EUROOPA PARLAMENT

SISEPOLIITIKA PEADIREKTORAAT

POLIITIKAOSAKOND A
MAJANDUS- JA TEADUSPOLIITIKA

Majandus- ja rahanduskomisjon

Tööhõive- ja sotsiaalkomisjon

Keskkonna-, rahvatervise ja toiduohutuse komisjon

Tööstuse, teadusuuringute ja energeetikakomisjon

Siseturu- ja tarbijakaitsekomisjon

Kildagaasi ja põlevkiviõli ammutamise mõju keskkonnale ja inimeste tervisele

ENVI

ET **DATE**

EUROPEAN PARLIAMENT

SISEPOLIITIKA PEADIREKTORAAT

POLIITIKAOSAKOND A: MAJANDUS- JA TEADUSPOLIITIKA

Kildagaasi ja põlevkiviõli ammutamise mõju keskkonnale ja inimeste tervisele

UURING

Lühikokkuvõte

Käesolevas uuringus käsitletakse hüdraulilise purustamise võimalikku mõju keskkonnale ja inimeste tervisele. Kvantitatiivsed andmed ja teave kvalitatiivse mõju kohta on saadud USA kogemustest, sest kildagaasi ammutamine Euroopas on alles algusjärgus, samas kui USA-l, kus on rajatud juba üle 50 000 puuraugu, on selles valdkonnas üle 40 aasta pikkused kogemused. Samuti hinnatakse olemasoleva kirjanduse ja autorite enda arvutuste kriitilise analüüsi põhjal kasvuhoonegaaside heidet. Antakse ülevaade Euroopa õigusaktidest seoses hüdraulilise purustamisega ja soovitused edasiseks tööks. Käsitletakse võimalike gaasiressursside ja kildagaasi kättesaadavust tulevikus võrreldes praeguse konventsionaalse gaasivarustusega ja selle tõenäolise tulevase arenguga.

IP/A/ENVI/ST/2011-07 Juuni 2011

PE 464.425 ET

Käesoleva dokumendi tellis Euroopa Parlamendi keskkonna-, rahvatervise ja toiduohutuse komisjon.

AUTORID

Stefan LECHTENBÖHMER, Wuppertali kliima-, keskkonna- ja energiainstituut
Matthias ALTMANN, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Sofia CAPITO, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Zsolt MATRA, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Werner WEINDRORF, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Werner ZITTEL, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

VASTUTAV ADMINISTRAATOR

Lorenzo VICARIO
Majandus- ja teaduspoliitika osakond
Euroopa Parlament
B-1047 Brüssel
E-posti aadress: Poldep-Economy-Science@europarl.europa.eu

KEELEVERSIOONID

Originaal: EN
BG/ES/CS/DA/DE/ET/EL/FR/IT/LV/LT/HU/NL/PL/PT/RO/SK/SL/FI/SV

TOIMETAJA TEAVE

Poliitikaosakonnaga kontakteerumiseks või selle uudiskirja tellimiseks kirjutage palun järgmisel aadressil:
Poldep-Economy-Science@europarl.europa.eu

Käsikiri on valminud juunis 2011.
Brüssel, © Euroopa Parlament, 2011.

Käesolev dokument on avaldatud internetis aadressil:
http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=EN

VASTUTUSE VÄLISTAMINE

Käesolevas dokumendis väljendatud arvamused kajastavad ainuüksi autori seisukohti ega esinda tingimata Euroopa Parlamendi ametlikku seisukohta.

Reprodutseerimine ja tõlge mitteärilisel eesmärgil on lubatud tingimusel, et viidatakse allikale ja eelnevalt teavitatakse väljaandjat ning saadetakse talle üks eksemplar.

SISUKORD

LÜHENDITE LOETELU 5

TABELITE LOETELU 8

JOONISTE LOETELU 8

KOKKUVÕTE 9

1. SISSEJUHATUS 12

1.1. Kildagaas 12

1.1.1. Mis on kildagaas? 12

1.1.2. Viimased arengud ebakonventsionaalse gaasi ammutamises 14

1.2. Põlevkiviõli 15

1.2.1. Mis on põlevkiviõli ja kinnisõli? 15

1.2.2. Kinnisõli tootmise hiljutine areng 16

2. KESKKONNAMÕJU 17

2.1. Hüdrauliline purustamine ja selle võimalik mõju keskkonnale 17

2.2. Mõju maastikule 19

2.3. Õhusaasteainete heitkogused ja pinnasesaaste 21

2.3.1. Tavapärastest toimingutest lähtuvad õhusaasteained 21

2.3.2. Pursetest ja puurimiskohas toimunud õnnetustest tulenevad saasteained 23

2.4. Pinna- ja põhjavesi 24

2.4.1. Vee tarbimine 24

2.4.2. Vee saastumine 25

2.4.3. Reovee kõrvaldamine 27

2.5. Maavärinad 28

2.6. Kemikaalid, radioaktiivsus ja mõju inimeste tervisele 28

2.6.1. Radioaktiivsed materjalid 28

2.6.2. Kasutatavad kemikaalid 29

2.6.3. Mõju inimeste tervisele 32

2.7. Võimalik pikaajaline ökoloogiline kasu 33

2.8. Avalik arutelu ohu üle 34

2.9. Ressursitarve 35

3. KASVUHOONEGAASIDE TASAKAAL 37

3.1. Kildagaas ja kinnisgaas 37

3.1.1. Põhja-Ameerika kogemus 37

3.1.2. Ülekantavus Euroopa tingimustesse 41

3.1.3. Lahendamata küsimused 44

3.2. Kinnisõli 44

3.2.1. Euroopa kogemus 44

4. EUROOPA LIIDU REGULEERIV RAAMISTIK 45

4.1. Kaevandustööstust käsitlevad direktiivid 45

4.2. Üldised direktiivid (fookuses keskkond ja inimeste tervis) 47

4.2.1. ELi direktiividega reguleeritavad üldised kaevandamisega kaasnevad ohud 47

4.2.2. ELi direktiividega reguleeritavad konkreetsed kildagaasi ja kinnisõliga seotud ohud 49

4.3. Seaduslüngad ja lahendamata küsimused 56

5. KÄTTESAADAVUS JA ROLL VÄHESE CO_2-HEITEGA MAJANDUSES 59

5.1. Sissejuhatus 59

5.2. Kildagaasi- ja põlevkiviõlimaardlate suurus ja asukoht võrreldes konventsionaalsete maardlatega 60

5.2.1. Kildagaas 60

5.2.2. Põlevkiviõli ja kinnisõli 63

5.3. Ameerika Ühendriikide kildagaasi leiupaikade tootmisanalüüs 66

5.3.1. Tootmismäär esimesel kuul 66

5.3.2. Tüüpilised tootmisprofiilid 66

5.3.3. Kogupotentsiaal puuraugu kohta 67

5.3.4. Mõned näited USAst 67

5.3.5. Peamiste Euroopa gaasimaardlate põhiparameetrid 69

5.3.6. Hüpoteetiline gaasivälja hõlvamine 70

5.4. Kildagaasi ammutamise roll üleminekul vähese CO_2-heitega majandusele ja CO_2-heitkoguste pikaajaline vähendamine 70

5.4.1. Konventsionaalse gaasi tootmine Euroopas 70

5.4.2. Ebakonventsionaalse gaasi tootmise arvatav tähtsus Euroopa gaasivarustusele 71

5.4.3. Kildagaasi tootmise roll CO_2 heitkoguste pikaajalisel vähendamisel 72

6. JÄRELDUSED JA SOOVITUSED 73

REFERENCES 76

ANNEX: CONVERSION FACTORS 84

LÜHENDITE LOETELU

AKV	Aafrika, Kariibi mere ja Vaikse ookeani piirkonna riigid
ac-ft	aakerjalg (1 aakerjalg=1215 m²)
ADR	Rahvusvahelise autoveo ohtlike veoste Euroopa kokkuleppe
AGS	Arkansase geoloogiline uuring
PVT	parim võimalik tehnika
bbl	barrel (159 liitrit)
bcm	miljard m³
BREF	parima võimaliku tehnika (PVT) viitedokument
CBM	söekihis seotud metaan
CO	süsinikmonooksiid
CO_2	süsinikdioksiid
D	darsi (läbilaskvuse ühik)
KMH	keskkonnamõju hindamine
EL	Euroopa Liit
EUR	kogupotentsiaal (toodetava õli arvatav koguhulk)
Gb	gigabarrel (10^9 bbl)
GHG	kasvuhoonegaasid
GIP	gaas leiukohas (gas in place – kilda pooridesse kogunenud gaasi hulk)
IEA	Rahvusvaheline Energiaagentuur
IPPC	saastuse kompleksne vältimine ja kontroll
km	kilomeeter
kt	kilotonn

LCA	olelusringi hindamine
m	meeter
m³	kuupmeeter
MJ	megadžaul
MMscf	miljon standardset kuupjalga
Mt	miljon tonni
MW	kaevandusjäätmed
NEEI	energeetikaga mitteseotud kaevandamine
metaanita LOÜ	muud lenduvad orgaanilised ühendid kui metaan
NORM	looduslikult esinevad radioaktiivsed ained (normally occuring radioactive substances) (sageli kasutatakse ka lühendit N.O.R.M.)
NO_x	lämmastikoksiidid
OGP	Rahvusvaheline nafta- ja gaasitootjate ühendus
PA DEP	Pennsylvania Keskkonnakaitseministeerium
PLTA	Pennsylvania Land Trust Association
PM	tahked osakesed
ppb	miljardik mahuosa
ppm	miljondik mahuosa
Scf	standardne kuupjalg (1000 Scf = 28,3 m³)
SO_2	vääveldioksiid
SPE	Naftainseneride Selts
TCEQ	Texase keskkonnakvaliteedi komisjon
Tm³	terakuupmeeter (10^{12} m³)
TOC	orgaanilise süsiniku kogusisaldus

UK	Ühendkuningriik
UNECE	ÜRO Euroopa Majanduskomisjon
US-EIA	USA Energiateabe Amet
USGS	USA geoloogiline uuring
LOÜ	lenduv orgaaniline ühend
WEO	Maailma energiaülevaade

