ja säilitamismahutid.

4.3. Täitmis- ja tühjendamiskohad terminaalides/ladudes

Seadmete konstruktsioon oleneb naftasaaduste transpordi viisist: raudtee peale/mahalaadimisestakaad, sadamakai peale/mahalaadimisestakaad, autosüsteemide täitmise/tühjendamise estakaad. Raudtee estakaad on kas üherealine või kaherealine, mahalaadimisseadmete ja kollektoriga ning gaasitagastus – ja õhutussüsteemidega (joonis 4.1).



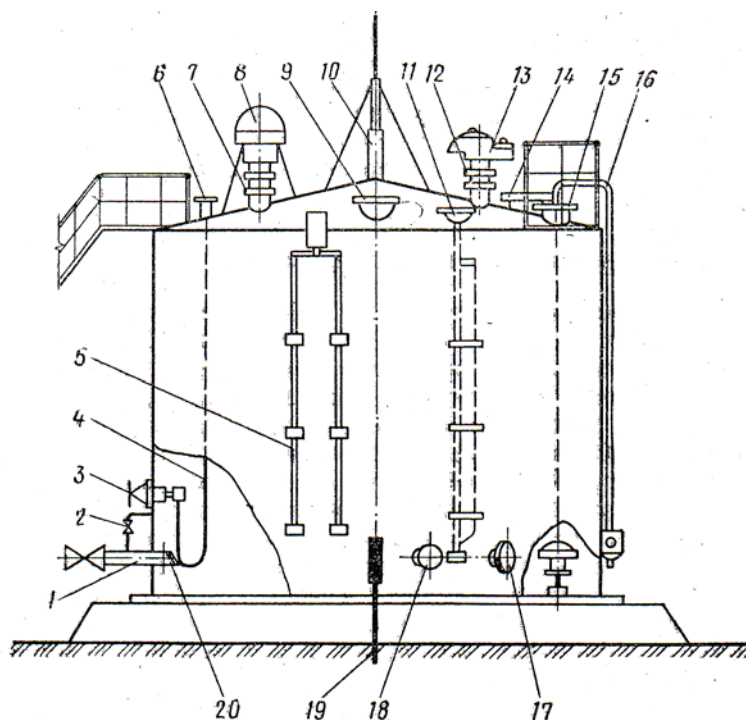
Joonis 1-galerii; 2-raudteesistern; 3-mahalaadimisseade; 4-raudteerööpad; 5-tühjendamisliin; 6-kollektor; 7-hingamistoru.

Raudteesisternide tühjendamist isevoolu teel rakendatakse harva (kui maastiku reljeef seda lubab), pumpade vahendusel toimub tsisternide tühjendamine tavaliselt alt. Mitmete vedelkemikaalide puhul toimub raudteesisternide tühjendamine ülalt. Naftasaaduste transportimisel kasutatakse tsisterni mahtuvusega 60 t ja 120 t. Estakaadide tuleohtlikkus seisneb süttivate aurude-õhu segu süttimiskontsentratsiooni tekkes. Teatud naftasaaduste puhul (süttimispiiriga näiteks $-36,1^{\circ}\text{C}$, kuni $-2,8^{\circ}\text{C}$) võib süttimisohtlik segu tekkida tehnoloogilises torustikus (nt hingamistorus) ka normaalsetel režiimikohastel töötingimustel nii kevadel, suvel, sügisel ja talvel. Olulist osa mängivad meteoroloogilised tingimused (nt nõrk tuul või tuuletus). Arvestama peab sellega, et nafta ja naftasaaduste aurude tihedus õhu suhtes on suurem kui 1 (st nad on õhust raskemad). Süttimiskontsentratsioonis gaasi-õhu segu võib liikuda allatuule suunas kümneid meetreid, kohata siis süütealikat ja plahvatada (nn viivitusplahvatus). Tuule kiirusel alla 3m/s võib tekkida ohtlik gaasipilv terve estakaadi ulatuses. Ohtlikud on ka avariid tsisternidega jne, sel puhul pääseb maapinnale suurem hulk põlevvedelikku. Lombi suure pinna olemasolul on ka intensiivne aurumine. Olenevalt naftasaaduste või vedelkemikaali põlemis/süttimis omadustest valitakse tsisternide tühjendamis-laadimis meetodika vastava seadmestikuga.

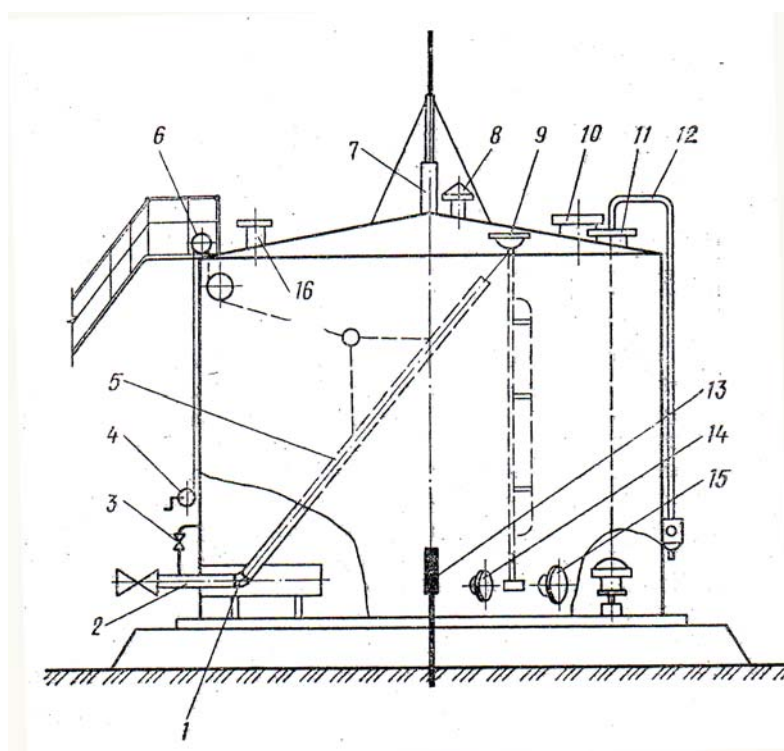
4.4. Nafta ja naftasaaduste hoidmine.

Nafta ja naftasaaduste hoidmisel on kasutusel nii maa-pealsed kui ka maa-alused metallist mahutid. Raudbetoon mahuteid kasutatakse samuti, meie vabariigis ei ole nad levinud. Mahutid on tavaliselt silindrikujulised (horisontaalsed ja vertikaalsed), kuid on ka ristküliku kujulisi ja kerakujulisi. Enamlevinud on maapealsed vertikaalsed silindrilised mahutid nii statsionaarse kui ka ujukatusega. Kergete (heledate) naftasaaduste mahutid on reeglina ujukatusega. Tumedate naftasaaduste mahutitel on statsionaarne katus ja ka statsionaarsele isolatsioonile lisaks vedeliku soojendamisvõimalus (nt masuut talvetingimustes on väga viskoosne). Mahutite mahud on piires $100 \dots 30000\text{m}^3$ -ni. Kõrgused on Eesti Vabariigis reglementeeritud kuni 28 m, diameetrid ca 20...25 m. Naftatöötlemistehaste juures on sageli ka ca 100 m diameetriga mahutid.

Joonistel 4.1 - 4.2 on skeemid mahutitest.



Joonis 4.1 Madala viskoossusega naftasaaduste vertikaalmahuti.
 1-pneumo-jaotustoru; 2-kõrvaltoru (baipass); 3-tagasilöögiklapiga reguleerimine; 4-tross; 5-vahukamber; 6-montaažitoru; 7,12-tulepiiraja; 8-kaitseklapp; 9-mõõtelukk; 10-piksevarras; 11-alumine proovikoguja; 13-hingamisklapp; 14-valgustusluuk; 15-nivoosignalisaator; 16-nivoomõõteseade; 17-sisenemislukk; 18-sifoon; 19-maandusklemm; 20-tagasilöögiklapp.



Joonis 4.2. Viskoosete naftasaaduste vertikaalmahuti.
 1-tõstetoru šarniir; 2-vastuvõtu-jaotustoru; 3-kõrvaltoru (baipass); 4-käsivint; 5-tõstetoru; 6-rull-plokk; 7-piksevarras; 8-ventilatsioonitoru; 9-alumine proovikoguja; 10-valgustusluuk; 11-mõõtelukk; 12-nivoomõõteseade; 13-maandusklemm; 14-sifoonikraan; 15-sisenemislukk; 16-montaažitoru.

Tuleohtlikkus seisneb kütuseaurude tekkes mahuti vabas ruumis ja mahuti ümbruses. Aurustumine oleneb keskkonna temperatuurist, suvisel ajal tõstab temperatuuri lisaks päikese soojuskiirgus. Aurude küllastus määratakse mitte keskkonna temperatuuriga vaid kütuse pinna temperatuur järgi (see võib esineda töotemperatuurist ca 10...15°C). Seega kui vedelikku hoitakse mahutis liikumatuna keskkonna õhu temperatuurile lähedal, siis: ohtlikud on bensiinimahutid talvel ja petrooleumi mahutid suvel päikesepaistelisel ilmal. Diiseli kütuse mahutid on suhteliselt ohutumad nii suvel kui talvel. Kütuseaurude kontsentratsioon tõuseb mahuti tühjendamisel, laskuva nivoo pinnale tekib üha suurenev ruum kütuseauru-õhu segu jaoks. Seisva masuudi pinna kohal olev vaba ruum küllastub aeglaselt põlevgaasidega – need on masuudis lahustunud termilisel töötlemisel temasse jäänud lagusaadused.

Põlevsegu tekkimine mahuti ümbrusesse leiab aset mahutite intensiivsel „hingamisel“ täitmisoperatsioonidel. Statsionaarsete katustega mahutite puhul on oht kõrgeenenud rõhule või vaakumile hingamisadmete rikkiminekuul, seda eriti talvel kui niiskuse külmumine hingamisadmes viib ta töörežiimist välja. Harvemad on ohtlikud olukorrad, mis tekivad mahuti mehaanilisel vigastamisel vms.

Süüteallikatena on arvestatavad äikeselahendusel tekkiv tohutu soojusenergia, staatiline elekter, mehaanilise päritoluga sädemed, ka elektriseadmete sisse-väljalülitamisel tekkivad sädelahendused jms.

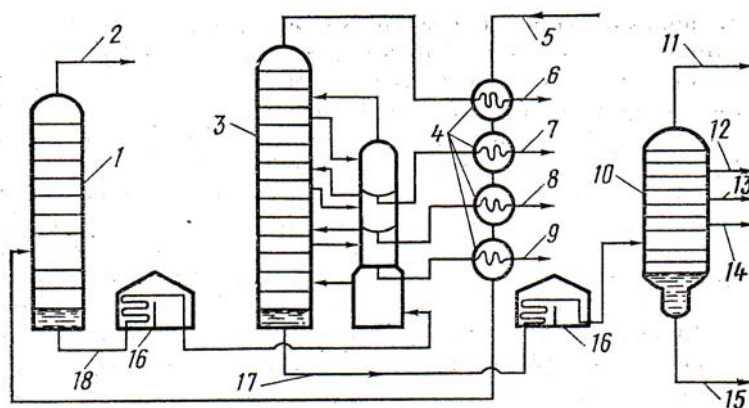
Mahutist väljavoolava kütuse laialivalgumise tõkestamiseks on mahuti(d) ümbritestud raudbetoonvalliga. Mahutiparki (4-6 mahutit) ümbritseva valli kõrgus on selline, et vallitus mahutab mahutipargi kõige suurema mahuti kütuse (110%, NB ! Peale suurt Londoni lähistel toimunud suurt terminaalipõlengut on inglise spetsialistid soovitanud mahutite vallitusala üldmahtu suurendada kuni 300%-ni suurima mahuti arvestuses.

4.5. Naftaümbertöötlemisettevõtete tuleohutus.

Kuna Eestis ei ole selliseid ettevõtteid, siis käsitleme seda teemat lühidalt.

Tehaste tehnoloogiline seadmeloomus on ettevõtte iseloomust (millised on lähteained, millised on töötlemisaadused jms).

Nafta ettevalmistamiseseadmed. Selitamisseadmetes eraldatakse toornaftast vesi ja vee lahustunud soolad. Kuna vesi on toornaftas mikrotilkadena, lisatakse vee eraldamise kiirendamiseks pindaktiivseid aineid – deemulgaatoreid. Vees lahustumatute soolade eraldamiseks kasutatakse keemilisi ja termokeemilisi meetodeid. Nafta esmased destillatsiooniseadmed. Nendes eraldatakse nafta fraktsioonideks keemistemperatuuride järgi: kuni masuudini (saadakse heledad naftasaadused); gudroonini (saadakse õlid). Protsessid „kuni masuudini“ toimuvad atmoafäätirõhul, „kuni gudroonini“ vaakumi tingimustes (joonis 4.3).

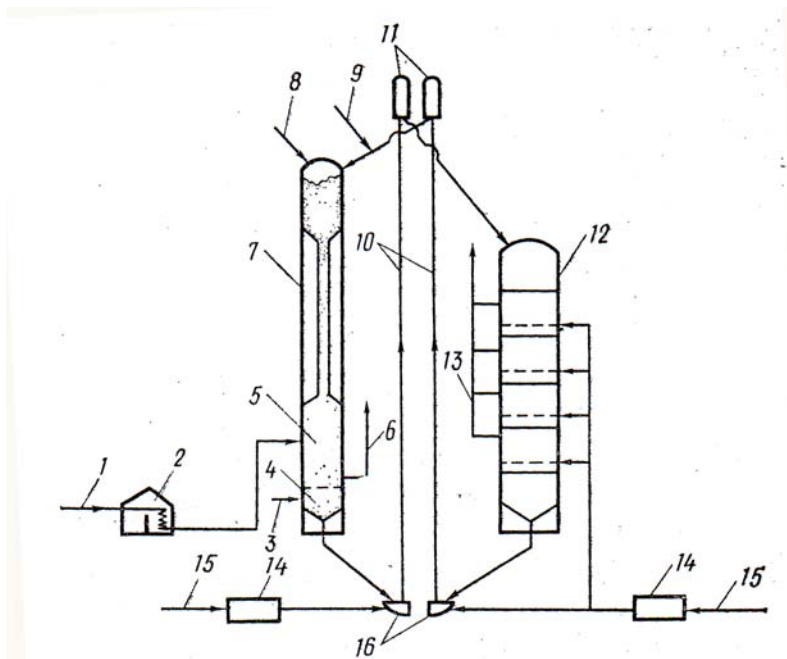


Joonis 4.3. Nafta esmase destillatsiooniseadme skeem. 1-esmane bensiinieralduskolonn K-1; 2-ebastabiilse bensiini aurud; 3- rektifikatsioonikolonn K-2; 4-soojusvaheti; 5-veetustatud ja soolavaba nafta puhastusseadmetest; 6-bensiin; 7-ligrooin; 8-petrooleum; 9-solaarõli; 10-vaakumkolonn k-10; 11-gaasiõli; 12-värtnaõli; 13-masinaõli; 14-silindriõli; 15-gudroon; 16-toruahi; 17-masuut; 18-bensiinivaba nafta.

Naftasaaduste tuleohtlikkuse näitajad on suurtes piirides. Leekpunktid on: naftadel -35°C...+36°C ja üle selle, bensiinidel -36°C...-7°C, ligrooinidel -7°C...+17°C; petrooleumidel +15°C...+60°C ja üle selle, masuutidel +60°C...+120°C, mineraalõlidel +120°C...+220°C. Need arvud näitavad, et ka tootmise normaaltingimustes juures võib tehnoloogilises liinis esineda temperatuure leekpunkti läheduses. Seega võib kuum kontsentratsioon moodustada mitte üksnes seadmete vabas mahus vaid ka aurude väljumisel seadmetest.

Nafta krakkimise seadmed

Esmasel nafta destillatsioonil on heledate naftasaaduste saagis vaid 15-20%. Nende saagise suurendamiseks kasutatakse töötlemisel keemilist meetodit – krakkimisprotsessi, kus toimub kõrgemate süsivesinike lõhustumine kergemateks paremate omadustega naftasaadusteks (moodustuvad tsüklilised ja isomeersed (hargnenud ahelaga) ühendid). Eristatakse termilist ja katalüütilist krakkimist. Termiline krakkimisprotsess toimub 500 °C juures kõrgendatud rõhul (5-7 MPa / 50-70 at). Eelistatum on katalüütiline krakkimine, kus toimub vähem kõrvalreaktsioone, mistõttu heledate naftasaaduste saagis ka suurem on. Erinevalt kõrge rõhu all toimuvast termilisest, on siin protsessi rõhk 0,15-0,3 MPa/1,5-3at. Protsessi reguleerivad katalüsaatorid. Katalüsaatorid toimivad selektiivselt, hoides raskemaid süsivesinikke kauem enda pinnal. See soodustab nende pikemaegset viibimist ja tagab sügavama lõhustumise. Selle tagajärjel tekib hulgaliselt isomeere, mis tõstavad heledate naftasaaduste oktaanarvu. Katalüsaatoritena kasutatakse alumosilikaate, mille koostises on 70-80% SiO₂, 10-20% Al₂O₃ ja lisaks teiste metallide oksiide (joonis 4.4).



Joonis 4.3.

Katalüütilise krakkimise seadme skeem.

1-tooraine; 2-toruahi; 3-veeaar; 4-aurutamise tsoon; 5-reaktsiooni tsoon; 6-krakkimissaadused rektifikatsioonile; 7-reaktor; 8-lämmastik või veeaur; 9-värske katalüsaatori toide; 10-pneumotõstukid; 11-õhu separaator; 12-regeneraator; 13-suitsugaasid; 14-kõrgsurvekolle; 15-õhk; 16-doseerijad.

Küsimustik kütuse terminaali tuleohutusülevaatusel

1. Kas ettevõtte vastab EVS-812-5 : 2005 nõuetele vastavalt seaduste hoiumahtudele?
2. Kas tehnoloogiliste hoonete (pumbajaamad, mahutipark, peale-mahalaadimis estakaadid jt) vahelised kaugused vastavad tuleohutusnormidele? Kas on nõuetekohased mahutite omavahelised kujad? Kas on ohutu(d) kujad naaberettevõtetega?
3. Milline on ettevõtte territooriumi seisukord (põlevjäätmel, mahavalgunud masuudi ja naftasaaduste reostus jms)?
4. Millised on mahutite ületäitumist vältivad meetmed (kontrollmõõteriistade, blokeerimisseadmete jm olemasolu) ?
5. Kuidas toimub pumpade töökindluse kontroll vastavate töötajate poolt?
6. Kuidas kontrollitakse pumplate õhus põlevaine aurude kontsentratsiooni? Kuidas on omavahel seotud gaasianalüsaatorite ohtlikud tulemid ventilatsioonisüsteemiga? Kas ohtlikku olukorda teadustab valgus- või helisignaali? Kas õhu analüüsis tehakse pidevalt ning näidud kantakse žurnaali?
7. Kas raudtee laadimis-tühjendus estakaadid vastavad tuleohutusnõuetele?
8. Kuidas toimub raudteetsisternide liigutamine kas jälgitakse tõugete vältimist, järske pidurdamisi?
9. Kuidas on korraldatud tumedate naftasaaduste soojendamise nende normaalse voolumise tagamiseks?
10. Kuidas on välditud atmosfääri ja staatilise elektrilahendustel sädemete teke? Kas on ettevõttel piksekaitse-süsteem? Kas tehnoloogilised seadmed on maandatud? Kas on tagatud ohutus ümbervalamistoomingute

- lõpetamiseks atmosfääri elektrilahenduste (äikese) tingimustes ja mahutite täitmisel saaduse langeva joaga?
11. Kuidas on välditud sädemete tekkimine löökidel ja hõõrdumisel (tööriistad sädemeid mittetektavast metallisulamist, proovivõtmistel, luukide avamisel-sulgemisel jne) ?
 12. Kuidas kindlustatakse tuleohutus tuletööde läbiviimisel ettevõtte territooriumil
 13. (keevitus, metallilõikamine jms) ?
 14. Kas on välditud mahutites (raud!) raua-väävliühendite teke? Kuidas ennetatakse mahutis väävelraua ühendite sadestumist ja nende isesüttimist ?
 15. Mida tehakse pumba laagrite ülekuumenemise vältimiseks (kontrollitakse temperatuuri, õigeaegselt määratakse ja remonditakse) ?
 16. Kuidas hoitakse pühkmematerjali? Kuidas hoitakse eririetust?
 17. Kas on ette nähtud suitsetamise kohad? Nende vastavus tuleohutusnõuetele?
 18. Kas on olemas naftasaaduste avariiliste laialivalgumise vältimiseks tõkendeid (mahutite ümbruse vallitus, pumpade alusplaadid, teisedaldatud tõkkeseinad, kaldteed(rennid) , nende vastavus normidele ja nõuetele?
 19. Kas on võimalus ülevoolanud naftasaaduste kanaliseerimiseks?
 20. Kas torustike imemis- ja surveiniinidel on pumbajaama väliseid avariisiibrid?
 21. Kas pumbajaam on eraldatud masinasaalist nõuetekohase gaase mitteläbilaskva tulekindla seinaga?
 22. Kas on olemas ning töökorras mahutitel, nafta ja naftasaaduste torujuhtmetel vajalikud tuletõkestid ja hingamissüsteemi hüdrolokud, samuti kanalisatsiooni ühenduskohtades ja kanalisatsiooni süsteemis tervikuna?
 23. Kas pumplad, mahutid ja estakaadid on varustatud tulekahju signalisatsiooniga ja automaatsete tulekustutussüsteemidega?
 24. Kas laadimis-tühjendamisestakaadidel on võimalik tsisterni tulekahju korral teda manööverdada/eraldada raudtee tupikliinile?
 25. Millised veevõtukohad on ettevõtte territooriumil?
 26. Kas ettevõttes on vabatahtlikke tuletõrjujaid? Milline on nende töö kvaliteet? Milliseid õppusi ja kursusi korraldatakse töötajatele ja insener-tehnilisele personalile?

5. PEATÜKK. TULEOHUTUS PÕLEVGAASIDE TOOTMISEL JA HOIDMISEL.

5.1. TEHNILISTE GAASIDE TULEOHTLIKUD OMADUSED.

Polümeeride, sünteetiliste kautšukkide, keemilise kiu jt tootmisel kasutatakse süsivesinikgaase (metaan, etaan, propaan, butaan, etüleen, atsetüleen). Orgaanilises sünteesis kasutatakse vesinikku, vesinikkloriidi, süsinikmonooksiidi jt). Ammoniaaki kasutatakse külmutustehnikas. Peale selle kasutatakse gaase ka majapidamises – propaani, butaani, looduslikku gaasi (põhikomponent on metaan). Eelnimetatud gaase nim. põlevgaasideks (PG). Teatmikes on toodud nende tuleohtlikud omadused. Peale puhaste gaaside kasutatakse ka põlevgaaside segusid – naftagaasid, koksigaasid, generaatorigaasid, maagaas, nende süttimisüiirid on vastavalt 1,2-9%; 5.6-31%; 20,7-73,7% ja 5-15%. PG-d võivad olla surve all või veeldatud kujul. Igat gaasi saab vastaval temperatuuril (kriitiline temperatuur) ja rõhul (kriitiline rõhk) veeldada.

Absoluutselt puhast gaasi kohtame harva, enamikel juhtudel on gaasid lõhnatud. Selliseid gaase „lõhnastatakse“, et kergemini avastada nende lekkeid (lõhnaained on nt etüülmerkaptaan, pentalarm, kologorant jt). Atsetüleen (C_2H_2) on värvitu tule- ja plahvatusohtlik gaas (tabel 5.1). Tehnilisel atsetüleeni on spetsiifiline terav lõhn temas olevate fosfiini (PH₃) tõttu. 0° C ja 2,1 MPa juures atsetüleen veeldub, -81° C juures tahkestub. Ta lahustub paljudes vedelikes. 1 mahuosa vett lahustab normaalrõhul 1 mahuosa atsetüleeni, 1 mahuosa atsetooni lahustab aga endas 23 mahuosa atsetüleeni. Rõhu suurenedes lahustuvus suureneb.

Omadus	Näitaja
Põlemissoojus, kJ/kg	48070
Isesüttimistemperatuur, °C	335
Isesüttimispiirid, % (g/m ³)	2-81 (21-860)
Süttimisenergia, mj	0,03
Plahvatuse rõhk, MPa	0,95-1,03
Tihedus, kg/m ³ gaasina veeldatuna	1,177 620,8
Keemistemperatuur, °C	-83,6
Põlemistemperatuur, °C õhus (hapnikus)	2322 (3250)
Leegi levimiskiirus põlemisel, m/s	1,3

Tabel 5.1. Atsetüleeni tuleohtlikud omadused.

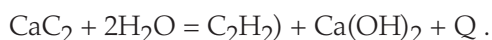
Atsetüleenil lagunemisel eraldub palju soojust, teatud tingimustel ta plahvatab. Temperatuuril 500-550°C ja rõhul 0,2 MPa võib atsetüleen iseeneslikult lagunedes plahvatada.

Rõhk tōustes üle 0,2 MPa, samuti nii tahkes kui ka vedelas olekus on atsetüleen veelgi ohtlikum: plahvatab lōögist ja kiirel kuumutamisel. Ta reageerib kergesti hōbeda sooladega, vasega, elavhōbedaga moodustades plahvatusohtlikke atsetüleenide (nad plahvatavad lōögist, hōõrdumisest, kuumutamisel). Metallide oksiidid (eriti vase ja raua) toimivad atsetüleenide katalüütiliselt alandades tema lagunemistemperatuuri. Atsetüleenil segu klooriga on võimeline isesüttimisele ja plahvatamisele juba päevavalguse toimel. Segu hapnikuga plahvatab temperatuuril 300°C. Fosfiini kuni 3% sisalduse korral

muutub ta isesüttivaks. Atsetüleenile järgneb oma ohtlikkuse poolest vesinik, millel on lai süttimispiirkond (4-75%), suur põlemissoojus (119840 kJ/kg) ja madal süttimisenergia (0,017 MJ). Teised põlevgaasid (metaan, butaan, etaan, propaan, etüleen jt) on samuti tule- ja plahvatusohtlikud, nende süttimispiirid on 1,8-5%, isesüttimistemperatuurid 335-540°C ja põlemissoojused 45560-48070 kJ/kg piires. Mitmed gaasid (hapnik, kloor, fluor, suruõhk, lämmastikoksiid) on tugevad oksüdeerijad, põlemise soodustajad. Mitmed ained, mis õhus ei põle, põlevad suurepäraselt hapniku, eriti vedelhapniku, ja kloori (väävel ja fosfor on kloori atmosfääris isesüttivad, vesinik ja vesigaas plahvatavad päikesevalguse mõjul). Veeldatud õhu oksüdeerimisvõime on kõrgem tavaliselt, sest veeldatud õhus on 54% hapnikku, samal ajal gaasilises olekus vaid 20,9%.

Atsetüleenil tootmine kaltsiumkarbiidist.

Atsetüleenil võib saada mitmel viisil, kuid enamlevinud on tema tootmine kaltsiumkarbiidist ja loodusliku gaasi pürolüüsil. Kaltsiumkarbiid (CaC_2) hoitakse ja transporditakse hermeetiliselt suletud lainekujulisest teraslehest valmistatud tōnnides mahtuvusega 50-130 kg. CaC_2 on keemiliselt väga aktiivne eriti vee suhtes (1 kg karbiidist eraldub 250-300 l C_2H_2).



Statsionaarsetes generaatorites saadakse atsetüleenil gaasilisel ja lahustunud kujul. Tarbijale väljastatakse gaasiline C_2H_2 rõhul mitte üle 0,15 MPa, atsetoonil lahustunult aktiivsōega täidetud balloonides. Atsetüleenil tootmisprotsess on kõrgendatud tule- ja plahvatusohuga suure C_2H_2 koguse tõttu. Plahvatusohtlikud segud õhuga võivad tekkida tehnoloogilistes seadmetes, tootmishoonetes. Süttimisel on oht tulekahju kiirele laienemisele. CaC_2 ei põle, kuid tema hoidmine ja transport on tule- ja plahvatusohtlikud. Näiteks pooltühjades. CaC_2 tōnnides olev a õhuniiskuse toimel tekib ka seal atsetüleen. Mehaanilised lōögid, kukkumised, tōnnide omavahelised kokkupōrked transpordil, tōnnide avamisel tekkivad sädemed metallesemete vastastikusel toimel – kõik see võib esile kutsuda plahvatuset. Kaltsiumkarbiidi ja vee vahelisel reaktsioonil võib tōusta atsetüleenil isesüttimistemperatuurini vee ülehulga puudumisel reaktsioonil. Reaktsioonil eraldub soojust 1800 kJ/kg.

CaC_2 laod peavad olema kuivad ja olema temperatuuril mitte alla -5°C. Tulekahju korral kasutatakse kustutusainena kuivvahendeid (liiv-, pulber- ja CO_2 -kustutid).

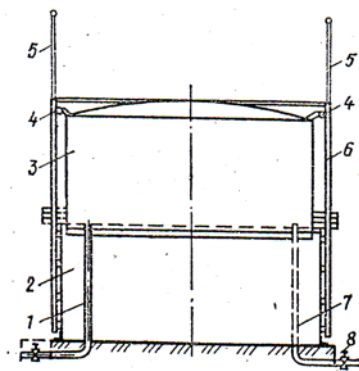
Atsetüleenil väljastatakse balloonides, mis on täidetud aktiivsōega ja atsetooniga kui lahustiga.

Atsetoon on kergeltsüttiv vedelik, leekpunktiga -18 °C, minimaalne isesüttimistemperatuur on 465 °C, süttimispiirid on 2,2-13% (maht), alumine süttimistemperatuur -20 °C, ülemine +6 °C, põlemissoojus on 2842 kJ. Atsetüleeniballoonide ladustamisel tuleb kinni pidada ladustamisnōuetest (balloonide üldarv, lubatud kogused sektsiooni, tulekindlad ja plahvatuskindlad seinad (vaheseinad) jms). Balloonid ei tohi olla ligemal kui 1 m kuumutusseadmetest. Pōrandad peavad olema tehtud sädemeid mitteandvast materjalist, aknaklaasid peavad olema kas värvitud valgeks või mattklaasist. Lubamatu on hoida ühes hoones C_2H_2 ja O_2 balloone.

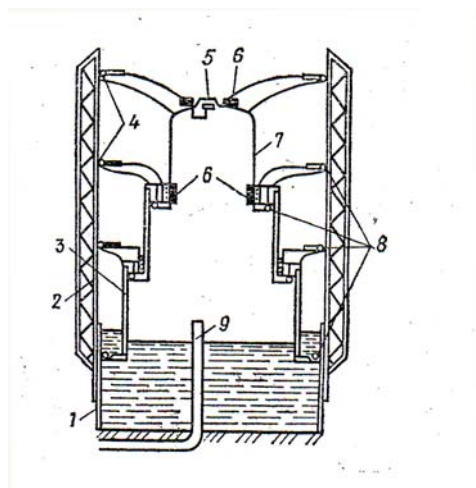
5.2. GAASIDE HOIDMINE MÄRGADES GAASIHOIDLATES

Surve all olevaid gaase hoitakse gaasihoidlates, surve all, lahustunult või veeldatult – balloonides ja surve all ning veeldatult – mahutites (reservuaarides). Olenevalt gaasihoidlas rakendatavast rõhust jaotuvad nad madalrōhu (kuni 7000 Pa) ja kõrgrōhu

(0,07 MPa ... 3 MPa) gaasihoidlad. Madalrōhu gaasihoidlad on: kuivad ja mārjad; kõrgrōhu gaasihoidlad – silindrilised sfääriliste pōhjadega ja sfäärilised. Kuivad gaasihoidlad on keerulised kasutamisel ja väga tuleohtlikud. Praegusel ajal on nad väga vähe kasutusel. Mārgade gaasihoidlate mahutid on väga erinevad: 600, 1000, 6000, 10000, 20000, ja 30000 m³. 30000 m³ mahuga gaasihoidlate mõõtmed on: diameeter 43,6 m, kõrgus 33,21 m ja mass 642,7 t. Mārja gaasihoidla skemaatilisel joonisel 5.1 on kujutatud liikumatu mahuti (reservuaar), mis on täidetud veega, milles ujub kell (ümberpōõratud teeklaas). Gaas siseneb kellaalusesse ruumi gaasitoru kaudu (1) ja väljub samuti toru (7) kaudu. Gaasihoidla täitumisel kell tōuseb ja tühjenemisel laskub allapoole. Suuremate gaasikoguste (10-15 tuhat m³) hoidmisel on gaasihoidla konstruktsioon natuke keerulisem (5.2).



Joonis 5.1. Ühelülilise märja gaasihoidla skeem.
1,7-gaasitorud; 2-mahuti; 3-gaasikell; 4-rullikud; 5-piksevarras;
6-juhtsiinid; 8-siibrid.



Joonis 5.2. Kolmelülilise märja gaasihoidla skeem.
1-liikumatu mahuti; 2,3-juhtliinid; 4-teleskoopide ja gaasikella
ülemised rullikud; 5-eriventil vaakumi tekke vältimiseks;
6-raskused; 7-gaasikell; 8-teleskoopide ja gaasikella alumised
Rullikud; 8-torustik.

Märgade gaasikindlate kasutamisel tuleb arvestada kohalikke kliimaatilisi tingimusi vee külmumist silmas pidades. Sel juhul gaasihoidlad on kinnises ruumis ja vastavad soojendusseadmed väldivad temperatuuri langemise vee külmumistemperatuurini.

Tuleoht seondub süttimisohtliku gaasi-õhu kontsentratsiooni tekkimises seadmetes või torustikes. Ohtlikumad on hoones paiknevad gaasihoidlad. Tavaliselt on õhu juurdepääs raskendatud, see võib juhtuda aga näiteks vaakumi tekkimisel. Enamik õnnetusjuhtumeid on seotud gaasihoidlate remonttöödega ja seadmete taaskäivitamisega. Ohtlikud on gaasilekked. Gaasihoidlate territooriumil tuleb vältida süüteallika teket.

5.3.VEELDATUD NAFTAGAASID

5.3.1 Üldiseloostus

Naftatöötlemisgaasidest saadav vedelgaas sisaldab põhiliselt küllastatud süsivesinikke propaani, butaani ja isobutaani, väheses koguses ka küllastamata süsivesinikke propeeni ja buteeni. Veeldatud propaani, butaani või nende segu nimetatakse veeldatud naftagaasideks (Liquefied Petroleum Gas, LPG)

Gaaskütusena kasutatakse propaani, butaani ja nende segusid. Ei ole lubatud, et vedelgaas sisaldaks etaani ja eteeni, sest see põhjustaks kõrge aururõhu. Samuti ei tohi gaas sisaldada pentaani ja selle isomeere, sest see alandaks järsult aururõhku ning kõrgendaks kastepunkti / Kastepunkt on temperatuur, milleni gaas peab jahutama, et temas sisalduv veeaur muutuks küllastunud auruks. Temperatuuri edasisel alanemisel hakkab vesi gaasist udu, kaste või härmatisena välja sadenema /

Propaanil on küllalt kõrge aururõhk laias temperatuurivahemikus (-35 kuni +45°C), mis võimaldab teda aurustada tavalistes tingimustes. Butaan aurustub miinustemperatuuril halvasti, temperatuuri tõusmisel aururõhk

ja aurustuvus suurenevad. Seepärast tuleb butaanil töötavad gaasiseadmed paigutada köetavatesse ruumidesse.

Propan ja butaan on standardtingimustel / 760 mmHg sammast ja 20 oC / gaasilises olekus / propaani keemistemperatuur on – 42 oC ja butaanil – 0,5 oC /, kuid juba suhteliselt väikese rõhutõusu puhul läheb üle vedelasse olekusse. Kui rõhku alandada, siis läheb veeldatud süsivesinikgaas kergesti üle gaasilisse olekusse, nn aurufaasi. Nimetatud omaduse tõttu võib neid gaase veeldatud olekus vedada ja hoida mitmesugustes mahutites, balloonides ja mahutites ning pumbata mööda torustikke nagu teisi vedelikke. Propaani ja butaani kriitiline temperatuur on vastavalt 96,8 oC ja 152 oC / Kriitilisest temperatuurist kõrgemal ei ole võimalik rõhku suurendades gaasi veeldada /.

Gaasilistel süsivesinikel on suur tihedus, mis tunduvalt ületab õhu tiheduse/ tihedus õhu suhtes propaanil 1,5 ...1,6 ja butaanil 2,05 /, nad difundeeruvad atmosfääri võrdlemisi aeglaselt, nende süttimistemperatuur, võrreldes enamiku teiste põlevgaasidega, on suhteliselt madal / propaani leekpunkt on < - 42° C ja butaanil – 60° C (kinnine tiigel) / ning plahvatuspiirid segus õhuga on samuti madalad / propaani plahvatuspiirkond on 2,1...11,0 (mahu%), butaanil 1,5...8,5(mahu%) /, neid on võimalik kondenseerida kas temperatuuri alandamisega kastepunktini või rõhu suurendamisega.

Veeldatud olekus on neil gaasidel suur paisumistegur, mis ületab tunduvalt bensiini, petrooleumi ja vee paisumisteguri, kõrge aururõhk, mis kasvab koos temperatuuri tõusuga ja veega võrreldes suhteliselt väike tihedus .

5.3.2 Tule- ja plahvatusohtlikkus

Senikaua kui gaas on mahutites ja torustikes või põleb kontrollitavates põletites, ei ole ta ohtlik. Tulekahju või plahvatus korral muutub vedelgaas inimestele elukardetavaks ja ohustab ümbritsevaid ehitisi ja seadmeid. Gaasi kontrollitaval põlemisel on leek peaaegu värvitu (tekkivad põlemisgaasid CO₂ ja veeaur on värvitud), vabal põlemisel tekib lisaks eelnimetatutele veel mittetäieliku põlemise saadusi (CO, imeväiksed süsinikuosakesed, lisanditest tingitud põlemisgaasid), mis värvivad leegi kollakast kuni mustani.

Plahvatus võib tekkida gaasi ja õhu segu süttimisel (NB ! peab olema süüteallikas) piiratud ruumalas : töösutusruum, kelder, kanal, reservuaar jm .Segu põlemisel sellistes tingimustes põlemisgaasid kuumenevad (gaasileegi temperatuur ulatub üle 2000°C-ni) ja paisuvad, tekitades silmapilkselt kõrge rõhu, mis purustab ehituskonstruksioonid. Kuumad gaasid moodustavad tulekahjukoldeid. Gaasi ja õhu segu plahvatamisel ulatub leegi levimiskiirus mitmesaja meetrini sekundis.

Sellega tuleb arvestada kui plahvatus leiab aset avatud alal (ettevõtte territoorium).

Kõrge temperatuuriga vedelgaasileek / propaanileegi temperatuur 2155° C ja butaanileegil 21300° C / põhjustab katmata kehapiinal raskeid põletusi, isegi lühiajalisel (sekundi murdosast kuni mõne sekundini) kokkupuutumisel. Leegi kestval toimel tekib süttivast materjalist ehitistel tulekahju, mittesüttivad metall- või raudbetoonkonstruksioonid aga purunevad. Kaitsmata metallkonstruksioonid võivad laguneda juba 15 – 20 minuti jooksul.

Vedelgaas võib plahvatada ainult teatud kontsentratsioonis segus õhuga, nn alumise ja ülemise plahvatuspiiri vahemikus / propaani plahvatuspiirkond on 2,1...11,0 (mahu%), butaanil 1,5...8,5(mahu%) /. Neid piire väljendatakse gaasi ja õhu segu mahuprotsentides normaaltingimustel. Temperatuuri tõustes laienevad plahvatus- (süttimis) piirid ning temperatuuril, mis ületab gaasi ja õhu segu süttimistemperatuuri, põleb gaas iga suguse mahulise vahekorra puhul.