TABELITE LOETELU

Tabel 1: Puurimiseks, hüdrauliliseks purustamiseks ja puurkaevu lõpetamiseks kasutatavatest diiselmootoritest pärit õhusaasteainete tüüpilised eriheitkogused 23
Tabel 2: Valitud puuraukude veevajadus kildagaasi tootmisel (m^3) 25
Tabel 3: Saksamaa Alam-Saksi liidumaal purustamisvedelikus keemiliste lisanditena kasutatud toksilised ained 32
Tabel 4: Maagaasi kaevandamisega seotud tegevuses kasutatavate materjalide arvatav kogus ja veoautode liikumine [NYCDEP 2009] 35
Tabel 5: Metaani heitkogused neljast ebakonventsionaalsest puuraugust väljavoolavas vedelikus 38
Tabel 6: Kildagaasi maardlate uurimisel, ammutamisel ja töötlemisel tekkivad heitkogused, mis on seotud toodetud gaasi alumise küteväärtusega 40
Tabel 7: Kasvuhoonegaaside heitkogused kombitsükliga maagaasiturbiinist elektri tootmisel erinevatest maagaasi allikatest võrreldes elektri tootmisega kivisöest, väljendatud CO_2-ekvivalendina ühe kWh elektri kohta 43
Tabel 8: Kõik spetsiaalselt kaevandustööstuse jaoks väljatöötatud ELi direktiivid 46
Tabel 9: Kõige olulisemad kaevandustööstust mõjutavad õigusaktid 48
Tabel 10: Vett käsitlevad olulised ELi direktiivid 50
Tabel 11: Keskkonnakaitset käsitlevad olulised ELi direktiivid 52
Tabel 12: Tööohutust käsitlevad olulised ELi direktiivid 53
Tabel 13: Kiirguskaitset käsitlevad olulised direktiivid 54
Tabel 14: Olulised jäätmeid käsitlevad ELi direktiivid 54
Tabel 15: Olulised ELi direktiivid kemikaalide ja nendega seotud õnnetuste kohta 55
Tabel 16: Konventsionaalse gaasi tootmise ja varude hinnang võrreldes kildagaasivarudega (gaas leiukohas ja tehnoloogiliselt ammutatavad kildagaasiressursid); GIP = gaas leiukohas; bcm = miljard m³ (algandmed on teisendatud kuupmeetriteks, 1000 Scf = 28,3 m³) 61
Tabel 17: USA suurimate gaasimaardlate hõlvamise hindamine (algandmed on teisendatud, 1000 Scf = 28,3 m³ ja 1 m = 3 ft) 62
Tabel 18: Euroopa põlevkiviõli ressursi näitajad (Mt) 64
Tabel 19: Suurimate Euroopa gaasimaardlate hindamise põhiparameetrid (algandmed on SI-ühikuteks teisendatud ja ümardatud) 69

JOONISTE LOETELU

Joonis 1: Õhku saastavate heitkoguste, vett ja pinnast saastavate kahjulike ainete ja looduslikult esinevate radioaktiivsete ainete (NORM) võimalik liikumine 19
Joonis 2: Kinnisgaasi sisaldava liivakivi puurimine 20
Joonis 3: Saksamaa Alam-Saksi liidumaal Goldenstedt Z23 puuraugus kasutatava purustamisvedeliku koostis 31
Joonis 4: Kildagaasi maardlate uurimisel, ammutamisel ja töötlemisel tekkinud CH_4-heitkogused 38
Joonis 5: Kildagaasi ja kinnisgaasi tootmisel, jaotamisel ja põletamisel tekkivad kasvuhoonegaaside heitkogused võrreldes konventsionaalse maagaasi ja kivisöega . 42
Joonis 6: Kaevandustööstuse struktuur 47
Joonis 7: Kõige olulisemad kaevandamisjäätmeid käsitlevad ELi direktiivid 48
Joonis 8: Põlevkiviõli toodang maailmas; algühikud on teisendatud, 1 tonnile põlevkivile vastab 100 liitrit põlevkiviõli 65
Joonis 9: Gaasi tootmine Arkansases Fayetteville'i maardlas 68
Joonis 10: Maardlate tüüpiline hõlvamine uute puuraukude järjepideva lisamisega üks puurauk kuus 70

KOKKUVÕTE

SOOVITUSED

- Ei ole olemas kõikehõlmavat Euroopa kaevandusalast õigust sätestavat direktiivi. Puudub üldsusele kättesaadav, kõikehõlmav ja üksikasjalik analüüs kildagaasi ja kinnisõli ammutamist reguleeriva Euroopa raamistiku kohta, mis tuleks välja töötada.
- Kildagaasi ja kinnisõli ammutamise keskset elementi hüdraulilist purustamist reguleeriv praegune ELi raamistik on mitmes aspektis puudulik. Kõige tähtsam on see, et süsivesinike kaevandamisel kasutatava hüdraulilise purustamise kohta teostatavate keskkonnamõju hindamiste künnis on palju kõrgem kui ühegi teise sarnase võimaliku tööstustegevuse puhul, ja seda tuleks järelikult palju alandada.
- Veepoliitika raamdirektiivi reguleerimisala tuleks ümber hinnata ja keskenduda eriti purustamistegevusele ja selle võimalikule mõjule, mida see avaldab pinnaveele.
- Olelusringi hindamise (LCA) raames võib põhjalik kulude-tulude analüüs olla vahendiks, millega hinnata üldist kasu ühiskonnale ja selle kodanikele. Välja tuleks töötada kõigis EL 27 riikides kohaldatav harmoniseeritud lähenemisviis, mille põhjal saavad vastutavad asutused teostada oma LCA-hindamisi ja neid üldsusega arutada.
- Vaja oleks hinnata, kas toksiliste kemikaalide kasutamine süvainjektsioonis tuleks üldiselt keelata. Vähemalt tuleks kõik kasutatavad kemikaalid avalikustada, lubatud kemikaalide arvu piirata ja nende kasutamist jälgida. Euroopa tasandil tuleks koguda statistikat süvainjektsiooni koguste ja projektide arvu kohta.
- Piirkondlikke valitsusüksuseid tuleks tugevdada, et neil oleks võimalik võtta vastu otsuseid hüdraulilist purustamist hõlmavatele projektidele loa andmise kohta. Otsuste langetamise protsessi peaks kohustuslikult kuuluma üldsuse osalemine ja LCA-hindamised.
- Kui teatud projektile on luba antud, peaks olema kohustuslik pinnavee liikumise ja õhku eralduvate saasteainete seire.
- Euroopa tasandil tuleks koguda ja analüüsida statistikat õnnetuste ja kaebuste kohta. Kui projektidele on luba antud, peaks kaebusi koguma ja läbi vaatama sõltumatu asutus.
- Kuna hüdraulilise purustamise võimalik mõju ja ohud keskkonnale ja inimeste tervisele on olemuselt komplekssed, tuleks kaaluda selle valdkonna kõiki küsimusi kõikehõlmavalt reguleeriva uue Euroopa tasandi direktiivi väljatöötamist.

Keskkonnamõju

Kildagaasi ja kinnisõli ammutamise vältimatu mõju on suuremahuline maakasutus puurimisplatside, veoautode parkimis- ja manööverdamisruumi, seadmete, gaasi töötlemise, transpordivahendite ja juurdepääsuteede tõttu. Suur võimalik mõju on õhku eralduvad saasteained, põhjavee saastumine kontrollimatult lekkiva gaasiga või vedeliku väljavool pursete või lekete tõttu, purustamisvedeliku leke ning reovee kontrollimatu heide. Purustamisvedelikud sisaldavad ohtlikke aineid ja väljavoolav vedelik ka lasundist pärit raskemetalle ja radioaktiivseid materjale. USA kogemus näitab, et juhtub palju õnnetusi, mis võivad kahjustada keskkonda ja inimeste tervist. Õiguslike nõuete rikkumisi on registreeritud kõigist puurimislubadest umbes 1–2% puhul. Suur hulk õnnetusi juhtub seadmete lekkimise või vale kasutamise tõttu. Samuti on teatatud, et gaasipuuraukude läheduses on põhjavesi saastunud metaaniga, mis põhjustab halvimal juhul elamute plahvatamist, ning kaaliumkloriidiga, mis põhjustab joogivee sooldumist. Kildakihtide hõlvamisel väga tihedalt paiknevate puuraukude abil – kuni 6 puurimisplatsi km² kohta – mõju suureneb.

Kasvuhoonegaaside heitkogused

Hüdraulilisel purustamisel vabaneva metaani heitkogused võivad avaldada tohutut mõju kasvuhoonegaaside tasakaalule. Olemasolevates hinnangute kohaselt tekib ebakonventsionaalse maagaasi töötlemisest ja tootmisest 18–23 g CO_2-ekvivalenti MJ kohta. Põhjaveekihtidesse tunginud metaani heitkoguseid ei ole seni veel hinnatud. Konkreetsete projektide käigus tekkivad eriheitkogused võivad aga erineda kuni kümme korda, olenevalt puuraugu metaanitootlikkusest.

Sõltuvalt mitmest tegurist on vastavalt kildagaasi energiasisaldusele selle kasvuhoonegaaside heitkogused sama väikesed kui üle pika vahemaa transporditud konventsionaalse gaasi kasvuhoonegaaside heitkogused või sama suured kui kivisöe kasvuhoonegaaside heitkogused selle terve olelusringi jooksul kaevandamisest põletamiseni.

ELi reguleeriv raamistik

Kaevandamisseaduse eesmärk on luua kaevandamistegevuse üldine õigusraamistik. Sihiks on aidata saavutada edukas tööstussektor, kindel energiavarustus ning tagada piisav tervisekaitse, ohutus ja keskkonnakaitse. ELi tasandil kõikehõlmav kaevandamist käsitlev õigusraamistik puudub.