Vedelgaasi käitlev ettevõtte peab arvestama asjaoluga ,et vedelgaas on õhust raskem

/ tihedus õhu suhtes on propaanil 1,5 ...1,6 ja butaanil 2,05 / ning pihkamise (lekkimise) korral levib mööda maad ja täidab madalamad kohad, nagu lohud, kaevud, augud jm. Seega võib gaas katta suure maa-ala ja süttida sadade meetrite kaugusel pihkamiskohast. Süttimiskohal tekkinud leek liigub väga kiiresti (mitusada meetrit sekundis) pihkamiskoha poole, mille tagajärjel tekivad suurel maa-alal leek ja kuumad põlemisgaasid. Tavaliselt ei ole võimalik seda leeki kustutada. Seepärast tuleb esmajärjekorras vältida gaasi pihkamisest tulenevat gaasi ja õhu segu tekkimist ning hoiduda lahtise tulega või muude süüteallikatega lähenemast kohale, kus võiks gaasi pihkamist esineda. Igal juhul peab gaasi ja õhu segu tekkimise korral olema välditud võimalus selle süttimiseks.

Intensiivne gaasi pihkamine on määratav ka kuulmise abil. Vedelgaasi pihkamist võib kindlaks teha õhu käes aurustuva vedelgaasi valge värvuse järgi. Tuleb meeles aga pidada, et vedelgaas ei ole aurufaasis peaaegu üldse märgatav. Vedelgaasi aurustumine aga põhjustab torude ja ventiilide jahtumist nende niiskuse kondenseerumist ja külmumist ning härmatise tekkimist .Härmatise tekkimine ongi üks pihkamise tunnuseid.

Pihkamise avastamise huvides vedelgaasile lisatakse odorante, mis annavad talle ebameeldiva lõhna. Odorante lisatakse sellise arvestusega, et lõhn oleks tuntav, kui õhus on mahuliselt 0,5 % gaasi, seega palju varem tuleohtliku segu moodustumisest.

Gaasi ja õhu segu plahvatamisel tekib ruumis suurel hulgal kuumi gaase, mille paisumise tõttu tõuseb rõhk. Maksimaalne rõhk gaasi ja õhu segu plahvatamisel ulatub 85 800 kgf/m² (tabel 5.2). Ehituskonstruksioonide tugevus on tavaliselt mõnesaja kgf/m² piires.

Gaas	Maksimaalne rõhk plahvatamisel [1 kgf/cm ² = 1 at] / [kPa]	Gaasi sisaldus segus, mis annab plahvatamisel maksimaalse rõhu, %
Propaan	8,58 / 841	4,6
n-Butaan	8,58 / 841	3,6

Tabel 5.2

Tehniline atmosfäär on rõhk, mille tekitab jõud 1 kgf, mis on ühtlaselt jaotunud 1 cm² suurusele pinnale.

5.3.3 Vedelgaasi ja selle puuduliku põlemise saaduste mürgisus

Atmosfäärirõhul olevad veeldatud süsivesinikgaasid ei ole inimorganismile mürgised seetõttu, et nad veres väga vähe lahustuvad. Õhku sattunult seguneb vedelgaas sellega ning vähendab õhus sisalduva hapniku osatähtsust. Sellises atmosfääris viibiv inimene tunneb hapnikunälga ning kui vedelgaasi kontsentratsioon õhus on suur, võib järgneda surm lämbumise tõttu.

Vedelgaasi ohtlik toime inimesele suureneb tunduvalt, kui see sisaldab väävelvesinikku või muid väävliühendeid, mis on tugevad närvimürgid.

Kui vedelgaas põleb mittetäielikult, siis sisaldavad põlemissaadused süsinoksiidi ehk vingugaasi (CO), mis on tugeva toimega mürgine gaas.

Et vedelgaasi kahjulikku toimet ära hoida, tuleb esmajärjekorras hoolitseda selle eest, et mahutid, armatuur, torustik ning gaasitarbijate seadmed ei pihkaks. Pihkamise avastamisel tuleb see kohe kõrvaldada.

Ruumides, kus vedelgaasi haihtumine õhku on tootmisprotsessi iseärasuste tõttu vältimatu, näiteks gaasi ümbervalamise tsehhis, peab olema ette nähtud juurdevoolu-väljatõmbe sundventilatsioon, mis tagaks õhus oleva gaasikontsentratsiooni ohututes piirides.

5.4.4 Vedelgaasi ohtlikud lisandid

Lisanditeks, mille sisaldumine veeldatud süsivesinikgaasides võib põhjustada ohtlikke tagajärgi, on esmajärjekorras väävelvesinik ja vesi, mille suure sisalduse korral nendega kokkupuutuva metalli pind kihistub ja paisub. Veeldatud süsivesinikgaaside hoidmiseks kasutatavatele kõrge rõhu all töötavatele mahutitele on nimetatud kahjustused väga ohtlikud. Uurimistöödega on kindlaks tehtud väävelvesiniku ja niiskuse kahjulik ning ohtlik toime mahutite tugevusele.

Metalli kihistumist mahutites täheldati siis, kui propaan sisaldas 0,3 ...1% või rohkem väävelvesinikku. Tehti kindlaks, et metalli kihistumine niiskuse ja väävelvesiniku mõjul toimub 2 kuni 8 aasta jooksul, kuna aga väävelvesinikust puhastatud gaasidega töötavad mahutid pidevalt 10...15 aastat ilma vähimagi kihistumise tunnusetä. Metallide korrosioonilise kihistumise protsess ei sõltu mahutis oleva vedelgaasi rõhust ega temperatuurist.

Kui suure väävelvesinikusisaldusega vedelgaasi tarvitamine on vältimatu, tuleb mahutid valmistada väävelvesinikukindlast legeritud terasest või katta nad seest spetsiaalse kattega. Uurimistöödega on kindlaks tehtud, et vedelgaasi puhastamine väävelvesinikust sisalduseni kuni 0,025% väldib täielikult tema kahjuliku toime mahuti metallile.

Niiskusesisaldus vedelgaasides võib negatiivselt mõjutada ka rõhuregulaatorite normaalset töötamist ning häirida järelkult gaasi tarbijate seadmete pidevat varustamist.

Veeldatud süsivesinikgaasid võivad teatud hulgal lahustada vett, mille sisaldus suureneb temperatuuri tõustes (tabel 5.3).

Veesisaldus 1 kg süsivesinikkude aurudes ületab tunduvalt selle sisalduse 1 kg veeldatud gaasis. Seepärast võib vesi teatud tingimustel vedelgaasist minna intensiivselt üle aurufaasi.

Temperatuur, °C	Lahustunud vee hulk, %(mass)
0	0,06
5	0,09
10	0,11
15	0,155
20	0,21
25	0,27
35	0,41
40	0,52

Tabel 5.3 Vedelpropaanis lahustunud vee hulk sõltuvalt temperatuurist

Temperatuur, °C	Aurus ja vedelikus sisalduvate veehulkade suhe
5	8,2
10	7,1
15	6,3
20	5,7
25	5,2
35	4,3
40	4,1

Tabel 5.4 Propaani auru- ja vedelgaasis sisalduvate veehulkade suhe sõltuvalt temperatuurist

Tabelis 5.4 on toodud propaani auru- ja vedelgaasis sisalduva veehulga suhe sõltuvalt temperatuurist.

Tabelist 5.4 on näha, et 5 °C juures on aurufaasis niiskust 8,2 korda enam kui vedelgaasis. Temperatuuri langedes see suhe suureneb, põhjustades vedelgaasi aurude niiskuse suurenemist külmal aastaajal ning suurendades ohtu rõhuregulaatori drosselorgani külmumiseks.

Gaasi rõhu alandamisel neeldub soojust. Talvel võib see häirida mitteköetavasse kohta paigaldatud rõhuregulaatori soojusvahetust, s.t. drosselit läbiva gaasi temperatuur langeb ümbritseva keskkonna omast madalamaks. Sel juhul võib drosseli ees, kõrgrõhupoolel, tekkida osaline kondenseerumine: kuna vedelgaas lahustab küllastunud auru (vett) ainult vähesel määral, siis suurem osa veest kondenseerub koos vedelgaasi aurudega ning jääb drosseli juurde jääna, samal ajal kui gaasi vedelgaas läbib klapi ja aurustub madalrõhupoolel, alandades veelgi enam rõhuregulaatori temperatuuri. Jääkristallid kasvavad seni kuni drossel on ummistunud ning regulaator lakkab normaalselt töötamast. Regulaatori drosseli külmumine on äärmiselt ohtlik, sest see võib põhjustada lubamatut rõhutõusu rõhuregulaatori taga või katkestada vajaliku rõhuga gaasi andmise tarbijale. Tehastes toodetavast kütusena kasutatavast vedelgaasist vesi eemaldatakse ning praktiliselt ta niiskust ei sisalda. Vett võib sattuda veeldatud süsivesinikgaasidesse mahutitest, millega neid veetakse, kui vesi ei olnud mahutitest pärast veesurveproovi täielikult kõrvaldatud. Kuivadest mahutitest võib niiskus sattuda niiskest õhust. Lumi või vihm võivad koguneda mitmesugustele ühenduskohtadele ja voolikutele ning seejärel sattuda mahutitesse nende täitmisel. Järelikult tuleb kõigil vedelgaasi teekonna etappidel tootjast tarbijani võtta kasutusele abinõud, et vältida vee sattumist vedelgaasi.

5.3.5 Rõhk ja ohutusabinõud

Vedelgaasi temperatuuri muutumisel muutub ka rõhk mahutites: temperatuuri tõusmisel rõhk suureneb, temperatuuri alanemisel aga väheneb. Vedelgaasi temperatuuri tõusmisel võib rõhk mahutites tõusta väga kõrgeks. Mahutites tekkiv rõhk oleneb peale temperatuuri gaasi või gaaside segu margist, mis on mahutisse valatud. Mahutites oleva vedelgaasi rõhu sõltuvus temperatuurist on seotud aururõhu muutumisega. Vedeliku küllastunud auru rõhu all mõistetakse rõhku, mille juures vedelik on tasakaalus selle vedeliku auruga antud temperatuuril.

Elukondlikuks ja tööstuslikuks tarbeks kasutatakse peamiselt propaani, butaani või nende segusid. Nende maa-aluseks hoidmiseks määratud mahutid on arvestatud rõhule

10 at(10 kgf/cm²) (980kPa), mis vastab propaani aururõhule temperatuuril 30 °C. Maapealsete vedelgaasianumate tööõhk võetakse tavaliselt 16...18 at(16...18 kgf/cm²), (1568...1764 kPa), mis vastab propaani aururõhule temperatuuril 45...50 °C.

Ekspluatatsioonis tuleb jälgida, et vedelgaasi temperatuur mahutites ei tõuseks eespool nimetatust kõrgemale. Mahuti tööõhk on kantud tema passi (sildile).

Vedelgaasireservuaaridel kasutatavate kaitseklappide läbilaskevõime arvutatakse tavaliselt niisuguste tingimuste puhuks, kui mahuti välispinnad oleks tule käes. Sel juhul peab kaitseklapp tagama gaasi väljavoolu läbi väljalaskeküünla. Katseandmed näitavad, et tulekahju korral kõigub reservuaaride seinte temperatuur 550...650 oC piires.

Rõhk võib mahutites ohtlikult tõusta ka siis, kui nad lastakse vedelgaasi liiga täis. Mahuteid ja balloone ei valata kunagi täis ääreni, vaid jäetakse neisse ruumi vedelgaasi aurude jaoks. Reservuaaride ja balloone täiteaste oleneb vedelgaasi tihedusest ning temperatuuride erinevusest täitmise ja edaspidise hoidmise ajal. Mahutitel võetakse temperatuuri erinevusel kuni 40^oC täiteaste 85%, suurema temperatuurivahe puhul tuleb täiteastet vastavalt vähendada (tavaliselt arvestatakse arvutustel 80% täiteastmega).

Täiteastet piiratakse seetõttu, et veeldatud naftagaasidel on suur ruumpaisumistegur ning mahuti ületäitumise korral tekivad temperatuuri tõustes metallis ohtlikud pinged, mis võivad põhjustada mahuti purunemise. Aurupadja olemasolu korral vedelgaasi paisumine ohtlikke pingeid ei tekita. Ühesuguse temperatuuritõusu puhul näiteks paisub propaan 16 korda rohkem kui vesi ja 3,2 korda rohkem kui petrooleum. Butaan paisub 11 korda rohkem kui vesi ja 2,2 korda rohkem kui petrooleum.

5.3.6 Vedelgaasi jahutav toime.

Torust või anumast kiiresti atmosfääri voolav vedelgaas jahtub alla nullkraadi. Ümbritsevatele esemetele satudes aurustub vedelgaasis olev gaas intensiivselt ning jahutab neid. Vedelal propaanil on keemistemperatuur -42,1°C ning butaanil -0,5°C.

Õnnetusjuhtumite ärahoidmiseks tuleb hoolitseda selle eest, et vedelgaasis olevat gaasi ei satuks inimestele. Vedelgaasiga töötamisel tuleb kasutada kaitsevahendeid. Käes peavad olema kummeeritud või nahkkindad. Puuvillased ja villased kindad käsi külmumise eest ei kaitse, vaid, vastupidi, soodustavad käte kahjustamist, sest kinnastesse imbub vedelgaasi. Seepärast on niisuguste kinnaste kasutamine keelatud.

Eriti on vaja kaitsta silmi, sest vedelgaasi sattumisel silma võib kaotada nägemise. Seepärast tuleb kasutada ksilgkatetega kaitseprille.

Vedelgaasi jahutava toime iseärasuseks on, et miinustemperatuuri tekkimine vedelgaasi aurustumisel ei olene ümbritseva õhu temperatuurist. Külmumine võib esineda nii talvel kui ka suvel nii väljas kui ka köetavas ruumis.

Talvel võib vedelgaas vabas õhus jahtuda ka temperatuurini alla keemistäppi ning säilitada seejuures vedeliku omadused. See on seletatav sellega, et propaan tahkestub temperatuuril -186 °C ning normaalbutaan temperatuuril -135 °C. Ülejahutatud vedelikkude kasutamine on veelgi ohtlikum.

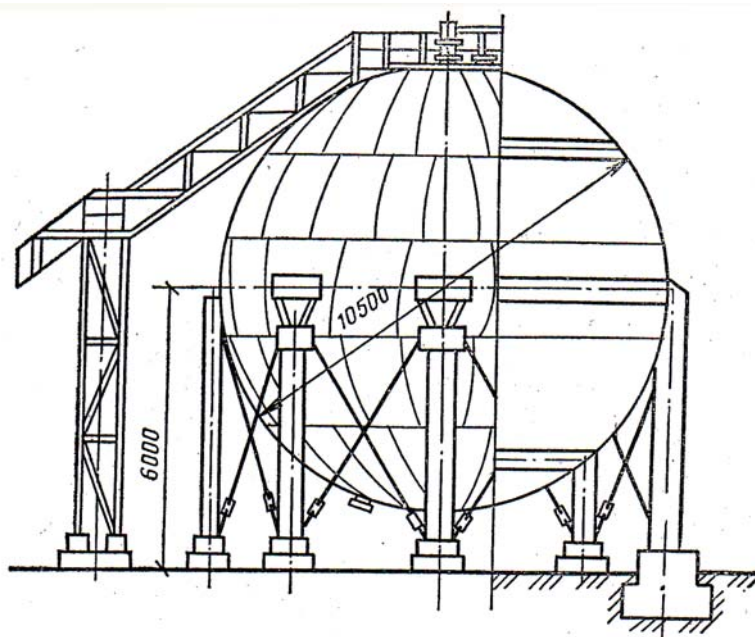
Vedelgaasi jahutav toime häirib mitmeti aparatuuri normaalset töötamist, mis samuti mõjutab ohutust gaasi kasutamisel. Niisuguste häirete hulka kuulub rõhuregulaatorite ja sulgurkaitseklappide sisse kristallhüdraatide ning välispinnale härmatise tekkimine. Reguleeriva ja kaitsearmatuuri töötamisel on need häired sageli põhjuseks, et tarbijate varustamine gaasiga ootamatult katkeb. Peamiseks vahendiks selliste häirete vältimiseks on gaasi kuivatamine niiskusest.

Seega tuleb vedelgaasi hoidmisel ja ümberpumpamisel tarvitavate materjalide kasutamisel alati arvesse võtta nende madalal (alla 0°C) temperatuuril töötamist. Vedelgaasi käitlevate ettevõtete teenindavale personalile antud tööjuhendid peavad ette nägema külmumist vältivaid abinõusid.

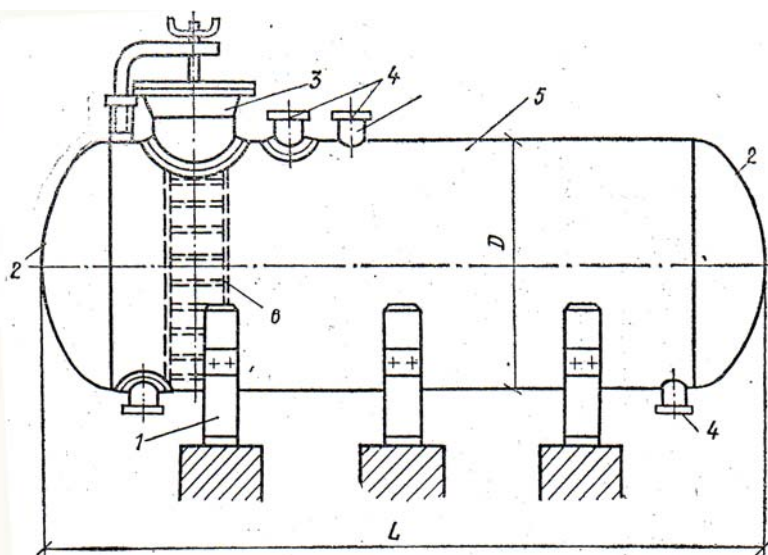
5.3.7 Veeldatud süsivesinikgaaside hoidmine mahutites.

Veeldatud gaasid on sellised gaasid, mis normaalingimustel on gaasilises olekus kuid rõhu tõstmisel nad veelduvad ja vastupidi – rõhu langedes nad gaasistuvad kergesti. Praktiliselt puutume kõige rohkem kokku veeldatud propaani, butaani ja nende seguga.

Veeldatud süsivesinikgaase (peale eelnimetatute ka looduslikku gaasi, metaani) hoitakse survemahutites ümbritseva keskkonna temperatuuril. Kasutatakse terasest silindrikujulisi ja sfäärilisi mahuteid 300, 600, 900, 2000, 4000m³ siserõhuga 0,25 ... 1,8 MPa. Enamlevinud 600 m³-lised mahutid on arvestatud rõhule 1,8 MPa, nende mahutite seinapaksus on 34mm. Silindrilised mahutid paigaldatakse betoonalustele (maa-pealne hoiustamine) või on nad ca pooles mahus maapinna süvendis ning pealt kaetud killustikuga (pool maa-alused). Sfäärilised mahutid asuvad eranditult maa peal (joonis 5.3).



Joonis 5.3. Sfääriline mahuti 600 m³.



Joonis 5.4.
Silindriline maa-
pealne mahuti.

1-toed; 2-sfäärilised otsad; 3-sisenemisluk; 4-stutserid; 5-silindriline korpus; 6-redel.
200 m³ mahuga silindrilise mahuti pikkus on 21 m.

Tuleoht seondub ikka hoitava gaasi lekkega tehnoloogilistest seadmetikest (mahutid, pumbad, kompressorid, torustik jm) ning süttimisohtliku gaasi-õhu segu tekkimises. Gaasikogused võivad olla suured ning levida tuule suunas lekkekoldest eemale ja süüteallika vahendusel (olemasolul) plahvatades süttida (viivisplahvatus). Tulekahju levik ja areng võib olla väga kiire. Tabelis 5.4 on toodud gaaside tuleohtlikud omadused.

Omadus	Näitaja
Põlemissoojus, kJ/kg	45560
Süttimispiirid, %	
alumine	1,6-3
ülemine	8,8-32
Mahavalgunud veeldunud gaasi põlemiskiirus, mm/min	10
Leegi levimiskiirus	
tavalisel põlemisel, m/s	0,8-1,5
detoneerival põlemisel, km/m ³	1,5-3,5
Plahvatuse rõhk põlemisel, MPa	
tavalisel	0,858
detoneerival	42,4
Leegi temperatuur, °C	1300-1400

Tabel 5.4. Veeldatud gaaside tehnilised näitajad.

Süsivesinikgaasid on õhust raskemad (butaan ca 2 korda, propaan 1,52 korda), seetõttu kogunevad nad maapinna lohkudes, moodustades seal õhuga segunedes tule- ja plahvatusohtlikke alasid. Nad elektriseeruvad kergesti, vähesel määral lahustuvad nad endas vett (nt propaanis lahustub 0°C juures 0,06% (mass), 40°C juures – 0,52% (mass)). Kui veeldatud gaas pääseb atmosfääri rõhule, siis ta aurustub intensiivselt, moodustades gaasipilve, mis haarab märkimisväärse ala ettevõtte territooriumist. Veeldatud gaasi olekumuutusel tekkiva gaasi hulka VG on:

$$V_G = 0,82 [(T_g G)/mg] \quad [m^3],$$

kus T_g - gaasitemperatuur, K;

mg – gaasi molaarmass;

G – gaasi mass, kg;

Põlevkontsentratsioon võib tekkida sellises mahus $[m^3]$,

$$V = V_g / C_{al}, \text{ kus}$$

C_{al} on gaasi alumine süttimispiir, $[g/m^3]$.

1 kg veeldatud gaasi aurustumisel tekib keskmiselt 10 m³ gaasi.

Ohtlikud on temperatuuri tõusud, mis põhjustab täis mahutis siserõhu tõusu ja võib lõppeda mahuti purunemisega.

Rõhu tõusu ΔP [Pa] saame arvutada valemiga:

$$\Delta P = \beta \Delta T / \beta_k \quad [Pa],$$

kus β – gaasi mahtpaisumistegur, deg-1;

β_k - gaasi mahuline kokkusurutuse tegur, Pa-1;

ΔT – temperatuuri tõus mahuti kuumenemisel.

Mahuti purunemise põhjuseks võib olla ka vaakumi teke keskkonna temperatuuri langemisel talvel. Siin on oht veeldatud butaanimahuti puhul (butaani keemistemperatuur on – 0,5°C).

Tuleoht on ka veeldatud gaasi ümbervalamisel tsisternidest mahutitesse ja vastupidi. Ohtlikud on ka gaasitanklad.

Ennetustegevus. Eelkõige on vaja vältida gaasi leket. Seetõttu on esmatähtis tehnoloogilise reglemendi järgimine seadmete hooldus- ja remonttöödel. Mahuteid tuleb täita ettenähtud tasemeni (85-90% täismahust). Vajalikud on gaasianalüsaatorid, automaatsed signalisatsioonid – ja kaitsesüsteemid.

5.4. GAASI HOIDMINE BALLOONIDES.

Olenevalt gaasi omadustest hoitakse gaase balloonides kas rõhu all (H_2 , O_2 , N_2), veeldatult (C_3H_8 ; C_4H_{10} , NH_3 , CO_2) või lahustunult (C_2H_2 astetoonis). Enamlevinud on 40 l balloonid. Balloonihoidlad on varjualustes või vabas õhus.

Tuleohtlikkus on seotud eelkõige nende balloonidega, kus gaase hoitakse suure rõhu all (5-15 MPa), balloonide hulgaga ja tuleohtlike gaaside lekkega balloonidest. Lekkeid võivad põhjustada mehaanilised kahjustused, konstruktsiooni defektid, samuti ventiilide mittekorrasolek jms. Lõhkemisohtlikud on ka mittepõlevgaase sisaldavad balloonid, põhjuseks mehaaniline vastastikune toime (löögid, kukkumine jm), kõrge ja madala temperatuuri mõju jm.

Ohtlik olukord tekib balloonide sattumisel tulekahju olukorda, temperatuuri tõusul ballooni siserõhk ületab kriitilise ning tavaliselt 10-15 min pärast võivad balloonid hakata lõhkema. Tulekahju põhjuseid on mitmeid: lah-tine tuli (keevitus, suitsetamine), sädemed metallide vastastikustel löökidel, elektriseadmete mittekorrasolek, samuti õlide ja rasvade isesüttimise soojus hapnikuballooni ventiilidel.

Ennetustöö. Balloonihoidlad on tavaliselt ühekorraselised tulepüsivast materjalist hooned kergkatustega (plahvatusel paiskuvad kergesti eemale), aknad ja ukSED avanevad väljapoole, põrandad on sädemeid mit-tetekitavatest materjalidest. Balloonide ventiilid on kaetud „mütsidega”, balloone hoitakse vertikaalselt. Kat-mata ventiilidega balloone hoitakse horisontaalselt, spetsiaalsetel süvenditega puualustel. Staabeldamise korral ei ületa kõrgus 1,5 meetrit. Balloonide ventiilid on suunatud kõik ühele poole. Põlevgaaside balloonid (H_2 , C_2H_2 , C_3H_8 jt) hoitakse eraldi hapniku, kloori, fluori, suruõhu jt. oksüdeerijate balloonidest. Eraldi ka mürgiste gaaside balloonidest. Kloori hoitakse eraldi spetsiaalses laoruumis, väävelvesiniku balloone hoitakse vabas

õhus varjualuses.

Balloonihoidlates on tavakohaselt gaasianalüsaatorid ja eriventilatsioon, mis häire korral evakueerib hoidlast ohtliku gaasikoguse. Balloonihoidla ümber on vähemalt 10 m laiune ohutsoon, kus ei tohi hoida põlevmaterjali ega tohi teha tuletöid. Tulekahju korral lähenetakse balloonele külje poolt, mitte otste poolt.

6. PEATÜKK. SÜTTIVAIK TOLME JA KIUDE ERALDAVATE TOOTMISTEHNOLLOOGIATE TULEOHUTUS

6.1. TOLMUDE JA KIUDE TULEOHTLIKKUS

Mitmetes tootmisharudes toimub põlevmaterjalide peenpurustus (peenjahvatus). Tegu võib olla nii saadustega (puu- või jahutolm, suhkur jm), tootmisjääkidega või vahesaadustega.

Tekstiilitööstuse kasutab mitmesuguseid kiumaterjale, mis oma iseloomult on kas looduslikud või sünteetilised. Toorainena kasutatakse: puuvilla-, lina-, kanepi-, dzuudi-, villa-, siidi-, kunst- ja sünteetilist kiudu. Sageli kasutatakse sünteetilist kiudu koos puuvillakiuga. Looduslikest kiududest kasutatakse kõige enam puuvillakiudu. Olenevalt osakeste mõõtmetest ja õhus liikumise kiirusest võib tolm ja kiud olla hõljuvas olekus (aerosool) või sadenenud (aeroeel) olekus.

Suur kogus aerosooli tekib lihvimisseadeldiste juures jm. Põlevaine tolm on väga tuleohtlik, ohtlik on ka aeroeeli isekuumenemise ja süttimisvõime. Aerosooli põlemine sarnaneb plahvatusega. (tabel)

Tolmu liik	Funktsioon [µm]	Funkts 75 µm välja- tulek	Niiskus %	Tuha sisaldus %	Alumine süttimis konts., g/m ³	Tolmu temperatuur aerosool	isesüttimis- °C aeroeel
Turvas	850	-	-	8,8	10-30	630-750	205
Kumm	850	kuni 1	0,0	41,3	10,1	1000	200
Väävel	850	-	0,0	0,0	2,3	575	190-205
Puidu- jahu	74-100	-	6,4	1,5	12,6- 25,0	-	255
Tubaka s	100	50	1,8	7,6	101	564	-
Mais	-	-	9,5	1,75	22,7	850	-
Peedi suhkur	140	-	-	-	8,9	525	350

Tabel 6.1. Mõnede tolmude tuleohtlikud omadused

Tabelist näeme, et aeroeeli isesüttimistemperatuur on 1,5-5 korda väiksem aerosoolist.

Looduslike kiudude tuleohtlikkus oleneb tema tselluloosi kui kergelt süttiva aine sisaldusest. Linakius on kuni 83% tselluloosi, kanepikius – 79% ja puuvill on peaaegu puhas tselluloos (90-94%).

Taimse päritoluga kiumaterjal koosneb eraldi kiududest, mille sees peale taimemahla kuivamist moodustuvad tühjad õhuga täidetud kanalid. See loob soodsa olukorra oksüdeerumiseks, põlemise isegi ilma õhu juurdepääsuta. Suure eripinna ja õhurikaste pooride tõttu süttib taimne kiud madala energiasisaldusega süüteal-likast (mehaaniline säde, sisepõlemismootorist väljunud säde vms). Mida suuremapoorilisem on materjal, seda tuleohtlikum. Seetõttu on puuvill üks süttimisohtlikumaid kiumaterjale.

Loomse päritoluga kiumaterjalid süttivad pooride puudumise tõttu halvemini.

Looduslike kiudude kuumutamisel algab 130°C juures nende lagunemine, mille juures tekivad gaasitaolised ained. Temperatuuril 280°C kiud söestuvad. Kiudude isesüttimise temperatuur on umbes 400°C, kuid pikaajaline kuumutamine võib isesüttimise esile kutsuda juba 200°C juures.

Pestud ja kuivatatud linakimpude ja kanepikimpude kuhjad võivad ise süttida temperatuuri piires 250-280°C. Kanepi põlemissoojus on 17472 kJ/kg, põlemiskiirus 0,15 m/s.

Puuvill süttib väga kergesti sädemest ja kohalikust soojendusest. Tema põlemissoojus on 17347 kJ/kg, põlemisel eraldub palju suitsu. Mittekokkusurutud puuvill põleb paremini kui kokkusurutult (pressitud), põlemiskiirus on 0,1 ... 0,15 m/s. Puusvilla süttimistemperatuur on 210°C, tal on kalduvus soojuslikule ja keemilisele (ok-südeerijate, HNO₃ ja H₂SO₄ toimel) isesüttimisele. Taimsete õlide sattumine lina-, kanepi- või puuvillakiule või nende tootmisjääkidele oksüdeerumisel tekitavad materjali isekuumenemise, mis võib viia isesüttimiseni. Süttivad (põlevad) materjalid on peaaegu kõik sünteetilised kiud.

6.2. JAHVATUSSAADUSTE TOOTMINE

Tehnoloogiline liin algab teravilja vastuvõtu ja hoidmisega; seejärel valmistatakse teravili ette jahvatuseks, jahvatamisprotsessis saadakse erinevaid tooteid/saadusi, mis taarastatakse ja suunatakse valmistoodangu lattu. Tehnoloogilise protsessi tuleoht seisneb süttimisohtlike tolmu-õhu kontsentratsioonide tekkes seadmestikus ja tootmisruumides. Tootmisruumides on põlevmaterjaliks ka teravili ise. Tolm tekib nii teravilja transportsüsteemides kui ka eriti rohkesti jahvatusseadmetes ning sõelumise juures. Tolmus sisaldub põlevainena tärklis. Süüteallikad, mis võivad süüdata nii aerosooli kui ka aerogeeli on järgmised: rihmülekannete juures tekkiv hõõrdumissoojus, liikuvate lintide rullikute kinnikiilumine, soojenemine vähese määrdetõttu;

- sädemete teke
- valtsveskite reguleerimatusest tingitud hõõrdesoojusefektid
- staatilise elektri lahendused

Tulekahju areng on siinses tootmisharus väga kiire põlevmaterjali rohkuse tõttu.

Ennetustöö põhiohk on pööratud tolmuva tootmise korraldamisele (ventilatsioonüsteemid, hermeetilised seadmed jm). Elektrimootorid on tolmukindla korpusega. Ventilatsioonüsteemid peavad käivituma vähemalt 15 s enne tootmiseseadmestiku käivitamist ning peale nende seiskamist töötavad ventilatsiooniseadmed veel 2-3 minutit. Jahutoodete torustransportsüsteemi peab aeg-ajalt puhastama sinna tekkinud aerogeelist.

6.3. KIUMATERJALIDE LAOD

Taimset kiumaterjali (puuvill, lina, kanep, dž uut jt), loomset kiumaterjali (vill, siid) ja sünteetilist kiumaterjali hoitakse toormaterjali ladudes, mis võivad asuda nii hoonetes kui ka avatud õhus varjualustes. Laod jaotuvad vastavalt nendes ladustatud materjali koguse järgi.

Tuleoht seisneb ladustatud põlevmaterjali koguses, kerges süttimisosus ning tekkinud tulekahju kiires arengus. Tulekahju kustutamine on raske, sest tuli tavaliselt on tunginud staabeldatud kiumaterjalide sisemusse. Süüteallikateks võivad olla sisepõlemismootorite heitegaasides olevad sädemed, keevitussädemed, äike, mittekorras elektriseadmed, samuti lahtine tuli üldistest tuleohutusnõuetest mittekinnipidamine. Arvestamata ei tohi jätta isekuumenemisest tulenevat isesüttimist.

Ennetustegevuses tuleb vältida süüteallikate teket. Staabeldatud kiumaterjalide kuhjade vahel peab olema vähemalt 2 m. Materjalide kuhjasid võib katta kuumadel ilmadel nt presendiga, mida võib veega niisutada. Materjalide hoidmisel staabeldatuna tuleb kinni pidada virnade või kuhjade maksimaalmõõdetest (tabel 6.2).

Puuvilla, villa, kunstkiu staabeldatud vira	22 x 11 x 5
Villa kuhi (kaks teineteisest 2 m kaugusel olevat vira)	6 x 150 x 5
Pesemata villa kuhi	40 x 6 x 5

Tabel Staabeldatud virnade ja kuhjade maksimaalmõõdeted , m

6.4. LINATÖÖTLEMISETTEVÕTTED

Praegu ei ole Eestis märkimisväärset linakasvatust, mistõttu ka vastavaid ettevõtteid ei ole. Kuid traditsioonilistel linakasvatusaladel Lõuna-Eestis linakasvatust hoogustub.

6.5. PUUVILLA KETRUSVABRIKUD

Ketrusvabrikutesse saabub lähtematerjal (puuvill, linakiu, vill, kunstkiu jm) kokkupressitud pallidena (nn pallidena) massiga 120-275 kg. Pressitud puuvilla tihedus on kuni 600 kg/m³. Puuvillakiud pakendis on kaootiliselt seostatud ja deformeerunud. Toorpuuvill sisaldab mitmesuguseid lisandeid (seemned, lehed, liiva, tolmu jms). Seetõttu kuulub toormaterjali korrastamisele / eeltötlusele hulk aega ning vahendeid. Vastuvõtulaost suundub puuvill ketrusvabriku sorteerimistsehhi, seejärel ketruse tehnoloogilise liini algusesse. Kiireltpöörlevas (265 min⁻¹) eelkohesti võllil puhastub puuvill jämedatest lisanditest, seejärel suunatakse ta horisontaalkohestisse ja vertikaalkohestisse, kus jätkub puuvilla peenpuhastus (siin on tööorganiks kiireltpöörlevad trummelnoad, 460-750 min⁻¹). Ropsimismasinaid kujutavad endast komplekti horisontaalsest kohestist, vaheropsijast ja lõppropsijast. Ropsimismasina tööorgani pöörlemiskiirus on 1000-1500 min⁻¹. Selles masinas muutub vormitu puuvillamass pikikiuliseks villapoomiks, mis rullidena suunatakse kraasimismasinasse kiudude lõplikuks eraldamiseks, järgneva puhastamise ja sirgestamisega. Kraasimismasina trummel diameetriga 1300 mm on kaetud nõellindiga ning pöörleb kiirusega 160-180 min⁻¹. Järgnevad tehnoloogilised operatsioonid tehakse ketrusvabrikus. Seal saab kiudude kokkukeerutamisel vastava jämedusega lõnga. Ketrusmasinal on tavaliselt 250 kuni 500 värtinat. Tehnoloogilises protsessis jääb järele hulgaliselt jääkmaterjali, mis lõppkokkuvõtteks pressitakse 120-130 kg pallidesse.

Tuleohtlikkus seisneb suure hulga kergeltsüttiva materjali olemasolul ning süüteallika olemasolul on võimalus tulekahju tekkeks. Lisaks on ohtlikud tolmu- ja saasteosakesed tehnoloogilised operatsioonid.

Ennetustegevus on suunatud töödeldava toorme kuhjumise vältimisele tootmisruumides, tolmu tekkevõimaluste vähendamisele ja süüteallikate tekke vältimisele.

6.6. KUDUMIS-JA TEKSTIILITOODETE ETTEVÕTTED

Toorme eeltötluse tulem on kudumis- ja riidevabrikute sisend. Eestis pole käesoleval ajal vastavaid ettevõtteid. Varem on riidet valmistatud Pärnu Linakombinaat, Sindi Kalevivabrik.

Riide tootmise tehnoloogias on kuumutusseadmeid, kus riidet kuumutatakse 700-800°C pinnal (riidekanga temperatuuri ei lasta tõusta kõrgemale 150-180°C-st). Kemikaale kasutatakse riide pleegitamisel (vesinikperoksiid, naatrium- ja kaltsium hüpokloriidid, kloriidid). Värvimisel on samuti kasutusel kemikaalid-värvid. Sageli kantakse riidekangale ka termoreaktiivseid värvaineid (nt karbamiid-formaldehüüd või melamiin-formaldehüüdühendid).

Eeltoodud lühikokkuvõttest võib järeldada tuleohtu tingivaid tegureid:

- riidekangas ise kui põlev materjal;
- kõrgetemperatuurilised tehnoloogilised seadmed, kus küll peab tagama riidele lubatud maksimumtemperatuuri 180°C ... ent avarii korral on kuumutuspinna temperatuur 700-800°C võimeline väga kiiresti süütama seadmes oleva riidekanga;
- valgendamisel kasutatakse tugevaid oksüdeerijaid. Teatavasti on aga oksüdeerimisreaktsioon tugevalt eksotermiline, riidekanga materjal aga suhteliselt kergesti süttiv (nt puuvillane riie);
- mitmes tehnoloogilises etapis eraldub palju tolmu;
- süüteallikateks võivad olla mitte ainult staatilise elektri lahendused või muud sädemetekitajad vaid ka ülekuumenevad kohad (laagrid, niitide keerdumine pöörlevate seadmeosade ümber jm);
- värvimisel on kasutusel sellised tuleohtlikud ained nagu naatriumhüpo-sulfit, diasovärvid jm värvid. Riidetrükil kasutusel olevad värvid eraldavad lahusti auru (nt waitspirt), mitmed värvid võivad plahvatada löökide mõjul.

Tulekahju areng võib olla kiire põlevmaterjalide rohkuse tõttu, lisaks võib toimuda tolmu- ja saasteosakeste plahvatusi.

Ennetustöös tuleb eelkõige tagada tootmisruumide ja – seadmete puhtus. Vältida aerogeelide teket. Jälgida tuleb elektriseadmete maanduse korrasolekut. Ventilatsiooniruumide korrasolek tagab tolmu- ja saasteosakeste eemaldamise tootmisruumides. Tehnoloogilistes protsessides kasutatavate kemikaalide käitlemisel tuleb järgida kasutamise- ja hoidmisnõuetest.

Tulekahju kustutamisel kasutatakse tavaliselt nn "märga" vett ja vahtu (kui põlevad taimsed ja kunstkiud) ning pihustatud vett (kui põlevad sünteetilisest või loomsest kiust materjalid).