Küll aga on olemas neli konkreetselt kaevandamist käsitlevat direktiivi. Peale selle on palju direktiive ja määrusi, mis ei keskendu konkreetselt kaevandamisele, kuid mõjutavad kaevandustööstust. Keskkonda ja inimeste tervist käsitlevate reguleerivate õigusaktide hulgast selgitati välja 36 kõige asjakohasemat direktiivi järgmistes õigusvaldkondades: vesi, keskkonnakaitse, tööohutus, kiirguskaitse, jäätmed, kemikaalid ja nendega seotud õnnetused.

Eri valdkondade asjakohaste õigusaktide paljususe tõttu ei ole piisavalt käsitletud hüdraulilise purustamise konkreetseid ohte. Tuvastatud on üheksa peamist seaduslünka: 1. puudub kaevandamise raamdirektiiv, 2. keskkonnamõju hindamise (KMH) direktiivis on maagaasi ammutamise künnis mitterahuldav, 3. ohtlike materjalide deklareerimine ei ole kohustuslik, 4. maapõue jäävate kemikaalide luba ei ole nõutav, 5. puudub hüdraulilise purustamise parima võimaliku tehnika (PVT) viitedokument, 6. reovee puhastamise nõuded ei ole piisavalt määratletud ja veetöötlusrajatised ei ole tõenäoliselt piisavalt võimsad, kui keelatakse süvainjektsioon ja geoloogiline lõppladustamine, 7. üldsus ei osale piisavalt piirkondlikul tasandil otsuste tegemises, 8. veepoliitika raamdirektiiv ei ole piisavalt tõhus ning 9. LCA ei ole kohustuslik.

Kildagaasiressursside kättesaadavus ja roll vähese CO_2-heitega majanduses

Ebakonventsionaalse gaasi võimalikku kättesaadavust tuleb vaadelda konventsionaalse gaasi tootmise kontekstis:

- gaasi tootmine on Euroopas mitmeid aastaid tugevasti vähenenud ja 2035. aastaks väheneb see eeldatavasti veel 30% võrra või isegi rohkem;
- eeldatavasti kasvab Euroopas nõudlus aastani 2035;
- kui need suundumused saavad tegelikkuseks, suureneb maagaasi import paratamatult;
- ei ole sugugi kindel, et on võimalik importida täiendavalt vajalik 100 miljardit m^3 aastas või rohkem.

Mittekonventsionaalse gaasi ressursid Euroopas on liiga väikesed, et neid suundumusi oluliselt mõjutada. Seda eriti seetõttu, et tüüpilised tootmisprofiilid võimaldavad kaevandada ainult teatud osa neist ressurssidest. Pealegi on mittekonventsionaalse gaasiga varustamisel kasvuhoonegaaside heitkogused oluliselt suuremad kui konventsionaalse gaasivarustuse puhul. Lisaks suureneb keskkonnaalaste kohustuste tõttu projektide maksumus ja viibib nende arendamine. See vähendab võimalikku mõju veelgi.

On väga tõenäoline, et kui kildagaasi projektide investeeringutel üldse on mingit mõju gaasivarustusele, siis on see lühiajaline ja võib olla kahjulik, sest jätab mulje kindlast gaasivarustusest ajal, kui märguanne tarbijatele peaks olema vähendada sõltuvust säästmise, energiatõhususe meetmete ja alternatiivide abil.

Järeldused

Ajal, mil edasises tegevuses on kesksel kohal säästvus, tasub küsida, kas peaks lubama toksiliste kemikaalide süvainjektsiooni geoloogilistesse kihtidesse või kas see tuleks ära keelata, sest selline tegevus piiraks saastunud kihi mis tahes hilisemat (nt geotermilist) kasutamist või välistakse selle täielikult ja selle pikaajalist mõju ei uurita. Aktiivsel kildagaasi ammutamise alal pumbatakse maasse 1 m^2 kohta umbes 0,1–0,5 l kemikaale.

Küsimus on seda asjakohasem, et võimalikud kildagaasi leiukohad on liiga väikesed, et avaldada olulist mõju Euroopa gaasivarustusele.

Tuleks ümber hinnata nafta ja gaasi leiukohtade uurimise ja ammutamise praegused eelised, võttes arvesse asjaolu, et ohtu ja koormust keskkonnale ei kompenseeri ammutamisest saadav võimalik kasu, sest suhteline gaasitootlikkus on väga väike.

1. SISSEJUHATUS

Käesolevas uuringus[1] antakse ülevaade süsivesinike mittekonventsionaalsest kasutusest ja nende võimalikust mõjust keskkonnale. Keskendutakse edasisele tegevusele Euroopa Liidus. Uuringu käigus tehtud hindamised käsitlevad peamiselt kildagaasi, lühidalt mainitakse ka põlevkiviõli ja kinnisõli.

Esimeses peatükis antakse lühiülevaade tootmistehnoloogiate omadustest, eelkõige hüdraulilise purustamise protsessist. Sellele järgneb lühiülevaade USA kogemusest, sest USA on ainus riik, kus hüdraulilist purustamist on praktiseeritud juba mitu kümnendit ja selle maht on aina suurenenud.

Teises peatükis keskendutakse hüdraulilise purustamise meetoditel toodetud maagaasiga seotud kasvuhoonegaaside heitkoguste hindamisele. Antakse ülevaade tehtud hindamistest ja laiendatakse neid autorite oma analüüsiga.

Kolmandas peatükis analüüsitakse hüdraulilise purustamise jaoks asjakohast ELi tasandi õigusraamistikku. Kaevandamisseaduseid hõlmava õigusraamistiku ülevaate järel keskendutakse keskkonda ja inimeste tervist kaitsvatele direktiividele. Esitatakse hüdraulilise purustamise võimaliku keskkonnamõjuga seotud õiguslikud puudujäägid ja arutletakse nende üle.

Neljandas peatükis esitatakse ressursside hindamised ja arutletakse kildagaasi ammutamise võimaliku mõju üle Euroopa gaasivarustusele. Selleks analüüsitakse USA kogemust kildagaasi tootmises ja kasutatakse tootmisprofiilide ühiseid omadusi maardla tüüpilise hõlvamise kirjeldamiseks. Euroopa gaasitootmise ja nõudluse teemal arutatakse kildagaasi ammutamise tõenäolise rolli üle praeguse tootmise ja gaasivarustuse taustal ning tehakse prognoose järgmiste kümnendite kohta.

Viimases peatükis tehakse järeldused ja antakse soovitused, kuidas tegeleda hüdraulilisele purustamisele omaste spetsiifiliste ohtudega.

1.1. Kildagaas

1.1.1. Mis on kildagaas?

Teatud tingimustes tekivad meresetete orgaanilistest ühenditest geoloogilised süsivesiniku kihid. Konventsionaalset õli ja gaasi saadakse settekivimites ehk nn lähtekivimites sisalduva orgaanilise materjali termokeemilisel lagundamisel. Mida aeg edasi, seda sügavamale teiste kivimite alla on need kihid jäänud. Neid kuumutatakse, lisades keskmiselt 30 °C iga 1 km kohta, ning orgaaniline materjal laguneb umbes 60 °C juures õliks ja hiljem gaasiks. Lagunemisastme määravad sügavus, temperatuur ja kuumutamise kestus. Mida kõrgem temperatuur ja pikem kestus, seda rohkem lagundatakse komplekssseid orgaanilisi molekule ja selle lõpptulemusena lagunevad molekulid nende lihtsaimaks komponendiks, 1 süsiniku ja 4 vesiniku aatomiga metaaniks.

[1] Tunnustame tänuga Dr Jürgen Glückerti (Heinemann & Partner Rechtsanwälte, Essen, Saksamaa) ja hr Teßmeri (Rechtsanwälte Philipp-Gerlach + Teßmer, Frankfurt, Saksamaa) peatüki 4 (ELi reguleeriv raamistik) kriitilise lugemise ja selle kohta esitatud kasulike märkuste eest.

Täname prof Blendingeri, Jean Laherrere'i ja Jean-Marie Bourdaire'i viljaka arutelu ja väärtuslike märkuste eest.

Olenevalt geoloogilisest kihtkonnast vabanevad tekkinud vedelik või gaasilised süsivesinikud lähtekivimist ja liiguvad ülespoole poorsetesse ja ainet läbilaskvatesse kihtidesse, mille kohal peab paiknema läbilaskmatu kivim kui isolatsioonikiht, et süsivesinikud akumuleeruks. Akumuleerunud süsivesinikest moodustuvad konventsionaalsed õli- ja gaasiväljad. Neid on lihtne puuraukude kaudu kaevandada, sest neil on suhteliselt suur õlisisaldus, need paiknevad mõne kilomeetri sügavusel maapinnast ja neile pääseb maitsi hõlpsalt ligi.

Mõned süsivesinike kogumid paiknevad väga väikese poorsuse ja läbilaskvusvõimega orgaanikarikastes settekivimites. Sellisel juhul nimetatakse neid kinnisõliks või kinnisgaasiks. Tavaliselt on läbilaskvus 10–100 korda väiksem kui konventsionaalsetel õli- ja gaasiväljadel.

Süsivesinikud võivad olla suures koguses hoiul ka kivimites, mis ei olegi orgaanikarikkad settekivimid, vaid savikildad ja teised väga peeneteralised kivimid, milles hoiustamiseks vajaliku ruumi moodustavad väikesed lõhed ja väga väikeste pooridega pooriruum. Selliste kivimite läbilaskvus on väga väike ja tegu on kildagaasi või põlevkiviõliga. Viimane ei sisalda mitte valmiskujul süsivesinikke, vaid ainult nende lähteainet kerogeeni, mille saab keemiatööstuse seadmetega muuta sünteetiliseks toornaftaks.

Mittekonventsionaalsete gaaside kolmandasse rühma kuulub söekihis seotud metaan, mis on kinni söemaardlate poorides.

Maardla omadustest sõltuvalt sisaldab gaas erinevas koguses mitmesuguseid komponente, sh metaan, süsinikdioksiid, vesiniksulfiid, radioaktiivne element radoon jne.