KÜSIMUSTIK TULETÖRJE-TEHNILISEL ÜLEVAATUSEL JAHUJAHVATUS ETTEVÖTETES

1. Kas jahvatusseadmed on hoones, mis on eraldatud teistest tuletõkke rajatisega?
2. Kas torud, mahutid, pneumotranspordiseadmed jm on valmistatud mittepõlevast materjalist?
3. Kas ventilatsioonisüsteemis on avarii korral automaatselt sulguvad klapid, mis takistavad tulelevikut?
4. Kas pneumotranspordisüsteemil on alarõhk?
5. Millisest materjalist on separaatorite korpused, imemisfiltrid jt seadmed?
6. Kas filterriie on töödeldud tuldkaitsva seguga?
7. Kuidas eraldatakse tootmisruumidest tolm? Kas seadmete efektiivsus/tootlikkus tagab ruumide normikohase puhtuse tolmu suhtes?
8. Kas tsükloni punkritel jt seadmetel on plahvatuskaitse ning kas nende toime tagajärjed on tootmishoone eemalduva suunaga?
9. Kuidas kontrollitakse kuullaagrite pinnatemperatuuri?
10. Mitu korda vahetub õhk tootmisruumides?
11. Kuidas kontrollitakse tolmu kontsentratsiooni tootmisruumis?
12. Millisel viisil (kuiv-, märgmeetod) puhastatakse seadmeid konstruktsioonielemente ning ehituskonstruktsioone tolmust ja aerogeelist?
13. Kuidas on eraldatud üksteisest tehnoloogilise liini lõigud vältimaks tulekahju puhkemisel selle kiiret levikut (ruumidevahelised konveierlindid, transmissioonülekanDED, -võllid jms).
14. Kuidas tehakse tuletõid tootmisruumides?
15. Kas elektrisüsteemide montaaž ja eksploatatsioon on nõuetekohane? (elektrimootorite tüübid, käivitusseadmed, valgustid, isolatsioonitakistuse mõõtmise tähtajad jm).
16. Kas korrustel on avariiväljalülitusnupud seadmete peatamiseks tulekahju puhkemisel mõnes tehnoloogilise liini lõigus?
17. Milline on tootmisruumide küttesüsteem? Kas kütteradiaatorite pinnal pole aerogeeli?
18. Millised on tulekahju signalisatsiooni – ja kustutussüsteemid? Millised on esmased tulekustutusvahendid ja kas nende paiknemisega on tagatud ka nende kiire kättesaamine tulekahju puhkemisel?

(elektrimootorite tüübid, käivitusseadmed, valgustid, isolatsioonitakistuse mõõtmise tähtajad jm).

(elektrimootorite tüübid, käivitusseadmed, valgustid, isolatsioonitakistuse mõõtmise tähtajad jm).

7. PEATÜKK. PUIDUTÖÖTLEMISETTEVÖTETE TULEOHUTUS

Puit on väärtuslik ning väga levinud orgaanilise päritoluga toore. Temast valmistatakse erinevaid saematerjale, vineeri jms. Tisleritööde nomenklatuur on samuti suur. Puidutöötlemisettevõtted on kõik tuleohtlikud ettevõtted, tulekahjud on tavaliselt kõikehaaravad ning suure materiaalse kahjuga.

7.1. METSAMATERJALI LAOD

Metsas langetatud puu laositakse ja tükeldatakse sobivasse suurusesse kohapeal. Laos ladustatakse palgid (ümarpuut) vastavalt suurusele, markeeritakse ja vajadusel ka pakendatakse enne väljastamist autodega või raudteel. Ladude territooriumil võib olla peale-maha-laadimis estakaadid, saeraamid, autogaraažid, administratiivhooned. Laod võivad paikneda ka mere- või jõesadama piirkonnas. Saematerjali ja ümarpuutu hoitakse staabeldatult kuni 12 m kõrgustes virnades. Ballastmaterjali (saepuru, oksa- ja koorepuu) hoitakse kas kindestes või poolkinnistes laoruumides, enamikel juhtudel hoitakse materjali lahtiselt õhu käes.

Tuleoht seisneb eelkõige väga suures põlevaine koguses, süüteallikates ja tulekahju kiires arengus ning levikus. Puitmaterjali kogus ühes staabeldatud virnas võib ulatuda 55m³-ni, põlemiskoormus on kuni 500-700 ning enam kg/m². Puitmaterjali saagimisel tekib saepuru kõrval ka tuleohtlik puutolm.

Süüteallikaks – sädemetekitajaks võivad olla puulõhkumisseadmed, ventilaatorid, sisepõlemismootorite heitgaaside sädemed, staatilise elektri lahendused, pikne, laagrite ülekuumenemine, valgustusseadmete rikked jpm. Tähelepanu tuleb pöörata töötlemisjäätmete isekuumenemisele ning sellega seonduvale isesüttimisele.

Kindlaks on tehtud, et tuli haarab staabeldatud puitmaterjali 8°C juures ca 8 minutiga, 15°C juures aga juba 4 minutiga. Mida kõrgemad on staabeldatud virnad, seda kiiremini tuli levib. Põlevast lauavirnast 10 m eemal on

soojuskiirus 10,5-17,5 kW/m², mis söestab puidu veel süttimata staabeldatud virnades 5-15 min jooksul. Tule levik oleneb puitmaterjali tüübist. Tabelis 7.1 on toodud 6x6x6 mõõtmetes 20-40 mm paksuste laudade staabeldatud kuhja ümber. Staabeldatud ümarmaterjali puhul samadel tingimustel on leegi leviku kiirus keskmiselt piires 0,35...0,7 m/min.

Puidu niiskus, %	Tuule kiirus, m/s	Leegi levimise linearkiirus, m/min	Ühe staabelkuhja tules haaramise aeg, min.
8-12	0,5-3,5	4	2
10-18	0,5-3,5	2,3	3
20-30	0,5-3,5	1,2	7
> 30	0,5-3,5	1	15

Tabel 7.1 Leegi levimiskiirus olenevalt puidu niiskusest.

Keskmine leegi lineaarne levimiskiirus 30-50% niiskusesisaldusega kuuse- ja männipuidu puhul on piires 0,15-0,2 m/min. Tuule kiirusel 1,5-2 m/s leek lamendub ja võib katta ka 10 meetrilisi staabeldatud kuhjade vahedkaugusi, mis kiirendab oluliselt tulekahju levikut. Tuule kiirusel 10-14 m/s tekivad virnade vahel tuulepöörised, mis kannavad edasi sädemeid ja kergemaid põlevaid puidutükke. Sellisel juhul ei ole kaitsev ka 25 meetrine kuhjadevaheline kaugus. Tulekahju levikuga kaasnev soojuse eraldus tekitab ka ise konvektiivseid õhuvoolusid, mis kannavad edasi nii sädemeid kui kergemaid põlevaid lauakesi sadade meetrite kaugusele, põhjustades uusi tulekahju koldeid.

Ennetustööd ladudes. Lattu saabunud materjal ladustatakse/staabeldatakse varem tuleohutuse seisukohti arvestav väljatöötatud tehnoloogiline kaart. See on kooskõlastatud tuleohutusjärelvalve institutsioonis. Reglementeeritud on lao territooriumil asuvate ehitiste ja rajatiste ohutud vahedkaugused. Territooriumil ei tohi koguneda liigselt puidutöötlemisjääke, nende transportimisel kaetakse nad võrgu või presendiga vältimaks laialipudenemist transpordil.

Normeeritud on toorme, pooltoodete ja toodete kogused. Ladudes ei ole lubatud sisustada teenisturuume. Tsüklonite jm. tolmu- ja saepuru saagimise mahutite ületäitumist tuleb vältida (puutolm, saepuru jms.). Vältida tuleb elektrisüsteemides esinevaid lühiseid (süüteallikas), samuti staatilise elektri lahendusi. Tehnoloogilise seadme kasutamisel tuleb järgida kasutamise ja hooldamise eeskirju. Kütust ja määrdeainet tuleb hoida nõuetekohaselt koguses ja kohas. Kõikidel sisepõlemiskootoriga liikuritel peab olema heitgaaside sädemetepüüdjad. Lahtist leeki ladude territooriumil pole lubatud (löke jms.). Suitsetamiskoht peab vastama tuleohutusnõuetele. Kõikidel töötajatel ja insener-tehnilisel personalil on kohustus läbida tuleohutuse instruktaaz. Ladudes peab olema ka tavaline käsitsi sisselülitatav tulekahjusignalsatsioon. Lisaks esmatulekustutusvahenditele peab ladudes olema ka lisainventar tulekustutustööde teostamiseks.

7.2. PUIDUTÖÖTLEMISERVEVÕTTED.

Ettevõtete toodangu nomenklatuur on lai: mööbel, puit-laast plaadid, vineer, tiseritooted (uksed, aknad jt), ehituse puitpaneelid jm. Tehnoloogilised operatsioonid on: ümarmaterjali saagimine sellele järgneva kuivatamisega kuivatuskambrites, pooltoodete ja lõpptoodangu valmistamine. Lõpuks on toodete viimistlemine (lakkimine, peitsimine, värvimine vms). Selleks on ettevõtetes vastavanimelised tsehhid (osakonnad), peale selle on ettevõttes ka abitsehhi (osakonnad) – remont-mehaanika, instrumentaal-teritus, abimaterjalide jm tsehhid. Põhiliselt allub puit mehaanilisele töötlemisele: saagimine, freesimine, hõõveldamine, lõikamine/tükeldamine, pressimine jm.

Kuivatamine toimub kambril või tunnelahjudes, soojust antakse sinna auruga, või läbi kaloriiferi kuuma õhuga. Kuivatamiskambritel on ka kõrgsagedusvooluga. Kuivatamisprotsess on tavaliselt 4-6 tundi puidu temperatuuril 80-100°C.

Kuivatatud puitmaterjal liigub edasi tiseritsehhi edasiseks mehaaniliseks töötlemiseks, peale selle komplekteerimistsehhi ja siis viimistlustsehhi.

Tuleohutus seondub suure hulga põlevmaterjali (puit) olemasoluga. Puidu töötlemisel tekib tolmu, väike- ja keskmise suurusega puidujäätmeid. Viimistlustsehhis on värvid, lahustid, lakid jm. tuleohtlikud vedelikud, millede aurud võivad moodustada segus õhuga süttimisohutliku kontsentratsiooni. Puidutolmu tekib palju lihvimistöödel. Puutolmu fraktsioonil mõõtmetes 74...100 µm, niiskusega kuni 6,4% ja tuhasisaldusega kuni 1,5% on plahvatusohutliku kontsentratsiooni 12,6...25 g/m³ süttimisenergia vaid 20 mJ. Puutolmu aerogeeli

isesüttimistemperatuur on 255°C. Puiduliimid on samuti tuleohtlikud (formaldehüüd-, epoksiid-, karbamiidliimid kergeltsüttivates lahustites).Lahustite ja lahjendajatena kasutatakse sagedamini atsetoni, tolueeni, ksüleene, etanooli, propanooli, butanooli, waitspirti, samuti lahustite segusid, millel on madal leektäpp ja süttimistemperatuur. Lahusti aurude süttimisohht nendes tsehhides on väga suur. Seadmete õlitamisel kasutatakse mootori- ja industriaalõlisid, mille leektäpp on piires 135°C ...210°C. Õli sattumisel puidujäätmetele tekib isesüttimise oht.

Süüteallikaid võib leida mitmesuguseid:

- kiireltpöörlevate seadmete hõõrdesoojus vähese määrimise/õlitamise puhul;
- seadmete metallosade ebareeglipärasel kokkupuutumisel tekkivad sädemed;
- tuletööd;
- puidu töötlemisel temas leiduvate metallitükkide kaudu vm põhjustatud sädemed;
- õliste puidujäätmete isekuumenemine;
- elektrisüsteemide lühised;
- staatilise elektri lahendused;
- konveieri lintide vedavrullikute kinnikiilumine jms.

Uuringud on näidanud, et mööblivabriku tsehhides on põlevmaterjali [kg/m²] on järgmistes piirides:

Puidu mehaaniline töötlemine	- 78
Viimistlus	- 70
Värvimine	- 35
Koostamine, komplekteerimine	- 45
Vaheladu	- 225

Ennetustöö seisneb eelkõige põlevmaterjali koguste minimiseerimisel tsehhides (ei tohi koguneda liigset tooret, vahetooteid, tootmisjääke jm). tolmuva tootmisruumi peavad tagama head ventilatsioonisüsteemid. Kontrollida ja puhastada tootmiseseadmed ja ruumid arogeelist. Jälgida õlide kasutamist , vältida nende mahatilkumist. Jälgida, et tolmustes ruumides ja lahusti aure sisaldavates ruumides ei tekiks süüteallikaid. Tulekahju leviku takistamiseks tuleb ehitusnorme jälgides kinni pidama ruumide vastavust nõutavale tulepüsisvusele. Tuletõkke seinte jm. tuleb eraldada eriti tuleohtlikke operatsioone teostavad ruumid. Regulaarselt tuleb puhastada puidutolmu ja saepuru koguvaid tsükloneid ja teisi vastavaid mahuteid. Pneumotranspordi süsteem peab olema maandatud (staatiline elekter!). Puitmaterjalide kuivatite puhul tuleb jälgida temperatuurirežiimi, vältida materjali ülekuumenemist. Kuivatist väljuv materjal tuleb staabeldada nõuetekohaste mõõtmatega virnadesse, vältimaks isekuumenemist ja isesüttimist.

KÜSIMUSTIK PUIDUTÖÖTLEMISETTEVÖTTE TULEOHUTUSE ÜLEVAATUSEL

Metsamaterjali laod

1. Millistes kogustes hoitakse metsamaterjali ladudes, kas on see normatiividekohane? Kas staabeldatud materjalivirnade mõõtmed ja vahekaugused on tehnoloogilise reglemendi kohased?
2. Milline on metsamaterjali lao territooriumi üldine seisukord (üleliigsed kogused puidujäätmeid, kas staabeldatud materjalivirnade vahel on vajaliku laiusega läbipääsud jm)?
3. Kuidas on korraldatud tuletõrje veevarustus? Kas on see piisav? Millises seisus on tuletõrje veehoidla(d), hüdrandid, kas neile on olemas juurdepääs jm.?
4. Kas on vabad tuleohutusosalad staabeldatud materjalikuhjade, tootmis- ja laohoonete vahel? Kas on autodele võimaldatud parkimine töövälisel ajal?
5. Millisel kaugusel on sisepõlemismootoritega töötavad tõstemehhanismid (vintsid), kas kütuse- ja määrdeainete hoidlad on piisaval kaugusel ladustatud puitmaterjalist?
6. Millisest materjalist on valmistatud pneumotranspordisüsteemi õhupuhurid? Kas neil on automaatselt töötavad tuletõkendid? Kas on olemas automaatblokeering tehnoloogiliste seadmete avarii korral? Kas tolmu- ja saepuru tsükloneid puhastatakse regulaarselt? Kas nende töö tagab tolmuva keskkonna tootmisruumides? Kas ei toimu keskkonnareostust tootmisjääkidega?
7. Kas sorteerimistehhis on tagatud eralduva puutolmu eemaldamine?
8. Kuidas kontrollitakse laagrite jt. hõõrdekohtade pinnatemperatuuri?
9. Kuidas maandatakse staatilise elektri laenguid?
10. Kas on ette nähtud konveierite automaatne väljalülitus pneumotranspordi süsteemi ummistuse korral?

11. Kas territooriumil töötavate sise põlemismootoritega mehhanismid, traktorid ja autod on varustatud heitgaaside sädemetepüüdjatega?
12. Millises seisukorras on hüdroseadmed, kuidas toimub õlitamine, õlivahetus, kas on välditud õlireostus puitmaterjalile?
13. Kas ladudes on tuletkahjusignalsatsioon, kas tootmisruumides on automaatne tulekustutussüsteem? Kas tuletõrjekappides olevad voolikud on töökorras? (pole rottide vms.poolt ära näritud!)
14. Kas on nõuetekohased suitsetamiskohad, kuidas toimub töötajate ja teenistujate tuleohutusala koolitus?
15. Kas ladudel on evakuatsiooniplaan?

Puidutöötlemistsehhi

16. Kas on välditud tsehhiades ja ladudes toorme ülenormatiivsete koguste leke?
Kas on vabad evakuatsiooniteed ja – väljapääsud?
17. Kas liimikeedu seadmestik on teistest eraldatud ruumis? Kuidas hoitakse liimi komponente ja lahusteid? (Märkus: kui ettevõtte valmistab liime ise)
18. Kas on tööpinkidel blokeeringud kui pneumotranspordisüsteemis on ülekoormusest tekkinud seisak?
19. Kuidas eemaldatakse tootmisjääke, kuhu on paigutatud jääkide kogumismahutid?
20. Millisest materjalist (põlev-, mitte põlev) on valmistatud pneumotranspordi õhupuhumissüsteemid, kas on olemas kivieraldajad ja magnetseparaatorid?
21. Kuidas toimub tootmisruumidest puutolmu eemaldamine, kuhu on paigaldatud tsüklonid ja kuidas toimub nende puhastamine?
22. Kas tehnoloogiline seadmestik ja pneumotranspordi süsteem on maandatud, kuidas toimub maanduse seisukorra kontroll?
23. Kuidas eemaldatakse seadmetelt tolmu ja aerogeele, kui tihti toimub üldkoristustöö?
24. Kuidas kontrollitakse seadmete laagrite temperatuuri ja kuidas teostatakse laagrite määrimist, samuti nende puhastamist tolmust?
25. Kuidas kaitstakse tehnoloogilisi seadmeid mehaaniliste vigastuste eest, kas on võimalik peale tsehhi töö lõppu kõik seadmed välja lülitada?
26. Kas tööpäeva lõpul tööruumide koristamine tootmisjääkidest, liimist, õlist, lahustitest jm.?
27. Milline on puidutöötlemistsehhi automaatne tulekahju signalsatsiooni süsteem ja tulekustutussüsteem?

Viimistlustsehh

28. Millisel korrusel ja kuidas asetseb viimistlustsehh (maalrid, lihviad jt), kas neil on piisav kaitse tulekahju või plahvatuse eest?
29. Mil viisil toimub toodete värvimine (käsitsi või seadmetega), milliseid lakke ja värve kasutatakse, millised on nende tuleohtlikud omadused?
30. Kuidas toimub värvikambrites ja tsehhiruumis lahusti aurude kontsentratsiooni määramine (kas portatiivne või statsionaarne gaasianalüsaator)? Kas ohtliku kontsentratsiooni tekkest signaliseeritakse?
31. Kuidas ja millistes kogustes hoitakse värve, lahusteid jm. tuleohtlikke aineid? Kas peale töö lõppu viiakse nad tsehhist välja? Kus hoitakse eririietust?
32. Kuidas viiakse värvimis- ja lakkimisseadmete juurde värve, lahusteid ja lakke (torusüsteem, tünnides)? Kui tihti puhastatakse seadmeid nendele sadestunud värvidest ja lakkidest?
33. Kuidas toimub värvitud toodete kuivatamine? Kuidas on paigaldatud kuivatid? Millisel viisil toimub kuivati kuumutamine?
34. Kuidas kontrollitakse kuivatites temperatuuri, kas on olemas väljalülitusseadmed temperatuuri ohtlikul/järsul tõusul?
35. Kas puidu lihvimisseadmed on ruumis, mis on teistest tehnoloogilistest ruumidest eraldatud tuletõkkesseintega? Kas lihvimisseadmete elektrimootorid on sädemetekaitsega?
36. Kuidas eemaldatakse tolmu lihvimisruumist? Kas on välditud sädemete teke selles ruumis?

Kuivatustsehh

37. Milliseid kuivatitüüpe kasutatakse? Millised ja kus paiknevad kuumutusseadmed?
38. Kuidas toimub kuivatite temperatuuri reguleerimine? Kuidas toimib automaatne temperatuurireguleerimissüsteem?
39. Kuidas välditakse sädemete sattumine kuivatisse ja soojuskandja ülekuumenemist?
40. Kas kuivatitel on statsionaarsed tulekustutusseadmed?
41. Kas kuivatitsehhis ei ole liigset puitmaterjali?

8. LOGISTIKA - JA AUTOVEDUDE ETTEVÖTETE TULEOHUTUS

8.1 LOGISTIKAETTEVÖTE - SEE ON KAASAEAGNE LAOTEENUS

Ettevõttel, kes soovib rohkem pühenduda põhitegevusele, on kahtlemata kasulik osta logistikateenus sisse. Laopidamine tähendab vastava tehnika ja tehnoloogia soetamist, haldamist, personalikulud ning kulud kaupade valvamisele. Eestis on palju heal tasemel töötavaid logistikaettevõtteid. Neil on kõrgelt arenenud IT-süsteem kaupade haldamise üle, samuti pakuvad mitmed logistikaettevõtted kompleksteenust. Klient saab täieliku ülevaate kaupade liikumisest ning tal on võimalik saada mitmeid teenuseid ühest kohast.

Kokkuvõtlikult – tavalao teenus (kaupade vastuvõtmine, ladustamine, hoiustamine, - ja komplekteerimine; lisaväärtusteenus (siltide ja maksumärkide kleepimine, promopakendite tegemine jne); jaotusveo teenus (transport sihtkohta, üle Eesti 24 tunni jooksul); tolliagendi- ja tollilao teenus; aktsiisilao teenus.

Kaasaja laos kasutatakse automaatseid (kas täis- või poolautomaatseid) lahendusi, mille eeliseks on laopindade efektiivsem kasutamine, väiksemad tööjõukulud, väiksem arv komplekteerimis ja lähetusvigu jne. Laopinda aitavad paremini kasutada tõstukid, mis vajavad senisest tunduvalt kitsamaid aluseriili vahesid. Kui vastukaalu tõstukid vajavad 3,3 – 4,5 m vahet, siis virnastajad tulevad reeglina toime 2,8 – 3,1 meetrilises vahes ja spetsiaalsete kitsaste vahede tõstukid suudavad töötada juba 1,5 meetri laiuses riulivahes.

Olenevalt ladustatavate kaupade iseloomust on väga erinevaid lahendusi, alates tavalistest süvalaadimisriiulitest (Drive – In) ja rullikutel töötavatest “Push-back” riulitest, kuni erinevate laoautomaatide ja täisautomaatsete ladustus- ja noppesüsteemideni välja.

Kaupade liikumisviise on mitmeid. Enamkasutatavam transpordiliik on meil autotransport. Auto ei sobi küll väga suuremahuliste saadetiste puhul kuid autotranspordiga pääseb sisuliselt ligi kõigile objektidele, teda iseloomustab suur paindlikkus, võimalus vedada väga erinevas koguses ja erilaadilist kaupa.

Transport on üks saastavamaid valdkondi. Seega on mõistetav, et Euroopa Liit püüab eelisarendada keskkonda säästvamaid laeva- ja raudteetransporti. Sellele vaatamata maanteeveod ei vähene.

8.2. AUTOVEOD

Autotransport on üks levinumaid transpordiliike. Kaasajal autotranspordi ettevõtte jagunevad: transpordiettevõtte ja autoteenindusettevõtte. Igal autotootmisettevõttel on oma firma teenindusvõrgustik nii sõiduautodele kui ka suurveokitele jne.. Nõukogude ajast pärinevaid autoremondiettevõtteid enam ei eksisteeri.

Autotranspordi ettevõtte teostavad nii kaupade kui ka inimeste vedu (bussifirmad), viimaste juures on sageli ka tehnilise teeninduse remonditsehhid ning parklad (kinnised, lahtised) autode, busside jm. jaoks.

Teeninduses toimub autode pesemine, kontroll-diagnostilised tööd, elektritööd, määrdetööd, kummide parandus/vahetus. Igal neist teeninduse liigist võib olla omaette hoone. Sageli on ka kütuse tankimine oma ettevõttes.

Autoteenindused on tavaliselt spetsialiseerunud vastavalt auto markidele ja tüüpidele (sõiduautod, veoautod jne). Reeglina toimubki autode teenindus (kõik eelpoolnimetatud tööd) vastavate autofirmade teenindusjäämades.

Autoremondiettevõtteid leidub suhteliselt vähe, ainult bussifirmadel või eraettevõtluse reemes.

Tavaliselt hoiab logistikaettevõtte oma territooriumil mitmesuguseid autotüüpe, kogu autohooldus lasub auto firmade esindustel. Erandid pole ka juhud kui logistikaettevõtte on keskendunud ainult kaupade hoiustamisele ning ostab veo teenust sisse vastavalt vajadusele.

Kütusetanklate rohkus tagab kütuse saamise igal ajal ja igas kohas, kuigi on logistikaettevõtetel ka oma kütusetanklad.

8.3. AUTOODE TULEOHTLIKKUS

seisneb peamiselt autokütuses ja tema koguses (vedelkütused, gaasiline kütus). Autode konstruktsiooni – ja ehituselemente on enamuses valmistatud plastmaterjalidest, mis on piisavalt tuleohtlikud. Vedelgaasikütusega autodel on ohuallikaks surve all olevad vedelgaasiballoonid (50% propaani – 50% butaani – mootorikütus). Autode kinnised parklad (garaažid) on kergkonstruktsiooni tüüpi, kus on kasutatud nii metalli kui ka palastmaterjali.

8.4. TULEOHUTUSNÕUDED GARAAŽIDE (PARKLATE), TEHNOHOOLDUSJAAMADE JA KÜTUSETANKLATE PROJEKTEERIMISEL NING EKSPLUATATSIOONIL.

Projekteerimisel lähtutakse peale tavaliste ehitusnormatiivide ka tuleohutuse seisukohtadest. Arvestatakse maapinna reljeefi, valdavaid tuulesuundi, olemasolevaid juurdepääsuteid, tehnoloogiliste hoonete omavaliselt ohutus vahekaugusi. Arvestada tuleb ka autode tüüpidega, milliseid garažeeritakse. Suurematel auto-teenindustel ja suurematel garažeerimisel on soovitatavad ka väljapääsuteid. Eraldi tavaõidukitest pargitakse eraldi nii (kütuse) paakautod kui ka gaasikutusel töötavad autod. Viimaste puhul tuleb arvestada surugaaside väljalaske võimalust ja surugaasi balloone hoidmist.

(vi EVS 812-4 : 2005 EHTISTE TULEOHUTUS Osa 4 : Tööstus- ja laohoonete ning garažide tuleohutus)

Eraldi normatiivid on nii ettevõtte kütusetankla osas kui ka üldkasutatavate kütusetanklate (maa-alused ja maa-pealsed) osas. Tanklates peab olema maandussüsteem. Projekteerimisel tuleb ette näha tulekahju (või muu hädaolukorra) puhul kiire tehnika evakuaatsioonivõimalused. Seda eeldab autode läbimõeldud parkimiskorraldus. (vt sama Osa 5 : Kütuseterminalide ja tanklate tuleohutus)

8.5. TULEOHUTUS MAA-ALUSTES GARAAŽIDES

Maa-aluste garažide (parklate) ehitamist tingib vastava maapeal oleva maa-ala puudumine. Tavaliselt ehitatakse maa-aluseid parklaid suurlinnades. Neid ehitatakse majade, teede, ristmike, haljasalade jm. asustatud alade alla. Enamikel juhtudel garažeeritakse (pargitakse) maa-alustes ehitistes sõiduaautosid. Ohutu vahekaugus peab olema eluhoonetest. Parklate ehitamisel isoleeritakse nad pealasuvast ehitisest või rajatisest tuldtõkestavate konstruktsioonelementidega (tulepüsivusega min 1-2 tundi). Tulekahju suitsu eemaldamiseks on vastavad suitsueemaldussüsteemid. Kohustuslikud on automaatsed tulekahju signalisatsiooni ja tulekustutus-süsteemid.

KÜSIMUSTIK LOGISTIKA - JA AUTOTRANSPORDI ETTEVÕTETE TULETÕRJE-TEHNILISE KONTROLLI TEOSTAMISEL

1. Kas autode tegelik arv vastab ettevõtte projekteeritud arvule?
 2. Kas ettevõtte hoonetel on nõuetekohased ohutud vahekaugused?
Kas on ohutud kujud ka naaberettevõttega?
 3. Milline on ettevõtte territooriumi üldseisund (põlevmaterjali jäägid, halvas olukorras sõiduteed, veevõtukohad, hüdrandid jm)?
 4. Kas territooriumile sisse-väljasõidu kohtade arv vastab tuleohutus nõuetele?
 5. Kuidas on paigutatud autod? Kas sellega on tagatud kiire evakuaatsioon tulekahju korral? Kas on olemas puksiirtrosse ja teisi abivahendeid? Kus asuvad autode süütevõtmed? Kas on varu/valve autojuhte hädaolukorras rakendamiseks?
 6. Kas on ette nähtud jäätmete kogumise kohad, mahutid? Milline on kanalisatsioonisüsteem, kas see väldib õli- ja kütuserestuse?
 7. Kuidas utiliseeritakse läbitöötanud mootoriõli?
 8. Kas autode remondikohad vastavad tuleohutusnõuetele?
 9. Milliseid lahusteid kasutatakse remonttöödel?
 10. Kuidas on tagatud õhu puhtus garažides ja teeninduskohtades (kütuse- ja õliaurud) ?
 11. Kas gaasikuttega autodel on eraldi parkla/garaž, kus on võimalus kontrollida ja avastada võimalikke gaasilekkeid?
 12. Kas ja kuidas kontrollitakse maa-aluste kütusetanklate hingamis- ja tuletõkke süsteeme?
 13. Kas täidetakse tuleohutusnõudeid autode tankimisel kütusega?
 14. Kuidas on välditud süüteallika teke ettevõtte territooriumil?
 15. Kas on täidetud tuleohutusnõuded akude laadimisruumis?
 16. Kas on nõutavates kohtades automaatne tulekahju signalisatsiooni- ja tulekustutus-süsteem?
11. Energeetikaettevõtete tuleohutus

9. PEATÜKK. ENERGEETIAETTEVÖTETE TULEOHUTUS

9.1. ÜLDMÕISTED.ELEKTRIAAMAD JA ENERGIASÜSTEEMID

Elektrijaamaks nimetatakse enamasti rajatist, mis koosneb

- primaarenergia (või primaarenergiakandja) vastuvõtu-ja töötlusseadmeist;
- seadmeist, mis muundavad primaarenergia elektrienergiaks,
- elektrienergia muundus-ja väljastusseadmeist,
- juhtimis-ja reguleerimisseadmeist,
- mitmesuguse otstarbega abiseadmeist,
- hoonestusest ja muudest ehitistest.

Enamasti koosneb elektrijaam mitmest energiaplokist, mis talitlevad rööbiti ja sisaldavad kõiki eelnimetatud osi. Plokid on tavaliselt ühesugused, kuid võivad ka üksteisest nii võimsuse kui ka ülesehituse poolest erineda. Elektrijaamad on enamasti kohtkindlad, kuid võidakse kasutada ka rong-, laev- ja muid liikuvaid või teisaldatavaid elektrijaamu. Laiemas mõttes võidakse elektrijaamade hulka lugeda ka väikesevõimsuselisi kantavaid (nt mootorgeneraatoritel või akupatareidel põhinevaid) elektrienergiaallikaid.

Primaarenergia liigi järgi eristatakse

- kütustpõletavaid elektrijaamu (põletuskütuselektrijaamu),
- hüdroelektrijaamu,
- tuumaelektrijaamu
- tuuleelektrijaamu
- geotermaalelektrijaamu,
- päikeseelektrijaamu.

Kütustpõletavad, tuuma-, geotermaal – ja päikeseelektrijaamad (viimastest väljaarvatult fotoelektrilised) põhinevad kas primaarenergia muundamisel soojuseks või soojuse otsesel kasutamisel, mistõttu nende kohta kasutatakse ühisnimetust soojuselektrijaamad.

Soojuselektrijaamad võivad olla ette nähtud üksnes elektrienergia saamiseks, kuid sageli annavad nad tarbijatele nii elektrienergiat kui ka soojust. Viimasel juhul nimetatakse neid koostootmisjaamadeks.

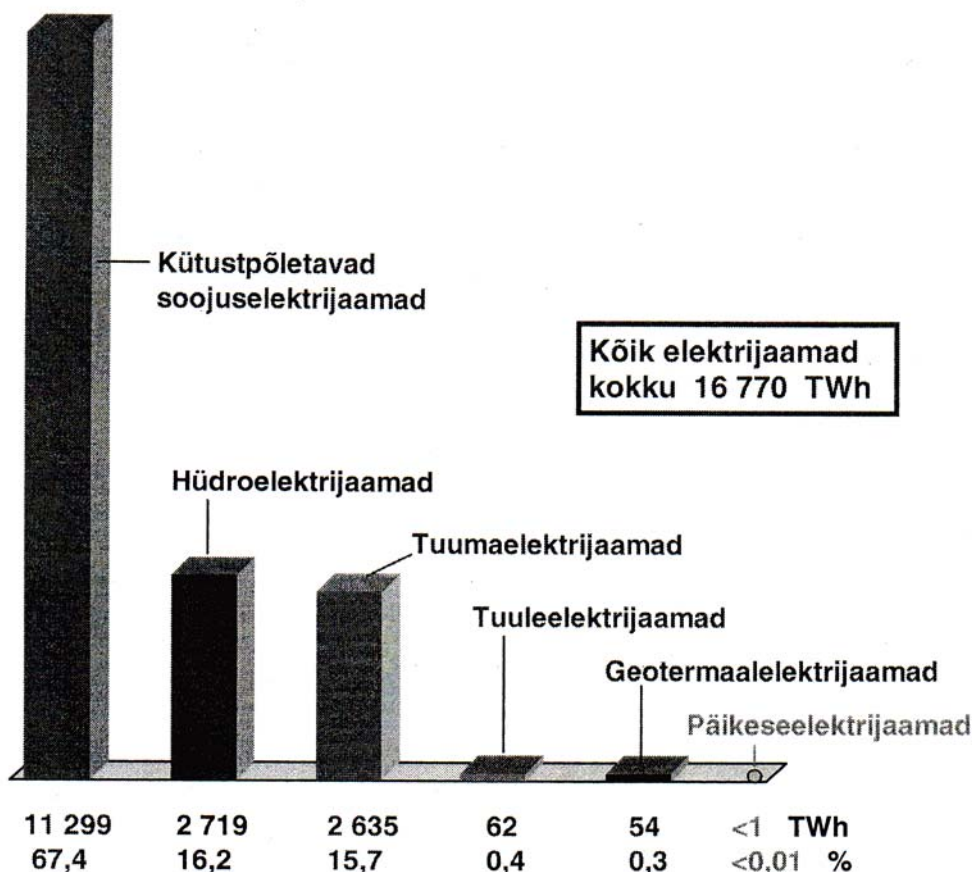
Et üksteisest reserveerida, et koormust omavahel optimaalselt jaotada ning et tagada tarbijate töökindel elektrivarustus, ühendatakse elektrijaamad teatava territooriumi ulatuses energiasüsteemiks. Peale elektrijaamade kuuluvad sellesse süsteemi veel

- elektri edastusliinidest koosnevad elektrivõrgud,
- eri pingega elektrivõrkusid ühendavad või elektritarbijaid toitvad alajaamad.

Lihtsamaid, enamasti ühest või kahest trafost koosnevaid alajaamu, mis toidavad elektritarbijate madalpingevõrkusid, nimetatakse ka trafopunktideks.

Energiasüsteemid võidakse energiatootmise ja – jaotamise koordineerimise eesmärgil ühendada keskusest juhitavaks ühendenergiasüsteemiks. Eri riikide energiasüsteemid (või ühendussüsteemid) võivad ühineda eesmärgi taotleval energialiiduks. Väga suure territooriumiga riigis võidakse eri regioonide ühendussüsteemid liita riigi ühtseks energiasüsteemiks. Ainsana maailma riikidest on selline ühtne energiasüsteem loodud Venemaal.

Eri elektrijaamaliikide osatähtsus on eri riikides erisugune; nii näiteks annavad Norras üle 99% elektrienergiast hüdroelektrijaamad, Araabia maades saadakse aga kogu elektrienergia vedelkütusega või maagaasiga köetavatest elektrijaamadest. Eri elektrijaamade osa elektrienergia tootmisel maailmas tervikuna aastal 2003 on kujutatud joonisel 9.1. Joonis näitab, et üle kahe kolmandiku maailma elektrienergiatarbest kaetakse kütuste (eeskätt fossiilkütuste) põletamise teel. Lähema 10 aasta jooksul on küll oodata teiste (eeskätt tuule- ja päikese) elektrijaamade võimsuse kiire kasvu jätkumist, kuid nende osatähtsus jääb ikkagi ainult mõne protsendi piiridesse.



Joonis 9.1. Maailma elektrienergia tootang jaamaliikide kaupa aastal 2003

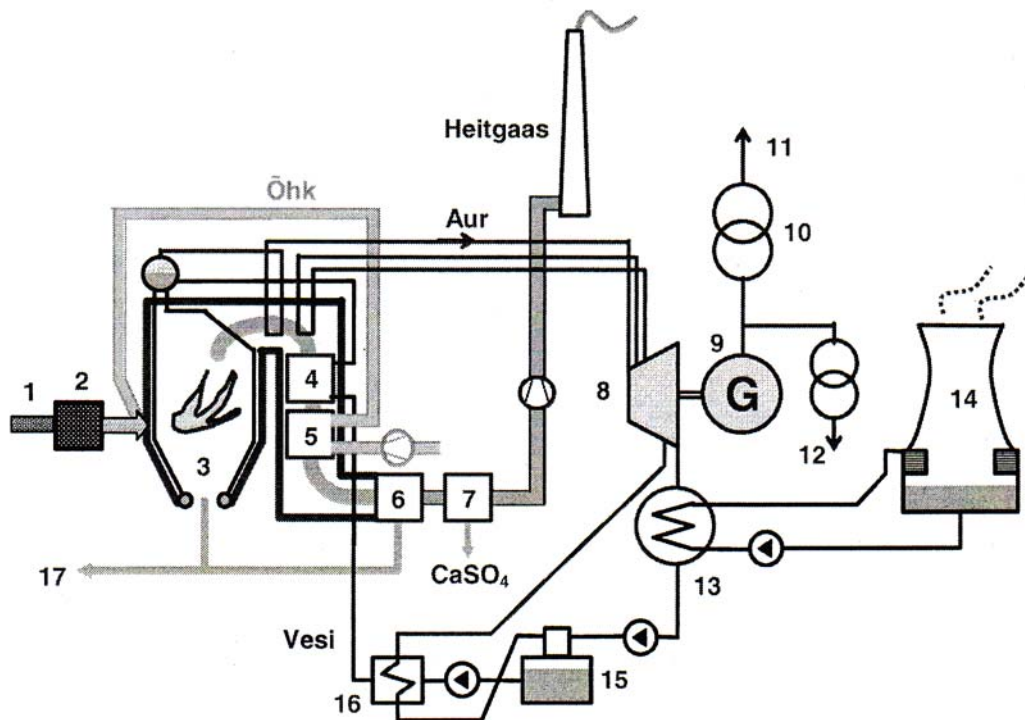
Kolmes tähtsamas elektrijaamaliigis – kütuspõletavates, hüdro- ja tuumaelektrijaamades – annavad ligi 90% kogu toodetavast elektrienergiast suured elektrijaamad võimsusega 1000 MW või enam. Energiaplokkide võimsus suurtes soojuselektrijaamades on tavaliselt 1000 ... 1300 MW, hüdroelektrijaamades aga 100 ... 800 MW. Jaama piirvõimsus (enimalt lubatav võimsus) on enamasti määratud keskkonnakaitse kaalutlustega ja katastroofiriski piiramise nõuetega. Sellest seisukohast loetakse kütuspõletavate elektrijaamade piirvõimsuseks ligikaudu 4000 MW (gaaskütuse korral ligikaudu 6000 MW), tuumajaamade piirvõimsuseks aga ligikaudu 8000 MW. Hüdroelektrijaamade piirvõimsus on määratud jõgede geoloogiliste omapärasustega (sealhulgas paisjärve alla mineva territooriumi lubatava pindalaga) ja võib veerikaste, suure langusega ja kaljuste kallastega jõgede korral olla ligikaudu kuni 20000 MW.

9.2. PÕLETUSKÜTUSEELEKTRIJAAAMAD

Kütuseid põletavates elektrijaamades võidakse elektrigeneraatoreid kaitada

- auruturbiinidega,
- gaasiturbiinidega,
- diiselmootoritega,
- bensiinimootoritega,
- gaasimootoritega.

Kütuse põletamine võib toimuda ka kütuseelementides ja magnetohüdrodünaamilistes generaatorites. Suurtes kütuspõletavates auruturbiinielektrijaamades saadakse kõige sagedamini üksnes elektrienergiat. Kuna sellised elektrijaamad on seadistatud kondensatsiooniturbiinidega, nimetatakse neid ka kondensatsioonielektrijaamadeks. Sellise elektrijaama üks võimalikest tehnoloogilistest põhimõtteskeemidest on esitatud joonisel 9.2.