Kõigi ebakonventsionaalsete maardlate ühisjoon on see, et gaasi- või õlisisaldus kivimi ruumala kohta on võrreldes konventsionaalsete väljadega väike, samuti see, et nad paiknevad hajali kümnete tuhandete ruutkilomeetrite suurusel alal ja nende läbilaskvus on väga väike. Seetõttu on niisuguse õli või gaasi ammutamiseks vaja kasutada erimeetodeid. Samuti on lähtekivimite madala süsivesinikusisalduse tõttu toodang puuraugu kohta palju väiksem kui konventsionaalsetel väljadel ja see muudab majanduslikult tasuva tootmise palju keerukamaks. Ebakonventsionaalne ei ole mitte gaas ise, vaid selle ammutamise meetodid. Nende jaoks on vaja keerukat tehnoloogiat, palju vett ja lisaainete süvainjektsiooni, mis võib olla keskkonnale kahjulik.

Puudub selgepiiriline erinevus konventsionaalse ja ebakonventsionaalse gaasi või õli maardlate vahel. Pigem on tegu sujuva üleminekuga, kus ühes otsas on konventsionaalse gaasi või õli tootmine maardlates, millel on suur gaasi erisisaldus, poorsus ja läbilaskvus. Sellele järgnevad halvemate tulemusnäitajatega kinnisgaasiväljad ja teises otsas on kildagaasi ammutamine väikese gaasi erisisalduse, poorsuse ja väga väikese läbilaskvusega maardlates. Alati ei ole erinevus konventsionaalse gaasi ja kinnisgaasi tootmise vahel selge, sest varem ei ole ametlikus statistikas neid kaht meetodit selgelt eristatud. Seda kaevandamismeetodite ahelat mööda suureneb ka nt veetarbimise ja keskkonnaohtudega seotud paratamatu kõrvalmõju. Näiteks on kinnisgaasi sisaldavate kihtkondade hüdraulilisel purustamisel igas purustamisprotsessis tavaliselt ühe puuraugu kohta vaja mitusada tuhat liitrit vett, millesse on segatud mineraalseid aineid ja kemikaale, aga kildagaasi lademete hüdraulilisel purustamisel kasutatakse mitu miljonit liitrit vett puuraugu kohta. [ExxonMobil 2010]

1.1.2. Viimased arengud ebakonventsionaalse gaasi ammutamises

Põhja-Ameerika kogemus

Konventsionaalse gaasi leiukohtade ammendumise tõttu Ameerika Ühendriikides on ettevõtjad pidanud aina rohkem puurima väiksema tootlikkusega lademeid. Algul laiendati puurimisplatse konventsionaalsete lademete läheduses ja toodeti veidi vähem läbilaskvatest kihtkondadest. Järkjärgulise ülemineku jooksul suurenes puuraukude arv, aga vähenes suhteline tootmismaht. 1970. aastatel algas etapp, mil hakati uurima aina suurema tihedusega kihtkondi. Kinnisgaasi lademete puurauke ei käsitletud statistikas konventsionaalse gaasi puuraukudest eraldi, sest puudusid selged kriteeriumid nende eristamiseks.

Kliimamuutustega seotud arutelu algusest peale on üheks eesmärgiks olnud metaani heitkoguste vähendamine. Kuigi teoreetiliselt on söekihi metaani (CBM) ressurss väga suur, on USAs metaani heitkogused viimase 20 aasta jooksul tõusnud aeglaselt ja olid 2010. aastaks 10%. Kivisöe kasutamise ebaühtlase arengu tõttu avastasid mõned USA osariigid selle energiaallika teistest varem. 1990. aastatel oli söekihis seotud metaani peamine tootja New Mexico. Tootmisvõimsuselt ületas seda osariiki 1997. aastal Colorado oma arendustegevusega, mille tootmisvõimsuse tipp saavutati aastal 2004, ja Wyoming, mis on praegu peamine söekihis seotud metaani tootja.

Kõige vaevanõudvamad gaasi leiupaigad hõlvatakse viimasena. Nendeks on kildagaasimaardlad, mis ei lase gaasi peaaegu üldse läbi või on vähemalt väiksema läbilaskvusega kui teised gaasi sisaldavad struktuurid. Hõlvamist alustati horisontaalpuurimise tehnoloogias ja keemiliste lisaainete kasutamist hõlmava hüdraulilise purustamise alal saavutatud edusammude tõttu, aga tõenäoliselt oli selles veelgi olulisem osa süsivesinike kaevandamise tööstuse tegevuse ja hüdraulilise purustamise väljaarvamisel ohutu joogivee seadusest (Safe Drinking Water Act) [SDWA 1974], mis sätestati 2005. aasta energiapoliitika seaduses (Energy Policy Act) [EPA 2005]. 2005. aasta energiapoliitika seaduse paragrahvis 322 arvati hüdrauliline purustamine välja USA keskkonnakaitseameti peamistest määrustest.

Esmane tegevus algas juba aastakümnete eest: 1970. aastatel Bossieri maardlas ja 1990. aastatel Antrimi maardlas. Kiire juurdepääs kildagaasi leiukohtadele tekkis aga 2005. aastal Barnetti maardla hõlvamisega Texases. Viie aasta jooksul puuriti seal peaaegu 15 000 puurauku. Sellele majandusedule on iseloomulik valik väikeseid ettevõtjad, nagu Chesapeake, XTO ja teised, kes puurimistöid teostasid. Need arenesid buumi taustal mitme miljardi dollarilise väärtusega ettevõteteks ja pakkusid huvi suurtele ettevõtjatele, nagu ExxonMobil ja BHP Billiton. XTO müüdi 2009. aastal rohkem kui 40 miljardi dollari eest ExxonMobilile ja Chesapeake müüs 2011. aastal oma Fayetteville'i aktsiad 5 miljardi dollari eest.

Selle aja jooksul sai kodanikele ja piirkondliku tasandi poliitikutele üha silmanähtavamaks kõrvalmõju keskkonnale. Kõige rohkem on arutatud Marcelluse maardla hõlvamise üle, sest see katab suurt osa New Yorgi osariigist. Arvatakse, et selle hõlvamine läheb vastuollu New Yorgi linna veevarustuse ala kaitsega. Praegu viib USA keskkonnakaitseamet läbi uuringut ohtude kohta, mida seostatakse hüdraulilise purustamisega kui ebakonventsionaalse gaasi väljade hõlvamise eelistatud tehnoloogiaga. Uuringu tulemused avaldatakse tõenäoliselt 2012. aasta jooksul [EPA 2009].

Hõlvamistegevus Euroopas

Euroopas on hõlvamistegevus USAst mitukümmend aastat maas. Saksamaal on kinnisgaasilademeid hüdraulilise purustamise teel hõlvatud umbes 15 aastat (Söhlingen), kuid siiski väga vähesel määral. Euroopa ebakonventsionaalse gaasi tootmise kogumaht on suurusjärgus mitu miljonit m³ aastas võrreldes USAga, kus see on mitusada miljardit m³ aastas [Kern 2010]. 2009. aasta lõpust on tegevus aga suurenenud. Enamik uuringulube väljastatakse Poolas [WEO 2011, lk 58], aga sarnane tegevus on alanud ka Austrias (Viini nõgu), Prantsusmaal (Pariisi nõgu ja Kagu-Prantsusmaa nõgu), Saksamaal ja Madalmaades (Põhjamere-Saksamaa nõgu), Rootsis (Skandinaavia piirkond) ja Ühendkuningriigis (Northern and Southern Petroleum System). Näiteks väljastas Saksamaa Nordrhein-Westfaleni liidumaa kaevandusamet 2010. aasta oktoobris uuringuload[2] 17 000 km² suuruse ehk liidumaa pindalast poole moodustava ala kohta.

USAst pärit teabest põhjustatud üldsuse vastuseis nendele projektidele on kiiresti kasvanud. Näiteks Prantsusmaal kehtestas rahvusassamblee sellisele puurimistegevusele moratooriumi ja keelustas hüdraulilise purustamise. Rahvusassamblee võttis seaduseelnõu mais vastu, kuid senat seda ei teinud. Prantsuse tööstusminister esitas teistsuguse eelnõu, mis lubaks hüdraulilist purustamist kasutada ainult teaduslikel eesmärkidel ning seadusandjatest, valitsuse esindajatest, valitsusvälistest organisatsioonidest ja kohalikest kodanikest koosneva komisjoni range kontrolli all [Patel 2011]. Muudetud seaduse võttis senat juunis vastu.

Saksamaa Nordrhein-Westfaleni liidumaal väljendasid mõjutatud kodanikud, peaaegu kõigi erakondade kohalikud poliitikud ning veevarustusasutuste ja mineraalveeallikatega tegelevate ettevõtjate esindajad muret hüdraulilise purustamise pärast ja vastuseisu sellele. Nordrhein-Westfaleni liidumaa parlament lubas kehtestada moratooriumi seniks, kuni parem teave on kättesaadav. Esimeseks sammuks oli seada veekaitse samale tasemele kaevandusseadustega ja tagada, et load väljastatakse ainult pärast veeametkondade nõusolekut. Arutelu ei ole veel lõppenud. Ka teemaga kõige lähemalt seotud ettevõte ExxonMobil alustas avalikku dialoogiprotsessi kodanike murede arutamiseks ja võimaliku mõju hindamiseks.

1.2. Põlevkiviõli

1.2.1. Mis on põlevkiviõli ja kinnisõli?

Nagu kildagaas, koosneb ka põlevkiviõli lähtekivimi poorides paiknevatest süsivesinikest. Õli ise on alles ebaküpses järgus, seda nimetatakse kerogeeniks. Kerogeeni õliks muutmiseks tuleb seda kuumutada kuni 450 °C-ni. Seetõttu on põlevkiviõli tootmine võrreldav maardlate konventsionaalse kaevandamisega, millele järgneb kuumtöötlus. Põlevkiviõli kasutati juba üle 100 aasta tagasi. Täna moodustab põlevkiviõli energiabilansist suure osa (~50%) ainult Eestis.