Joonis 11.2

Kütustpõletava kondensatsioonielektriijaama tehnoloogiline põhimõtteskeem.

- 1 kütus, 2 kütusetöötlus, 3 aurukatla kolle, 4 vee eelsoojendi, 5 õhu eelsoojendi, 6 lendtuhafilter, 7 väävlialaldusfilter (keevkihikatalal puudub), 8 auruturbiin, 9 generaator, 10 pinget tõstev trafo, 11 energiasüsteemi võrku antav elektrienergia, 12 omatarbeks vajalik elektrienergia, 13 aurukondensaator, 14 jahutustorn, 15 deaeraator (õhueemaldi) ja veepaak, 16 toitevee regeneraator, 17 tuha ärastus*

Suurtes kondensatsioonielektriijaamades (võimsusega 1 ... 8 GW) on energiaploki generaatori võimsus tavaliselt vahemikus 100 ... 600 MW, kuid võib olla ka suurem (kuni 1300 MW). Energiaplokke on tavaliselt 2 kuni 6, kuid võib olla ka enam (nt Balti elektriijaamas oli selle valmimisel 12 energiaplokki). Kütuste korral, mille põletamine ei tekita eriti suuri tehnilisi probleeme (maagaas, toornafta, masuut, kivisüsi), on igas energiaplokis tavaliselt üks aurukatel, suure tuhasaldusega kütuste korral (pruunsüsi, põlevkivi), mil võimsate katelde ehitamine on tunduvalt raskem, võib katlaid olla rohkem (tavaliselt kaks). Katlaist väljuva auru rõhk on tavaliselt 13...24 MPa ja temperatuur 540...5600C. Kui ploki võimsus on üle 1000 MW, läheb turbiini ja generaatori konstruktsioon sedavõrd keerukaks ja kalliks, et mõnikord peetakse otstarbekamaks kasutada kahest osast koosnevat (niinimetatud kahevõllilist) turbiingeneraatoragregaati.

Eestis, Narva elektriijaamades on suurimate agregaatide võimsus 215 MW.

Kondensaatori jahutusvett võidakse võtta veekogudest (Narva elektriijaamades näiteks Narva veehoidlast). Kui sobivaid veekogusid jaama läheduses ei ole, kasutatakse ringlevat vett, mida jahutatakse jahutustornides. Võidakse kasutada ka õhkjahutusega kondensaatoreid.

Võimsate generaatorite nimipinge on enamasti 15...20 kV. Et anda energiat energiasüsteemi võrku (enamasti pingel 110...500 kV), nähakse elektriijaamas ette iga generaatori jaoks pingetkõrgendav trafo. Jaama elektrijaamite ja muude elektritarvitite toiteks nähakse ette omatarbetratfod sekundaarpingega 0,4...10 kV. Omatarbeks kulutavad kondensatsioonielektriijaamad, olenevalt kasutatava kütuse liigist, enamasti 5...8% generaatorite elektrienergiatoodangust (Narva elektriijaamades on see veidi üle 10%).

Auruturbiinelektriijaamades saab kütuses sisalduvat energiat suuremal määral ära kasutada, kui koos elektrienergiaga väljastada elektriijaamast soojust. Selliseid jaamu, nagu eespool juba öeldud, nimetatakse koostootmisjaamadeks ja nendes kasutatakse enamasti vaheltvõtu-auruturbiine.

Koostootmisjaamades kasutatavate vaheltvõtuturbiin-generaatorite elektriline võimsus on tavaliselt vahemikus 50...250 MW, kuid võib vastavalt tegelikule vajadusele olla ka väiksem. Auru vaheltvõttusid võib olla üks või rohkem. Peaaegu alati nähakse neist üks, reguleeritav ning suhteliselt madalarõhuline väljavõte ette soojuste andmiseks kaugküttesüsteemi, kuid tööstuslike tehnoloogiliste soojustarbivate olemasolul võidakse kasutada ka kõrgemarõhulist (rõhuga kuni 2 MPa) väljavõtet. Koostootmisjaama soojuslik võimsus on enamasti 2...4

korda suurem kui elektriline.

Maailma esimene vastuvõtuturbiinide kasutamisel põhinev, linna kaugkütte teel soojusega varustav koostootmisjaam ehitati aastal 1893 Hamburgis. Eestis algas elektri ja soojuse koostootmine Tallinna elektrijaamas aastal 1959. Praegu varustab suurt osa Tallinnast Iru koostootmisjaam, mis alustas talitlust aastal 1980 ja mille elektriline võimsus alates aastast 1982 on 190 MW.

Peale suurte auruturbiin elektrijaamade leiavad kasutamist ka väiksemad kondensatsioon- ja koostootmisjaamad, nt elektrilise nimivõimsusega 1...100 MW.

Sellised jaamad on sageli otstarbekad ettevõtete ja linnade elektrivarustussüsteemides, eriti kui neis saab kasutada kohalikke kütuseliike (ettevõtete põlevaid tootmisjääke, puiduhaket, turvast jms) või kui energiatarbijad on energiasüsteemi suurtest soojuselektrijaamadest suhteliselt kaugel.

Suhteliselt väikese vajaliku võimsuse korral, kui auru- ja gaasiturbiinid ennast ei õigusta, võidakse kasutada diiselektrijaamu. Kuna diiselmootoreid toodetakse väga laias valikus – nimivõimsusega 1 kW kuni 10 MW, sobivad nad kasutamiseks nii väikeelektrijaamades võimsusega kuni 200 MW kui ka teisaldatavates elektritoiteagregaatides. Neid saab käivitada mõne kuni mõnekümne sekundiga, mis võimaldab neid rakendada vastutusrikaste ehitiste (haiglate, pankade, sõjaväe-, side- ja valitsusasutustes) töökindlate varutoiteallikadena. Diiselagregaatide elektriline kasutegur on ligikaudu 40%, kuid kui kasutada ka diiselmootorist eralduvat soojust (nagu koostootmisjaamades), võib saavutada üldkasutegurit kuni 80%.

Maailma esimeses diiselektrijaama (6 agregaadiga a 300 kW) ehitas Kiievisse aastal 1904 Saksamaa mootoritehas MAN (Maschinenfabrik Auguburg-Nürnberg). Eestis on diiselektrijaamad olnud kasutusel enne kõrgepingevõrkude väljaarenemist mitmes väikelinnas. Nüüdisaja üks moodsaimatest diiselektrijaamadest (firmalt Siemens, elektrilise võimsusega 1600 ja soojusvõimsusega 1840 kW) asub Saksamaa riigipäevahoones Berliinis. Muuhulgas on selles ette nähtud suvise soojusülejäägi salvestamine talveks maa-alusesse soojussalvestisse, millega on saavutatud jaama aastane kasutegur 90%.

9.2.1 Tuleohutus elektrijaamades

Eelkõige seonduvad need kasutatava kütusega (vedel-, gaasiline või tahkekütus). Riskiobjektid on kütusemahutid ja – hoidlad, torustikud, transportöörid, pumplad jt kütuse vastuvõtu ning edasitoimetamise tehnoloogilised seadmed. Gaaskütuse puhul on tegu ka surve all olevate seadmetega. Gaaskütuse (tavaliselt maagaas/looduslik gaas, mille põhikomponent on metaan) pihkumise korral on süüteallika olemasolul võimalikud koht – ja viivitusplahvatused. Tahkekütuse korral, eriti taimse päritoluga hakkepuidu korral on materjali isekuumenemise ja isesüttimise oht. Isekuumenemist esineb ka nt kivisöekuhjades. Kõrge temperatuuriga ohtlik piirkond on kütuse põletamise seadmete ala.

Eraldivõetavad ohtlikud riskiobjektid on transformatorid (trafod) alajaamades. Mitmesugustel põhjustel tekkinud lühiste tõttu võivad süttida ülekuumenenud trafoõli aurud. Sageli kaasneb sellega õlipaagi plahvatuslik purunemine ja põleva õli paiskumine ümritsevatele seadmetele (sageli veel pinge all olevatele).

Trafoõli on eriti puhas mineraalõli, millel on head dielektrilised (elektriisolatsiooni) omadused.

Mineraalõli saadakse naftast, põlevkiviõlist jt maaavaradest, ta on "looduslik" õli. Sünteetilist õli põhivõrgu jõu- trafodes ei kasutata. Trafoõli tooraineks on destillaadid, mida saadakse nafta destilleerimisel temperatuuril 280...420°C. Sõltuvalt väävl- või tahkete parafiinsete süsivesinike sisaldusest destillaadis kasutatakse õli tootmisel töötusi nende vähendamiseks. Trafoõli üldiseloostus : tema omaduseks on suur oksüdatsioonikindlus, kõrge leektemperatuur ning hangumistemperatuur alla - 45°C . Normaalne puhas trafoõli on põlev helekollane (ka peaaegu valge) vedelik tihedusega 880...890 kg/m³ . Temaruumpaisumistegur on 0,00066 K-1 ehk 50 K puhul 3,3% (33 liitrit kuupmeetri kohta).

Põhilised mehaanilis-füüsikalised parameetrid on ette antud standardis EVS-EN 60296.

Viskoossus temperatuuril 40°C. maks	12 mm ² / s
Viskoossus temperatuuril - 30°C.	maks 1800 mm ² / s
Hangumistemperatuur maks - 40°C.	
Tihedusmaks	895 kg/m ³
Süttimistemperatuur(leekpunkt)	min 135°C.

Trafoõli leekpunktist : trafosse valataval õlil ei tohi see näitaja olla alla 135°C (tavaliselt 140...145°C) ning ta ei tohi käidus langeda alla 125°C .

Trafoõli kogused Põhivõrgus : (seisuga 19.102007.a.)

- õli kogus seadmetes kokku 5938,6 t
- sh õli trafodes 5021,5
- sh õli kogus võimsuslülitites 597,1

Trafoõli kogus ühes trafos :

- ESTLINK I trafo Harku alajaamas - 113,35 t
- 330 kV autotrafod - 52...85 t, keskmiselt 65 t
- 110 kV trafod - 7 -35 t, keskmiselt 20 t.

Meil trafode automaatset tulekustutust üldreeglina ei ole, erandiks on üks suurtrafo Kiisa AJ (A3T) ja teine Püssi AJ (A5Y), kus on kasutusel alljärgnevalt kirjeldatud tulekustutussüsteem SERGI.

Tehnoloogidest uurijate tähelepanu objektiks on olnud pikka aega transformaatorite plahvatuste ennetamine ja efektiivsed tulekustutussüsteemid selle juures. Üheks tunnustatumaks eksperdiks selles valdkonnas on 1995 aastal loodud tööstusuuringute kompanii SERGI (Societe Generale d'Etudes et de Realisations Industrielles). Eesmärgiks oli välja töötada ja juurutada õlitrafode tulekahjude kustutamise süsteem. Juba 1955 aastal SERGI koos EDF-ga (Electricite de France) töötasid välja trafode lämmastikuga kustutamise süsteemi. 1999 aastal leiutati ja patenteeriti trafode plahvatuse ennetussüsteemi printsiip. Tänapäeval pakub firma unikaalset tehnoloogiat , mis käsitleb trafode kaitset plahvatuse ja tulekahju eest.

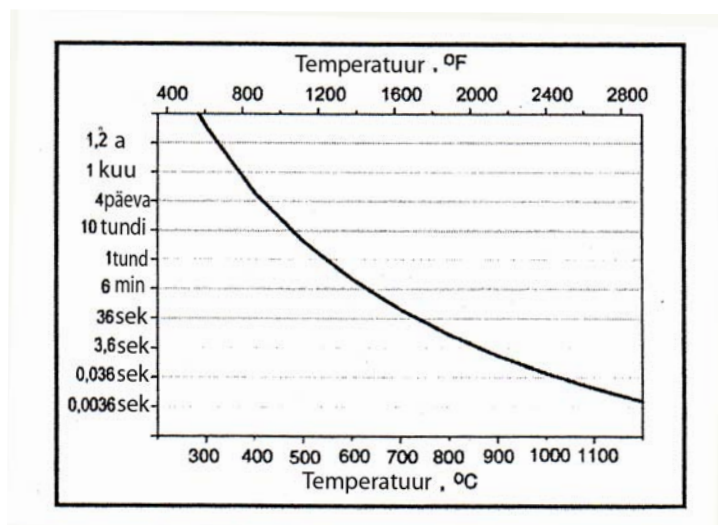
Statistilised andmed näitavad trafoplahvatuste suurt arvu. Ainuüksi Ameerika Ühendriikides on neid ühel uuritud seitsmekuulisel perioodil esinenud 630 korda. Finantskahjud sellega seoses ulatuvad sadade miljonite dollariteni.

Millised kahjud esinevad plahvatuste tagajärjel ?

Transformaatorite tulekahju ja plahvatusega seonduvad inimohvrid, majanduslikud, poliitilised ja keskkonnakahjud võivad ulatuda dramaatilisteni. Sealhulgas võivad olla:

- Surmajuhtumid , raskelthaavatud ning lihtraumad ;
- Elektrienergia katkestusest tulenevad tööstustoodangu kahjud ,
- Trafode asendus/uuenduskulud ;
- Plahvatusel ja tulekahjul kahjustada saanud seadmete vahetamine ;
- Tootlikkuse langus
- Keskkonnareostus
- Energiaettevõtte negatiivne imago massimeedia ja tarbijate silmis.

Uuriti energia muundumise nähtusi, mis toimuvad trafos lühise ajal. Juuresoleval graafikul (joonis 9.3) on toodud aeg, mis kulub trafoõlil ühe liitri gaasi genereerimiseks erinevatel temperatuuridel. Põlemine on teatavasti gaasifaasi nähtus, mistõttu on õliarude teke nii tulekahju kui ka plahvatuse (ülikiire põlemisprotsess!) üheks allikaks. Lühise energia on küllaldane õliarude kiireks viimiseks süttimistemperatuurini .



Joonis 9.3 Trafoõlist ühe liitri gaasi /auru genereerimiseks kuluv aeg olenevalt temperatuurist.

Uurimised näitasid, et elektrikaar trafopaagi sees võib moodustada rõhugradienti alates 300 kuni 900 bar/s. Väljatöötatud tehnoloogia on võimeline seda ülerõhku likvideerima enne paagi purunemist, säilitadesl ühise korral paagis madala ohutu rõhu. Elektrilise lühise korral tekkivas kaarleegis on voolutugevus piires 2500...7500 A, vastav energia ulatub 300 kJ-ni !Arvestades generaatorite inertsi jätkavad nad (lühiajaliselt küll) lühise „toitmist“. See soodustab veelgi õli aurustumist, temperatuuri kiiret tõusu ja plahvatust.

SERGI poolt väljatöötatud süsteemi TRANSFORMER PROTECTOR võib kasutada kõikide õlitransformaatorite puhul võimsusega üle 0,1 MVA võimaldades :

- ülerõhu ülikiiret (millisekundid) likvideerimist paagis lühise korral ;
- väldib tekkivate plahvatuspõhjjustavate põlevgaaside/õliaurude kokkupuutumist õhuga ;
- eraldada gaasid/aurud õlist ;
- evakueerida plahvatusohtlikud gaasid/aurud transformaatorist eraldatud ossa, kus nad võivad
- ohutult ära põleda sarnaselt naftatöötlemistehastega ;
- lõpetada plahvatusohtlike gaaside/aurude genereerimine tänu lämmastiku sissejuhtimisega

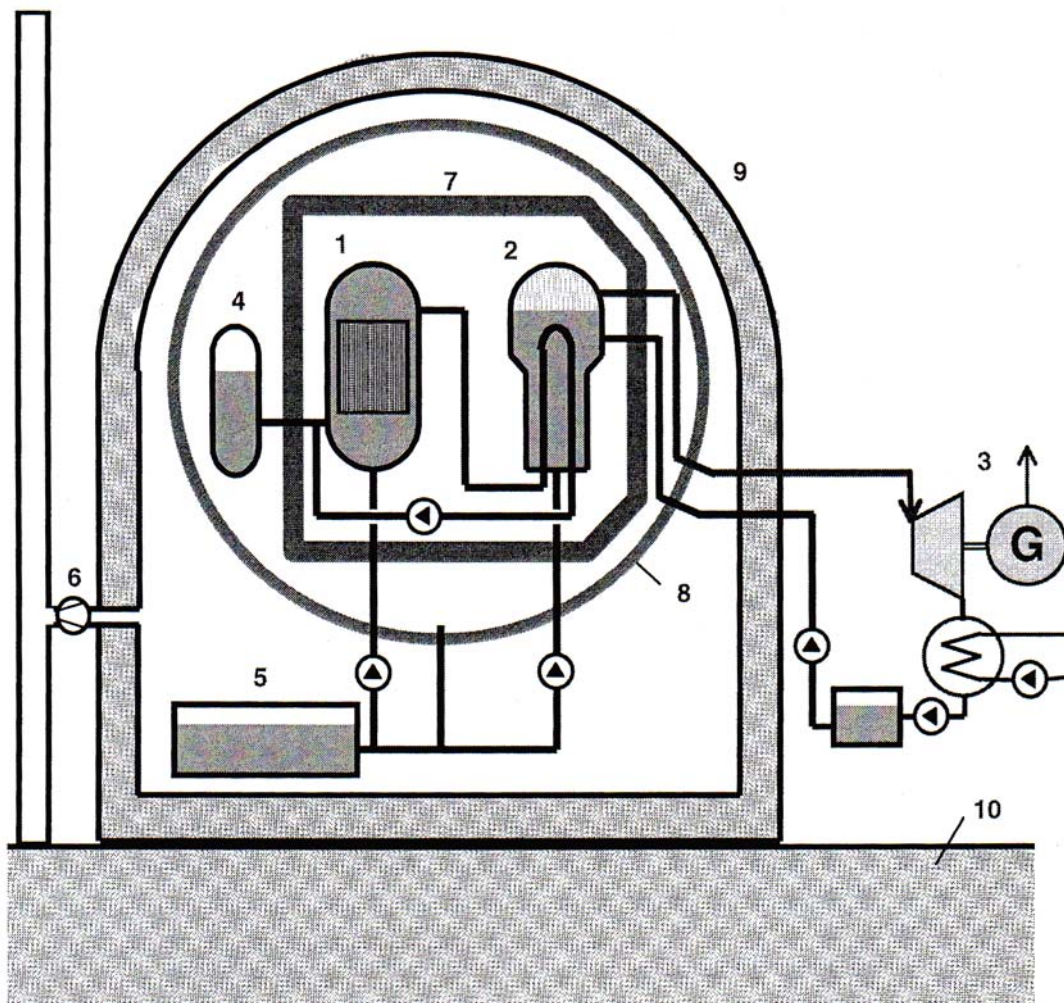
9.3. TUUMAELEKTRIAAMAD

Tuumajaamade osatähtsus maailma elektrienergiatoodangus oli aastal 2003 ligi 16%. Enamasti kasutatakse neis survevesi- ja keevvesireaktoritega energiaplokke elektrilise võimsusega 400 kuni 1400 MW kusjuures nende arv jaamas on tavaliselt vahemikus 1 kuni 6. Aasta 2007 alguses oli maailma tuumajaamades kasutusel kokku 435 reaktorit elektrilise koguvõimsusega 368 GW ja ehitamisel oli 30 reaktorit. Suurim energiablokk, Prantsusmaa, Saksamaa ja Suurbritannia firmade koostöös projekteeritud ülitöökindla survevesireaktoriga (elektriline võimsus 1600 MW, vt jaotis 2.8) on ehitamisel Olkiluoto tuumaelektrijaamas Soomes.

Tuumaelektrijaamade ehituses pööratakse erilist tähelepanu ohutuse tagamisele mitmesuguste võimalike rikete puhul.

Näitena on joonisel 9.4 kujutatud survevesireaktoriga energiaploki ehituspõhimõte, milles võib eristada järgmisi kaitsebarjääre :

- 1) reaktori aktiivsoonis – kütusevarda tsirkooniumkest sulamistemperatuuriga 1855⁰ C ;
- 2) reaktori tugev teraskest ;
- 3) reaktorit, aurugeneraatorit ja veeringlustorustikku ümbritsev, radioaktiivset kiirgust tõkestav eribetonist kinnine ruumitarind ;
- 4) rõhukindel, enamasti sfäärikujuline, eelnimetatud elemente ja ruumitarindit ümbritsev teraskest ;
- 5) kogu reaktori seadmestikku väljast kaitsev betoonkuppel, mis peab vastu pidama nt ükskõik millisele maailma maade relvastuses olevale raketile ning välistama radioaktiivsete ainete väljapääsu reaktori purunemisel ;
- 6) vundamendi plaad paksusega ligikaudu 10 m, mis peab kinni pidama reaktori aktiivsooni täielikul sulamisel tekkiva metallikoguse ning välistama selle jõudmise pinnasesse.

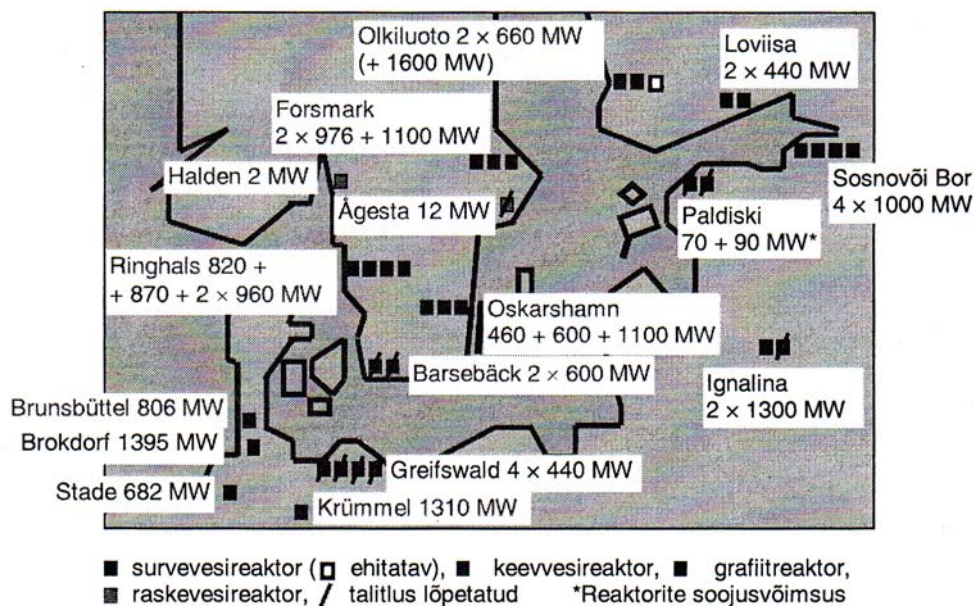


Joonis 9.4. Tuumaelektrijaama survevesireaktoriga energiabloki ehituspõhimõte (tugevasti lihtsustatult) 1 reaktor, 2 aurugeneraator, 3 turbiingeneraatoragregaat, 4 vee paisupaak, 5 hädajahutuse veevaru, 6 ventilatsioon, 7 kiirguskaitseümbris, 8 rõhukindel terasümbris, 9 betoonkuppel, 10 betoon-vundamendiplaat

Nõuded tuumaelektrijaamade ohutusele on viimase 20 aasta jooksul, eriti pärast Tšernobõli tuumaelektrijaama katastroofi, mis toimus 1986.aasta aprilli lõpus, tugevasti karmistunud, mistõttu uute tuumajaamade ehitamine on läinud kallimaks ja mitu olemasolevat tuumajaama, mille ohutust ei saa viia vastavusse rahvusvaheliselt kehtivate nõuetega, on tulnud sulgeda.

Tuumaelektrijaamu ehitatakse peaaesjalikult maades, kus ei ole oma fossiilkütusemaardlaid ja tavakütuste vedu mujalt võib kujuneda liiga kalliks (Jaapan, Prantsusmaa, Rootsi jm). Tähtis on ka tuumaelektrijaamade üks põhieelistest – õhku saastavate ja kliima soojenemist põhjustavate heitgaaside puudumine. Selle tõttu on huvi tuumaelektrijaamade vastu hakanud viimastel aastatel suurenema.

Tuumajaamade eluiga on tavaliselt 30...40 aastat. Pärast seda kõrvaldatakse rektoreist tuumkütus ja jaam conserveeritakse. Jaama radioaktiivse (reaktori-) osa lammutamisele saab asuda enamasti alles 10...20 aasta möödumisel pärast jaama seismajätmist, kui radioaktiivse kiirguse foon on langenud piisavalt madalale.



Joonis9.5. Tuumaelektrijaamad Läänemere ümbruses 2007.aasta algul.

Balti riikide ainus tuumaelektrijaam Ignalinas (Leedus) alustas talitlust 1.märtsil 1984 (joonis 9.5). Jaamas on kaks kanaltüüpi grafiitreaktoriga energiablokki, mis projekteeriti võimsusele 1500 MW, kuid hiljem loeti nimivõimsuseks 1300 MW. Kuna jaam ei vasta Euroopa turvalisusnõuetele, lülitati selle esimene energiablokk välja 31.detsembril 2004 ja teise ploki väljalülitamine on ette nähtud aastal 2009. Veebruaris 2006 kirjutasid Balti riikide peaministrid alla kavatsuste protokollile uue tuumajaama ehitamiseks samasse kohta ja oktoobris 2006 otsustasid kolme riigi energiasüsteemide juhid jaama ehitamise reaalseid võimalusi ühiselt edasi arutada.

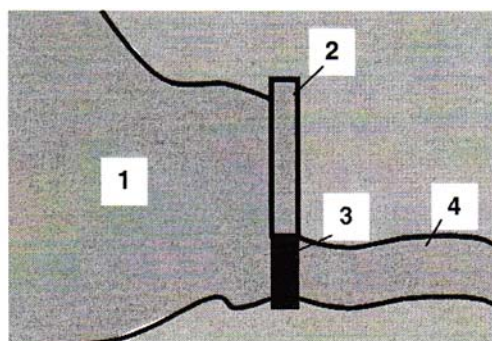
9.4. HÜDROELEKTRIJAAAMAD

Hüdroelektrijaamades rakendatakse elektrienergia tootmiseks veejõudu, mis võib avalduda

- jõgede veevooluna,
- loodetena (veevooluna meretaseme tõusu ja mõõna ajal),
- merelainetusena.

Hüdroelektrijaama ehitamisel tõkestatakse jõgi paisuga, mille kõrgus oleneb jõesängi geoloogilisest struktuurist. Nii näiteks võib paisu kõrgus kaljuste kallastega kitsaste jõgede korral ulatuda 300 meetrini (Nureki hüdroelektrijaamas Vahši jõel Tadžikistanis), lausmaajõgedel on see aga tavaliselt, olenevalt ka jaama võimsusest, mõni kuni mõnikümmend meetrit. Kõrgemate paisude puhul paikneb jaama masinasaal enamasti tammi järel, madalamate korral kujutab aga endast paisu osa.

Lausmaajõgedel võib jõe kohaliku suure languse korral osutada otstarbekaks jõujaamahoone paigutamine paisust eemale ja juhtida vesi sellele juurde derivatsioonikanali abil (joonis 11.6). Seda põhimõtet on kasutatud nt Narva hüdroelektrijaamas.



Joonis 11.6 Derivatsiooni-hüdroelektrijaama ehituspõhimõte. 1 paisjärv, 2 betoonpais, 3 derivatsioonikanal, 4 masinasaal, 6 vee äravool

Hüdroelektrijaamade juurde kuuluvad enamasti ka mitmesugused lisarajatised – laevaliiklust võimaldavad lüüsid, üle tammi kulgevad auto- ja raudteed, kalade migratsiooni kudemiskohtadesse võimaldavad kalatrepid, veevarustus- ja maaniisutus-pumbajaamad jm.

Suurteks loetakse enamasti hüdroelektrijaamu võimsusega vähemalt 1000 MW. Nendest väiksemaid jaamu võimsusega vähemalt 100 MW nimetatakse tavaliselt keskmise suurusega jaamadeks, veel väiksemaid jaamu võimsusega vähemalt 5 MW – väikejaamadeks. Jaamu võimsusega alla 5 MW nimetatakse minijaamadeks, võimsusega alla 0,5 MW – mikrojaamadeks.

Eestis on seega ainult mini- ja mikrohüdrojaamu.

Eestis oli 2006. aasta lõpus üle 20 väikese hüdroelektrijaama koguvõimsusega 5,2 MW. Suurim neist on Linnamäe hüdroelektrijaam Jägala jõel (1,152 MW), mis algselt valmis aastal 1924, purustati taanduvate NSV Liidu vägede poolt aastal 1941 ja taastati aastal 2002. Aastal 2005 tootsid Eesti hüdroelektrijaamad 21,5 GWh elektrienergiat, mis moodustas 0,2 % Eesti kogu elektrienergiatoodangust.

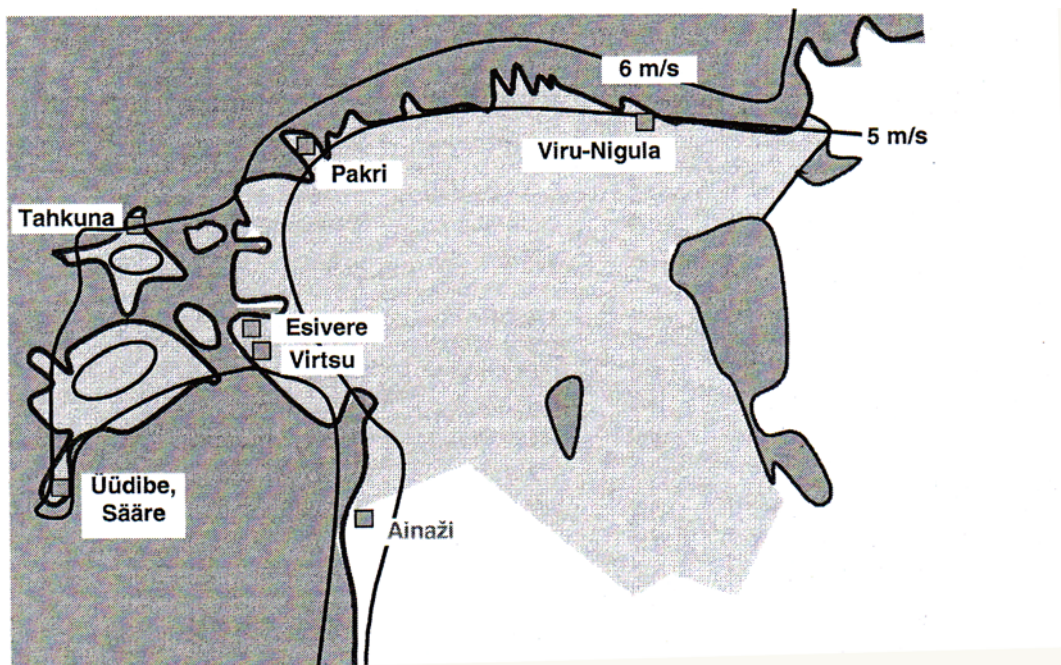
9.5. TUULEELEKTRIJAAAMAD

Tuuleenergia teoreetiline varu maailmas on üle 8 korda suurem kui hüdroenergia oma. Selle kasutamine on aga tehnilis-majanduslikult otstarbekohane üksnes piirkondades, kus tuule keskmine kiirus aasta jooksul on piisavalt suur. Praeguste hinnasuhete juures loetakse vähimaks vastuvõetavaks aasta keskmiseks tuule kiiruseks tuuleelektrijaamade rajamisel umbes 4,5 m/s.

Euroopa Tuuleenergialiidu (European Wind Energy Association, EWEA) hinnangute kohaselt on tuule aastakeskmise kiirus

- hea, kui see on 6,9 m/s või üle selle,
- keskpärane, kui see on 6,3 m/s,
- aeglane, kui see on 5,4 m/s või alla selle.

Sellest hinnangust lähtudes valitsevad energaetiliselt head tuuleolud ookeanile avatud rannikualadel kauguseni tavaliselt kuni mõnikümmend kilomeetrit rannikust, veel paremad aga rannikulähedasel mandrilaval. Ka mäestikes (eriti mäeharjadel ja kurudes) võib tuule keskmine kiirus sageli osutuda vastuvõetavaks. Tehniliselt loetakse maailmas võimalikuks püstitada sellistele sobivatele aladele tuuleelektrijaamu elektrienergiatoodanguga ligikaudu 53 PWh aastas, mis on üle kolme korda suurem kui maailma praegune elektritarbimine. Eesti suhteliselt mõõdukad tuuleolud on kujutatud joonisel 11.7.



Joonis 11.7 Aasta keskmine tuulekiirus Eesti rannikualadel. Kaardil on näidatud ka Eesti suurimad tuuleelektrijaamad 2007. aasta aprillis

Nüüdisaja suuremates tuuleelektrijaamades kasutatakse elektrituulikuid võimsusega 0,6 kuni 6 MW, väiksemates võib tuuliku üksikvõimsus olla aga ka tugevasti väiksem (nt kas või mõni kilovatt). Tuulikute arv jaamas võib olla ühest kuni mõnesajani. Kuna tuuleturbiini tiivik pöörleb suhteliselt aeglaselt (mõnest pöördest mõnekümne pöörde minutis), nähakse turbiini ja generaatori vahel enamasti ette reduktor, kuid töökindluse suurendamise ja hoolduse lihtsustamise huvides võidakse kasutada ka paljupooluselisi väikesekiiruselisi generaatoreid.

Kuna turbiini optimaalne pöörlemissagedus oleneb tuule tugevusest, ei saa tuuleelektrijaamades kasutada otse elektrivõrku ühendatavaid sünkroongeneraatoreid. Nüüdisajal on kasutusel peaaesjalikult kolm generaatori liiki:

- lühisrootoriga asünkroongeneraator ;
- faasirrootoriga asünkroongeneraator ;
- sagedusmuunduri kaudu võrku ühendatav sünkroongeneraator

Tuuleelektrijaamade kõikum ja sageli kiiresti muutuv võimsus raskendab energiasüsteemi teiste elektrijaamade talitlust, kuna need peavad suutma kompenseerida tuuleelektrijaamade võimsuskõikumisi ja isegi nende ootamatut väljalülitumist nt tormi või tuulevaikuse järsul tekkel. Seetõttu on tuuleelektrijaamade lubataval võimsusel energiasüsteemis teatav piir, mis praegu arvatakse olevat enamalt 20%. Probleemi saaks lahendada energiasalvestite (nt võimsate akupatareide) abil, kuid neid peetakse käesoleval ajal liiga kalliteks.

Et paremini korraldada võimsate tuuleelektrijaamade koostalitlust olemasolevate energiasüsteemidega, on kavandatud kõigi Euroopasse Põhjameri mandrilavale rajatavate tuuleelektrijaamade omavaheline ühendamine. Sellise ühissüsteemi summaarne võimsus oleks ajaliselt tunduvalt ühtlasem kui iga üksiku tuuleelektrijaama võimsus, mistõttu loodetakse, et selle ühendamine olemasolevate energiasüsteemidega ei kutsu esile viimaste talitluse olulist halvenemist.

Eesti esimene energiat elektrivõrku andev tuuleelektrijaam võimsusega 150 kW ehitati aastal 1997 Tahkuna poolsaarele Hiiumaal ja aastal 2001 loodi Eesti Tuuleenergia Assitsatsioon.

Eestis oli 2007.aasta aprillis 7 enam kui 100 kW võimsusega tuuleelektrijaama, mille tähtsamad andmed on esitatud tabelis 9.1.

Asukoht	Tuulikute arv ja võimsus MW	Valmimisaasta
Viru-Nigula	8 x 3,0 = 24,0	2007
Pakri	8 x 2,3 = 18,4	2005
Esivere	4 x 2,0 = 8,0	2005
Üüdiibe	4 x 0,5 = 2,0	2004
Virtsu	3 x 0,6 = 1,8	2002
Sääre	2 x 0,225 = 0,45	2004
Tahkuna	0,15	1997

Tabel 9.1. Eesti suurimad tuuleelektrijaamad 2007.aasta aprillis.

Aastail 1986-1990 asus Vättas (Saaremaal) NSV Liidu Tuuleenergeetikainstituudi uurimisotstarbeline tuuleelektrijaam, kus katsetati Venemaal valmistatud 4 kuni 30 kW võimsusega tuulegeneraatoragregate. Aastal 1989 oli nende koguvõimsus 346 kW, millega Vätta tuuleelektrijaam oli kogu NSV liidu tolle aja võimsaim.

9.6. SOOJUS- JA ELEKTRIJAAAMAD EESTIS.

Soojuselektrijaam (SEJ) on elektrijaam, mis muundab soojusenergia elektrienergiaks. Soojusenergia saadakse kas loodusest, toodetakse elektrijaamas endas või on mõne muu tehnoloogilise protsessi kõrvalsaadus. Eesti soojuselektrijaamad on: Iru SEJ, Ahtme SEJ, Balti SEJ, Sillamäe SEJ.

Iru SEJ on töös 1978.aastast, ta on suuruselt kolmas elektrijaam Eestis. Selle elektriline võimsus on 190 MW ja soojuslik võimsus 648 MW ning soojuslik võimsus koostootmisrežiimis 398 MW. Viimastel aastatel on Iru SEJ põhikütuseks maagaas. Reservkütusena kasutatakse rasket kütteõli. Iru SEJ kütab ning varustab sooja veega Tallinna Lasnamäe ja Kesklinna piirkonda (pool Tallinnast) ning Maardu linna. Iru SEJ on Eesti suurim soojatootja.

Ahtme SEJ on soojusenergiajaam Ahtmes Ida-Virumaal. Tema ehitamist alustati juba II maailmasõja ajal ning jätkati sõjajärgsel perioodil. Praegu varustab Ahtme Elektriijaam 600 mm magistraalitorustiku kaudu soojaga Kohtla-Järve Ahtme linnaosa ja Jõhvi linna ning toodab elektrienergiat. Elektriijaam kasutab kütusena põlevkivi.

Sillamäe SEJ varustab soojusega Sillamäe linna ja Silmet Grupi ettevõtteid. Kavatsetakse kasutada uues gaasimootorgeneraatoris kütusena looduslikku gaasi. Selline süsteem on praegu keskkonnakaitse seisukohalt maailma tipptase. Seni kasutatakse kütusena masuuti või põlevkivi.

Narva Elektriijaamade süsteemis on Balti ja Eesti Elektriijaamad. 2005.a. oli nende võimsus kokku 2380 MW, soojusenergia installeeritud võimsused kokku 484 MW. Kütusena kasutatakse põlevkivi.

III OSA.

10. PEATÜKK. TÖÖTLEVA TÖÖSTUSE ETTEVÕTETE TULEOHUTUS

10.1. TULEOHUTUS TERAVILJA KORISTAMISEL JA SÄILITAMISEL

Viljakoristuses on eristatud järgmised etapid: teravilja lõikus, terade eraldamine viljapeast, terade puhastamine mitmesugusest prügist. Siia juurde kuulub ka terade transport koristuspaigast, põhu koristamine jm. Nendel tolmurikastel operatsioonidel kaasatakse hulga tehnikat, mis kujutavad tõsist tuleohtu (kõik töötavad sise põlemismootoritega, mille heitgaasides võib sisalduda sädemeid).

10.1.1. Tuleohutus viljakoristustöödel ja tervailjahoidlates.

Tuleohutus seisneb teraviljapõldude kui süttiva materjali suurtes alades, süttimisallikates ja tulekahju väga kiire arengus. Teraviljapõllud võivad piirneda heinamaadega (kuiv rohi), põõsastike ja metsaga. Viljapõllud saavad tuleohtlikuks vahetult enne koristusperioodi algust. Viljapõldudel liiguvad ja töötavad põllumajandusmasinad on sageli süüteallikatena tihti tulekahju põhjustajad. Põhk on hästipõlev materjal (kuiva põhu niiskusesisaldus on ca 7%, põlemissoojus 17084 kJ/kg; süttimistemperatuur 200°C; isesüttimistemperatuur 310°C). Põhul on oht isekuumenemisele ja süttimisele: isekuumenemistemperatuur on ca 80°C.