Väga tihti asub kerogeen väikese läbilaskvusega lähtekivimite vahel asuvates struktuurides vaheldumisi juba õliks muutunud kihtidega. Õli liigitatakse kinnisõliks, kuigi sageli on erinevus ebaselge ja üleminek ehk geoloogilise küpsuse astmete järkjärguline muutumine on sujuv. Puhtas olekus on kinnisõli geoloogiliselt küps õli, mis paikneb läbilaskmatu ja väikese poorsusega kivimikihtides. Seega on kinnisõli kaevandamiseks tavaliselt vaja kasutada hüdraulilise purustamise meetodeid.

[2] „Aufsuchungserlaubnis"

1.2.2. Kinnisõli tootmise hiljutine areng

USA

Põlevkivist ebakonventsionaalse õli tootmise projektidega alustati Põhja-Ameerikas 2000. aasta paiku, mil hakati hõlvama Põhja-Dakotas ja Montanas asuvat ning üle 500 000 km² suurust ala katvat Bakkeni maardlat [Nordquist 1953]. Bakkeni lademetes on kombineeritud kerogeenirikas kilt ja selle vahel kinnisõli kihid.

Prantsusmaa/Euroopa

Eestis põlevkiviõli tootmise kõrval pöörati pilk uuesti Prantsusmaa Pariisi nõole, kui väikeettevõtja Toreador sai uurimisloa ja teatas, et hakkab hõlvama nõos asuvaid kinnisõli varusid, kasutades palju puurauke ja hüdraulilist purustamist. Kuna nõgu katab suurt ala, sh Pariisi ja Champagne'i lähedal asuvat viinapuuderohket ala, tekkis vastuseis hoolimata asjaolust, et nõos on toimunud hõlvamistegevus tavapäraste puuraukudega juba umbes 50 aastat. [Leteurtrois 2011]

2. KESKKONNAMÕJU

PEAMISED TULEMUSED

- Vältimatu mõju on suuremahuline maakasutus puurimisplatside, veoautode parkimis- ja manööverdamisruumi, varustuse, gaasi töötlemise, transpordivahendite ja juurdepääsuteede tõttu.
- Suur võimalik mõju on õhku eralduvad saasteained, põhjavee saastumine kontrollimatult lekkiva gaasiga või vedeliku vool pursete või lekete tõttu, purustamisvedeliku leke ning reovee kontrollimatu heide.
- Purustamisvedelikud sisaldavad ohtlikke aineid ja väljavoolav vedelik sisaldab ka raskemetalle ja radioaktiivseid materjale.
- USA kogemus näitab, et juhtub palju õnnetusi, mis võivad olla kahjulikud keskkonnale ja inimeste tervisele. Registreeritud õiguslike nõuete rikkumised moodustavad kõigist puurimislubadest umbes 1–2%. Suur hulk õnnetusi juhtub seadmete lekkimise või vale kasutamise tõttu.
- On andmeid, et gaasipuuraukude läheduses on esinenud põhjavee saastumist metaaniga, mille tagajärjeks on halvimal juhul elamute plahvatamine, ning kaaliumkloriidiga, mis põhjustab joogivee sooldumist.
- Kildakihtide hõlvamisel väga tihedalt paiknevate puuraukude abil (kuni 6 puurauku km² kohta) mõju suureneb.

2.1. Hüdrauliline purustamine ja selle võimalik mõju keskkonnale

Süsivesinikke sisaldavatele tihedatele geoloogilistele lademetele on omane väike läbilaskvus. Sel põhjusel on kildagaasi, kinnisgaasi ja isegi söekihis seotud metaani tootmise meetodid üsna sarnased. Nad erinevad aga kogustes. Kuna kildagaasilademed on kõige väiksema läbilaskevõimega struktuurid, on gaasipoorideni jõudmiseks vaja kõige rohkem tööd. Järelikult on nende lademete hõlvamisel kõige suurem keskkonnamõju oht. Toimub aga jätkuv üleminek konventsionaalset gaasi sisaldavatelt läbilaskvatelt struktuuridelt kinnisgaasile ja peaaegu läbilaskmatutele gaasimaardlatele.

Ühine omadus on see, et puuraukude ja pooride kontaktpunkti tuleb kunstlikult suurendada. Seda tehakse nn hüdraulilise purustamise kaudu, mida nimetatakse vahel ka stimulatsiooniks või lühemalt frakkimiseks.

Joonisel 1 on esitatud tüüpilise puuraugu läbilõige. Puurpink puurib vertikaalselt gaasi sisaldavasse kihti. Olenevalt selle kihi paksusest, puuritakse ainult püstpuuraugud või jätkatakse horisontaalpuuraugu puurimist, et kontakt gaasikihiga oleks maksimaalne.

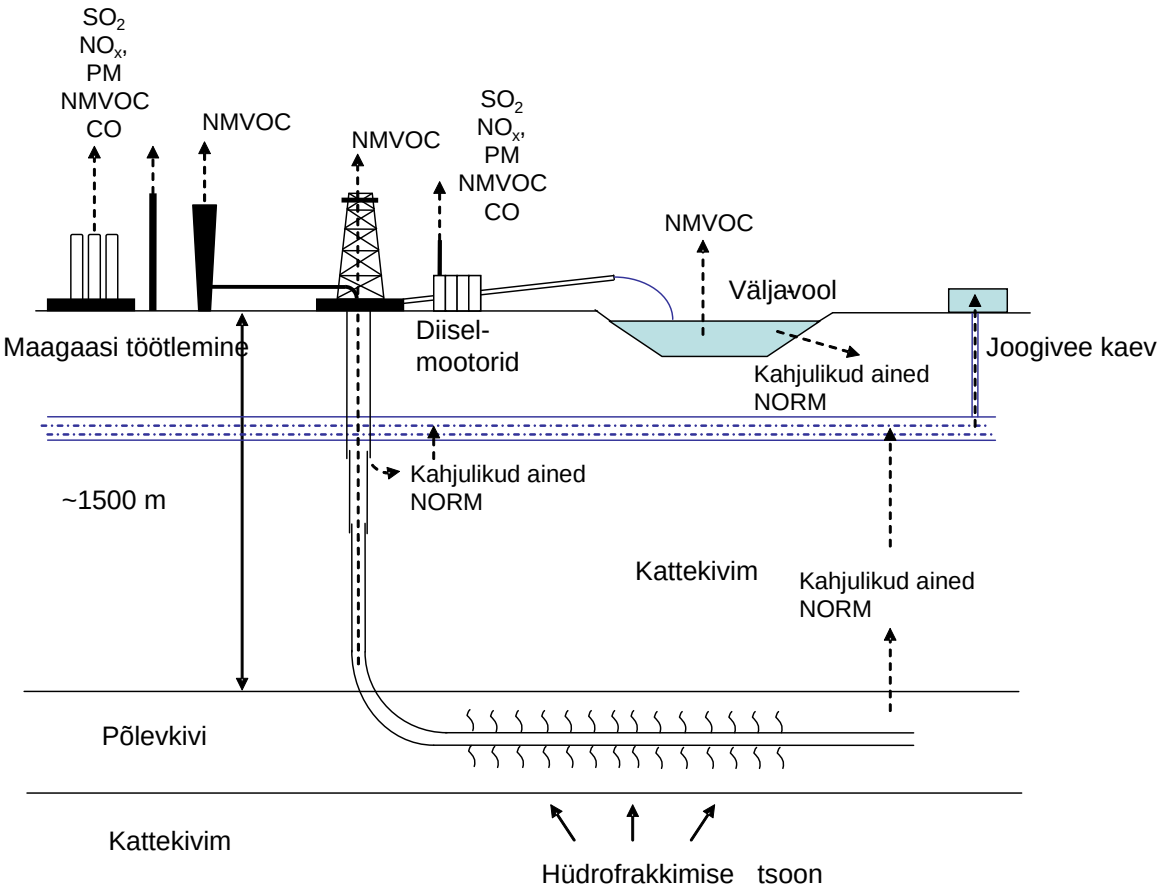
Kihi sees kasutatakse lõhkeaineid, et mulgustada manteltoru ja tekitada niimoodi väikesed lõhed. Lõhede kunstlikuks suurendamiseks täidetakse need kõrgsurvestatud veega. Kunstlike lõhede arv, nende pikkus ja asukoht kihis (horisontaalne või vertikaalne) sõltuvad lademe konkreetsetest omadustest. Need omadused mõjutavad kunstlike lõhede pikkust, puuraukude paiknemist (püstpuuraukude paiknemise tihedus on suurem kui horisontaalpuuraukudel) ja veetarbimist.

Kõrgsurvestatud vesi avab lõhed ja tekitab juurdepääsu võimalikult paljudele pooridele. Surve vähendamise järgselt voolab kasutatud ja kivimist pärit raskete või radioaktiivsete metallidega segunenud ning gaasi sisaldav vesi maapinnale tagasi. Kasutatavale veele lisatakse mineraale, tavaliselt liivateri. Need toimivad kiiluna, mis hoiavad lõhed avatuna ja võimaldavad rohkem gaasi ammutada. Segule lisatakse kemikaale, mis muudavad selle geeljaks, et mineraalid jaotuksid ühtlaselt, vähendavad hõõrdumist ning lõhuvad geelja struktuuri purustamisprotsessi lõpus, et vedelik puuraugust väljutada.