Teravilja põhu mikrobioloogilist isekuumenemist ei ole täheldatud, tõenäoliselt vähese süsivesikute sisalduse tõttu (süsivesikud on mikroorganismide toitekeskkond), mis takistab isekuumenemise temperatuuri tõusu rakkude lagunemise piirini. Seevastu sisaldavad hernevarred ca 20% süsivesikuid, siin põhjustavad mikroorganismid märkimisväärse temperatuuri tõusu (kuni 70°C). Teravilja isekuumenemise põhjused on analoogsed põhu omadega. Teraviljakultuuride tuleoht seisneb nende süttimisvõimes ja isesüttimises. Teravili võib hoidlates teatud niiskuse puhul ja halval ventilatsioonil ise kuumeneda süttimiseni. Temperatuuril 270-300°C teravili söestub ning temperatuuri tõustes süttib. Tulekahju areng on suhteliselt aeglane nagu teravilja põleminegi. See seletub suhtelises õhupuuduses teraviljamassi sees, tihedas terade vastastikusel asetuses ja väikese tera eripinnas.

Tulekahju põhjusteks teraviljakoristuse perioodil on:

- hooletu ümberkäimine lahtise tulega (lõkete tegemine, põhu põletamine, suitsetamine jm);
- koristusmasinate tehniline mittekorrasolek;
- tuleohutusnõuete rikkumine koristustöödel;
- sädemed mööduvatelt raudtee veduritelt;
- pikselöögid;
- kõrgepingeliinide katkemised ja lühiühendused.

Kõrge teravilja põldudel levib kahjutuli kiiresti. Kuiva ja tuulise ilma korral võib tule levik olla 8-10 m/s. Madala teravilja (oder) puhul on tule levikiirus tuulevaiksel ilmal vaid 0,3 m/s. Teraviljapõldudel võivad tulekahju korral tekkida õhumasside erinevast temperatuurist tingitult väga tugevad konvektiivsed õhuvoolud (tuule ja tule keerised), mis võivad põlevmaterjale kanda esmatulekahju koldest väga kaugemale. Võivad süttida lähedal olevad metsad, rabad jm. Samuti vastupidi kuival viljakoristus-perioodil võib metsa/rabatulekahju laieneda koristusküpsle kuivale teraviljapõllule.

Ennetustöö. Niidetud heina - ja põhukuhjad tehakse raudteest ja maanteest vähemalt 30 m kaugusele. Üldiste tuleohutusnõuete tutvustamine koristustöödel osalejatele ning koristustöödel kasutatava tehnika tehnilise korrasoleku tagamine. Tuleohutus peab olema tagatud tehnika tankimisel kütusega, samuti kütte- ja määrdeõlide hoidmiskohtadel põllul. Tulekustutusvahendid peavad olema käepärased.

Heina - ja põhukuhjadel on niiskuse olemasolul isekuumenemiseoht kuni isesüttimiseni. Seepärast tuleb kontrollida kuhjade sisetemperatuuri, kui see ületab 50°C, tuleb kuhjad laiali ajada ning kuivatada. Kinnised hoidlad (või hoidlate kompleks) tuleb varustada piksekaitsesüsteemiga.

10.2. PÖLLUMAJANDUSMASINATE EKSPLUATATSIOON VILJAKORISTUSTÖÖDEL

Nimetatud masinate ohtlikkus seisneb kütuse (põlev kergestisüttiv vedelik) ja õlide olemasolu. Sellest tulenevad kütuse- ja õlilekked põlevale materjalile (teravili, põhk jms.). Süüteallikaks võivad olla heitgaasides leiduvad sädemed, lühised elektrisüsteemides, staatilise elektri lahendused, sädemed metallesemete vastastikustest löökidest.

Pöllumajandusmasinate sisepõlemismootorite heitgaaside temperatuur on 500-700°C, heitgaaside torude pinnatemperatuur on piires 480-520°C, mis on kõrgem näiteks põhu süttimistemperatuurist. Kollektorile, mille temperatuur on ca 610°C sattunud põhk süttib silmapilkselt. Kõrge temperatuurikolle võib tekkida kombaini pöörlevate seadmete vahele sattunud põhumass. Kuullaagrite pinna tavaline temperatuur on piires 60-65°C, ent halva või puuduliku õlituse korral võivad laagrid kuumeneda 310°C-ni.

Ennetustööd on suunatud kõige selle vältimiseks, lisaks töötajate tuleohutuslane juhendamise.

10.3. TERAVILJA KUIVATAMINE

Niiske teravili rikneb kiiresti. 15% niiskusesisaldusega juba kuivatatud teravili säilib õigete hoiutingimuste puhul kaua. Teraviljakuivateid on mitut tüüpi: šaht- ja trummelkuivatid, mis töötavad nii vedel – kui ka tahkel kütusel. Viljakuivatid on nii statsionaarsed kui ka liikuvad (teisaldatavad).

Kuivatite tuleohtlikkus seisneb teravilja suhteliselt kõrges temperatuuris (ligi 100°C) ja suures koguses põlevmaterjalis (teravili). Kuivati konstruktsioonelemendid on sageli puidust, lähedal võivad asuda kütusevarud ja kuivatamist ootav teravili. Viljakusivatite tuleohtlikkus oleneb ka teraviljast, kergemini süttivad odra, kaera jm. terad, samuti oleneb süttivus ka teraviljas olevast põhu jm. tolmust ning põlevatest lisanditest. Teravilja tolm on väga süttisohtlik. Kuivatite põlengu sagedasemad põhjused on: sädemete sattumine kuivatatava vilja sisse, ülekuumutatud soojuskandja andmine kuivatuskambrisse, transpordihäired vilja etteandmisel, ebaõiged kuivati sisse-välja lülitused. Teraviljatormu aerogeeli isesüttimistemperatuur on 140-160°C. Kuivatist alguse saanud tulekahju on kiire levima ka teraviljahoidlateni.

Ennetustööd. Teravili enne kuivatisse sisestamist puhastatakse hoolikalt igasugustest lisanditest. Perioodiliselt toimivate kuivatustsüklite vaheajal puhastatakse kuivati tolmust ja aerogeelist. Küttesüsteemist peab olema välistatud igasugune leke.

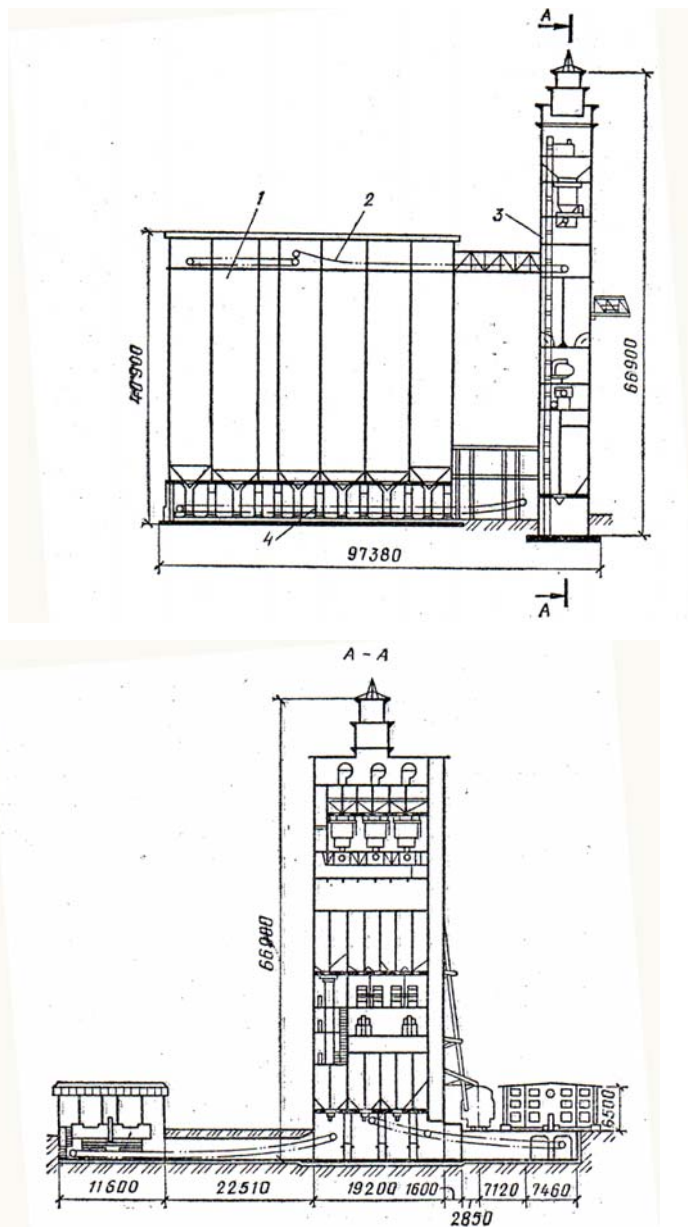
Hoolega peab jälgima kuivati temperatuurirežiimi, vältima ülekütmist ja sellega seonduvat teraviljamassi temperatuuritõusu. Kütteallikate toiteüksed peavad kütmise ajal olema suletud. Suitsugaaside väljundtorudel peab olema sädemetepüüdja.

Kuivati sundseisakul peab kuivatis olevat teravilja jahutama vähemalt 20 min jooksul külma õhuvooluga.

Teisaldatava viljakuivati töökaugus viljahoidlast peab olema vähemalt 10 m. Kuivatitel lubatakse töötada ainult vastava väljaõppe ja tuleohutusinstruktaaži saanud töötajal.

10.4. TERAVILJA HOIDMINE

Kuivatatud teravilja säilitatakse hoidlates kas puistekuhjas ja kottides või spetsiaalsetes mahutites. Hoidlates on mitmesugused vilja transpordivahendid – konveierid, pneumotransport, koppelevaatorid jms. Kõige suu-remad hoidlad on viljaelevaatorid. Need on ehitised kus vilja hoidmise/säilitamise kõrval toimub vilja vastuvõtt, kaalumise, puhastamine, kuivatamine, vertikaalne ja horisontaalne teisaldamine, ventileerimine ja väljastamine. Viljaelevaatoreid on olenevalt kasutamiseesmärgist: ettevalmistavad-, tootmis – ja ümberlaadimiselevaatorid. Elevaatorite mahutavus on piires kuni 200 tuhat tonni, nad on ca 60 m kõrgused raudbetoonist tornikujulised ehitised (joonis 10.1).



Joonis 10.1 Tüüp-elevaatori skeem
1-teraviljasilo silode korpus; 2-silode kohal olevad konveierid;
3-elevaatori töökorpus; 4-silode all olevad konteinerid.

Tuleohtlikkus seisneb suures põlevmaterjali koguses ja paljudes teravilja transportivates elektriajamitega konveierites. Tulekahju levik võib olla kiire, seda soodustab teravilja tolm ja elevaator.

Teravilja tolm on kergestisüttiv materjal. Eriti ohtlik on plahvatav aerosool. Tolmu plahvatuse alumine piir teravilja elevaatorites sõltub paljuski seadmetest, milles nad kogunevad. Nisu tolmul aspiratsioonüsteemist on alumine plahvatuskontsentratsioon $Cal = 12,6 - 30,2 \text{ g/m}^3$, tolmukambri - $Cal = 22,7 - 68 \text{ g/m}^3$ ja seadmetest - $Cal = 35 - 170 \text{ g/m}^3$. Elevaatori nisutolmu maksimaalne plahvatusrõhk on 735 MPa, minimaalne süttimisenergia 50 mJ.

Teraviljalaod ja elevaatorid on B tuleohutusklassi kuuluvad.

Plahvatusega kaasnevad tavaliselt teraviljasilode, galeriide jm. konstruktsioonelementide purunemised.

Teraviljakahjurite hävitamiseks ja teraviljahoidlate desinfitseerimisel kasutatakse selliseid kergelt süttivaid vedelikke nagu väävelsüsinik, dikloroetaan, dikloroetaani, roheline õli ja kloorpikriini segu jm. Väävelvesinik CS_2 on väga tuleohtlik vedelik, tema leekpunkt on $-43^\circ C$, isesüttimistemperatuur $+90^\circ C$, süttimispiirid 1-50%.

CS_2 aurude segu nisutolmuga plahvatab kuumenemisel juba kuni $100^\circ C$ juures.

CS_2 on mürgine ja elektriseerub kergesti. Dikloroetaani $C_2H_4Cl_2$ leekpunkt on $9^\circ C$, isesüttimistemperatuur $413^\circ C$. Süttimispiirid 6,2 - 16%. Süttimistemperatuuri vahemik 8-31 $^\circ C$.

Ennetusmeetmed. Tavakohaselt on teraviljahoidlad eraldiseisvad hooned, nende siseruumid (seksioonid) on eraldatud tulekindlast materjalist seintega. Koridorides on väljaspoole avanevad tuletõkkeuksed. Teraviljakuhjad

on kuni 5 m kõrgused, laekonstruksioonist, elektrijuhtmetest ja valgustitest peab kuhja tipp olema vähemalt 0,5 m kaugusel. Laos jäetakse ca 10% vaba pinda teraviljakuhjade teisaldamiseks isekuumenemise korral. Tuleohutusülevaatusel tuleb kontrollida, kas nõuetekohaselt projekteeritud tehnoloogilistest vahekaugustest ka kinni peetakse.

Teraviljahoidlates ei ole lubatud hoida teisi süttivaid/põlevaid materjale.

Valgustid, lülitid, pistikupesad jm. peavad olema tolmukindlad. Peab olema võimalus kogu elektrisüsteemi välja lülitamiseks ühest kohast.

Teraviljahoidlate põrand on asfaltbetoonist, betoonist vms. materjalist. Teraviljahoidlate desinfitseerimisel paigutatakse ca 30 m raadiuses hoiatussildid. Töötajaid lubatakse desinfitseeritud ruumidesse alles peale hoolikat ruumide tuulutamist. Tuleb arvestada sellega, et nii CS₂ kui ka C₂H₄Cl aurud on õhust raskemad, vastavalt 2,6 ja 3,4 korda. Seepärast tuleb eriti hoolikalt tuulutada/ventileerida kanalid, tranšeed jm. madalad süvendid. Tähelepanu tuleb pöörata evakuatsiooniteedele ja varuväljapääsudele. Elevaatorites peab olema tuletõrjeeve sise- ja välisliinid, tulekahju signalisatsioon, välistuletõrjeredelid, veekardinad. Korras peab olema piksekaitsesüsteem.

10.5. MINERAALVÄETISTE LAOD

Mineraalväetiste ja herbitsiidide hulgas on tugevaid oksüdeerijaid, põlev – ja plahvatusohtlikke aineid. Ammoonium väetiste hoidlad on tuleohtlikud. Sageli on tulekahju põhjuseks töötajate tuleohutusala teadmatus ladustatud väetiste suhtes.

Eriti ohtlik on ammooniumnitraadi transport ja säilitamine.

Temaga kokkupuutuvate orgaaniliste ainete tuleohtlikud omadused muutuvad, nende süttivuspiir alaneb märgatavalt. Näiteks bitumeeritud ja kummeeritud paberi, millest sageli on valmistatud ammooniumnitraadi taarakotid süttimistemperatuurid on vastavalt 250°C ja 270°C. Ammooniumnitraadiga läbiimbunult ja siis kuivatatult nad süttivad juba +200°C juures. Viimasel ajal kasutatakse ohutumate kilepakendit.

Ammooniumnitraadiga kokkupuutunud ja temaga läbiimbunud (segunenud) puitlaastud, süsi, põhk, paber, turvas, paberikotid, dzuut jm. süttivad tühisest soojuspulsist, põlemise intensiivsus on väga suur.

Ammooniumnitraadi toimel väävelhappesse, mida leidub vabalt näiteks paljudes mineraalväetistes (nt superfosfaadis), tekib lämmastikhape, mis soojendamisel või ka päikesevalguse toimel laguneb tekitades tugevaid oksüdeerijaid – atomaarse hapniku ja lämmastikdioksiidi. Nende oksüdeerijate toimel põhk, puit, vatt jm. süttivad ise. Isesüttimine leiab aset ka ammooniumnitraadi toimel kergeltsüttivatesse ja süttivatesse vedelikesse, väävlisse, mitmete metallide (Al, Zn, Cu, Fe jt) oksiididesse.

Temperatuuri tõustes ammooniumnitraat laguneb termiliselt ja kui eralduval soojusel puudub kuhjast väljapääs, ta kumuleerub ja võib põhjustada plahvatuse. Põledes ammooniumnitraat sulab ja laguneb, +300°C ja kõrgema temperatuuri juures ta võib detonatsioonist plahvatada.

Säilitamisel ammooniumnitraat muutub kleepuvaks (niiskus!) ja moodustab küllalt tiheda massi, mida on raske peenestada.

Puhas ja kuiv ammooniumnitraat plahvatab normaaltemperatuuril ainult tugeva detonaatori toimel. Mitmesugused mehaanilised löögid ja hõõrdumised ei kutsu esile ammooniumnitraadi plahvatust.

NaNO₃, KNO₃, Ca(NO₃)₂, nitrofoska ja magneesiumkloraat on samuti tugevad oksüdeerijad. KNO₃ (kaaliumnitraat) on eriti tundlik löökidele ja hõõrdumisele võrreldes teiste nitraatväetistega.

Väetisehoidlate põlengute põhjused on:

- väetistes olevate orgaaniliste lisandite isesüttimine;
- lahtise tulega hooletu ümberkäimine;
- suitsetamine;
- autode heitgaaside sädemed;
- mehaanilise päritoluga sädemed;
- hõõrdesoojus;
- elektriseadmete mittekorrasolek jne.

Ennetusmeetmed. Väetisi puistematerjalidena hoitakse mistahes tuleohutusklassiga hoones, vedelväetisi hoitakse spetsiaalsetes mahutites. Mürkkemikaale, herbitsiide ja ammooniumnitraati hoitakse eraldiseisvates ladudes. Nitraatväetisi hoitakse teistest eraldi ühekorraselistes hoonetes.

Ohtlike väetiste hoiukogused peavad vastama projekteeritud kehtivatele normidele.

Nitraatväetisi ei hoita puitpõrandal ega kokkupuutes puitkonstruktsioonidega,

Ladude territooriumil peab valitsema range tuleohutust tagav kord.

Kohustuslikud on hoiatussildid "Ammooniumnitraat", "Tuleohtlik". Ohtlikud laod peavad olema elurajoonist vähemalt 200 m kaugusel.

10.6. TOIDUAINETÖÖSTUS

Toiduainetööstuses on tooraineks toiduained, mida kasutatakse tehnoloogilistes protsessides toodete valmistamiseks. Toiduainete tehnoloogias on kasutusel nii tüüpprotsessid (kus toimuvad füüsikaliste omaduste muutused, nt agregaatolek) kui ka tüüpoperatsioonid (kus toimuvad toiduainetega keemilised muutused nt termilised protsessid, käärimisprotsessid).

Tehnoloogilisi protsesse võib üldiselt jaotada hüdroomehaanilisteks, soojusvahetus-, massivahetus – ja mehaanilisteks protsessideks.

Hüdroomehaanilised protsessid:

- heterogeensete süsteemide lahutamine;
- selitamine ja setitamine;
- filtreerimine;
- heterogeensete gaasigude lahutamine;
- keevkihtehnoloogia;
- segamine;
- pöördosmoos ja ultrafiltreerimine.

Soojusvahetusprotsessid:

- soojusülekanne;
- kuumatamine, aurumine, jahutamine, kondenseerimine;
- aurutamine;

Massivahetusprotsessid:

- absorptsioon;
- destillatsioon ja rektifikatsioon;
- ekstraktsioon süsteemis tahke aine-vedelik;
- ekstraktsioon süsteemis vedelik-vedelik;
- adsorptsioon;
- kuivatamine;
- kristallisatsioon.

Mehaanilised protsessid:

- purustamine, peenendamine, tahkete materjalide klassifitseerimine;
- pressimine.

Toidutooraineid käitleval ettevõttel peavad olema tooraine vastuvõtu, säilitamise ja töötlemise eeskirjad.

Järgnevas tabelis 10.1 on toodud põhilised toiduainetööstuse toorained/saadused ja nendega seonduvad ohuallikad.

Tuleohtlikud toiduained	Ohuallikas
Jahu	jahutolmu plahvatus
Tärklis	põlev aine
Tuhksuhkur, suhkur	suhkrutolmu plahvatus, põlev aine
Munapulber	põlev aine
Täispiimast piimapulber	tolmuplahvatus, põlev aine
Lõssipulber	tolmuplahvatus, põlev aine
Koorevõi	põlevaine
Toidurasvad ja õlid (kookosrasv, kakaovõi)	süttivad aurud, põlev aine/vedelik
Tarrendained	põlev aine
Aroomi- ja maitseained (ingver, kaneel, nelk, piprad, aniis, muskatpähkel, kardemon, vanilli, vanilliin, safran, koriander, köömned)	põlev aine
Veinid, konjakid, liköörid	alkoholiaurude süttimine
Essentsid	põlev vedelik
Toiduvärvid	põlev aine

Tabel 10.1 Toiduainete ohuallikad.

Tuleohutuse seisukohast ohutud toidutoorained:

Mesi, tärklihesiirup, invertsiirup, munad, munamelaaž, täispiim, rõõsk koor, hapukoor, kohupiim (kodujuust), kondenspiim, kondenskoor, kondenskohv, kondenskakao, pärm, pähklid, puuviljad ja marjad ning nendest valmistatud pooltooted, kalad ja kaladest valmistatud pooltooted, loomade ja lindude liha ning nendest valmistatud pooltooted.

Allikas: HACCP käsiraamat toidukäitlejale 2 trükk, Tallinn, 2002

NB! Vt. Ajalooline ajakiri, 2007, 1 (119)

Hazard Analysis and Critical Control Point

Viimastel aastatel on suurt tähelepanu pööratud toiduohutusele, mille tagamise üks tõhusamaid abivahendeid on HACCP käsiraamat. Ta koosneb 24 peatükist, käsiraamatu lisades on HACCP plaan tootenäidistest liha-, piima-, kala- ja pagaritööstustele ja andmed võimalike ohtude ja nende kontrolli meetmete kohta. HACCP kontseptsioon on arenenud riikide toiduainetööstuses kasutusel olnud alates 1970-ndatest aastatest, aga alles üheksakümnendatest on HACCP-st saanud tunnustatud toiduohutussüsteem. HACCP on süsteem, mis tugineb eelkõige probleemide ennetamisele.

Ettevõtetes rakendatakse HACCP järgmiste põhiprotseduuride kaupa:

- valitus protsessi/toote analüüs toorainest kuni valmistoodanguni;
- tootmisetappide ohtude analüüs;
- identifitseeritud ohtude seire ja analüüs. Võimalikud ohud tuleohutuse seisukohalt on: seadmetest ja toorainest. Seade võib olla füüsiliselt või moraalselt vananenud, tehniliselt mittekorras vms. Tooraine võib olla potsentsiaalselt ohtlik (tabel 9.1).
- seireandmete registreerimine ja dokumenteerimine;
- HACCP efektiivsuse tagamine, so süsteemi perioodiline ülevaatus.

HACCP põhimõtteid saab rakendada nii tootmises olevatele kui ka alles kavandatavatele toodetele.

11 PEATÜKK. LOOMAKASVATUSETTEVÕTETE TULEOHUTUS

11.1. LOOMA- JA LINNUKASVATUSKOMPLEKSID

Loomkasvatuskompleksid jaotuvad loomaliigile vastavalt: suuresõralised, sead, lambad. Linnukasvatuskompleksid samuti, kuid peamiselt on tegu kanafarmidega. Kompleksides on põhitegevusega seotud hooned (laudad) ja abihooned (söödalaod, heinalaad, teraviljalaod jms.). Hooned on kas kivist, metallkonstruktsioonidest vms. Sisekonstruktsioonid on nii puidust kui ka metallist. Kasutatakse ka plastmaterjale.

Tulekahju põhjusteks on olnud:

- elektrisüsteemi mittekorrasolek ja häired/lühised;
- lahtise tulega hooletu ümberkäimine;
- mehhanismide heitgaaside sädemed;
- pikselöögid.

Tulekahjul toimib loomadel lahtise tule soojuskiirgus, kõrge õhutemperatuur, mürgised põlemisgaasid, suits jm. Loomadel on kriitiliseks temperatuuriks 60-70°C. Plastmaterjalide põlemisgaasid on mürgised nii sealvibivatele töötajatele kui ka loomadele. Suitsu tõttu halveneb nähtavus, mis raskendab loomadel orienteeruda evakuatsiooniteedel. Loomad võivad tulekahjus hukkuda ka õhus hapnikusisalduse vähenemise tõttu 14-15% juures; samaaegselt suureneb CO₂ kontsentratsioon kuni 10-12%, vingugaasi CO kontsentratsioon võib ulatuda 0,5%-ni. Tulekahju areng võib olla kiire ja kahjud suured kui päästemeeskond ei jõua õigeaegselt kohale (teolud, eriti kevad-sügisel perioodil, ka talvel kinnituisanud teed on raskelt läbitavad, piisava kustutusvee puudumine).

Ennetusmeetmed.

- tootmishoonete (laudad, abihooned jm) ehituskonstruktsioonid ja tehnoloogilised seadmed peavad olema valmistatud vajaliku tule- ja süttimiskindlusega materjalidest;
- loomade arv seksiooniti peab vastama projekteeritud suurustele;
- loomade ja seadmete/inventari evakuatsiooniteed peavad tagama eelkõige loomade kiire evakuatsiooni tulekahju korral (arvestades loomade võimalikku käitumist tulekahju tingimustes); Soovitav on kasutada tehnilisi vahendeid loomade evakueerimisel.
- järgida tuleohutusnõudeid soojust genereerivate seadmete paigutamisel ja ekspluatatsioonil;

- suitsueemaldussüsteemi kasutuselevõtt;
 - tuleohutusseadmete ja – vahendite paigaldus ja töökorras olek.
- Loomakasvatuskompleksi projekteerimisel tuleb arvestada erinevate funktsioonidega hoonete vastastikuse paigutusega ja vajalike tuleohutusvahemikega. Arvestada tuleb ka pinnareljeefi, valdavate tuulte suunda, juurdepääsuteede ja samuti evakuatsiooniteede (-platside) korrasolekut.
- projekteerimisel tuleb loomulikult kinni pidada vastavate looma – ja linnukasvatuskomplekside projekteerimismõõtmetest.

Eriti tähelepanelik tuleb olla evakuatsiooniteede ja uste(värvate) mõõtmetest kinnipidamisel. Evakuatsioonil on otstarbekas ette näha mehaanilisi tõste-transportseadmeid, eriti suurloomade tarbeks. Probleeme on puuris asuvate loomade-lindude evakuatsiooniga. Suuremates looma/linnufarmides on ette nähtud tuletõrje veesüsteem. Talvel tuleb välised evakuatsiooniteed hoida lumevabad. Loomalautades ei ole lubatud hoida autosid, traktoreid jms. ega sisustada seal remonttööde - või laoruume.

11.2. LOOMASÖÖDA HOIDMINE, KUIVATAMINE JA HEINA TRANSPORT.

Loomasööt on hein, põhk, kombineeritud sööt, mis sisaldab mineraalaineid ja vitamiine jm.

Hein koosneb peamiselt tselluloosist, ligniinist, mineraalainetest, süsivesikutest, parkainetest (terpeenid) ja niiskusest. Kuiva heina niiskusesisaldus on 7-8% , ta süttib ja põleb kergesti lahtise leegiga. Isesüttimise temperatuur on 333°C. Hein võib niisketes keskkondades isekuumeneda ja lõpuks ka süttida. Seda põhjustavad nii mikroorganismid kui ka tavaline keemiline oksüdatsioon õhuhapniku vahendusel.

Loomasööta hoitakse nii põllul kuhjades kui ka (tavaliselt) spetsiaalsetes hoidlates. Heina – ja põhupallide mõõtmed on reglementeeritud, samuti kuhjade mõõtmed kõrguses ja laiuses, vahekaugused laest ja (vahe)seinest.

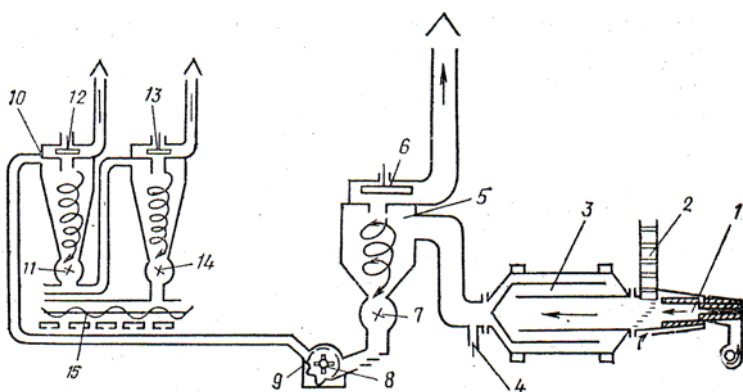
Elektrikilp, kus on ka üldine sisse-väljalülitus kang, paigutatakse reeglina hoidla välisküljele. Sisepõlemismootoritega liikuritel peavad olema heitgaaside sädemetepüüdjad. Hoidlates on ventilatsioonisüsteemid, vastavate tõkendvõrkudega välditakse põlevmaterjali sattumist süsteemi. Ei ole lubatud kasutada ise tehtud elektrilisi vm. kuivatussüsteeme.

11.3. SOOJUSGENERAATORITE KASUTAMINE.

Kasutusel on aurukatlad, soojusgeneraatorid, soojaõhupuhurid, elektrikaloriiferid, elektrisoojendid, elektrotroodkatlad, gaasiküttel katlad. Kasutatakse ka elektrikutet põrandate soojendamisel. Soojusgeneraatoritel on eelised igasuguste katelde ees, nad on võimsamad, kergemini reguleeritavad ja gabariitidelt tihti ka väiksemad. Kuumutusseadmete paigutamisel tuleb järgida tuleohutusnõudeid.

11.4. VITAMINISEERITUD ROHUJAHU VALMISTAMINE

Rohujahu valmistamisel lähtutakse värskest niidetud heinast või muust rohelisest haljasmassist. Tootmise üks põhiseadmeid on suure tootlikkusega kiirkuivati, purusti ja pressiseade. Joonisel on toodud tüüpilise rohu- jahu valmistamise seade skeem.



Joonis11.1.
Rohujahu valmistamise seadme skeem.
 1-soojusgeneraator;
 2-rohelise massi toitjakonveier;
 3kuivatustrummel; 4-jäägieraldi;
 5-kuiva massi tsüklon;
 6- ventilaator; 7- tigu;
 8- purusti; 9- sõel; 10- jahu eraldamistsüklon;
 11- dosaator; 12- ventilaator;
 13- jahu jahutustsüklon;
 14- dosaator; 15-väljundtigu.

Küttevedelik soojendatakse eelnevalt 80-110°C-ni, siis surutakse rõhu all (0,6-1 MPa) pihustisse, järgnevalt ta aurustub põlemiskambris, seguneb õhuga ja süüdatakse/süttib. Temperatuur ulatub 900-1000°C-ni. Sellise kuuma gaasiga kuivatataksegi rohelist märga haljasmassi kuivatustrummelis. Kontrollitavad on nii kuivatustrumli temperatuur kui ka massi etteandmise kiirus.

Tuleoht seisneb protsessil saadava kuiva rohujahtu süttivuses, samuti on ohuallikaks kütusepaak, lahtine tuli põlemiskambri ja kõrge temperatuur kuivatustsükli. Rohujahtu süttimistemperatuur on 230-260°C ning tal on kalduvus isesüttimisele.

Kütusena kasutatakse tavaliselt traktoripetrooleumi või diiselkütust, mis pole nii ohtlikud kui bensiinisordid. Ohtlikud olukorrad võivad tekkida kütuse ebaõigel doseerimisel. Tulekahju sagedaseks põhjuseks on kuivatatava haljasmassi ülekuumenemine ja süttimine kuivatuskambri või kuivatatud ülekuumenenud jahu süttimine tsüklonis.

Ekspluatatsiooninõuete eiramine kütusepaagi täitmisel võib samuti tekitada ohtliku gaasi-õhu segu kontsentratsiooni.

Ennetustegevus. Eelkõige tuleb rohujahtu valmistamise seade paigutada ohutusse kaugusesse teiste tehnoloogiliste hoonete suhtes. Ohutus kauguses (vähemalt 50 m) peab olema kütusemahuti ja vähemalt 150 m kaugusel loomasööda hoidlatest. Rohujahtuseade paigutatakse kergkonstruktsioonilisse mittepõlevast materjalist ehitisse. Töötajad peavad olema instrueeritud ka tuleohutusosalaselt. Valminud rohujahtu hoitakse 2-3 päeva karantiinis ca 20 m kaugusel seadmetest või ajutistes laohoonetes.

Rohujahtu hoitakse ladudes niiskusega 12% ja püsival temperatuuril. Kottide virnade kõrgused ja laiused on reglementeeritud. Jälgitakse kottide temperatuuri, sest on oht isekuumenemisele. Alguses iga päev 10 päeva jooksul, seejärel igal nädalal kuni hoidmise lõpuni. Temperatuuri tõusmisel üle 40°C tuleb kiiresti leida ja likvideerida termopesad.

KÜSIMUSTIK LOOMAKASVATUSETTEVÕTETE TULETÕRJE-TEHNILISEL KONTROLLIL

Loomakasvatushooned.

1. Milliseid materjale (silikaat, kivi, betoon, puit jm) on kasutatud loomakasvatuskompleksi hoonete ehitamisel? Milline on hoonete tuleohutusklass?
2. Milline on loomade evakuatsiooni väravate, uste ja läbikäikude summaarne laius? Kuidas ja kui kiiresti toimub loomade vabastamine köidikutest? Kuidas toimub puurides hoitavate loomade evakuatsioon?
3. Milliseid ukseulgureid kasutatakse? Kas koridorides ning vahekäikudes ei hoita loomasööta?
4. Kuidas toimub suitsu eemaldamine tulekahju korral? Milline on seadmete seisukord?
5. Kui loomasööta (hein, põhk vms) hoitakse lakas, kas lae ehituskonstruktsioonid on mittepõlevast materjalist? Kuidas välditakse puitkonstruktsioonide süttimist? Millisest materjalist on luugid? Kas elektrijuhtmed on kaitstud mehaaniliste kahjustuste eest?
6. Kas soojussõlm, söödaköök ja söödahoidla on üksteisest eraldatud tulekindlate seintega ning millised on väljapääsud nendest ruumidest?
7. Kas laka/pööningu ruumid on lukustatavad ning kus hoitakse võtmeid? Kes valvab loomi/linde öisel ajal?
8. Kas territooriumil liiguvad autod, traktorid jm põllumajandusmasinad on varustatud heitgaaside sädemetepüüdjatega?
9. Kas seadmetest ei leki õli ega kütust, millises koguses ja kus neid hoitakse?
10. Milline on veevarustussüsteem? Kas on eraldi tuletõrje veevarustussüsteem?
11. Milline on elektrijuhtmestik ja jõukaablid? Kas kasutatakse nõuetekohaselt pistikuid ja valgusteid?
12. Kas loomakasvatuskompleksi hoonete (laudad, hoidlad, tehnika garaažid jm) vahel on nõuetele vastavad tuleohutuse kujad? Kas on vaba juurdepääs esmastele tulekustutusvahenditele?
13. Millist süsteemi kasutatakse hoonete kütmiseks ja ventileerimiseks? Kas põlevaineid/vedelikke hoitakse nõuetekohaselt?
14. Kas soojendusseadmed on paigaldatud õigesti (nõutavad kujad vertikaal – ja horisontaalpindadest jm)?

Soojusgeneraatorid, katlamajad

15. Millisest materjalist on katlamajad ning soojusgeneraatorite hooned ja kuidas on nad eraldatud teistest hoonetest?
16. Millises seisukorras on soojuskandja ja õhu torud, kas on olemas reguleerivad siibrid, kas torude jätkukohad on piisavalt tihendatud?
17. Millisest materjalist on suitsugaaside lõõrid, millises seisukorras nad on (praod vms) ? Kas suitsugaaside kõrge temperatuuri mõju piirkonnas ei ole süttivaid aineid?
18. Kus asuvad kütusepaagid/mahutid? Kas neil on nivoonäidikud, hingamistorud? Millisest materjalist on kütusevoolikud?
19. Kui tihti puhastatakse lõõre tahmast ning muudest lõõride sisepinnale ladestunud kütuse termilise lagunemise saadustest? Kas tehakse lõõride puhastuse kohta sissekandeid žurnaali?

20. Millises seisukorras on katlamaja ruumid? Nendes ei tohi olla liigset materjali, kergestisüttivaid ega põlevaid vedelikke, samuti õliseid kaltse.

21. Kas soojusagregaatide tehnilist seisukorda kontrollitakse vastavalt nõuetele?

Söödahoidlad

22. Millistes tingimustes hoitakse loomasööta (temperatuur, õhuniiskus, ruumide ventileeritavus jm) ?

23. Kas hoidlate vahel on tuleohutu vahemaa?

24. Kas on ühine elektri sisse/väljalülitussüsteem kõikidel laohoonetel (kiire väljalülitamise võimalus nt tulekahju korral) ?

25. Milline on ventilatsioonisüsteem, kuidas toimub elektrivarustus? Kas on välditud põlevaine sattumine ventilatsioonisüsteemi?

IV OSA. KÄITLEMISE OHUTUSUURING.

12. PEATÜKK. PRAKTILINE JUHEND KEEMIA TÖÖSTUSE RISKIDE ANALÜÜSIKS JA OHJAMISEKS.

Belgia juhendmaterjali põhjal. Originaal: Process Safety Study. Practical guideline for analysing and managing chemical process risks. (A. Talvari tõlge)

Sissejuhatus

Järgnev õppematerjal on mõeldud juhtnööriks nende seadusandlike nõuete praktikasse rakendamisel, mis käsitlevad suurõnnetuse riske ja meetmeid nende riskide ohjamiseks. On esitatud peamised kitsaskohad ja konkreetsed lahendused nende likvideerimiseks. Piirduakse tootmiseseadmete funktsioneerimise käigus inimesele tekkida võivate riskidega. Ei käsitleta riske, mis tekivad seadmete juures seoses selliste töödega nagu ülevaatused, hooldus ja remont. Siin esitatu ei pretendeeri neis küsimustes ainsaks õigeks, aga tänaseni kahjuks puudub Eesti Vabariigis (ühtne) metoodika tööstusettevõtete riskide käsitlemisel ning seega ka ohtutehindamisel ja ohualademääramisel. Kuigi see metoodika puudutaks peamiselt kemikaale käitlevaid ettevõtteid, saab seda rakendada ka teistele tööstusettevõtetele kuivõrd tulekahjul on põlevmaterjaliks ikkagi keemiline ühend. Seega on õppematerjalis toodu üks lähenemisviise. Vastuvõetav on ka teistsugune lähenemine, kui see suudab kindlustada seadusandluse nõuete analoogse rakendamise. Õppematerjalis selgitatakse seadusandluse nõudeid ja kirjeldatakse konkreetset töömeetodit nende nõuete praktikasse rakendamiseks. (A.T.märkus : 2008.a. aktiveerus riskianalüüsi spetsialistide tööühm, kelle eesmärgiks on välja töötada ühtne riskianalüüsi meetod tööstusettevõtetele)

1.OSA

12.1 Seadusandluse nõuete tõlgendamine ja selgitamine. Ohutusuringu osad.

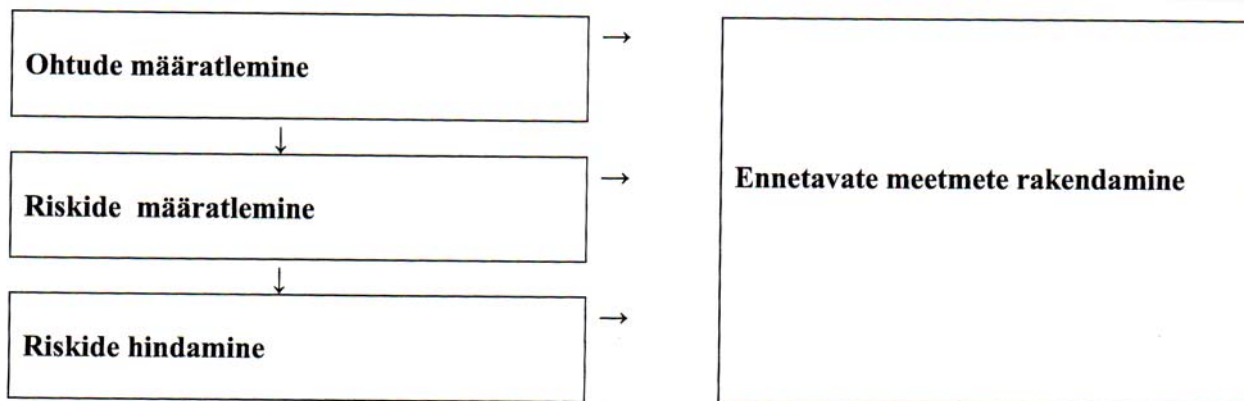
Mõistet "ohutusuring" käsitletakse siin kui riskianalüüsi ja rakendatud meetmete kombinatsiooni.