Joonist 1 võiks kasutada protsessi käigus tekkiva võimaliku keskkonnamõju kindlakstegemiseks. Mõju on järgmine:

- maastiku kasutamine, sest puurimisplatsil on vaja ruumi tehniliste seadmete, vedeliku hoiustamise ja nende kohaletoimetamiseks rajatavate juurdepääsuteede jaoks;
- õhu- ja mürasaaste, sest masinad töötavad sisepõlemismootoriga, vedelikest (sh reoveest) võivad kahjulikud ained õhku aurustuda, sagedase transportimise tõttu võivad veoautod paisata välja lenduvaid orgaanilisi ühendeid ja muid õhusaastajaid ning tekitada müra;
- vett võivad saastata purustamisprotsessi kemikaalid, aga ka maardlast väljutatav reovesi, mis sisaldab raskemetalle (nt arseen ja elavhõbe) või radioaktiivseid osakesi; saasteained võivad sattuda põhja- või pinnavette nt veoautotranspordi õnnetuste, kogumistorude lekete, reoveetiikide ja kompressorite tõttu, õnnetustes tekkinud lekete (nt purustamisvedeliku või reovee suured pursked), tsemendikihi ja manteltoru kahjustamise või lihtsalt maa-aluse kontrollimatu voolu tõttu läbi kivimi kunstlike või looduslike lõhede;
- hüdraulilise purustamise protsessi või reovee injektsiooni põhjustatud maavärinad;
- geoloogiliste kihtide radioaktiivsete osakeste mobiliseerumine;
- tohutul hulgal looduslike ja tehniliste ressursside tarbimist seoses kogutava gaasi või õliga tuleb hinnata selliste toimingute kulude-tulude analüüsis;
- võimalik on mõju elurikkusele, kuigi praeguseks ei ole seda dokumenteeritud.

Joonis 1: Õhku saastavate heitkoguste, vett ja pinnast saastavate kahjulike ainete ja looduslikult esinevate radioaktiivsete ainete (NORM) võimalik liikumine



Allikas: autorid, [SUMI 2008] põhjal

2.2. Mõju maastikule

Põhja-Ameerika kogemus

Gaasimaardlate hõlvamiseks on vaja puurimisplatse, kus on võimalik hoiustada tehnilisi seadmeid, kompressoritega veoautosid, kemikaale, mineraale, vett ja reoveemahuteid, kui neid ei tooda kohalikest kaevudest ega koguta basseinides.

Tüüpilise mitme puurauguga puurimisplatsi suurus Pennsylvanias on puurimise ja purustamise ajal umbes 4–5 aakrit (16 200–20 250 m²). Pärast osalist taastamist võib tootmisplatsi suurus olla keskmiselt 1–3 aakrit (4050–12 150 m²). [SGEIS 2009]

Võib tuua võrdluse, et kui sellist ala (~10 000 m²) kasutaks näiteks päikeseenergiajaam, saaks aastas toota umbes 400 000 kWh elektrit[3], mis vastab umbes 70 000 m³ maagaasile aastas, kui sellest toodetaks elektrit 58% tõhususega. Barnetti maardla (Texas, USA) tavaline gaasitootlikkus on umbes 11 miljonit m³ puuraugu kohta esimesel aastal, aga ainult ligikaudu 80 000 m³ üheksandal aastal ja umbes 40 000 m³ kümnendal aastal [Quicksilver 2005]. Võrreldes fossiilenergia ammutamisega toodab päikeseelektrijaam elektrit rohkem kui 20 aastaks. Jaama eluea lõppedes saab selle asendada uuega ilma maakasutust suurendamata.

[3] Päikesekiirgus: 1000 kWh m² kohta aastas; päikesepaneelide tõhusus: 15%; kasutegur: 80%; paneelide pindala: 33% maa-ala pindalast.

Kilda- või kinnisgaasi sisaldavate lademete arendustegevuseks on vajalik puurimisplatside tihe paiknemine. USAs sõltub puuraukude paiknemine riigi regulatsioonidest. Seal on konventsionaalsete väljade tüüpiline paiknemine 1 puurauk 640 aakri kohta (1 puurauk 2,6 km^2 kohta). Barnetti maardlas vähendati algset vahemaad ja lubati 1 puurauk 160 aakri kohta (1,5 puurauku km^2 kohta). Hiljem lubati asenduspuurauke ja need puuriti 40-aakriste vahedega (~6 puurauku km^2 kohta). See näib levinud tava suurema osa maardlate puhul nende intensiivsel hõlvamisel. [Sumi 2008; SGEIS 2009]

2010. aasta lõpuks oli Barnetti maardlas peaaegu 15 000 puurauku, kusjuures kogu maardla suurus on 13 000 km^2 [RRC 2011; ALL-consulting 2008]. Järelikult on puuraukude paiknemise keskmine tihedus 1,15 puurauku km^2 kohta.

Joonisel 2 on kinnisgaasi tootmise puuraugud USAs. Kinnisgaasi tootmiseks kasutatakse maapinnalähedaste puuraukudega puurimisplatse, kuni 6 puurauku platsi kohta. Barnetti maardlas paiknevad puuraugud tihedamalt, sest enamik kinnisgaasi puurauke puuritakse vertikaalselt.

Joonis 2: Kinnisgaasi sisaldava liivakivi puurimine

Allikas: EcoFlighti foto, SkyTruthi omand – www.skytruth.org

Puurimisplatse ühendavad teed veoautotranspordi tarbeks, mis suurendab maakasutust veelgi. USAs kasutatakse maad ka reoveebasseinide jaoks, millesse kogutakse väljutatud vesi enne selle kõrvaldamist või veoauto- või torutransporti. Nende pindala ei ole puurimisplatside ülaltoodud suuruse hulka veel arvatud. Nende kaasamine võib väga lihtsalt gaasitootmise toimingute maa-ala suurust kahekordistada.

Ammutamise järel tuleb gaas transportida jaotusvõrkudesse. Kuna enamiku puuraukude tootmismäär on väike ja järsult vähenev, hoiustatakse gaasi väga tihti puurimisplatsil ja see laaditakse paakautodesse perioodiliselt. Kui puuraugud paiknevad piisavalt tihedalt, ehitatakse kompressorjaamadega kogumisvõrgud. Hoiutüübi ja transpordiliigi valik ja see, kas torud paigaldatakse maa peale või maa sisse, sõltub projektide konkreetsetest parameetritest ja kohaldatavatest regulatsioonidest.

Ülekantavus Euroopa tingimustesse ja lahendamata küsimused

Puurimisplatsi lube väljastavad mäendusametid asjakohaste seaduste ja määruste alusel (vt 4. peatükki). Need võiksid määratleda puuraukude paiknemise minimaalse vahemaa. Siinkohal võib järgida USA tava alustada maardla hõlvamist suuremate vahemaadega ja suurendada paiknemise tihedust sedamööda, kuidas varud puuraukudes ammenduvad. Nagu mainitakse 5. peatükis, on tüüpiliste gaasiressursside kogus teatud ala kohta enamikus Euroopa maardlates tõenäoliselt võrreldavad USA Barnetti või Fayetteville'i maardla ressurssidega.

Puuritud augud tuleb ühendada kogumisvõrkudega. See, kas torud paigaldatakse maa peale või maa alla, sõltub vastavatest määrustest ja majanduslikest kaalutlustest. Olemasolevaid asjakohaseid määrusi tuleks kohandada ja võib-olla ühtlustada.

2.3. Õhusaasteainete heitkogused ja pinnasesaaste

Heitkoguste võimalikud allikad on järgmised:

- heide veoautodest ja puurimistehnikast (müra, osakesed, SO_2, NO_x, metaanita LOÜ ja CO);
- heide maagaasi töötlemisest ja transpordist (müra, osakesed, SO_2, NO_x, metaanita LOÜ ja CO);
- kemikaaliaurud reoveebasseinidest;
- heide puuraukude leketest ja pursetest (maardlast pärit osakestega segunenud puurimis- või purustamisvedeliku laialipaiskumine).

Puurimisseadmete kasutamisel tarbitakse suures koguses kütust, mida põletatakse CO_2 saamiseks. Tootmise, töötlemise ja transpordi käigus võib samuti vabaneda metaani, mis on kasvuhoonegaas. Neid hinnatakse 4. peatükis, mis on pühendatud kasvuhoonegaaside heitkogustele.

2.3.1. Tavapärastest toimingutest lähtuvad õhusaasteained

Põhja-Ameerika kogemus

Dishi väikelinna ümbruses Texases esitati palju kaebusi inimhaiguste ja isegi loomade surma kohta ning linnapea oli sunnitud tellima sõltumatult konsultandilt õhukvaliteedi uuringu linnas ja linna ümbruses toimuvate gaasitootmisega seotud toimingute mõju kohta [Michaels 2010 ja sealsed viited]. Kuigi sellistest kaebustest on teatatud ka muudes puurimiskohtades, on Dishis tehtud uuringud teadaolevalt kõige pädevamad. Kuna piirkonnas ei ole muud tööstustegevust, on maagaasi ammutamisega seotud tegevus linnas ja selle ümbruses usutavasti ainus mõjuallikas.

2009. aasta augustis läbi viidud uuring kinnitas „kantserogeensete ja neurotoksiliste ühendite kõrget kontsentratsiooni välisõhus ja/või elamutes". Enamgi veel: „Neist laborianalüüsides tuvastatud ühenditest paljud olid teadaolevate inimestele ohtlike kantserogeenide metaboliidid ja ületasid TCEQ määruste kohaselt testides nii lühiajalise kui ka pikaajalise mõju taseme. Eriti murettekitavad on ühendid, mis TCEQ [Texase keskkonnakvaliteedi komisjon] määratluse järgi on potentsiaalsed katastroofi põhjustajad". [Wolf 2009]

Uuringu kohaselt on linnavalitsusele esitatud palju kaebusi kompressorjaamadest tuleva pideva müra ja vibratsiooni ning äärmiselt ebameeldiva lõhna kohta. „Eriti murettekitavad on teated noorhobuste raskest haigestumisest ja mitmest surmast ajavahemikus 2007–2008, teadmata haiguse põhjust." [Wolf 2009]

[Michaels 2010] kohaselt on ka Dallas-Fort Worthi ümbruse piirkonnas avaldanud maagaasi puurimine Barnetti maardlas äärmiselt suurt mõju õhukvaliteedile. 2009. aastal avaldati põhjalik uuring „Emissions from Natural Gas Production in the Barnett Shale Area and Opportunities for Cost-Effective Improvements" („Maagaasi tootmise heitkogused Barnetti maardla piirkonnas ja võimalused kulutõhususe suurendamiseks") [Armendariz 2009]. Analüüsi kohaselt on uuritud 21 maakonnast heitkoguste peamisteks tekitajateks viis maakonda, kus toimub peaaegu 90% maagaasi ja õli ammutamisega seotud tegevusest. Näiteks arvutati välja, et nende viie maakonna sudu moodustavate ühendite maksimumkogus oli 2009. aasta suvel 165 tonni päevas, kusjuures neis 21 maakonnas tekitasid kõik õli- ja gaasiallikad (sh transport) maksimaalselt 191 tonni päevas [Armendariz 2009]. Järelikult peitub osariigi keskmiste väärtuste taga asjaolu, et viies kõige aktiivsemas maakonnas on õhusaasteainete kogus palju suurem kui keskmine näitaja ja see vähendab õhukvaliteedi taset.