Tingimuseks on, et riskianalüüs koosneb kolmest osast:

1. ohtude määratlemine;
2. riskide määratlemine;
3. riskide hindamine.

Lisaks nimetatud kolmele osale on ohutusuringus neljas osa – (ennetatavate) meetmete rakendamine.

Meetmed peavad põhinema riskianalüüsil, mis ei tähenda siiski seda, et see osa tuleb läbi viia alles siis, kui riskianalüüs on täielikult lõpetatud. Meetmete määratlemine kulgeb paralleelselt riskianalüüsi kolme astmega, nagu näitab joonis 12.1. Allpool selgitatakse igat ohutusuringu komponenti eraldi.



Joonis 12.1 Ohutusuringu neli osa

12.2 OHTUDE MÄÄRATLEMINE

Belgia seadusandlus ei defineeri mõistet "oht". Seveso II direktiivist võib leida järgmise ohu definitsiooni: „Oht on ainele või füüsilisele situatsioonile iseloomulik omadus, mis potentsiaalselt võib inimesele ja/või keskkonnale kahju tekitada.”

Terminit "füüsikaline situatsioon" saab siin laialdaselt tõlgendada. Näiteks iga allpoolloetletud "füüsikalise situatsiooni" kohta saab öelda, et see võib viia potentsiaalse kahju tekkimiseni:

- 200 tonni vedelgaasi olemasolu hoiualal;
- ülerõhk mahutis;
- vedelgaasi leke keskkonda;
- vabanenud vedelgaasist tekkinud pilv;
- gaasipilve plahvatus.

Igat lüli sündmuste ahelas, mis viib õnnetuseni, saab vaadelda kui "füüsikalist situatsiooni", mis võib viia kahju tekkimiseni.

Belgia keemiliste riskide direktoraat eelistab anda sellele definitsioonile siiski kitsama tõlgenduse. Ohu definitsioonis käsitletud füüsikaline situatsioon piiritletakse situatsiooniga, mis loob võimaluse kahju tekkimiseks ja määratleb potentsiaalse (s.t. maksimaalse võimaliku) kahju ulatuse. Ülaltoodud näites loob vedelgaasi olemasolu võimaluse tulekahjuks ja plahvatuseks. Asjaolu, et need gaasid on veeldatud rõhu all ning et neid on 200 tonni, määrab ära kahju võimaliku ulatuse gaasi soovimatu lekke korral.

Selle asemel, et rääkida "ohtlikust kemikaalidest või ohtlikust situatsioonist", võime me rääkida ka "kahjuallikast". Oht on sellisel juhul "kahjuallikale" iseloomulik omadus. Sellise kitsama "ohu" interpretatsiooni puhul tähendab "ohu identifitseerimine":

- kahjuallika kindlakstegemist;
- kahjuallika analüüsi – s.o. kahjuallika omaduste uurimist, mis määraksid nende olemasolul tekkida võiva kahju.

Suurõnnetuse kontekstis on kahjuallikateks kemikaalid ja reaktsioonid.

Ühest küljest, ainete poolt tekitatava potentsiaalse kahju määravad nende keemilised ja füüsikalised omadused, teisest küljest aga terve hulk protsessiga seoses olevaid omadusi nagu füüsikaline olek (gaas, vedelik), kogus, rõhk, temperatuur jne.

Me peame kahju (ohu) allikaks ka keemilisi reaktsioone. Teatud keemilised reaktsioonid võivad tõepoolest viia rõhu ja/või temperatuuri tõusuni seadme mingis osas, mille tulemusena seade puruneb. Nii nagu kemikaalide korral, on reaktsiooni võimalik kahju määratud ühelt poolt reaktsiooni mitmesuguste spetsiifiliste omaduste kombinatsiooniga, teiselt poolt, keskkonnaga, kus see reaktsioon aset leiab. Täpsemalt on seda selgitatud osas 2.

Mõiste "oht" range tõlgenduse puhul on selge, miks määrused nõuavad, et riskianalüüs algaks alati ohu identifitseerimisega. Võimalike õnnetusstsenaariumide otsimisel pole mõtet, kui pole teada, kus

ohuallikad asuvad ja millised on nende omadused. Õnnetus on sündmus, asjaolude ahel, mille puhul ohuallikas toob esile oma ohtlikud mõjud.

Enamikul juhtudest on ohuallikas ilmne ning me võime automaatselt otsida vastavaid stsenaariume.

Näiteks, kütusemahuti puhul peaks uurima võimalikke lekkeid ja süttimisallikaid. Teistel juhtudel pole ohud nii ilmsed. Vaatleme näiteks kontrollimatut eksotermilist reaktsiooni reaktoris või ebastabiilsete ühendite lagunemist. Just selliste kemikaalide ja reaktsioonide "keerulisemate" omaduste tõttu on formaalne ohuanalüüs absoluutselt vajalik.

Ohutude tundmine pole vajalik ainuüksi nendega seotud riskide määramiseks, vaid ka ennetusmeetmete rakendamiseks. Nagu on selgitatud osas (Meetmete kindlakstegemine), tuleb ennetusmeetmetele anda prioriteet.

Täielikkuse mõttes märgime, et Seveso II direktiivis kasutatakse mõistet "suurõnnetuse ohud". Seda tuleb võtta lihtsalt kui üht mõistet. Definiitsioone "oht" ja "suurõnnetus" Seveso II direktiivis ei saa omavahel ühendada. "Seveso II" direktiivi artikkel 9 selgitab, mida mõeldakse "suurõnnetuse ohu" all. Vastavalt sellele artiklile peab ohutusaruanne näitama, et suurõnnetuse ohud on määratletud. Direktiivi lisast II (Siseministri 12. 05 2003 määrus nr 55, § 7 ja lisa 1) selgub millist informatsiooni peab ohutusaruanne sisaldama. Võime järeldada, et mõiste "suurõnnetuse ohud" tähendab tegelikult "suurõnnetuse stsenaariume" (vt. direktiivi lisa II, osa IV, punkt A või Siseministri 12.05 2003 määrus nr 55, § 7 lg 4 p. 3).

Riskide määratlemine

Nii nagu "ohu" puhul, ei defineeri Belgia seadusandlus ka mõistet "risk". Riski määratletakse sageli kui tõsiduse ja tõenäosuse kombinatsioon. "Seveso II" direktiiv defineerib riski järgmiselt:

"Risk on tõenäosus, et mingi sündmus mingi aja jooksul ja mingitel tingimustel toimub"

Vaatamata sellele, millist definiitsiooni kasutada, hõlmab riski määratlemine alljärgnevat:

1. õnnetuse stsenaariumi määratlemine;
2. stsenaariumi põhjuste ja tagajärgede identifitseerimine;
3. stsenaariumi tõenäosuse ja tõsiduse hindamine.

Õppematerjali kontekstis on õnnetuse stsenaariumideks ohtlike kemikaalide ja/või ohtlike energiahulkade ebasoovitav väljavool seadmest.

Ebasoovitava väljavoolu põhjuste ja tagajärgede kindlakstegemine on vajalik selleks, et hinnata igasuguse väljavoolu tõenäosust ja tõsidust ning olla võimeline rakendama vajalikke meetmeid.

Põhjuste tundmine võimaldab rakendada ennetusmeetmeid, et muuta väljavool vähem tõenäoseks.

Tagajärgede teadmine võimaldab kasutada leevendusmeetmeid, mis piiravad väljavoolu tekitatud võimalikku kahju.

Tõenäosuse ja tõsiduse määramine on ettevalmistus ohutusuuringu järgmiseks osaks: riskihindamiseks. Seega viis, kuidas tõenäosust ja tõsidust hinnatakse ja väljendatakse, sõltub sellest, kuidas riski hindamine läbi viiakse.

Riski hindamine

Riski hindamisel antakse hinnang selle kohta, kas risk on vastuvõetav või mitte, kas teda on võimalik vähendada või mitte ning millise tasemeni?

Riski hindamist saab vaid siis teha järjekindlalt ja objektiivselt, kui eelnevatele küsimustele on vastatud kasutades nn riskihinnangu kriteeriume. Ilma selliste kriteeriumiteta meetmete määratlemine kujutab endast täiesti subjektiivset ja kontrollimatut tegevust. Mõningad riskid on "ülekaitsstud", teised jälle "alakaitsstud".

Mis puutub riskihinnangu kriteeriumidesse, siis tuleb eristada kaht lähenemisviisi: jääkriskide hindamine ja "vahepealsete" riskide hindamine.

A. Jääkriskide hindamine

Antud lähenduses arvutatakse jääkrisk kvantitatiivse riskianalüüsi tehnikate abil. Jääkrisk on risk, mis jääb alles pärast kõigi meetmete arvestamist. Seda riski hinnatakse tema võrdlemise teel "aktsepteeritava väärtusega".

Et arvutada teatud tagajärje või teatud stsenaariumi tõenäosust, peame omama täielikke ja korrektseid vea-puid ning usaldatavaid tõrkesagedusi sündmustele vea-puudes.

Need vea-puud võivad olla erakordselt ulatuslikud ja keerukad, sest arvesse läheb kogu süsteem, kaasa arvatud ohutusseadmed.

Lekete/kadude tagajärgede hindamiseks (arvutamiseks) kasutatakse matemaatilisi mudeleid. Sellised mudelid annavad mõistlikke tulemusi vaid suuremate vahemaade puhul. Kuid väiksemad lekked ja kohalikud mõjud võivad samuti viia suurõnnetusteni.

Kvantitatiivse riskianalüüsi läbiviimine on keeruline ja aeganõudev, analüüsi läbiviijatelt kõrget kompetentsi nõudev tegevus. Sel põhjusel viiakse praktikas kvantitatiivne riskianalüüs läbi vaid spetsiifiliste situatsioonide hindamiseks, nagu näiteks seadme keskkonnarisk või juhtimisruumi paigutus keemiatehases. Sellistel juhtudel, kus iga otsus riski aktsepteeritavuse kohta omab kaugeleulatuvaid finantsilisi tagajärgi või suurt ühiskondlikku mõju – on kvantitatiivsele riskianalüüsile omane põhjalik teaduslik ja objektiivne iseloom oluliseks plussiks.

Protsessi seadmete riskianalüüs ei saa siiski piirduda mõne spetsiifilise küsimusega, näiteks toimega, mis laieneks üle keemiaettevõtte piiride. Iga komponendi puhul, mis võib vallandada suurõnnetuse, lekitades keskkonda piisavalt suurtes kogustes ohtlikke ühendeid, tuleb küsida: millised on sellise lekke riskid ning kas need on küllaldase kontrolli all?

Põhjaliku kvantitatiivse riskianalüüsi läbiviimine seadme iga komponendi/osa jaoks nõuab aga tohutut tööd. Sel põhjusel on terve hulk ettevõtteid välja töötanud lihtsustatud riskihindamise meetodid, mis võimaldavad hinnata riske ning teha efektiivseid otsuseid rakendatavate meetmete osas. Need lihtsustatud meetodid põhinevad vaheriskide hindamisele.

B. Vaheriskide hindamine

Vaheriskide all mõistame riski nagu see on, arvestamata mingeid meetmeid. Ei hinnata lõppseadet/lõpp-projekti - s.o. seade koos kõikide lisadega – vaid vahepealset konstruktsiooni/projekti, seadme lõplikult viimistlemata mittetäielikku versiooni. Praktikas määratakse tavaliselt seadme risk koos juhtimissüsteemidega, kuid ilma ohutussüsteemideta.

Vaheriski põhjal võetakse vastu otsused lisameetmete (näiteks, ohutussüsteemide) rakendamiseks, selleks, et veelgi vähendada vaheriski.

Praktikas ei kasutata pidevat tõsiduse ja tõenäosuse skaalat, vaid nende parameetrite eri (diskreetseid) klasse. Tõsiduse ja tõenäosuse klasse saab kombineerida riskiklassideks. Kõige lihtsam viis seda teha on riskimaatriksi kaudu. Mõned metodoloogiad, nagu Saksa standard DIN V 19250, määravad veel teised faktorid, mida tuleb kombineerida koos tõsiduse ja tõenäosusega läbi nn. "riskikõvera". Osa ettevõteteid ei arvesta tõenäosust ning kohaldavad seega ühedimensionaalse klassifikatsiooni tõsiduse alusel. Sel juhul räägime "deterministlikust" riskihinnangust, kuna vastaspool, mis arvestab tõenäosust, on "tõenäosuslik" riskihinnang.

Selle meetodi puhul koosnevad riskihinnangu kriteeriumid hulgast tehnilistest tingimustest, mis sätestatakse igas riskiklassis meetmete jaoks, mis peaksid vaheriski veel vähendama. Võib öelda, et selline lähenemine kasutab "aktsepteeritavaid meetmeid", kuna, jääkriskide hindamisele põhinev lähenemine kasutab "aktsepteeritavaid riske".

Nõudmised, mida riskihinnangu kriteeriumid panevad rakendatavatele meetmetele vastavalt riskiastmele, võivad olla erinevad. Näiteks, võime määratleda meetmete soovitud usaldatavuse. Teise võimalusena kirjeldatakse hulka tingimusi, mida tuleks arvestada meetmete kavandamisel (ning mis kindlustavad selle, et risk väheneb küllaldaselt) – näiteks kahe sõltumatu ohutussüsteemi olemasolu.

Lõpuks, saab kombineerida kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid nõudmisi.

Üheks selliseks näiteks on standard IEC 61508, milles on määratletud ohutuseadmete usaldusväarsuse vahemikud nn. "SIL klassid". Riski hindamise ning selle kasutamise viisi detailsema arutelu instrumentaalsete ohutussüsteemide määratlemiseks võib leida viitest /1/.

Viide /2/ kirjeldab, kuidas reas ettevõtteis on rakendatud riskihinnangu kriteeriume.

Belgia Chemical Risks Directorate poolt teostatud inspekteerimiste käigus saadud kogemusest ilmneb, et vaheriskide hindamine on ainumõeldav meetod riskihinnangu andmisel. Lõppudelõpuks, viiakse kvantitatiivset riskianalüüsi praktikas läbi ainult kas väliste riskide hindamiseks või siis väga spetsiifiliste probleemide puhul. Leiti, et ainult vähestel ettevõtetel on paigas riskihinnangu kriteeriumid ja nad rakendavad neid edukalt kõigile ettevõttes olevatele seadmetele. Riskihinnangu kriteeriumide kavandamine vaheriskide hindamiseks peaks olema paljude ettevõtete jaoks esmatähtsaks ülesandeks, et viia nende tegevus kooskõlla ohutusuuringuid puudutava seadusandlusega.

Meetmete kindlakstegemine

Seadusandlikud aktid ei sisalda detailseid tehnilise juhendeid suurõnnetuste ohjamiseks. Kuid nad näitavad ära, millist strateegiat tuleks järgida riskide vähendamisel:

1. Riski vältimine;
2. Kahju vältimine;
3. Kahju suuruse piiramine.

Allpool kirjeldatakse, mida need strateegiad tähendavad suurõnnetuste ärahoidmise kontekstis.

A. Riski vältimine

Suurõnnetuse oht käesolevas trükises on loomulikult kontrolli minetamine protsessi üle (kemikaali ja/või energia vabanemine õnnetuse korral). Riskide vältimine elimineerib võimaluse nimetatud stsenaariumide toimumiseks või vähendab neist tekkida võivat võimalikku kahju. Et seda saavutada, tuleb ohukoldes (kemikaalid ja reaktsioonid) rakendada meetmeid kas ohuallikale iseloomulike omaduste või seadme omaduste suhtes. (vt. samuti osa Ohtude määratlemine). Tegevus ohuallika omaduste suhtes seisneb teistsuguste kemikaalide või reaktsioonide valimises. Tabel 12.1 annab ülevaate võimalikest riski vältimise meetmetest tööstuses.

Riski ennetamise meetmed tööstuses		
	Ained	Reaktsioonid
<i>Meetmed kemikaali (aine) omaduste osas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● kemikaali (aine) elimineerimine või asendamine vähem ohtlikuga ● kemikaali (aine) kasutamine vähem ohtlikus kontsentratsioonis 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vähem ohtliku reaktsioonitee kasutamine
<i>Meetmed seadmetega seotud omaduste osas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Hulkade vähendamine (väiksemad seadmed, vaheladustamise ärajätmine jne.) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vähem ohtliku reaktoritüübi valik (mahuti/paak reaktori asemel toru)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Vähem ohtlike (vähem ekstreemsete) rõhu- ja temperatuuritingimuste kasutamine 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vähem ohtlike protsessitingimuste valik (hulgad, rõhk, temperatuur)

Tabel 12.1
Riski ennetamise meetmed tööstuses

Riskiennetusmeetmed muudavad protsessi sisuliselt ohutumaks. Tootva tööstuse ohutuse põhimõtteid käsitletakse laialdasemalt viidetes /3/ ja /4/.

B. Kahju vältimine

Kahju ärahoidmine siinses kontekstis tähendab kontrolli minetamise vältimist selle esinemise tõenäosuse vähendamise teel. Võib vahet teha passiivsete ja aktiivsete meetmete vahel.

Passiivsed meetmed ei vaja seadme aktiivset tööd või inimese vahelesegamist. Nad on pidevalt rakendatud. Passiivsete meetmete näiteks on anuma rõhukindlus või toru roostekindlus.

Aktiivsed meetmed nõuavad seadme/aparaadi aktiivset toimimist või inimese vahelesegamist. Kui meede töötab täiesti automaatselt, ilma inimese vahelesegamiseta, räägime materiaalsest meetmest.

Protseduurilised meetmed sisaldavad inimese vahelesegamist (näiteks, alarm mis järgneb operatori teatud tegevuste järgnevusele).

Belgias nõutakse tõsiste vigastuste vähendamiseks materiaalsete meetmete eelistamist kõikidele teistele (näiteks protseduurilistele) meetmetele.

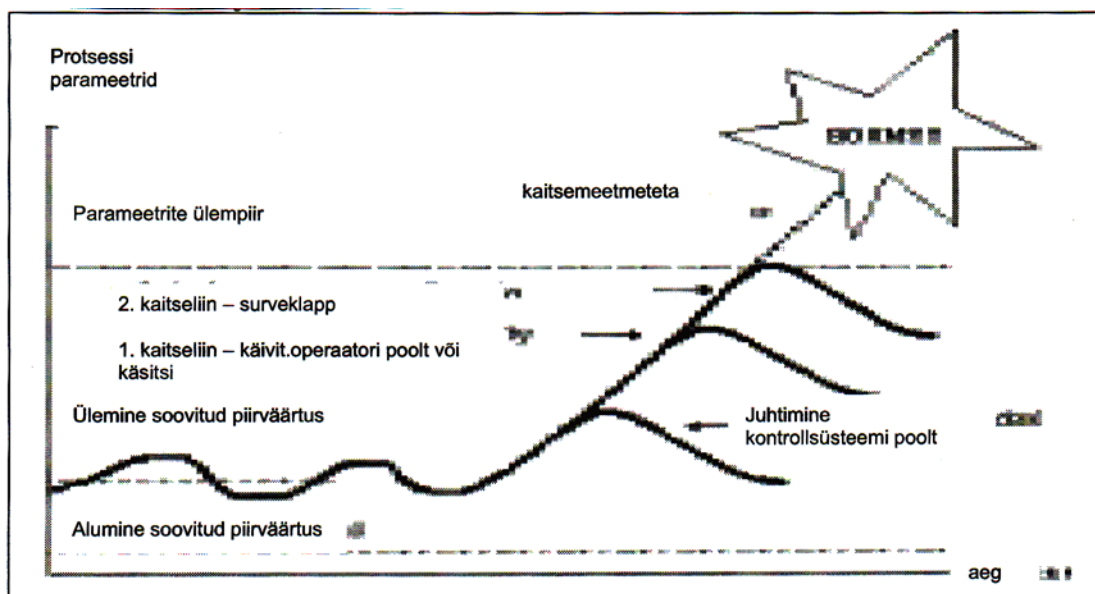
Tootvas tööstuses on aktiivsed meetmed juhtimis- ja ohutussüsteemi osa. Juhtimissüsteemid kindlustavad protsessi kulgemise "normaalse" soovitud viisil. Ohutussüsteemid hakkavad tööle ainult siis, kui tingimused hälbivad, kui ähvardab tekkida ohtlik olukord. Need süsteemid tunnevad

ära "ohtliku" kõrvalekalde ning sekkuvad protsessi. See võib tähendada, et:

- protsessi järgmine aste peatatakse (nn. vahelukkude poolt);
- kogu protsess peatatakse;
- kõrvalekalle parandatakse ja protsess pöördub tagasi normaalsesse ohutusesse tingimustesse;
- ebasoovitavad mõjud, mis võisid olla ohtlike kõrvalekallete tagajärg, pöörduvad tagasi aktsepteeritavale tasemele (näiteks ohtlike ainete leke avariiventilist).

Ohutussüsteemidel on eranditult ainult ohutuse tagamise funktsioon, ning seetõttu peavad nad olema juhtimissüsteemist sõltumatud.

Juhtimis- ja ohutussüsteemide rolli pidevalt mõõdetava ja korrigeeritava kriitilise ohuparametri suhtes illustreerib joonis 12.1.



Joonis 12.1 Juhtimis- ja ohutussüsteemi funktsioon protsessi parameetri jaoks

Kahju vältimise meetmete valikul peaks eesmärgiks olema nende suur töökindlus. Selleks võiks rakendada järgmisi reegleid:

- Passiivsed meetmed on töökindlamad kui aktiivsed.

NB! Passiivsed meetmed pole oma olemuselt ohutud. Peale selle, passiivsed meetmed võivad mitte tulemust anda. Kuid nende ebaõnnestumise aste on siiski oluliselt madalam, võrreldes aktiivsete meetmetega. Võib öelda, et passiivsed meetmed on siiski oma olemuselt ohutumad kui aktiivsed meetmed.

- Iseaktiveeruvate süsteemide töökindlus on tunduvalt suurem, kui süsteemidel, mis nõuavad välist energiaallikat.

Iseaktiveeruvate süsteemide näiteks on ohutusventiilid või katkestuskettad ("pimedad").

Ebanormaalne olukord aktiveerib ise ohutusseadme. Teisest küljest, ohutusahel kõrge rõhu vastu vajab funktsioneerimiseks välist energiaallikat. Pange tähele, ohutusventiile võib vaid siis pidada kahju ennetavateks meetmeteks, kui nad on õige dimensiooniga ja kui ained sattuvad keskkonda ohutus kohas.

- Suurema töökindluse võib saavutada pigem materiaalsete kui protseduuriliste meetmetega.
- Süsteemide töökindlust võib suurendada, luues nn. liia /reservi.

LiiagalReserviga süsteemidel on kaks või enam ohutusseadet, mis töötavad paralleelselt nii, et kui üks ohutussüsteemi haru ei hakka tööle, jääb siiski alles üks või enam ohutussüsteemi haru, mis võivad ohutusfunktsiooni täita. Kui valime ohutuse suurendamiseks reservi, peaksime teadlikud olema "ühistest ebaõnnestumise põhjustest". Ühine ebaõnnestumise põhjus on üksik ebaõnnestumine, mis mõjutab samaaegselt süsteemi paralleelahelaid. Sel põhjusel tuleb hoiduda identsete detailide ja tarkvara kasutamisest ohutussüsteemi erinevates harudes.

- Seadme üksikud sõlmed või nende osad võivad olla varustatud autodiagnostikaga, mille puhul teatud vead määratletakse otsekohe ja parandatakse kiiresti.
- Pidevate mõõtmiste korral näitab mõõteväärtuste muutumine, et mõõteseade funktsioneerib; mittepidevate mõõtmiste või lülituste puhul pole see nii. Pidev mõõtmine võimaldab juhtimispuldi operaatoril teostada pidevat diagnostikat/jälgimist.

C. Kahju/tagajärgede piiramine

Eelistuselt viimase kohal on meetmete rakendamine kahju piiramiseks.

Kahju piiravad meetmed võib jagada kahte rühma:

- meetmed lähtuvalt lekke iseloomust ja ulatusest;
- meetmed, mis puudutavad kahjukannataja kaitset.

Allpool esitatakse kokkuvõtte kõige tähtsamatest strateegiatest, mida võib järgida lekke iseloomust ja ulatusest lähtudes.

▶ Lekke iseloomu mõjutamine

Selle strateegia üheks näiteks on kaitseklapp, mis vähendab plahvatuse suurust/jõudu või hoiab ära rõhu all oleva mahuti täieliku purunemise ja väldib ohtlike ainete emissiooni (kohas ja kogustes, kus emissiooni peetakse peamiseks õnnetuse allikaks). Teiseks näiteks on nõrk vahekatus atmosfäärirõhu oleva reservuaari peal. See tähendab, et sisemine ülerõhk ei põhjusta reservuaari fataalset purunemist, vaid viib ära ainult katuse.

▶ Vabanevate koguste piiramine

Selleks kasutatakse näiteks ülevoolu ja ohutusventiile.

▶ Vabanenud vedelike leviku tõkestamine

Vedelike levikut saab takistada kaitsevallitiste ja dreenaazsüsteemidega.

▶ Vabanenud vedelike aurustumise takistamine

Vedeliku aurustumist saab aeglustada sileda aluspinnaga, mis vähendab kontaktpinda. Teine võimalus on katta vedelik väiksema tihedusega ainega.

▶ Mürgiste aurude ja gaaside leviku takistamine

Saavutatakse tootmiseseadme paigutamisega hoonesse. Gaasipilve leviku takistamiseks kasutatakse veekardinaid.

▶ Tuleohtlike/süttivate aurude ja gaaside hajumise kiirendamine.

Võimalus plahvatusohtliku segu moodustumiseks väheneb seadme paigutamisel õue, millega kindlustatakse loomulik ventilatsioon. Suletud ruumide korral tuleks kasutada sundventilatsiooni.

▶ Tuleohtlike aurude ja gaaside süttimise takistamine

▶ Tule tõrjumine

Kahjukannatajate kaitseks võib kasutada järgmisi strateegiaid:

▶ Võimalike kahjukannatajate piiratud juuresolek.

Keelatakse näiteks juurdepääs ohtlikule piirkonnale.

▶ Evakueerimine ohutsoonist õnnetuse puhul.

▶ Kahjukannatajate kollektiivne kaitse.

Näiteks tugevdatud (protsessi) juhtimisruumid.

▶ Kahjukannatajate individuaalne kaitse isikukaitsevahendite abil.

▶ Ohvritele abi osutamine.

12.3 OHUTUSUURINGUTE TEOSTAMISE. JUHTIMISE (KORRALDUSE) ASPEKTID

Süsteemaatiline lähenemine ohutusuuringule

Suurõnnetuse ohuga ettevõtte puhul ei piisa ainult ohutusuuringute teostamisest. Direktiiv ütleb väga selgelt, et ettevõttel peavad olema "protseduurid selleks, et süsteemaatiliselt identifitseerida peamisi ohte, mis tekivad normaalsest ja normist kõrvale kalduvast tööst ning hinnata nende ohtude tõsidust ja tõenäosust".

Meetmetelt, mida rakendatakse ohtude piiramiseks, nõutakse kõrget kaitse taset. Süstemaatiline lähenemine eeldab, et ohutusuringu teostamisel järgitakse selgelt määratletud, selgelt kirjeldatud töömeetodit. See peab kindlustama ohutusuringu kõrge kvaliteedi. Omadused, mille poole tuleb püüelda ohutusuringu läbiviimisel, on kõikehõlmavus ja objektiivsus.

Kõikehõlmavusest peab lähtuma:

- Ohu/kahjuallikate identifitseerimisel - kas on teada kõik kemikaalid ja reaktsioonid, ka need, mis on ebasoovitavad?
- Ohu/kahjuallikate analüüsil: kas on teada kõik nende asjassepuutuvad omadused?
- Õnnetuse stsenaariumide määratlemisel ja põhjuste otsimisel: kas on teada mittesoovitud lekke kõik põhjused?

Rakendatav töömeetod peab kindlustama, et oleks kaetud seadme kõik komponendid.

Ohu/kahjuallikate ja nende omaduste ning stsenaariumide ja nende põhjuste otsimist peab toetama kontrollnimekiri ja juhend või küsimustik.

Riskide (tõsiduse ja tõenäosuse) hindamisel ning riski vähendavate meetmete määratlemisel on probleemiks objektiivsus. Selgete kriteeriumite-juhtnööridega tuleb välistada inimfaktori subjektiivne mõju riskide hindamisel ja meetmete määratlemisel.

Kirjalikud protseduurireeglid peavad kindlustama selle, et oleks kaetud ohutusuringu kõik osad.

Erilist tähelepanu nõuavad uute seadmete installeerimise või modifitseerimisega seotud ohutusuringute protseduurid. Neil juhtudel peab ohutusuring olema integreeritud projekteerimisprotsessi. Ainult sel viisi saab seadme projekti integreerida ohutuse, mis oleks kooskõlas üldiste ennetuspõhimõtetega ja meetmete järgnevusega. Seetõttu ei saa uute seadmete ohutusuringud olla piiratud vaid lõpp-seadme analüüsiga.

Osas 2 on esitatud võimaliku praktilise meetodi selgitus ohutusuringu kõikide osade süstemaatiliseks läbiviimiseks. Esitatud meetodit saab rakendada nii uute projektide kui ka olemasolevate seadmete korral.

12.4 OHUTUSURINGUTE UUENDAMINE

A Perioodilised ülevaatused

“Seveso II” direktiiv nõuab ohutusaruande (edaspidi OA) uuendamist iga viie aasta järel. Kuna OA on tehtud läbiviidud ohutusuringute baasil, peab OA uuendamine toimuma ohutusuringute uuendamise alusel.

Perioodiline ohutusuringute uuendamine pole kindlasti uus idee. See on paljude aastate jooksul olnud ja on üha suuremas arvus ettevõtetes tavaline praktika ning seda soovib tungival ka tootmisohutuse alane kirjandus.

Selle poolt, et ohutusuringuid perioodiliselt läbi viia, on mitmeid argumente isegi siis, kui seadmestik pole aastate jooksul muutunud või on muutunud väga vähe.

a. Riski-identifitseerimise kõikehõlmavuse taotlus

Võimalus teatud põhjuste või tagajärgede kahe silma vahele jäämiseks ohutusuringu korral on vägagi reaalne. Uuringu regulaarsel kordamisel on võimalik lähemale jõuda kõikide võimalike suurõnnetuse ohtude nimekirja koostamisele.

b. Seadmestiku (väikeste) muudatuste kumulatiivne mõju

Seadmestik jääb harva aastate möödumisel samaks. Väikesed modifikatsioonid, millest igauks üksikult on liiga väikesed, et välja teenida ohutusuringut, võivad üheskoos riski märgatavalt suurendada.

c. Tehnoloogia areng

Tehnoloogia areneb pidevalt ning see kehtib ka ohustehnoloogia kohta. Mõned tehnoloogiad pole võib-olla olnud kättesaadavad, nad on olnud minevikus kas liiga robustsed või kallid, mis tähendab, et neid ei rakendatud. Perioodilised ohutusuringud võivad anda võimaluse hinnata uuemate tehnoloogiate kasutamist.

d. Areng riski tajumise osas

Mitte ainult tehnoloogia ei arene, vaid ka ühiskonna ootused ohutustaseme osas, eriti tööstuses. Mõned situatsioonid, mis olid aktsepteeritavad kümme aastat tagasi, pole seda enam mitte, ning sellistel juhtudel on vajalikud lisameetmed

e. Väljaõpe, teadlikkuse tõus ja kommunikatsioon

Ohutusuringute läbiviimine on väljaõppe oluline vorm ja ohutusteadlikkuse kasv on osalejatele tähtis. See on ideaalne võimalus värskendada inimeste teadmisi seadmetega seotud ohtudest ja riskidest ning tõsta need veelkord fookusesse. Iga kord, kui grupis viiakse läbi ohutusuring, toimub suure hulga informatsiooni vahetus erinevate erialade, hierarhiliste tasemetega, inseneride ja operaatorite, ning kogenud ja vähem kogenud töötajate vahel.

B. Õnnetusi ja vahejuhtumeid puudutavad ülevaated

Õnnetuste ning vahejuhtumite uurimine peab täitma järgmisi eesmärgi:

- Ühelt poolt, avastama õnnetuse täpse põhjuse ning tarvitusele võtma konkreetseid meetmeid, et see tulevikus ei korduks;
- Teiselt poolt, piiritlema ja kõrvaldama puudused ohutuse juhtimissüsteemis, mis võimaldasid õnnetuse asetleidmise.

Esimese punkti eesmärgid on ka ohutusuringu eesmärgid ning seetõttu on ilmne, selle eesmärgi saavutamiseks tuleb läbi viia tüüpilised ohutusuringu osad:

a. Ohtude identifitseerimine

Paljudel juhtudel on tõenäoliselt selge, millistekemikaalide või reaktsioonide tõttu õnnetus juhtus. On palju näiteid, kus õnnetuse põhipõhjus või õnnetus ise oli seotud faktiga, et teatud kemikaalide või reaktsioonide käitumise kohta oli vähe või polnud üldse midagi teada.

b. Riskide kindlaks tegemine ja kirjeldamine

Õnnetus võib päevavalgele tuua uued põhjused, mida polnud kas küllaldaselt või üldse mitte arvestatud eelmistes ohutusuringutes.

c. Riskide hindamine

d. Meetmete rakendamine

Uurimuse teise eesmärgi osas - piiritleda ja kõrvaldada puudused ohutusjuhtimissüsteemis – on üks küsimusi see, miks polnud eelmine ohutusuring edukas riskide identifitseerimisel või nende sobival vähendamisel.

Kui õnnetus või vahejuhtum paljastas "tundmatu" ohuallika, tuleb tõstatada järgmised küsimused:

- Kas ohuanalüüs oli üldse läbi viidud?
- Kui jah, siis kas järgitud meetodika oli küllalt süsteemne selle ohuallika identifitseerimiseks?
- Kui jah, siis kas kirjeldatud meetodikat viidi õigesti läbi? Kui mitte, siis miks?
- "Uue" riski korral võiks esitada sarnased küsimused.
- Kas varem oli avastatud riski olemasolu kõnesoleva seadme osa puhul?
- Kui jah: kas kasutatud meetodika oli võimeline avastama "uusi" riske?
- Kui jah: kas kirjeldatud meetodikat järgiti õigesti? Kui mitte: siis miks?

Asjad võivad valesti minna ka riskianalüüsis ja meetmete rakendamisel. Sõltuvalt vastustest neile küsimustele, oleks võimalik nõuda mitte ainult parandusi ohutusjuhtimissüsteemis, vaid ka teatud ohutusuringute uuesti tegemist, osaliselt või tervikuna. See on eriti soovitatav juhul, kui fookusesse kerkivad "uued" ohud või riskid.

2.OSA

12.5 OHUTUSUURINGU PRAKTILINE LÄBIVIIMINE

Eelmises osas esitatud printsiipide ellurakendamiseks esitatakse käesolevas osas praktiline töömeetod.

Osa Ohutusuuringu üldine kord visandab ohutusuuringu tegevuste järjekorra: millised on eri astmed ja kuidas saab neid

(praktikas) koordineerida ja ühendada üheks loogiliseks tervikuks.

Osa Individuaalsed astmed käsitletakse üksikute astmete praktilist teostamist.

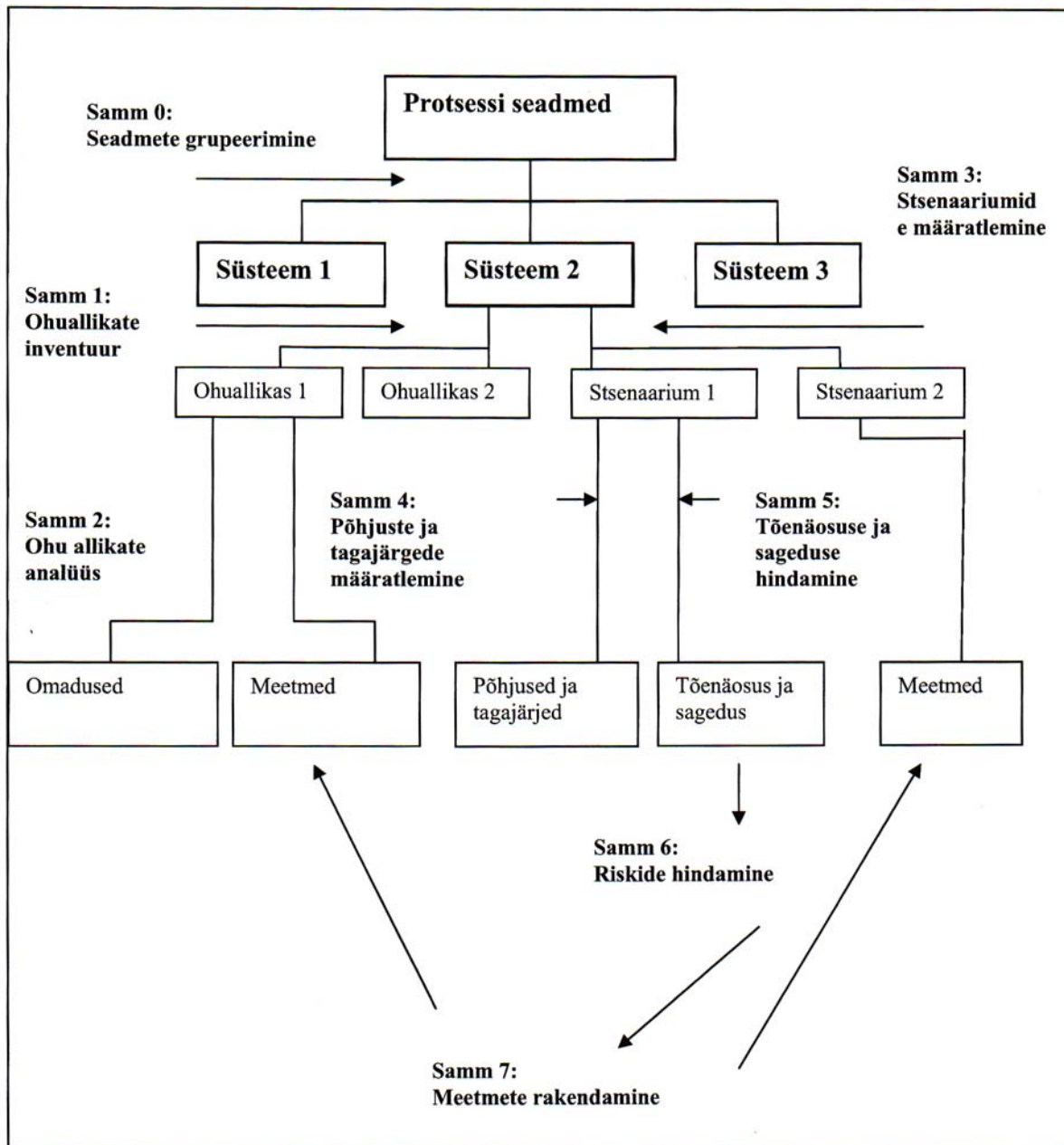
Ohutusuuringu üldine kord

Esimeses. osas määratleti ohutusuuringu neli astet, mis põhinevad määrustele. Osa neist astmetest jagati omakorda osadeks, mis teeb kokku seitse sammu. Tabel 2.1 näitab suhet ohutusuuringu normatiivsete osade/astmete (mis on määratletud õppematerjali esimeses osas) ja ohutusuuringu praktiliste sammude vahel (mida kirjeldatakse üksikasjaliselt käesolevas osas).