Texase keskkonnakvaliteedi komisjon (TCEQ) on loonud seireprogrammi, mis kinnitab osaliselt purustamisseadmetest ja mahutitest lenduvate süsivesinike aurude erakordselt kõrget taset ning märkimisväärset benseeni taset mõnes puurimiskohas [Michaels 2009]. 2010. aasta jaanuaris avaldas TCEQ oma seireprogrammi kohta ametkondadevahelise memorandumi. Mõned nende peamised tulemused on järgmised [TCEQ 2010]:

- „Devon Energy maagaasi puuraugu suudme sulge- ja regulaarseadme juures kanistriga võetud ühest kiirest proovist leiti 35 kemikaali, mille lühiajalised võrdlusväärtused ületasid normipiiri ja kus benseeni kontsentratsioon oli 15 000 ppb." See puuraugusuu lähedal, tekkekohast kõigest 1,5 meetri kaugusel võetud õhuproov võeti võrdlusaluseks.
- Puuraugusuu juures võetud proovis leitud benseeni kontsentratsioonile lisaks leiti 64 seirekohast ühes benseeni, mille kogus ületas lühiajalise tervisepõhise võrdlusväärtuse 180 ppb.
- Toksikoloogia talitusele tekitasid muret piirkonnad, kus leiti benseeni suuremas koguses kui pikaajaline tervisepõhine võrdlusväärtus 1,4 ppb. „21 seirekohas leiti benseeni suuremas koguses kui pikaajaline tervisepõhine võrdlusväärtus."

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Texases avastatud aromaatsete ühendite, nagu benseeni ja ksüleeni heitkogused tekivad maagaasi survestamisel ja töötlemisel, mille puhul raskemad elemendid heidetakse atmosfääri. ELis piiratakse selliste ainete heitkoguseid seadustega.

Puurimis- ja kaevandamisprotsessis kasutatavad masinad, nagu diiselmootorid ja ka nende tekitatud õhusaasteained on tõenäoliselt samad. Tabelis 1 on esitatud puurimisel, hüdraulilisel purustamisel ja puuraugu lõpetamisel kasutatavate statsionaarsete diiselmootorite õhusaasteainete heitkogused [GEMIS 2010] diiselmootorite heitkoguste alaste andmete ja Barnetti maardla eeldatava diislivajaduse ja maagaasi toodangu põhjal [Horwarth jt, 2011].

Tabel 1: Puurimiseks, hüdrauliliseks purustamiseks ja puurkaevu lõpetamiseks kasutatavatest diiselmootoritest pärit õhusaasteainete tüüpilised eriheitkogused

	heitkogused mootori mehhaanilise väljundvõimsuse kohta [g/kWh$_{mech}$]	heitkogused mootori kütusekoguse kohta [g/kWh$_{diesel}$]	heitkogused puuraugu maagaasi tootlikkuse kohta [g/kWh$_{NG}$]
SO_2	0,767	0,253	0,004
NOx	10,568	3,487	0,059
PM	0,881	0,291	0,005
CO	2,290	0,756	0,013
metaanita LOÜ	0,033	0,011	0,000

Soovitatakse, et lisaks heitetegurile piirataks ka heitkoguste kogumõju, sest paljude puurimisplatside heitkogused liidetakse, kui maardlat hõlvatakse ühe või isegi rohkemate puuraukude abil km^2 kohta. Piirata ja jälgida tuleb nii hõlvamistegevuse käigus tekkivaid heitkoguseid kui ka hiljem gaasi töötlemisel ja transportimisel tekkivaid heitkoguseid, kui heitkoguseid tekib mitmest kogumistorust korraga.

Neid aspekte tuleks võtta arvesse arutelus asjakohaste direktiivide üle, nagu ettepanek Euroopa Parlamendi ja nõukodu direktiivi kohta, millega muudetakse direktiivi 97/68/EÜ väljaspool teid kasutatavatele liikurmasinatele paigaldatavate sisepõlemismootorite heitgaaside ja tahkete heitmete kohta.

2.3.2. Pursetest ja puurimiskohas toimunud õnnetustest tulenevad saasteained

Põhja-Ameerika kogemus

USA kogemus näitab, et on toimunud mitu purset puuraukudest. Enamik neist on dokumenteeritud [Michaels 2010]. Järgmised on väljavõtted sellest viidete nimekirjast:

- 2010. aasta juunis toimus Pennsylvanias Clearfieldi maakonnas puuraugust gaasipurse, mis paiskas 16 tundi järjest õhku vähemalt 35 000 gallonit reovett ja maagaasi.
- 2010. aasta juunis viidi Lääne-Virginias Marshalli maakonna gaasipuuraugu juures toimunud plahvatuse tõttu haiglasse seitse vigastatud töötajat.
- 1. aprillil 2010 süttisid Atlase puurimisplatsil põlema purustamisvedeliku hoiustamiseks kasutatud mahuti ja avatud šaht. Leegid olid vähemalt 100 jala (33 m) kõrgused ja 50 jala (15 m) laiused.

Kõigi mainitud juhtumite puhul trahviti asjaosalisi ettevõtjaid. Selgub, et need õnnetused on enamasti seotud kas väljaõppeta personali poolse vale käsitsemisega või vale käitumisega. Samuti näib, et üksikute ettevõtete vahel on märkimisväärsed erinevused. Järgmistes alapeatükkides on loetletud veel õnnetusi.

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Lekete ohu minimeerimiseks Euroopas on soovitatavad ranged määrused ja nende täitmise range seire. Konkreetselt on soovitatav koguda Euroopa tasandil statistikat õnnetuste kohta, analüüsida õnnetuste põhjuseid ja teha vastavad järeldused. Juhul kui teatud ettevõtjate tegevuse statistika on eriti negatiivne, võib kaaluda nende edasise uurimistegevuse ja tootmisõiguste äravõtmist. Neid juhtumeid arutatakse Euroopa Parlamendis seoses avamerel nafta- ja gaasi tootmisega. 2011. aasta juulis hääletatakse tööstuse, teadusuuringute ja energeetikakomisjonis selleteemalise omaalgatusliku raporti üle.

2.4. Pinna- ja põhjavesi

2.4.1. Vee tarbimine

Puuraugu konventsionaalsel puurimisel kasutatakse suures koguses vett puurpea jahutamiseks ja hõõrdumise vähendamiseks, aga ka puurimispulbi väljutamiseks. Hüdraulilisel purustamisel kasutatakse umbes kümme korda rohkem vett puuraugu stimuleerimiseks kõrgsurvestatud vee injektsiooni kaudu, et tekitada lõhesid.

Texase veevarude arengu ameti (Texas Water Development Board) nimel koostati põhjalik uuring Barnetti maardla hõlvamisega seotud veevajaduse kohta [Harden 2007]. Uuring sisaldab kirjanduse põhjal ülevaadet vee eritarbimise kohta: Ainult ühe frakkimise etapiga Elderi tsementeerimata horisontaalsete puuraukude jaoks oli vaja umbes 4 MGal (~15 miljonit liitrit) vett. Uuemates tsementeeritud puuraukudes toimub frakkimine mitmes etapis mitmes mulgustamiskobaras ühel ajal. Kahe purustamisetapi tüüpiline vahemaa ühes horisontaalses puuraugus on 400–600 jalga (130–200 m). Horisontaalsel puuraugul on tavaliselt umbes kolm purustamisetappi, aga see ei ole kohustuslik. Ligikaudu 400 puuraugu statistilise analüüsi tulemuseks on hüdrofrakkimise tavapärane veetarbimine 2000–2400 gal/jalg (25–30 m³/m) [Grieser 2006] ja umbes 3900 gal/jalg (~42 m³/m) kemikaalidega libestatud veega (slickwater) frakkimisel, mida kasutatakse viimasel ajal, kui vahemaa on sama pikk kui puuraugu horisontaalne osa. [Schein 2004]

See 2007. aasta uuring sisaldab ka võimalikke stsenaariume veetarbimise kohta Barnetti maardla hõlvamisel 2010. ja 2025. aastal. 2010. aasta veetarbimise hulgaks hinnati 10 000–20 000 ac-ft (12–24 Mio. m³), edasisel hõlvamisel aastani 2020 5 000–20,000 ac-ft (6–24 Mio. m³), olenevalt tulevasest uurimistegevusest.

Tabelis 2 loetletakse hiljuti avalikustatud andmed tavapäraste uute puuraukude kohta. Umbkaudsel ümardamisel peaks Barnetti maardla jaoks olema reaalne kogus 15 000 m³ puuraugu kohta. Nende arvude põhjal oleks 2010. aastal rajatud 1146 uue puuraugu (vt 4. peatükki) veetarbimine 2010. aastal ligikaudu 17 miljardit liitrit. See on kooskõlas ülalviidatud prognoosiga 2010. aastaks. Tarbitud kogust tuleb võrrelda kõigi teiste tarbijate tarbitava hulgaga, mis oli umbes 50 miljardit liitrit [Harden 2007]. Antud võrdluse jaoks kasutati nende maakondade veetarbimist, kus toimus peamine puurimistegevus (Denton, Hood, Johnson, Parker, Tarrant ja Wise).