Tabel 2.1	
Suhe ohutusuuringu normatiivsete osade ja ohutusuuringu praktiliste sammude vahel	
Normatiivsed osad	Praktilised sammud
1.Ohtude määratlemine	1.ohu-/kahjuallikate nimistu koostamine 2.Ohu-/kahjuallikate analüüs
2.Riskidemääratlemine	3.Õnnetusestsenaariumide määratlemine 4.Stsenaariumide põhjuste & tagajärgede identifitseerimine 5.Stsenaariumide tõsiduse ja tõenäosuse hindamine
3.Riskide hindamine	6.Riskide hindamine
4.Meetmete rakendamine	7.Meetmete rakendamine

Tabel 12.1

Siin esitatud praktilises lähenemises ei rakenda me neid samme kogu seadmestikule korraga, vaid selle erinevatele osadele. Seadmestiku jagamine nn.“süsteemideks” moodustab kaheksanda lisaammu (samm 0). Rakendades neid kaheksat sammu, saame joonisel 12.1 kujutatud informatsioonistruktuuri.

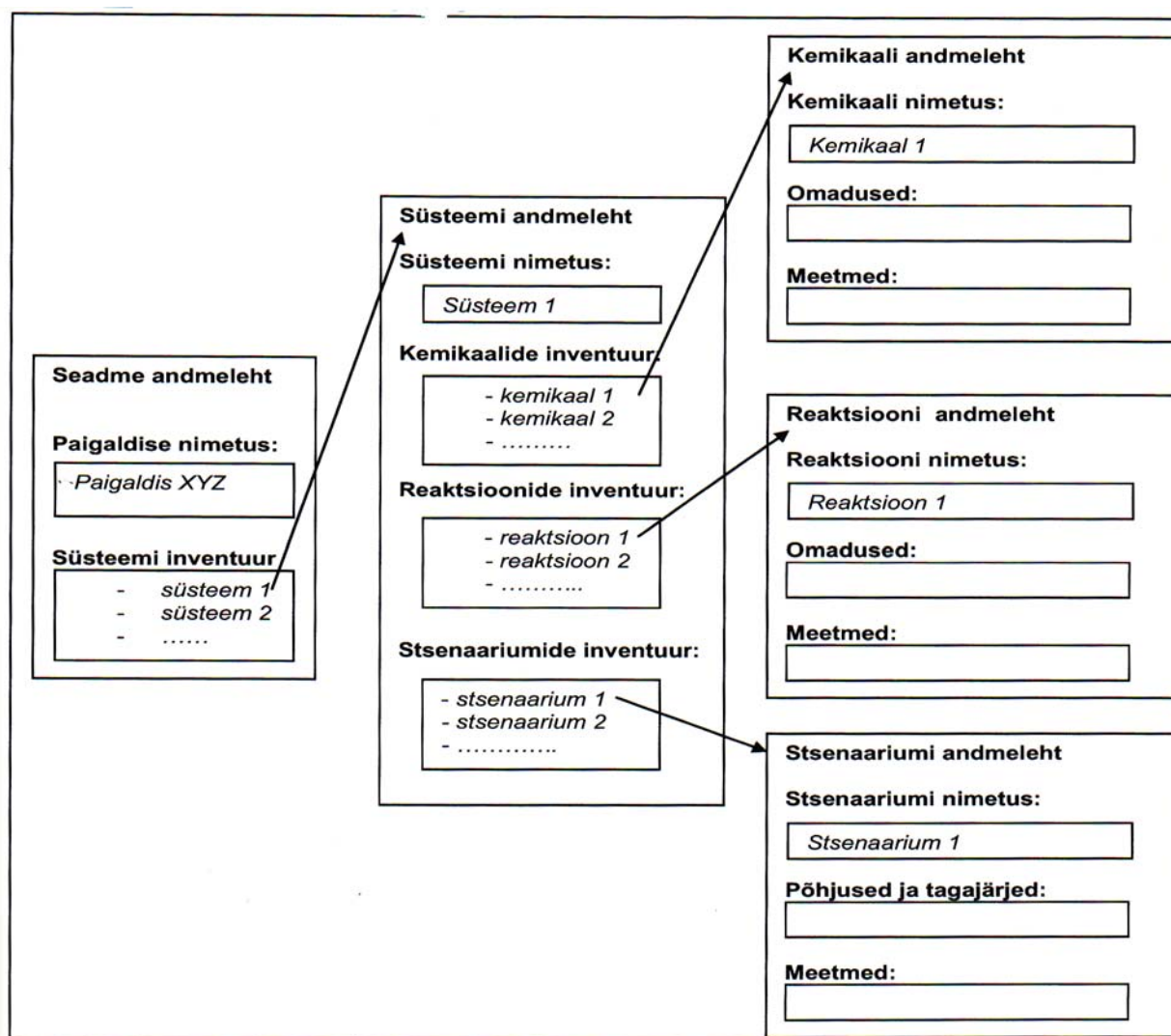


Joonis 12.2. Informatsioon, mis saadakse ohutusuuringu kõigi 8 sammu rakendamisel

Selle puu-kujutise tipus on "Protsessi seadmestik", mis on ohutusuuringu objektiks. Samm 0 jagab seadmestiku erinevateks "süsteemideks". Ohuallikate inventuur tehakse iga nn. süsteemi jaoks (samm 1). Analüüsidest ohuallikaid saadakse ülevaade asjassepuutuvatest omadustest (samm 2).

Meetmeid saab rakendada juba ohuallika tasemel (samm 7). Rakendatud meetmed teevad seadmestiku olemuselt ohutumaks.

Sarnaselt ohuallikatega määratletakse õnnetuse stsenaariumid iga süsteemi jaoks eraldi (samm 3). Iga stsenaariumi jaoks tuleb määratleda põhjused ja tagajärjed (samm 4). Selle informatsiooni põhjal saab hinnata stsenaariumi tõenäosust ja tõsidust (samm 5). Lõpuks, tuleb vormistada formaalne riskihinnang, et kindlaks teha, kas riskid on küllaldaselt määral ohjutud (samm 6). Lähtuvalt sellest saab kehtestada (lisa-)meetmed (samm 7). Pange siiski tähele, et meetmeid saab kehtestada igal ajal ning et samm 7 kulgeb tegelikult paralleelselt sammudega 1 kuni 6. Sellist informatsiooni struktuuri kasutatakse ohutusuuringu suunamiseks. Lõpuks töötatakse informatsioonistruktuur ümber konkreetseks "ohutusdokumentatsiooniks". Ohutusdokumentatsiooni on skemaatiliselt kujutatud joonisel 12.3.



Joonis 12.3: Ohutusdokumentatsiooni üldine struktuur

Ohutusdokumentatsiooni kõrgeimal tasemel on "Seadme andmete leht", mis annab ülevaate sellest, kuidas tootmiseseade on jagatud süsteemideks. "Süsteemi andmete leht" koostatakse iga süsteemi jaoks ning ta annab ülevaate ohuallikatest (kemikaalidest ja reaktsioonidest) ning peamistest õnnetusstsenaariumidest. Ohuallika analüüsil täidetakse "Kemikaali andmete leht" ja "Reaktsiooni andmete leht". Sarnaselt ohuallikatele tehakse iga stsenaariumi jaoks "Stsenaariumi andmete leht", mis dokumenteerib põhjused ja tagajärjed ning tõsiduse ja tõenäosuse koos rakendatud meetmetega.

Kihilise struktuuri tõttu on soovitatav, et ohutusdokumentatsioon oleks juhitud tarkvaraprogrammiga (Microsoft Access iga, näiteks). Seetõttu on andmete lehes osas Individuaalsed astmed esitatud tabelite kujul, mida kasutatakse Microsoft Excel ja Microsoft Access. Mõistagi, võib ohutusdokumentatsiooni põhimõtteliselt teha ka "pliiatsi ja paberiga" Seadmestiku jagamine (samm 0) mängib ohutusdokumentatsiooni vormistamisel (seega ka ohutusuringu läbiviimisel) võtmerolli. Pealegi, iga süsteemi puhul viiakse läbi ja dokumenteeritakse iga samm. Mida arvukamateks osadeks seadmestik jaotatakse, seda ulatuslikum ja põhjalikum uuring on.

Olemasoleva seadmestiku ohutusuringu jaoks saab jaotamise süsteemideks valida koheselt. Selleks määratletakse iga oluline seadme osa (reaktor, destillatsioonikolonn, soojusvaheti jne.) eraldi süsteemina. Mingile süsteemile võib lisada torustiku või määratleda torustik eraldi süsteemina. See on kooskõlas jaotusega, mis tehakse tavaliselt Hazop-uringu läbiviimisel.

Uue seadme kavandamisel tuleb süsteemideks jaotamist projekteerimise käigus pidevalt täiendada. Algul on võimalik määratleda vaid mõned põhiblokid – näiteks tooraine ladustamine, reaktsiooniblokk, vahesaaduste separaator jne. Hiljem on võimalik seadme iga osa täpsustada.

Mingile ühele osale vastav süsteem asendatakse siis mitme süsteemiga, mis koosnevad ühest või enamast

seadme ja torustiku osast.

Sellise jaotusega, mis jätkub astmeliselt seadme kavandamise käigus, määratakse ära ka ohutusuringu kulg, mis kavandamise/projekteerimise käigus tuleb läbi viia. Plaan on järk-järgult, informatsiooni laekumist mööda, üles ehitada joonisel 12.1 kujutatud puu-struktuur nii laiuti kui sügavuti. Enamus kemikaale ja reaktsioone on teada juba kavandamise/projekteerimise alguses. Niipea, kui kemikaal või reaktsioon on teada, saab ta omadusi analüüsida ja meetmeid plaanida.

Sellised kemikaalidest ja reaktsioonidest lähtuvad meetmed muudavad seadme olemuselt ohutumaks. Kui süsteemide kohta lisandub teavet, saab täpsemalt määratleda põhjusi ja tagajärgi ning rakendada meetmeid õnnetusi põhjustavate lekete takistamiseks või nende tagajärgede piiramiseks. Selline lähenemine ohutusuringutele projekteerimise käigus erineb põhjalikult traditsioonilisest lähenemisest, kus projekteerimisprotsessi erinevates faasides viiakse läbi erinevad sõltumatud analüüsid. Siinkirjeldatud lähenemisi viisi puhul on järkult-järgult projekteerimistöde käigus läbiviidud ohutusuring üks tervik.

Individaalsed riskianalüüsid, nagu Hazop või vigade puu, pole selles mudelis mitte isoleeritud toimingud, vaid aitavad täita ohutusdokumentatsiooni. Enamgi, ohutusdokumentatsioon ise toimib kontroll-nimekirjana informatsiooni jaoks, mis tuleb igas astmes koguda.

Ohutusdokumentatsioon mängib ohutusuringute teostamisel seetõttu kahest rolli: ta ülesehitusel on juhtiv, koordineeriv funktsioon ja andmete lehed funktsioneerivad kontrollnimekirjana.

Lisaks ohutusuringu süstemaatilisele tagamisele, mängib ohutusdokumentatsioon ka kesksel osal ohutusjuhtimisesüsteemis. Peale kõige muu, annab ohutusdokumentatsioon ülevaate kõikidest meetmetest suurõnnetuse ennetamiseks. Meetmeid peab toetama ohutusjuhtimissüsteem järgmiste vahendite abil:

- potentsiaalselt ohtliku seadmestiku korrashoid ja järelvalve;
- selged instruktsioonid personalile potentsiaalselt ohtlikku olukorda sekkumise puhuks;
- koolitus ja väljaõpe (treening)vastavalt neile instruktsioonidele;
- nende instruktsioonide kontrollimatu muutmise või kõrvaldamise takistamine.

Pealegi, struktureeritud ülevaade ohtudest, riskidest ja meetmetest on ideaalne lähtepunkt ohutusuringute uuendamisel.

Lõpuks võimaldab ohutusdokumentatsioon ettevõttel näidata, et suurõnnetuse võimalikud ohud on määratletud ja vajalikud meetmed nende ohjamiseks rakendatud. Ettevõtte, kellel on oma seadmete jaoks korralik ohutusdokumentatsioon, on võimeline ohutusaruandes (OA-s) kirjeldama oma peamisi suurõnnetuse riske ilma liigsete lisapingutusteta.

Siin kirjeldatud ohutusdokumentatsioon pole asi, mida peaks võtma üks-üheselt. Ettevõtte võib kasutada loovust ja teadmisi selleks, et kohendada toodud ülesehitust ja andmelehti oma nõuetele ja vaadetele vastavaks.

Individaalsed astmed

Ülalpool selgitati ohutusuringu üldist käiku. Nägime, et ohutusdokumentatsioon täidab toetavat osa.

Seda illustreerib osa Individaalsed astmed. Igale andmelehele joonisel 2.2 pakutakse välja vormistus.

Samm 0: seadmestiku jagamine

Samm 0 hõlmab seadme jagamist erinevatesse süsteemidesse. Selle sammu tähtsust selgitati juba osas Ohutusuringu üldine kord. Ülevaade (seadme) määratletud süsteemidest antakse seadme andmelehel (joonis 12.4).

Andmelehel antakse ka seadme lühikirjeldus ja juba läbiviidud ohutusuringute kirjeldus.

Detailsema teabe süsteemi kohta saab kanda süsteemi andmelehele osasse "Süsteemi kirjeldus", mis on kujutatud joonisel 12.5. See tabel annab muude asjade kõrval kokkuvõtte erinevatest komponentidest (seadmest ja torustikust), mis koos moodustavad süsteemi. Nii on iga süsteem selgelt välja toodud ja saab kontrollida, kas seadme iga komponent on kuskile süsteemi sisse lülitatud.

Seadme andmeleht		
Nimetus	<i>Antud seadme nimetus</i>	
Lühike kirjeldus	<i>Antud seadme kirjeldus</i>	
Läbiviidud ohutusuringud		
Kuupäev/ periood	Kirjeldus	Uuringu põhjus
<i>Uuringu läbiviimise kuupäev/ periood</i>	<i>Kasutatud tehnika (näit. Hazop jne.)</i>	<i>Näit. Perioodiline ülevaade, seadme modifitseerimine jne.</i>
Süsteemid		
<i>Määratletud süsteemide nimetused</i>		

Joonis 12.4 Seadme andmeleht

Süsteemi andmeleht			
Nimetus	<i>Antud süsteemi nimetus</i>		
Lühike kirjeldus	<i>Antud süsteemi kirjeldus</i>		
Süsteemi osad			
Nimetus	Kood	Projektijärgne tööõhk	Projektijärgne töötemperatuur
<i>Osade nimetused</i>	<i>Näit. TAG nr. Või mõni muu identifitseerimiskood</i>	<i>Osade projektijärgsed rõhud</i>	<i>Osade projektijärgsed temperatuurid</i>
Süsteemi kirjeldus	Ohuallikate nimekiri	Stsenaariumide nimekiri	

Joonis 12.5 "Süsteemi kirjeldus" - osa Süsteemi andmelehelt.

2.2.2 Samm 1: ohuallikate loetelu

Nagu osas 1 selgitati, teeme vahet kaht tüüpi ohuallikate vahel – kemikaalid ja reaktsioonid.

Süsteemi andmelehel olev "Ohuallikate nimekiri" (joonis 12.6) võimaldab süsteemis sisalduvaid kemikaale ja reaktsioone loendada.

Süsteemi andmeleht		
Nimetus	<i>Antud süsteemi nimetus</i>	
Normaaltingimustes süsteemis olevad kemikaalid		
Nimetus	Kogus	
<i>Kemikaali nimetus</i>	<i>Süsteemis oleva kemikaali kogus</i>	
Mittenormaalsetes tingimustes süsteemis olevad kemikaalid		
Nimetus	Kogus	
<i>Kemikaali nimetus</i>	<i>Süsteemis oleva võimaliku kemikaali kogus</i>	
Soovitud reaktsioonid		
Nimetus	ΔP_{\max}	ΔT_{\max}
<i>Süsteemis toimuva soovitava reaktsiooni nimetus</i>	<i>Maksimaalne rõhu tõus, mida süsteemis toimuv reaktsioon võib põhjustada</i>	<i>Maksimaalne temperatuuri tõus, mida süsteemis toimuv reaktsioon võib põhjustada</i>
Mittesoovitud reaktsioonid		
Nimetus	ΔP_{\max}	ΔT_{\max}
<i>Süsteemis toimuva mittesoovitava reaktsiooni nimetus</i>	<i>Maksimaalne rõhu tõus, mida see reaktsioon võib põhjustada</i>	<i>Maksimaalne temperatuuri tõus, mida see reaktsioon võib põhjustada</i>
Süsteemi kirjeldus	Ohuallikate nimekiri	Stsenaariumide nimekiri

Joonis 12.6 "Ohuallikate nimekiri" - osa Süsteemi andmelehel.

A. Kemikaalid

Kemikaalide inventuuri teostades ei tohi piirduda "põhitegijatega". Kemikaalid, mida on väikestes kogustes või mis ei mängi protsessis aktiivset osa, võivad samuti anda suure panuse ohupotentsiaali – näiteks nad võivad viia soovimatute reaktsioonideni.

Lisaks on tähtis määrata ka, millised kemikaalid võivad süsteemis esineda mittenormaalsetes tingimustes. Et sellele tähelepanu juhtida, on andmelehel "Ohuallikate nimekiri" eristatud "kemikaalid, mis esinevad normaalsetes tingimustes" ja "kemikaalid, mis esinevad mittenormaalsetes tingimustes".

Tabel 12.3 on esimene aste mittenormaalsetes tingimustes esinevate kemikaalide nimekirja suunas.

Kontroll-leht mittenormaalsetes tingimustes esinevate kemikaalide loetelu tegemiseks
<p>Millised kemikaalid võivad tekkida järgmiste mittenormaalsete tingimuste korral?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● tagasivool allavoolu asetsevatest osadest ● läbimurre ülesvoolu asetsevatest osadest ● lekkes soojusvahetis ● vale reagentide järjekord perioodilistes ja poolperioodilistes reaktorites ● saaste produkti joas ● reaktsiooniproduktid mittesoovitud reaktsioonidest ● kemikaalid, mis on süsteemi jäänud pärast rõhutesti ● kemikaalid, mis on süsteemi jäänud pärast remonti ● valed (erinevad) - hooldusained (määrdeõlid, rasväratusproduktid, jne.) ● jne.

Tabel 12.3

B. Reaktsioonid

Nii nagu kemikaalide puhul, et teha süstemaatilist reaktsioonide inventuuri, tuleb eristada ka soovitavaid ja mittesoovitavaid reaktsioone.

Ilmselt on protsessis soovitavad reaktsioonid teada ning nende täielik loetelu pole probleem. Kuid inventuur ei tohi piirduda tegelike sünteesireaktsioonidega. Soovitud reaktsioonid võivad kulgeda ka süsteemi nendes osades, mis pole "reaktorid". Sellest aspektist lähtuvalt võib mõelda, näiteks, küttekollete, toormaterjali puhastusseadmete, jääkproduktide töötlemisseadmete jms. peale.

Ebasoovitavate reaktsioonide inventuuri saab süstematiseerida, kasutades vastastikuse toime maatriksit koos kõikide selle süsteemi inventariseeritud kemikaalidega. Edasi tuleb veenduda, et ühegi kemikaaliga ei toimuks "autoreaktsiooni". See on reaktsioon iseendaga.

On kolm põhilist autoreaktsioonide vormi: polümeerisatsioon, lagunemine ja isomerisatsioon. Edasisi selgitusi võib leida Metatechnica publikatsioonist CRC/MT/002 (viide/5/).

Viites /6/ on informatsiooni paljude kemikaalide reaktsioonivõime kohta.

Definitsiooni kohaselt on reaktorites reaktiivsed ühendid ning, enamgi, protsessi tingimused (kontsentratsioon, rõhk, temperatuur) võivad seda tüüpi aparatuuris palju muutuda. Seetõttu pälvib ebasoovitavate reaktsioonide uurimine reaktorites erilist tähelepanu.

Samm 2: Ohuallikate analüüs

Kemikaale ja reaktsioone on defineeritud kui ohuallikaid. See, kui suures ulatuses kemikaalid ja reaktsioonid tegelikult ohtu kujutavad, selgub nende ohtlike omaduste analüüsist. Nii kemikaalide kui reaktsioonide puhul teeme vahet nn. iseloomulike omaduste ja seadmega seotud omaduste vahel.

A. Kemikaalid

A.a. Iseloomulikud omadused

See on samm, kus uuritakse kemikaalile iseloomulikke omadusi, mis on võimelised esile kutsuma kemikaali pihkumise keskkonda ja selle kaudu kahju tekitama.

Andmelehtedel, kus loetletakse üksikute kemikaalide kõik vastavad omadused, tuleb taotleda andmete kõikehõlmavust. Iseloomulikud omadused tuuakse ära kemikaali andmelehe osana ja on kujutatud joonisel 12.7. Kemikaalile iseloomulikke ohtlike omadusi saab objektiivselt määrata katsetega. Enamuse kemikaalide ja reaktsioonide omadused on juba määratud ja publitseeritud teaduslikes töödes ja artiklites. Tarnitavate kemikaalide puhul saab detailse informatsiooni saamiseks alati nõu pidada tootjaga. Ohutuskaardilt saadav informatsioon on tavaliselt liiga piiratud..

Õnnetusjuhtumite kirjeldus annab samuti väga kasulikku teavet kemikaalide ohupotentsiaali kohta. Juhul kui ei ole saadaval küllaldaselt teavet kemikaalide ja reaktsioonide ohtudest, peab ettevõtte ilmutama initsiatiivi vajalike katsete läbiviimiseks. Pealegi moodustab ohuanalüüs täieliku ohutusuringu aluse. Seega pole vastuvõetav olukord, kus ettevõtte ei oma informatsiooni kõikide kasutatavate kemikaalide ja reaktsioonide kohta.

Kemikaali andmeleht Identifitseerimine			
Nimetus	<i>Kemikaali nimetus</i>		
Cas nr.	<i>CAS nr.</i>	Ohutunnused: <i>F, F+, T, T+, ...</i>	
R ja S laused	<i>R ja S laused</i>		
Akuutne respiratoorne mürgisus			
Iseloomulik väärtus	<i>Näit. IDHL või LC₅₀ väärtused (lühiajalise mõju tagajärjed kõrgetel kontsentratsioonitasemetel)</i>		
Kirjeldus	<i>Kirjelda üksiku kõrge kontsentratsioonitaseme mõju tagajärge</i>		
Tulekahju või plahvatus			
Leekpunkt	°C	Põlemissoojus	kJ/kg
Isesüttimistemperatuur	°C	LEL	Mahu% õhus
Süttimisenergia	mJ	UEL	Mahu% õhus
Elektrostaatiline laeng	<i>Kirjelda kemikaali võimet tulla elektrostaatselt laetuks</i>		
Põlevad produktid	<i>Kirjeldada põlevaid reaktsiooniprodukte</i>		
Märkused	<i>Produktide käitumine tulekahju või plahvatuse korral</i>		
Stabiilsus			
Lagunemistemperatuur	<i>"Isekiirenev" (self-accelerating) lagunemistemperatuur °C</i>		
ΔH_{lag}	<i>Lagunemisentalpia J/g</i>		
Arutelu	<i>Sõltuvalt ΔH_{lag} pole süttimis- ega plahvatusohtu (vt. Viide /5/). Siinkohal võib ära märkida ka teiste produktide mõju lagunemistemperatuurile (ioonid, metalliosakesed).</i>		
Polümerisatsioon			
Reaktsiooni entalpia	Reaktsiooni entalpia J/g		
Arutelu	<i>Tingimused, mille puhul polümerisatsioon võib aset leida (temperatuur, rõhk, katalüsaatorid jne.)</i>		
Mürgisus naha kaudu			
Tüüpiline väärtus	<i>Näit. Nahapinna suurus fataalse kahjustuse korral</i>		
Arutelu	<i>Arutelu tagajärgedest tervisele</i>		
Reaktiivsus			
Veega	<i>Veetilkade, õhuniiskuse, veeauruga jne.</i>		
KWSga	<i>Kemikaali oksüdeerivad omadused</i>		
Hapete ja alustega	<i>Käitumine kokkupuutel hapete, leelistega</i>		
Konstruktiooni- materjalidega	<i>Metallid, plastmassid jt. tavalised konstruktsiooni/ehitusmaterjalid</i>		
Iseloomulikud omadused	Seadmega seotud omadused	Meetmed	

Joonis 12.7 "Iseloomulikud omadused"- osa Kemikaali andmelehel.

A.b. Seadmetega seotud omadused

Lisaks iseloomulikele omadustele annavad kemikaali v imesse ohtu põhjustada oma panuse seadmetega seotud omadused. Seadmetega seotud omadused on dokumenteeritud kemikaali andmelehe osana (joonis 12.8). Esimene tähtis seadmetega seotud omadus on aine f sikaline olek. Vedelgaasi leke on ohtlikum kui aine vabanemine gaasilisel kujul. See on ka palju ohtlikum kui vedeliku vabanemine, sestaurustumiskiirus on suurem. Enamgi veel, veeldatud gaas võib viia BLEVE-ni.

Seadmetega seotud omaduste andmelehele saab sisse viia füüsikalise oleku: rõhu all olev gaas, rõhu all olev vedelik, allajahutamisel saadud vedelik jne.

Loomulikult võib sama kemikaal olla samas süsteemis erinevates füüsikalistes olekutes.

Teine tähtis omadus on olemasolev kemikaali kogus. Seadmetega seotud omaduste alla võib loetleda kemikaali koguse iga füüsikalise oleku jaoks eraldi.

Edasi on lehtedel väljad, millesse võib märkida, kas protsessi temperatuur on kõrgem (või mitte) kui leekpunkt ja isesüttimistemperatuur – s.o. " $T_{lp} - T_{pt}$ " en " $T_{ist} - T_{pt}$ ".

Kemikaali andmeleht		
Nimetus	<i>Kemikaali nimetus</i>	
Funktsioon või esinemispõhjus	<i>- normaaltingimustes esinevate kemikaalide puhul – kemikaali funktsioon süsteemis (reagent, katalüsaator, solvent jne.), lisand, inertgaas jne. - mitternormaalsete tingimuste puhul, tingimused või põhjused, mille korral kemikaal süsteemis esineb</i>	
Füüsikaline olek	Kogus	
<i>Näiteks: rõhu all olev gaas, rõhu all olev vedelik, rõhu all veeldatud gaas, jahutamisel veeldatud gaas jne.</i>	<i>Igas füüsikalises olekus oleva kemikaali kogus</i>	
$T_{lp} - T_{pt}$ - leekpunkti ja protsessi temperatuuri erinevus	$T_{ist} - T_{pt}$ - isesüttimistemperatuuri ja protsessi temperatuuri vahe	
Iseloomulikud omadused	Seadmega seotud omadused	Meetmed

Joonis 12.8 "Seadmetega seotud omadused" - osa Kemikaali andmelehel

B. Reaktsioonid

B.a. Iseloomulikud omadused (joon 12.9)

Reaktsioonid on ohtlikud juhul, kui nad võivad viia temperatuuri või rõhu tõusuni seadme selles osas, kus nad toimuvad. Sellega seotud iseloomulikud omadused on reaktsioonisoojus ja gaaside teke. Peale selle on oluline kiirus, millega energia või gaasid vabanevad.

Reaktsiooni andmeteleht	
<i>Identifitseerimine</i>	
Reaktsiooni nimetus	<i>Reaktsiooni nimetus</i>
Reaktsiooniskeem	<i>Reagendid → Reaktsiooniproduktid</i>
Omadused	
Reaktsioonitingimused	<i>Temperatuur, rõhk, kontsentratsioonid, kogused, voolukiirused jne,</i>
ΔH_r	<i>Reaktsioonisoojus, J/g</i>
ΔM_c	<i>Erinevus reagentide ja reaktsiooniproduktide moolide arvus gaasifaasis</i>
C_0 (J/kg°C)	<i>Reaktsioonimassi soojusvõimsus</i>
Reaktsiooni kineetika	<i>Reaktsioonikiiruse valem või tüüpiväärtused või kiiruse kvalitatiivne kirjeldus</i>
DQ_r/dt	<i>Soojustekke kiiruse arvutamise valem või vastavad iseloomulikud väärtused või kiiruse kvalitatiivne kirjeldamine</i>
DM_{ze}/dt	<i>Valem gaaside teke kiiruse arvutamiseks või tüüpilised kiiruse väärtused või kvalitatiivne kirjeldamine</i>
Arutelu	<i>Lahter teiste asjassepuutuvate omaduste kirjeldamiseks</i>

Joonis 12.9 "Iseloomulikud omadused" - osa Reaktsiooni andmelehel

B.b. Seadmega seotud omadused.

Reaktsiooni ohupotentsiaali saab väljendada reaktsiooni poolt esilekutsutud maksimaalse temperatuuri ja rõhu tõusuna. Nende väärtuste määramiseks, tuleb teha oletus reaktsiooni tingimuste kohta: millised reagentid millistes kogustes osalevad või millise voolukiirusega nad lisanduvad reaktsioonisegusse jne. Kuna meid huvitab reaktsiooni kahjupotentsiaal, on reaktsioonitingimused kõige ebasoodsamad (kuid siiski

realistlikud) tekkida võivad tingimused. Näiteks, puhta perioodilise reaktsiooni puhul on selleks kemikaalide olemasolu stöhhiomeetrilistes suhetes ning jahutuse puudumine. Mõnedes teistes olukordades pole lihtne määratleda "halvimaid juhuseid".

Näiteks, poolperioodiliste reaktsioonide juures võime me mõelda järgmistest situatsioonidest:

- maksimaalne reagentide lisamiskiirus ja jahutuse puudumine;
- reagentide kogunemine reaktoris juhul, kui reaktsiooni mingil põhjusel ei alanud.

Pideva reaktori jaoks võiks halvim stsenaarium olla: reaktori blokeerumine ja jahutussüsteemi rivist väljaminek. Nende keerulisemate situatsioonide puhul on võimalik ja vajalik analüüsida mitmeid halvima-juhu stsenaariume.

Pange tähele, et ülaltoodud näited puudutasid reaktoreid. Tuleb mõistagi teha oletusi ka ebasoovitavate reaktsioonide kohta. Kujutage näiteks ette juhust, kus jahutustoru sisemise lekke tõttu leiab aset reaktsioon jahutusagendi ja jahutatava aine vahel.

Halvima juhu stsenaariumide määratlemisel kas ei ole arvestatud või on liiga vähe arvestatud nende esinemise tõenäosust. Samuti tuleb arvesse võtta kontrolli - ja ohutussüsteeme, mis on rajatud või rajatakse selliste situatsioonide ärahoidmiseks. Lõppude-lõpuks näitavad halvima juhu stsenaariumid ära, kui usaldusväärsed need meetmed peavad olema. Näiteks, juhul kui ilmneb, et halvima juhu stsenaariumi ei saa ennetada rõhu alandamisega, on meetmed halvima juhu stsenaariumi ärahoidmiseks loomulikult palju tähtsamad kui juhul, kui rõhu alandamine oleks võimalik. Tavaliselt on ebatõenäolisi halvima-juhu reaktsioone kergem identifitseerida ja hinnata, kui reaalsemaid juhte. Kuid kui leitakse, et nende "kergemate" halvima juhu tingimuste puhul on ohupotentsiaal väike või see on kontrollitav rõhu alandamise ohutusseadme abil, kehtiks see seda enam "raskemate", realistlikumate stsenaariumide puhul.

Reaktsiooni andmeleht		
Reaktsiooni nimetus	<i>Vaatluse all olev reaktsioon</i>	
Halvima juhu reaktsioonitingimused	$\Delta\rho_{\max}$	ΔT_{\max}
<i>Kõige ebasoodsamate tingimuste kirjeldus, milles reaktsioon võib toimuda ja mille tulemusel tekib maksimaalne hulk gaase või energiat</i>	<i>Maksimaalne rõhu tõus eelmises tulbas kirjeldatud tingimuste puhul</i>	<i>Maksimaalne temperatuuri tõus eelmises tulbas kirjeldatud tingimuste puhul</i>
Iseloomulikud omadused	Seadmega seotud omadused	Meetmed

Joonis 2.10 "Seadmetega seotud omadused" - osa Reaktsiooni andmelehelt.

Samm 3: Õnnetusstsenaariumide määratlemine

Õppevahendi kontekstis on "õnnetusstsenaariumid" ohtlike kemikaalide või energia soovimatud vabanemised, mida tavaliselt nimetatakse "ohjamise kadu" (LOC – loss of containment). Pole siiski mingit mõtet määratleda iga süsteemi jaoks üht üldist LOC stsenaariumi. Esiteks seetõttu, et lekkestsenaariumi ei saa määratleda ühel ainsal viisil. Tõepoolest, vabanemise viis sõltub mehhanismist, mis selle põhjustas. Korrosioonist põhjustatud piiratud ulatusega leke võib kasvab järk-järguliselt suuremaks; purunemise korral toimub leke äkki ja ettehoiatamatult.

Teiseks, pole suurt mõtet määrata ühe üldise vabanemise (lekke)stsenaariumi tõenäosust.

Pealegi kasutatakse tõenäosuslikku lähenemist riskihinnangu selles etapis kus otsustatakse meetmete rakendamise üle. Rakendatavad meetmed sõltuvad ka lekke põhjustest. Seetõttu tundub loogilisem määrata üksikute juhtude (põhjuste) tõenäosused (seega piiritleda stsenaariumid). Näiteks, selleks, et hinnata ohutusseadet, mis on kavandatud kontrolli alt väljunud reaktsiooni ohjamiseks, pole suurt mõtet teada reaktori lekke üldist tõenäosust (mida määravad ka teised tegurid, mitte üksnes kontrolli alt väljumine). Siin on kasutatud lähenemisviisi, kus ühe õnnetusstsenaariumi korral esineb üks lekke "põhjusjõud". "Põhjusjõudude" näideteks on: sisemine plahvatus, reaktsiooni kontrolli alt väljumine ("run-

away”), vedelike soojuslik paisumine suletud süsteemis, suletud ventiiliga pumpamine, läheduses toimunud plahvatuse kild, korrosioon, põhivahendite kulumine, välise põlenguleegi kontakt metallpinnaga, jne. Ka in-
imtegevus võib olla lekke põhjusjõuks: kujutlege vaid pehme vooliku lahtihaakimist, misveel produkti sisaldab.
Tegelikult võib neid põhjusjõude vaadelda tahtmatu lekke algatajatena ja
edaspidi käsitleme neid kui “algpõhjusti”. Tehnikaid, mida saab kasutada algpõhjuste
identifitseerimiseks, käsitletakse astmes 4.

Ülevaadet kõikidest stsenaariumidest hoitakse süsteemi andmelehe osas “stsenaariumide loetelu”
(vt. Joonis 2.11). Väljade “tagajärjed” ja “tõenäosus” täitmist selgitatakse osas Samm 5 :tõsiduse ja tõenäosuse
hindamine.

Süsteemi andmeleht		
Nimetus	<i>Vaatluse all oleva süsteemi nimetus</i>	
Õnnetuse stsenaariumi nimetus	Järeldused	Tõenäosus
<i>Iga algpõhjuse puhuks määratletakse õnnetuse stsenaarium, mida nimetatakse vastavalt algpõhjusele</i>	<i>Tagajärje hinnang</i>	<i>Toimumise võimaluste hinnang</i>
Süsteemi kirjeldus	Ohuallikate loetelu	Stsenaariumide loetelu

Joonis 12.11 “Stsenaariumide loetelu” - osa Süsteemi andmelehel.

Samm 4: põhjuste ja tagajärgede määratlemine

Õnnetusstsenaariumide määratlemisega oleme me tegelikult alustanud süsteemi lekete põhjuste väljaselgitamist. Mõnedel põhjuhtudel on nende esinemise põhjused triviaalsed. Näiteks, liikuvate osade puhul on pumbatihendite kulumine endastmõistetav ega vaja edasist põhjendamist. Mõningatel teistel juhtudel nagu kontrolli kaotamine reaktsiooni üle, on vaja need algpõhjused leida, et järgnevalt saaks otsustada meetmete üle. Need põhjused on loetletud “stsenaariumi andmelehel” horisontaalses puustruktuuris (joonis 2.11). Põhjused (causes) on nummerdatud nii, et neile saab viidata rakendatud meetmete kirjelduses (Cs.1, Cs.1.1 jne.).

Lisaks põhjustele tuleb määratleda lekke tagajärjed, et saaks rakendada meetmeid kahju vähendamiseks. Tagajärjed (consequences) on samuti nummerdatud, et neile saaks viidata rakendatud meetmete kirjelduses (Cn.1, Cn.2 jne.).

Stsenaariumi andmeleht			
Süsteem	<i>Süsteemi nimi, mida haarab uuritav õnnetus-stsenaarium</i>		
Stsenaarium	<i>Lühike kirjeldus (näiteks, leke korrosiooni tõttu, reaktsioonist tingitud ülerõhk)</i>		
Põhjused	<i>Cs.1 (põhjus 1)</i> <i>Cs.1.1 (põhjus 1.1)</i> <i>Cs.1.1.1 (põhjus 1.1.1)</i> <i>Cs.1.1.2 (põhjus 1.1.2)</i> <i>Cs.1.2 (põhjus 1.2)</i> <i>Cs.2 (põhjus 2)</i> <i>Cs.3 (põhjus 3)</i>		
Tagajärjed	<i>Cn.1 (tagajärg 1)</i> <i>Cn.2 (tagajärg 2)</i> <i>Cn.3 (tagajärg 3)</i>		
Tõenäosus	<i>Stsenaariumi tõenäosuse hinnang</i>	Tõsidus	<i>Stsenaariumi tagajärgede tõsiduse hinnang</i>
Põhjused ja tagajärjed		Meetmed	

Joonis 12.12 “Põhjused (Cs) ja tagajärjed (Cn)” - osa Stsenaariumi andmelehel.

A. Kontroll-lehed

Kontroll-leht on hea meetod selleks, et teha kiiresti ja suhteliselt lihtsalt mingi süsteemi peamiste algpõhjuste inventuur.

Lühike näidete loetelu on antud määratluse "algpõhjus" illustreerimisel. Iga ettevõtte võib seda loetelu laiendada ulatuslikuks kontrollnimekirjaks. Ideid selle teostamiseks võib leida viitest /7/, mis sisaldab tüüpilisi ebaõnnestumiste stsenaariume tüüpilise tootva tööstuse seadmetiku puhuks (rõhuanumad, reaktorid, soojusvahetid jne.) ning samuti tüüpilisi probleemide lahendusi ("võimalikke konstruktsioonilahendeid").

B. Vea-puu analüüs

Vea-puu analüüs on selge tehnika määratlemaks põhipõhjuste aluseks olevaid algpõhjusteid. Vea-puu tipuks on põhipõhjus.

Pange tähele, et meie lähenduses ei ole vea-puu eesmärk arvutada kvantitatiivselt stsenaariumi tõenäosust. Need on abiks lekke algpõhjuste piiritlemisel struktuurse liigendamise teel, eesmärgiga olla võimeline kavandama meetmeid. Nende meetmete ebaõnnestumist ei pea käsitlema süstemaatiliselt ja teaduslik täpsus pole asjakohane. Kirjeldatud vea-puud põhipõhjuste väljatoojana ei pea seetõttu olema nii keerulised ja aeganõudvad kui nende analoogid kvantitatiivses riskianalüüsis.

Kontroll-lehe meetod ja vea-puu analüüs on head tehnikad projekteerimise käigus enamike põhjuste identifitseerimiseks. Projekteerimise lõpul, kui torustik ja seadmed on omandamas lõplikku kuju, võib põhjusti identifitseerida näiteks Hazopi tehnikat kasutades.

C. Hazop

Hazop on riskianalüüsi tehnika, mida kasutatakse (töötlevas) tööstuses kindlasti kõige sagedamini.

On palju tegureid, mis seletavad Hazopi edu. Kõigepealt, seda meetodit rakendatakse kindlapiirilisele objektile – s.o. torustiku ja seadme diagrammile. Pealegi pakub Hazop hästi süstematiseeritud lähenemist. Riskide identifitseerimise protsessi toetavad Hazopi meetodi tõstatatud konkreetsed küsimused ning seda seadme iga osa puhul, millele meetodit rakendatakse.

Hazop on siiski tõestamistehnika, milline asjaolu piirab tema kasutamist. Trevor Kletz kirjutab oma raamatus "Hazop ja Hazan" /8/ järgmist:

"Hazop on viimane usaldusväärne kontroll selleks, et kindlaks teha, et ükski ettenägematu mõju pole kahe silma vahele jäänud. See ei tohiks asendada tavalisi konsultatsioone ja arutelusid, mis toimuvad seadme väljatöötamisel".

Need "konsultatsioonid ja arutelud seadme väljatöötamisel" on vajalikud selleks, et integreerida osas Meetmete kindlakstegemine kirjeldatud ennetus-strateegia seadme kavandisse. On kaks põhjust, miks Hazop, mis viiakse läbi kavandamise lõppstaadiumis, ei haaku selle ennetus-strateegiaga.

Esimene põhjus on praktilist laadi. Kavandamise lõppastmes pole tavaliselt enam võimalusi suurte muudatuste tegemiseks. Trevor Kletz väljendab seda nii /8/:

„Hazop, nagu seda siin kirjeldatud on, viiakse läbi kavandamise hilisstaadiumis. See toob esile ohud ja juhtimisprobleemid ajal, mil neid saab parandada kustusosakummi, mitte keevitusaparaadiga, kuid siiski ajal, kui on liiga hilja viia seadmesse/projekti fundamentaalseid muudatusi.“

Teise põhjuste puhul on tegemist Hazop-uuringule omase tüüpilise töömeetodiga, milles põhisituatsiooni võetakse sellisena nagu see on.

Uuring teostatakse ulatuses, kus kõrvalekalded võivad viia probleemideni, mitte ulatuses, kus kõrvalekalded võivad lõppastmes viia võimaliku paranemiseni ohutuse seisukohast.

Näiteks, kui märksõna "kõrge temperatuur" rakendada poolperioodilisele reaktorile, siis Hazopi-iga uuritakse seda, kas kõrge temperatuur võib viia kontrolli alt väljuva (ebasoovitava) reaktsioonini. Tavaliselt pole Hazopi puhul eesmärk uurida seda,

kas kõrgem töötemperatuur muudab ebasoovitava reaktsiooni toimumise vähem ohtlikuks või vähem tõenäoliseks. Pealegi, projekti on juba hilja vaidlustada. Hazop on tõestustehnika, mitte projekteerimistehnika. Sel põhjusel meetmed, mis lähtuvad Hazopist, on sageli piiratud pigem lisatehnika rakendamisega kui seadme projekti optimeerimisega kus rakendatakse seadmele endale omast ohutuse põhimõtet. Võimalused selleks tekkivad peamiselt uute seadmete või oluliste modifikatsioonide projekteerimisel. Limiteerides projekteerimisprotsessis riskide identifitseerimist

Hazopiga, vähenevad võimalused üldise ennetusstrateegia rakendamiseks oluliselt. Järelikult, ei saa ebasoovitavate ilmingute identifitseerimine olla piiratud vaid lõppprojekti Hazopuuringuga.

Lisaks sellele tuleb märkida, et Hazop-uuring ei kata riskianalüüsi sellisena, nagu seda on kujutatud käesolevas trükises (s.o. ainete ja reaktsioonide analüüsi). Lisaks on Hazop-uuringul mõte vaid juhul, kui selline riskianalüüs on eelnevalt läbi viidud ning kui Hazop-arutelul osalejad on teadlikud selle analüüsi tulemustest. Ning lõpuks, inimestel peab olema hea ettekujutus probleemidest, mida on oodata juhul, kui toimub kõrvalekalle protsessitingimustes või vale komponendi kasutamise korral.

Näiteks, et teada, kas kõrgem temperatuur viib suurte riskideni või mitte, peab tundma ainete käitumist kõrgetel temperatuuridel. Kui tagasivool tähendab seda, et kaks kokkusobimatut ainet sattuvad kontakti, siis võtmesõna "tagasivool" viib ainult siis mingi tulemuseni, kui analüütikute meeskond tunneb reaktsiooni ja selle ohupotentsiaali.

Eelpool öeldust ei tule järeldada, et ollakse vastu Hazop-i kasutamisele. Ka ei soovita kahtlust heita panusele, mida see tehnika on andnud tootva tööstuse ohutusse. Vastupidi, ollakse Hazop-uuringute, kui torustiku ja (mõõte)seadmete lõpp-skeemide hindaja, suur pooldaja. Hindamisele peab aga ikkagi eelnema asjakohane riskianalüüs seadme kavandamise käigus. Selline eelnev analüüs peab põhimõtteliselt tooma välja enamiku stsenaariumidest ning selle analüüsi põhjal peab olema määratletud juba ka hulk meetmeid. Mistahes Hazop-uuringu käigus identifitseeritud iga uus

põhjus ning kavandatud lisameetmed (kui neid on) peavad olema kirjas ohutusdokumentatsioonis. Peale selle, Hazop-uuring ei pea andma struktuurset ülevaadet õnnetuse põhistsenaariumidest.

Samm 5: tõsiduse ja tõenäosuse hindamine

Siinkohal antud seletus on piiratud nn "vaheriskide" hinnanguga, mis on defineeritud selle õppevahendi osas 1.

A. Tõsiduse faktor

Kogu tagajärgede skaala tuleb jaotada erinevateks tõsidusastmeteks. Näiteks, pole erist mõtet teha laiaulatuslikku jaotust surmajuhtumite arvu järgi. "Seveso" direktiiv ei anna samuti alust selleks, et teha vahet õnnetustes, mis lõpevad ühe, kahe või kolme surmajuhtumiga. Niipea, kui üks töötaja on kaotanud elu ohtlike ainete seotud õnnetuses, klassifitseeritakse seda suurõnnetuseks. Enamgi, eetilises vaatepunktist pole vastuvõetav vahetegemine meetmete vahel sõltuvalt sellest, kas surma sai üks, kaks või kolm inimest. Ehitustellinguid ei tehta ju ohutumaks kui seal töötab kolm inimest kahe asemel. Miks peaks tegema sellist vahet kemikaalidest tuleneva ohu korral?

Peab aga märkima, et riskidiagrammid, mida on kirjeldatud Saksa standardis DIN V19250, teevad vahet surmajuhtumite arvu järgi. Riskidiagramm eristab nelja järgnevat tõsidusklassi (astet):

- klass C1: kerge trauma;
- klass C2: ühe või mitme inimese permanentne vigastus või üks surmajuhtum;
- klass C3: mitmed surmajuhtumid;
- klass C4: palju surmajuhtumeid;

Kuna selles standardis klassifitseeritakse üht surmajuhtumit suhteliselt lihtsa tagajärjena (tagantpoolt teine tagajärjeklass), klassifitseeritakse ühe surmajuhtumi riski samuti tõenäoliselt madalas riskiklassis. See läheb vastuollu Seveso direktiivi põhimõttega, mis loeb surmajuhtumi suurõnnetuseks ja suurõnnetuse risk nõuab kõrget kaitstuse astet.

Riskidiagrammile võib teha veel teisigi vastuväiteid. Neid käsitletakse punktis C: "Teised faktorid".

Kogu eristatavate klasside arv ei tohiks olla liiga suur. Mida rohkem klasse, seda suuremaks läheb "vea lubatav piir" ja "subjektiivse hinnangu lubatav piir".

Tasakaalus olev tõsidusklasside määratlus võiks välja näha järgmine:

- klass S1: kohalik trauma, ravitavad kahjustused;
- klass S2: tõsine kahjustus, jäävad vigastused;
- klass S3: surmajuhtum, kuid vaid kohalikud (ettevõtte-sisesed) tagajärjed;
- klass S4: ettevõtte-välised tagajärjed;

Et vältida tagajärgede hindamisel niipalju kui võimalik subjektiivsust, on soovitatav, et tagajärgede klasside kirjeldust laiendaksid tüüpiliste vigastuste ja kahjustuste näited, mis võiksid olla võrdlusmaterjaliks.

B. Tõenäosuse faktor

Nii nagu tõsiduse faktori puhul, on oluline määratleda tõenäosuse klassid üheselt ja selgelt. Klasside kirjeldus ei tohi olla piiratud üldiste väljendustega nagu "väga tõenäoline", "tõenäoline" või "sagedane". Nende sõnade konkreetne interpretatsioon on erinevate inimeste puhul erinev.

Tõenäosuse faktori objektiivsemaks muutmisel on esimene aste suurusjärkude omistamine.

Edasi võib subjektiivsust vähendada jagades a priori tüüpilised sündmused erinevatesse tõenäosuse klassidesse, nagu näiteks seadme rike või inimlikud vead. Mõistagi, tuleb seda teha eelistatult omaenda kogemuse põhjal. Kui sellised andmed pole kättesaadavad, on parim variant moodustada süsteem selliste andmete kogumiseks. Senikaua võib viidata kirjandusele ja seadme tarnija andmetele.

On vähe mõtet sisse seada palju alajaotusi väga madalate tõenäosuse astmete jaoks. Sellised sagedusastmed nagu "üks sajatuhande aasta jooksul" on mõttetud inimese jaoks, kelle ettekujutus ajast hõlmab mõnda aastakümnet. Teame, et alates ajast, mil tootev tööstus on eksiteerinud omaette haruna – s.o. mitte rohkem kui 50 aastat – on ta juba põhjutanud arvutult õnnetusi ja suurõnnetusi.

Nii, et praktikas ei tule meil oodata kümmetuhat aastat, et juhtuks suurõnnetus.

Allpool üks võimalik klassifikatsioon:

- P4: väga tõenäoline. Intsidendist toimub oodatavalt mitmeid kordi seadme eluea jooksul. P4 suurusjärg on üks kord aastas.
- P3: tõenäoline. Intsidendist toimub oodatavalt kord seadme eluea jooksul. P3 suurusjärg on üks kord 10 aasta jooksul.
- P2: harv. Intsidendist toimub oodatavalt kindlasti harvemini kui kord seadme eluea jooksul. Intsidendist on siiski juba toimunud ja kuulub "tuntud nähtuste" hulka. P2 suurusjärg on kord 100 aasta jooksul.
- P1: väga harv. Intsidendist puudub konkreetne kogemus, kuid seda ei saa täielikult välistada.

C. Teised faktorid

Mõned standardid, nagu Saksa DIN V 19250 esitavad rohkemgi faktoreid, nagu ohu edasikandumine ja inimeste juuresolek. Belgia pädev asutus ei poolda selliste lisafaktorite kasutamist riskide hindamisel.

Üldiselt teevad need riskihinnangu keerulisemaks. Mida rohkem faktoreid on võetud arvesse, seda rohkem võimalusi on loodud väga erinevate lõpptulemusteni jõudmiseks kuna lubatakse väikesi erinevusi individuaalsete faktorite hindamisel. Subjektiivsuse vähendamise seisukohalt on see mittesoovitav tulemus.

Iseloomustades tegurit "ohu edasikandumine", tuleb arvesse võtta mitmeid aspekte: kiirust, millega nähtus tekib, ulatust, mille juures ta märgatavaks saab, märkamist, otsustusvõimet, ohu märkajate reaktsiooniga, evakueerimise võimalusi jne. Kõiki neid on raske objektiivselt hinnata ja jällegi jääb märgatavalt ruumi subjektiivsele interpretatsioonile. Tootmise ohutuse spetsiifilises kontekstis on selle faktori arvessevõtmine kaheldav. Seadmete ehitamisel tehtud vead/kõrvalekalded leiavad aset tavaliselt seadme sees ning pole ettevõtte personalile jälgitavad, nähtavad.

Sellised nähtused nagu plahvatused, tulekahjud ja juhtimise kontrolli kadu annavad endast märku nii äkki ja suurelt, et ärajooksmine enne kahju tekkimist pole võimalik.

Faktori "Ohupiirkonnas viibimine" osas tuleb märkida, et keemiatööstus üldiselt ei ole väga töömahukas tööstus. Seda sektorit iseloomustab automatiseerimise lai levik. Enamikul juhtudel on personali juuresolek seadmetel harv nähtus. Arvestades seadmete mõõtmeid pole ettekujutatav, et kõikides ohtlikes piirkondades on pidevalt inimesed. Personali juuresolek on enamikel juhtudel hajus – teiste sõnadega kokkusattumuslik (juhuslik).

Faktori "ohupiirkonnas viibimine" arvesse võtminetähendaks arvestamist hea õnnega, et intsidenti ei toimu. Eelnevalt lähtuvalt peaksime järeldama, et suurõnnetuse ohud on vähem kontrollitud kui näiteks klassikalised masinariskid, kus operaator pidevalt juures viibib.

Mõistagi pole see "Seveso II" direktiivi eesmärk, mis nõuab kõrget kaitsetuse astet. Pealegi ei saa olla eesmärgiks valmistada seade, kus töötab keskmiselt kaks inimest ohtlikumana võrreldes seadmega, kus töötab kaksikümme inimest.

Samm 6: riskide hindamine

Järgnev puudutab ainult vaheriskide hindamist.

Riskide hindamise läbiviimine on vägagi sirgjooneline tegevus juhul, kui on olemas selged kriteeriumid. Riskihinnangu sisend koosneb eespool, sammuga 5 määratud tõsidusest ja tõenäosusest.

Riskihinnangu väljund koosneb meetmete määramisest vaheriski edasiseks vähendamiseks.

Riskihinnangu kriteeriumid määratlevad suhte sisendi ja väljundi vahel. Kriteeriumide rakendamine ei tohiks olla raske. Kuid nende esialgne kavandamine seda on.

Riskihinnangu kriteeriumide kavandamisel ilmneb kaks kriitilist aspekti:

1. süsteemi piiride määramine, mida me hinnata tahame, ning sellega seotult, meetmete tüübi kindlaks määramine, millele kehtestatakse nõudmised;
2. konkreetsete nõudmiste kehtestamine meetmete osas vastavalt riski suurusele.

On selge, et meetmed, mida soovime määratleda riskianalüüsi alusel, ei saa olla süsteemi osaks, mille riski (tõsidust ja tõenäosust) hindame. Meetmete tüüp, millele kriteeriumid on kavandatud, määrab seega süsteemi piirid, mille riske hinnatakse.

Lähtuvalt meetmete jaoks määratletud nõudmistest on vastu võetud hulk minimaalseid kriteeriume. Neid võib selgitada riskimaatriksi abil joonisel 12.13, mis saadakse tagajärgede ja tõsiduse klasside kombineerimisel.

P ₄					P ₄ väga tõenäoline/ kord aastas
P ₃					P ₃ tõenäoline/kord 10 aasta jooksul
P ₂					P ₂ harv/kord 100 aasta jooksul
P ₁					P ₁ väga harv
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₄ ettevõtte välised tagajärjed
					S ₃ surmajuhtumid
					S ₂ püsivad vigastused
					S ₁ ravitavad vigastused

Joonis 12. 13 Riskimaatriks

Maatriksit tuleb rakendada vaheriskidele, see tähendab mitte arvesse võttes ohutussüsteeme, nagu need on määratletud osas 1.

Riskidele, mida on hinnatud ülalkirjeldatud viisil ning mis asuvad riskimaatriksil joonisel 12.13, kehtivad järgmised põhimõtted:

1. Eesmärk peab alati olema seatud tõsiduse ja tõenäosuse maksimaalse vähendamise suunas, rakendades sisemise ohutuse põhimõtteid läbi passiivsete meetmete ja usaldusväärse kontrolli.
2. Riskide vähendamine viirutatud alades (P₄,S₃) ja (P₄,S₄) ohutusmeetmete rakendamise teel pole vastuvõetav. Neid riske tuleb esmalt vähendada, kohandades seadet või juhtimissüsteemi nii, et risk langeb varjutatud alast välja. Mõistagi peab riske seejärel edasi vähendama vastavalt uuele asukohale vastastikuse mõju maatriksil.
3. Hallidel aladel asuvate riskide puhul pole kontroll-meetmed küllaldased ja tuleb kasutusele võtta ohutusmeetmeid. Erandiks sellest reeglist on riskid, mida on vähendatud väga väikese tõenäosuseni (P₁) "passiivsete" meetmete abil (näiteks, kaitse ülerõhu vastu saame, valides seadme arvutusliku rõhu suurema kui maksimaalne tekkida võiv rõhk).
4. Ohutusmeetmete usaldusväärsus peab olema ekvivalentses vastavuses riski suurusega.
5. Suurõnnetuse ohtude puhul (mis on igal juhul sellised, mille tagajärgede faktorid on S₃ ja S₄) peavad ohutusmeetmed olema:
 - kas iseaktiveeruvad ja suure töökindlusega (näiteks, õigete mõõtmetega ohutusventiil, mis avaneb ohutusse kohta);
 - või siis rikkekindlad;
 - või siis veakindlad.

Rikkekindlus on süsteemi omadus, mis lubab tal täita oma määratud funktsioone süsteemi riistvara või tarkvara ühe või enama vea puhul (vt. viidet /1/). Rikkekindluse võib saavutada süsteemi reservi sissehitamisega. Sellised süsteemid koosnevad kahest või enamast seadmest, mis täidavad sama funktsiooni nii, et kui ühes seadmes juhtub tõrge, jätkavad üks või enam süsteemi selle funktsiooni täitmist.

Veakindla seadme puhul ohutusseadme rikke korral tuuakse protsess automaatselt ohutute tingimuste juurde (näiteks, seadme sulgemise/peatamise teel). Mõningatel juhtudel on vastuvõetav, et viga avastatakse koheselt

ning rakendatakse ajutiselt, kuni vea kõrvaldmiseni, teisi meetmeid, nagu näiteks töötava personali kõrgem valvuseaste. On selge, et selline meede jääb alla võrdluses reservsüsteemi või veakindla süsteemiga. See on vastuvõetav vaid juhul, kui töötajatel on tegelikult võimalus õigel ajal sekkuda ning kui selliseid ajutisi meetmeid rakendatakse vaid lühikese aja jooksul.

6. Suurõnnetusohu puhul tuleb alati eelistada automaatseid meetmeid neile, mis nõuavad inimese sekkumist. Viimased on aktsepteeritavad vaid juhtudel, kui:

- automaatne lahendus pole tehniliselt mõeldav või ta pole soovitatav väga eriliste asjaolude tõttu;
- sekkuvale isikule on ühemõtteliselt selge, millal ja kuidas ta peab sekkuma; asjakohased alarmid on selgelt eristatavad teistest alarmidest ning nad on prioriteetsused;
- sekkumiseks on olemas küllaldane aeg.

Ülalkirjeldatud kriteeriumid on vaid minimaalsed tingimused, mida tuleb praktikasse rakendamiseks edasi täiustada. Selliste kriteeriumide kehtestamine on iga üksiku ettevõtte kohustus. Kehtestamine tuleb hoolega läbi mõelda ja läbi arutada ning ettevõtte juhtkond peab selle heaks kiitma.

Samm 7: meetmete rakendamine

Seadusandlus näeb ette meetmete teatud hierarhia. Meetmeid tuleb kaalutleda süstemaatiliselt vastavalt hierarhiale, eristades erinevaid meetmete klasse. Klassid funktsioneerivad mingi kontrollnimekirjana või nõuandva meespeana meetmete ja nende rakendamise järjekorra valikul.

Selles õppevahendis esitatud ohutusdokumentatsioon võimaldab eristada meetmeid ohu/kahjuallikate (kemikaalide ja reaktsioonide) ja stsenaariumide jaoks.

Kahju/ohuallikast lähtuvalt määratletud meetmed muudavad seadme sisemiselt ohutumaks või kui kasutada seadusandlikku terminoloogiat, väldivad riske. Hulk näiteid on toodud kemikaali andmelehe osas "Meetmed" (vt joonis 12.14) ja reaktsiooni andmelehel (vt joonis 12.15).

Stsenaariumidest lähtuvalt määratletud meetmed teevad lekke vähem tõenäoliseks (kahju vältimine) või piiravad kahju suurust. Stsenaariumi andmelehe osas "Meetmed" (joonis 12.16) on meetmete algne klassifikatsioon: "meetmed, mis hoiavad lekke ära" ja "meetmed, mis vähendavad lekke tagajärgi". Lisaks sellele tehakse vahet "passiivsete meetmete", "materiaalsete/tehniliste aktiivsete meetmete" ja "protsessuaalsete aktiivsete meetmete" vahel. Passiivseid meetmeid eelistatakse aktiivsetele meetmetele ja materiaalsed/tehnilised aktiivsed meetmed on eelistatud võrreldes protsessuaalsete meetmetega (mis on definitsiooni järgi aktiivsed).

Eespool on juba juhitud tähelepanu viitele /7/, milles on kirjeldatud tüüpilisi rikkestsenaariume ning vastavaid potentsiaalseid konstruktsioonilisi lahendusi erinevat liiki tootva tööstuse seadmetele.

Konstruktsioonilised lahendused jagatakse järgmistesse klassidesse. "olemuslikult ohutum/passiivne", "aktiivne" ja "protsessuaalne".

Kemikaali andmeleht		
Nimetus	<i>Vastava kemikaali nimetus</i>	
Meetmed sisemise ohutuse puhuks	<i>Meetmete kirjeldus lähtuvalt kemikaalist</i> <i>Näited:</i> <ul style="list-style-type: none"> ● kemikaali kasutatakse kui ohtlikuma alternatiivi asendajat ● kemikaali kogused antud süsteemis on limiteeritud seadme projektiga, organisatsiooniliste meetmetega jne. ● protsessi tingimused süsteemis on kohandatud ohutustingimustega 	
Iseloomulikud omadused	Seadmega seotud omadused	Meetmed

Joonis 12.14 "Meetmed" - osa Kemikaali andmelehest

Reaktsiooni andmeleht			
Nimetus	<i>Vastava reaktsiooni nimetus</i>		
Meetmed sisemise ohutuse puhuks	<p><i>Meetmete kirjeldus lähtuvalt reaktsioonist</i></p> <p><i>Näited (soovitud reaktsioonile):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>teatud reaktsiooniteed kasutatakse ohtlikuma alternatiivi asendamiseks</i> ● <i>selliste reaktsioonitingimuste valik, mille puhul kõrvalekalle muutuks vähem tõenäoliseks või rõhu ja temperatuuri maksimaalse tõusu piiramine</i> ● <i>teatud kindlat tüüpi lahusti ja madalama temperatuuri kasutamine kui see, millest alates võib ilmuda kõrvalekalle (pealepandud - "onset"- temperatuur)</i> 		
Iseloomulikud omadused	<table border="1"> <tr> <td>Seadmega seotud omadused</td> <td>Meetmed</td> </tr> </table>	Seadmega seotud omadused	Meetmed
Seadmega seotud omadused	Meetmed		

Joonis 12.15 "Meetmed" - osa Reaktsiooni andmelehelt

Stsenaariumi andmeleht	
Süsteem	:süsteemi nimetus, mille õnnetuse stsenaariumi uuritakse
Stsenaarium	:Lühike kirjeldus (leke korrosiooni tõttu, ülerõhk reakts. kulgemise tõttu jne)
Ennetavad meetmed	
Juhtumi nr.	Passiivsed meetmed
<i>Juhtumi baasnumber "juhtumite ja tagajärgede "tabelist</i>	<i>Vasakul asetseva referentsnumbrile vastava meetme kirjeldus</i>
Juhtumi nr	Aktiivsed meetmed
<i>Nagu ülalpool</i>	<i>Nagu ülalpool</i>
Juhtumi nr	Protsessuaalsed meetmed
<i>Nagu ülalpool</i>	<i>Nagu ülalpool</i>
Leevendavad meetmed	
Tagajärje nr	Passiivsed meetmed
<i>Tagajärje baas number</i>	<i>Vasakul asetseva referentsnumbrile vastava tagajärje kirjeldus</i>
Tagajärje nr	Aktiivsed meetmed
<i>Nagu ülalpool</i>	<i>Nagu ülalpool</i>
Tagajärje nr	Protsessuaalsed meetmed
<i>Nagu ülalpool</i>	<i>Nagu ülalpool</i>
Põhjused ja tagajärjed	Meetmed

Joonis 12.16. "Meetmed" - osa Stsenaariumi andmelehelt.

5. OSA

13. PEATÜKK. RIIKLIK TULEOHUTUSJÄRELEVALVE TOOTMISE TEHNOLOOGILISTE PROTSESSIDE TULEOHUTUSE TAGAMISEL.

11. PEATÜKK. RIIKLIK TULEOHUTUSJÄRELEVALVE TULEOHUTUSNÕUETELE VASTAVUSE ÜLE TOOTMISSETEVÕTETE TEHNOLOOGIA PROJEKTEERIMISES.

13.1. EHITUSPROJEKTI TEHNOLOOGILINE OSA

Projekteerimissüsteemi täiustamine kõrvuti teiste suunitlustega eeldab ehitusprojektides tuleohutuse kõrgemal tasemel väljatöötamist.

Ehitusprojekti kontrollitakse nende vastavuses tuleohutusnõuetele riikliku tuleohutusjärelevalve poolt kõigis projekti osades: tehnoloogilistes, ehituslikes, elektri, kütte ja ventilatsiooni, veevarustuse ja kanalisatsiooni osas jne. Ent järelevaatus algab reeglina ehitusprojekti tehnoloogilise osa ülevaatusena, kuivõrd just tööstuse tehnoloogia, tema spetsiifilised iseärasused määravad kõigi teiste projekti osade põhimõttelised tehnilised lahendused.

Ehitusprojekti tehnoloogiline osa koosneb reeglina mitmetest alajaotustest. Kõigepealt on tavaliselt protsesside tehnoloogia, seejärel – tehnoloogiliste protsesside automatiseerimine, elektrivarustus, soojussõlmed jm. Tehnoloogilise osa kõik jaotused töötatakse välja arvestuslik-seletavas kirjelduses ja joonistel.

Arvestuslik-seletav kirjeldus sisaldab endas: tööstuse põhimõttelist tehnoloogilist skeemi ja tema kirjeldust; peamiste tehnoloogiliste lahenduste ja tehnoloogiliste protsesside iseloomustust ja põhjendamist; peamise tehnoloogilise seadmestiku valiku õigustamist ja selle paigaldamiseks vastuvõetud variante; tootmisprotsesside loetelu, mille jaoks protsesside automatiseerimist projekteeritakse; projektis vastuvõetud automaatse kontrolli, tehnoloogiliste protsesside ja operatsioonide reguleerimise ja blokeerimise lahenduste põhjendust; elektri ja soojusenergia kasutuselevõetud allikate ja tarbijate põhjendust ja iseloomu; materiaalseid ja tehnoloogilisi arvestusi; standardse ja mittestandardse varustuse tüüpe ja kogust.

Graafiline materjal sisaldab jooniseid tehnoloogilise protsessi põhimõttelisest skeemist; tehnoloogiliste torujuhtmete ja kommunikatsiooni skeeme; automatiseerimissüsteemi funktsionaalseid tööstuslikke skeeme või loetelu, tööstushoonete ja sisustuse plaane ja läbilõikeid tehnilise seadmestiku ja transpordivahendite paigaldusega, elektriühenduse ja soojussõlme skeeme, mis kantakse reeglina insenerivõrkude koondplaanile.

13.2. EHITUSPROJEKTI TEHNOLOOGILISE OSA KONTROLL

Tuleohutusnõuete täitmise kontrolli puhul kasutatakse projektis tavaliselt ettenähtud tehniliste lahenduste kõrvutamist lahendustega, mis on määratud vastavate normatiivsete dokumentidega ning niisuguse kõrvutamise põhjal kehtestatakse vastavad projektilahendused tuleohutuse nõuetele.

See töö näeb projekti tehnoloogilises osas ette kontrolli: tootmishoonete ja plahvatusohtlike ning tuleohtlike ruumide klasside, aga ka tuletõkketsoonide õige hindamise üle; tulekaitse tasemete tuleohutuse nõuetele vastavuse osas; vastuvõetud arhitektuurilis-plaaniliste otsuste õigsuse osas arvestades tehnoloogilist ja tootmisüksuste tuleohtlikkust, inimeste, tehnoloogilise seadmestiku ja materiaalse väärtuste paiknemist; tootmis- ja laohoonete valiku õigsust ja hoonete varustatust tuleohutuspaigaldistega.

Tulekahju tehnilise ekspertiisi kvaliteedi ja efektiivsuse tõstmiseks projekti tehnilises osas kaasaegse tööstuse keeruliste tehnoloogiliste protsesside tõttu tuleb riikliku tuleohutusjärelevalve ametnikul: mõista tööstuse tehnoloogiliste protsesside olemust ja skeeme; tagada tehnoloogilise protsessi tuleohtlikkuse kõrgtasemelise analüüs; hoida kokku aja ja töökulu suure hulga projektimaterjalide läbivaatamiseks.

Kõrgtasemelise kontrolli tagamiseks kasutavad üksikud meetodid tüüpiliste tehnoloogiliste protsesside tuleohtlikkuse uurimise meetodikat.

Töö ja ajakulu kokkuvõtte kõrgtasemelise kontrolli puhul võib saavutada valikulise kontrolli printsiibi rakendamise abil, mis võimaldab viia läbi detailset kontrolli ainult ühte tüüpi seadmete ja protsesside koosluste iseloomulike osade üle, mis kuuluvad tootmise või tehnoloogia koosseisu.

Reeglina teeb kontrollija projekti tehnoloogilise osa läbivaatamisel kindlaks rea tuleohutusnõuete alaseid vigu ja tal võivad juba kontrolli käigus tekkida ettepanekud vigade kõrvaldamiseks. Ent neid ettepanekuid tuleb vaadata vaid kui tulevaste soovitude ettevalmistavaid visandeid. Soovitude enda väljatöötamist on otstarbekas alustada kindlakstehtud vigade analüüsist, mis kujutab endast süstematiseerimist ja peamiste vigade kindlaksmääramist. Paljudel juhtudel tagavad ettepanekud tehnilised lahendused (soovitud), mis on suunatud peamiste vigade kõrvaldamisele, samaaegselt teiste tuleohutuse lisaküsimuste lahendamisele.

13.3. TULEOHUTUSE PROJEKTIPÕHISED SUUNITLUSED

Tööstuse tehnoloogia tuleohutust tagavateks peamisteks suundadeks projekteerimise staadiumis on järgmised:

1. ruumide ja hoonete tuleohutusklassi valimine ja õigesti määramine,
2. tööstusmeetodite valik, tehnoloogilise protsessi ja seadmete skeemi valik, mehhaniseerimis- ja automatiseerimisprotsesside kasutuselevõtt;
3. tulekaitsetasemete optimaalse variandi valik;
4. toorainete ja abimaterjalidena mittepõlevate ja võimalikult vähemsüttivate vahendite ja materjalide kasutuselevõtt;
5. tehnoloogiliste protsesside ohutute tingimuste loomiseks inertgaasi ja vaakumi kasutamine.

Ettevõtte projekteerimisel ruumide ja hoonete tuleohutusklassi valimine ja õigesti määramine mängib olulist rolli, kuivõrd tuleohutusklassist sõltuvad tuleohutusnõuded kõigile projekti osadele, järelikult aga ka kogu ettevõtte tuleohutuse tase tervikuna.

Tootmismeetodi valik ja tehnoloogilise protsessi skeemi väljatöötamine on seotud nende või teiste tehnoloogiliste protsesside läbiviimise optimaalsete tingimuste väljaselgitamisega, mis omakorda on etteantud majanduslikel kaalutlustel ja peavad tagama tehnoloogilise protsessi tuleohutuse kõrge taseme. See saavutatakse lähtetooraine valikuga, tema ümbertöötlemise meetodiga, peamise tehnoloogilise varustuse tüübi ja töörežiimiga, aga ka kontrolli-mõõtmisaparatuuri süsteemidega, kusjuures rõhku pannakse kõige vähem tuleohtlikele lähtematerjalidele, hermeetilisele - ja katkematu tööga seadmele, ümbertöötlemise protsessidele, mis ei kutsu esile intensiivset tule- ja plahvatusohtlike aurude, gaaside või tolmu eritumist.

Katkematute protsesside puhul säilivad püsivad tingimused igas tema staadiumis, puuduvad vahepealsed operatsioonidevahelised tööd laadimise ja mahalaadimise osas, tunduvalt lihtsustub tehnoloogiliste protsesside mehhaniseerimine ja automatiseerimine, aga ka tootmise kontroll ja juhtimine, kasutatav seadmestik allub kergemini hermetiseerimisele. Suurte tooraine hulkaade töötlemise katkematutele protsessidele on omane vastupidavus, stabiilsus ja kindla režiimi püsivus. Väheneb paiksete ülekuumenemiste oht, kontsentratsiooni suurenemise ja muude tehnoloogiliste protsesside rikkumiste oht. Ühe ja sama tootlikkuse juures on seadme üldine maht katkematus protsessis alati tunduvalt väiksem, kui perioodilises protsessis.

Tehnoloogiliste vahendite paigaldamise optimaalse variandi valimine võimaldab tagada kogu tootmisprotsessi ratsionaalse jagamise osadeks (jaotusteks) vastavalt nende tuleohtlikkuse tasemele. Erineva tuleohuklassiga tehnoloogilise seadmestiku paigaldamisel ühes tootmishoones grupeeritakse ühesuguse tuleohtlikkusega seadmed nii, et kõige ohtlikumad osad oleksid isoleeritud vähemohtlikest.

Tehnoloogiline seadmestik, mille töö puhul võivad eralduda õhust raskemad gaasid ja aurud, tuleb võimaluse korral paigutada hoone esimestele korrustele; õhust kergemate gaaside ja aurude eraldumise puhul – ülemistele. Tehnoloogiline seadmestik, mille töö korral võivad eralduda eriti tuleohtlikud ained, peaks võimaluse korral paigutama väljapoole tootmishoonet – avatud platsidele. See mitte üksnes ei paranda montaažitööde läbiviimise tingimusi ning kiirenda ehitust, vaid tõstab tähelepanuväärsel määral tule- ja plahvatusohutuse taset tootmisprotsessis. Eriti tähtis on seadmete paigutamine avatud platsidele nende tootmisettevõtete jaoks, kus kasutatakse põlevgaase ja madala keemispunktiga vedelikke, mis tekitavad kiiresti plahvatusohtlike segusid kokkupuutel õhuga.

Tooraineks ja abimaterjalideks mittepõlevate või vähempõlevate ainete kasutamine kujutab endast suuri võimalusi vähendada tootmistehnoloogia tuleohtlikkust. Tootmise tule- ja plahvatusohutuse tagamiseks peab täpselt teadma tooraine, vahepealsete, kõrvaliste ja lõpptoodete, tootmisjääkide koostist ja omadusi, aga ka toodete mõju ümbritsevale keskkonnale, heitgaaside ja reovee eritumist. Seetõttu viivad projekteerijad koostöös erinevate ametkondadega uute tööstuste projekteerimisel eelnevalt läbi nende küsimuste hoolika uurimistöö.

Tooraine koostise ja abimaterjalide muutumatus on tähtsaks tingimuseks ettevõtte tehnoloogilise režiimi ja tuleohutuse säilimisele. Sellega seoses pööratakse projekteerimisel erilist tähelepanu kasutatavate materjalide ümbertöötamiseks ettevalmistamisele, nende puhastamisele neis sisalduvatest lisanditest jne.

Inertgaaside ja vaakumi kasutamine tehnoloogiliste protsesside läbiviimise ohutute tingimuste loomiseks on leidnud laialdast kasutamist tööstustes, kus tehnilistel põhjustel ei osutu võimalikuks vältida teistel viisidel ohtu süttivate gaaside tekkimiseks kasutatavates ainetes kokkupuutel õhu ja teiste oksüdantidega.

Inertgaasid (peamiselt lämmastik, aga ka süsihappegaas, argoon jt.) leiavad laialdast kasutamist vahenditena, mis hoiavad ära toodete oksüdeerumise, plahvatamise ja süttimise ohu, kuivõrd hapniku kontsentratsiooni langemisel madalamale kriitilisest piirist võib inertgaaside segunemisel plahvatusohtlike segudega muuta need segud mitte-plahvatusohtlikeks.

Plahvatusohtlikes tööstustes kasutatakse inertgaase ka seadmete ja kommunikatsiooni läbipuhumiseks nende

ettevalmistamisel remondiks ja puhastuseks, aga ka enne süsteemi käikulaskmist pärast seiskumist, avamist või hermeetilisuse rikkumist.

Inertgaase kasutatakse ka: kergestisüttivate vedelike ülerõhustamisel; kergestisüttivate ainete jääkidega seadmete kaitsmisel remonditööde läbiviimisel lahtise tulega; mõnede kergestisüttivate tahkete materjalide kuivjahvatusel, näiteks sulatatud väävlit; süttivate ainete pneumaatilise transpordi käivitamiseks ja peatamiseks; vaakumi asendamisel plahvatusohtlike ainetega süsteemides; varustuse hermeetilisuse kontrollimiseks; kaitsmiseks staatilise elektri sädemete eest, kui ei ole võimalik hoida nende tekkimist ära seadmete sees.

Kuivatamise, destilleerimise, rektifikatsiooni, kristalliseerumise ja mõned muud töösurvet vähendavad protsessid kulgevad madalamatel temperatuuridel, vaakumi tingimustes. See välistab toodete termilise lagunemise, rõhu suurenemise, ainete ülekuumenemise ja süttimise ohu. Rõhu suurendamisel välistatakse paljudel juhtudel ebasoovitavad kõrval-reaktsioonid, väheneb orgaaniliste ühendite segude õhuga segunemisest tulenev tuleohtlik kontsentratsioon, ent järelejäänud kriitilise rõhu all muutub segu süttivus võimatuks. Peale selle välistab tehnoloogilise seadmestiku sisene vähene alarõhk praktiliselt tuleohtlike gaaside, aurude ja tolmu väljutamise võimaluse tootmisruumidesse mitte piisavalt tihedate ühenduste tõttu.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **V.Kluban, A.Petrov, V.Rjabikov** Pozarnaja bezopasnostj predpriyatij promõshlennosti i agropromõshlennogo kompleksa. Moskva, 1987
2. Process Safety
Viited kirjandusele
- 3./1/ Center for Chemical Process Safety, Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes. American Institute of Chemical Engineers; New York, 1993.
- 4./2/ European Process Safety Centre, Safety Integrity. The implications of IEC 61508 and other standards for the process industries; Institution of Chemical Engineers; Rugby (UK); 1999.
- 5./3/ **T.Kleitz.**, Cheaper, Safer Plants or Wealth and Safety at work; The Institution of Chemical Engineers; Rugby, Warwickshire, England, 1984.
- 6./4/ Center for Chemical Process Safety. Inherently Safer Chemical Processes. A life cycle approach, ed. By **Daniel A. Crowl**, American Institution of Chemical Engineers, New York, 1996
- 7./5/ Manual for identifying and evaluating thermal runaway reaction hazards
Chemical risks directorate, Federal Ministry of Employment and Labour, 2001
- 8./6/ **Bretherick L.**, Handbook of Reactive Chemical Hazards, 5th Edition, ed. by **P.G. Urben**, Butterworth-Heinemann, London, 1995
- 9./7/ Center for Chemical Process Safety, Guidelines for Design Solutions for Process Equipment Failures, American Institute of Chemical Engineers, New York, 1998
- 10./8/ **T. Kleitz, Hazop and Hazan**, Identifying and assessing process industry hazards,

Soovitatav kirjandus

1. **R.Zalosh**, Industrial Fire Protection Engineering. Center for Firesafety Studies, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, USA, 2003