Tabel 2: Valitud puuraukude veevajadus kildagaasi tootmisel (m^3)

Koht/piirkond	Kokku (puuraugu kohta)	Ainult purustamine	Allikas
Barnetti maardla	17 000		Chesapeake Energy 2011
Barnetti maardla	14 000		Chesapeake Energy 2011
Barnetti maardla	andmed puuduvad	4500 – 13 250	Duncan 2010
Barnetti maardla	22 500		Burnett 2009
Horni jõe nõgu (Kanada)	40 000		PTAC 2011
Marcelluse maardla	15 000		Arthur jt 2010
Marcelluse maardla	1500 – 45 000	1135 – 34 000	NYCDEP 2009
Utica maardla, Québec	13 000	12 000	Questerre Energy 2010

Pealegi võib osutuda vajalikuks frakkida kildagaasi tootmise puurauke nende tegevuse ajal mitu korda. Igal täiendaval frakkimisel võidakse kasutada rohkem vett kui eelmisel [Sumi 2008]. Mõnel juhul frakitakse puurauku kuni kümme korda [Ineson 2010].

2.4.2. Vee saastumine

Põhja-Ameerika kogemus

Vett võivad saastada

- puurimispulbi, väljavoolava vee ja soolvee leke rikastamisjäätmetest ja mahutitest, põhjustades vee saastumist ja sooldumist;
- lekked ja õnnetused maapealses tegevuses, nt lekkivad vedeliku- või reoveetorud ja basseinid, ebaprofessionaalne käsitsemine või vanad seadmed;
- lekked puuraukude ebapiisava tsementeerimise tõttu;
- geoloogiliste struktuuride lekked kas looduslike või kunstlike lõhede ja käikude kaudu.

Valdava osa kaebuste puhul hüdraulilise purustamise kohta ongi tegemist võimaliku põhjavee saastumise probleemiga. Konkreetsete lekete ja õnnetuste kõrval on põhiline tähelepanu purustamisvedeliku ja metaani sattumisel põhjavette sügavamal asuvatest struktuuridest.

2008. aastal viidi läbi üksikasjalik analüüs Colorado Garfieldi maakonna kohta. Teatatud õli ja gaasi tootmisel tekkinud lekkeid dokumenteerib Colorado õli ja gaasi säilitamise komisjon (Colorado Oil and Gas Conservation Commission). 2003. aasta jaanuarist 2008. märtsini on viidatud kokku 1549 lekkele. [COGCC 2007; referenced in Witter 2008] Kahekümne protsendi lekete puhul oli tegemist vee saastumisega. On märkimisväärne, et lekete arv oli kasvuteel. Näiteks kui 2003. aastal teatati Garfieldi maakonnas viiest lekkest, siis 2007. aastal dokumenteeriti juba 55 leket.

Järgnenud uuringus põhjavee saastumise kohta tuvastati: „Viimase seitsme aasta jooksul on metaani kogus põhjaveeproovides suurenenud ja see langeb kokku Mamm Creek Fieldi rajatud gaasipuuraukude arvu suurenemisega. Metaani looduslik taustanivoo põhjavees enne puurimist oli vähem kui 1 ppm, välja arvatud ainult basseinides ja voolusängides esineva biogeenilise metaani puhul. [---] Metaaniproovide isotoopide andmed näitavad, et enamik suurenenud metaanikogusega proove on olemuselt termogeensed. Suurenenud metaani kontsentratsiooniga langeb kokku suurema kloorisisaldusega põhjaveekaevude arvu suurenemine, mis on vastavuses gaasipuuraukude arvuga.” [Thyne 2008] Ilmselgelt on siin selge kokkulangevus nii paiknemises kui ka ajas: metaanitase on kõrgem piirkondades, kus puuraugud paiknevad tihedamalt ning metaanitaseme suurenemine aja jooksul langeb kokku puuraukude arvu suurenemisega.

Hiljutisem [Osborne 2011] uuring kinnitab seda andmetega Pennsylvania kirdeosa ja New Yorgi osariigi põhjaosa Marcelluse ja Utica kildalademe kohal asuvate põhjaveekihtide kohta. Aktiivsetes gaasi ammutamise piirkondades oli keskmine metaani kontsentratsioon joogivee puuraukudes 19,2 mg liitri kohta ja maksimaalselt 64 mg liitri kohta, mis on plahvatusohtlik. Taustkontsentratsioon läheduses asuvates sarnase geoloogilise struktuuriga piirkondades, kus gaasi ei kaevandata, oli 1,1 mg liitri kohta. [Osborn 2011]

Kokku on registreeritud üle 1000 kaebuse joogivee saastumise kohta. Väidetavalt Pennsylvania Keskkonnakaitseameti andmekirjetel põhinevas raportis loetakse kokku riiklike naftat ja gaasi käsitlevate seaduste 1614 rikkumist Marcelluse maardla puurimisel kahe ja poole aastase perioodi jooksul [PLTA 2010], kusjuures kaks kolmandikku neist on „kõige suurema tõenäosusega keskkonnale kahjulikud”. Mõned neist on esitatud väljaandes [Michaels 2010].

Kõige mõjukam registreeritud õnnetustest oli elamu plahvatamine, mille põhjustas puurimine ja sellele järgnenud metaani sattumine maja veesüsteemi [ODNR 2008]. Loodusvarade ameti (Department of Natural Resources) raportis tuvastati maja plahvatamise põhjuse kolm tegurit: i) manteltoru ebakorrektne tsementeerimine, ii) otsus puuraugu hüdraulilise purustamisega jätkata, lahendamata mantli ebapiisava tsementeerimise probleemi, ning kõige olulisem iii) 31-päevane purustamisjärgne periood, mille jooksul puurtoru ja auguseina vaheline rõngasava „enamjaolt kinni variseb” (viidatud [Michaels 2010] järgi).

Valdavalt on võimalik näidata metaani ja kloriidi veesaastest, aga benseeni ja muude purustamisvedelike vette sattumist on harva võimalik tõestada. Wyomingi joogivee puuraukude proovidest leidis keskkonnakaitseamet 2009. aastal kemikaale, mida kasutatakse laialdaselt hüdraulilisel purustamisel: „Varem käesoleval kuul avaldas kaheksas piirkond Pavillionis Wyomingis kohalike elanike palvel tehtud veepuurkaevude proovivõtu tulemused, mis näitavad, et uuritud 39 puuraugust 11 puuraugu proovis leiti puurimisel tekkivaid saasteaineid, sh kolme puuraugu proovist leitud kemikaal 2-butoksüetanool (2-BE), mis on teadaolevalt hüdraulilisel purustamisel kasutatava vedeliku üks koostisosi, ning metaan, diiselkütuse jäägid ja süsivesinik, mida tuntakse adamantaani nime all”. [EPA 2009]

Mitmel juhul on juba ettevõtjaid riigi seaduste rikkumise eest trahvitud. Näiteks Cabot Oil & Gas sai teatise Pennsylvania Keskkonnakaitseministeeriumilt, milles öeldi: „Cabot on põhjustanud sügavamatest kihtidest pärit gaasi sattumise magedasse põhjavette või seda võimaldanud". [Lobbins 2009]

Ajalooliste andmete põhjal hinnati õnnetuste määraks New Yorgi osariigis 1–2%. [Bishop 2010] See tundub usutav. Ülalmainitud 1600 rikkumist ainuüksi Marcelluse maardla Pennsylvanias asuvas osas näitavad aga, et kõrvutatuna 2010. aasta lõpuks rajatud 2300 puurauguga, on võimalik veel palju suurem õnnetuste määr.

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Valdav osa õnnetusi ja põhjavee saastumist näib tekkivat vale käsitsemise tõttu, mida oleks võimalik vältida. USAs on olemas regulatsioonid, kuid tegevuse seire ja järelevalve on üsna kehv kas riigiasutuste eelarve ebapiisavuse või muude põhjuste tõttu. Seetõttu ei ole põhiprobleemiks mitte ebapiisav reguleerimine, vaid jõustamine piisava järelevalve kaudu. Tuleb tagada, et parimad tavad ei ole mitte ainult kättesaadavad, vaid et neid ka üleüldiselt rakendataks.

Liiatigi jääb alles teatud oht, et avastamata käigud (nt vanad mahajäetud registreerimata ja ebakorrektselt tsementeeritud puuraugud, ootamatud ohud maavärinate tõttu) sillutavad metaanile või kemikaalidele teed põhjaveekihtidesse.

2.4.3. Reovee kõrvaldamine

Purustamisvedelik pumbatakse geoloogilistesse kihtidesse kõrge surve all. Pärast surve vallandumist voolab purustamisvedeliku, metaani, ühendite ja lademest pärit vee segu tagasi maapinnale. See tuleb kokku koguda ja nõuetekohaselt kõrvaldada. Tööstusest pärineva teabe kohaselt voolab 20–50% gaasipuuraukude hüdrofrakkimiseks kasutatavast veest maapinnale tagasi. Osa sellest võetakse ringlusse tulevaste puuraukude frakkimiseks. [Questerre Energy 2010] Teiste teabeallikate kohaselt tuleb maapinnale tagasi 9–35%. [Sumi 2008]

Põhja-Ameerika kogemus

Põhja-Ameerikas näib reovee nõuetekohane kõrvaldamine olevat üks peamisi probleeme. Põhiprobleem on reovee tohutu kogus ja puhastusjaamade vale seadistus. Kuigi ringlussevõtt võib olla võimalik, suurendaks see projektikulusid. Teatatud on paljudest ebakorrektse kõrvaldamisega seotud probleemidest. Näiteks:

- 2010. aasta augustis trahviti Pennsylvanias ettevõtet Talisman Energy 2009. aastal tekkinud lekke eest, mis paiskas üle 4200 galloni (~16 m³) hüdraulilisel purustamisel välja voolanud vedeliku Webier Creeki märgalale ja lisajõkke, mis suubub Tioga jõkke, kus on külmaveekalade kasvatus; [Talisman 2011]
- 2010. aasta jaanuaris sai ettevõtte Atlas Resources trahvi keskkonnaseaduste rikkumise pärast 13 puurimiskohas USAs Pennsylvania edelaosas. Atlas Resources ei rakendanud korrektselt erosiooni- ja settealaseid kontrollimeetmeid, mis põhjustas häguseid heitmeid. Sellele lisaks juhtis Atlas Resources maa sisse diiselkütust ja purustamisvedelikku. Ettevõttel on üle 250 loa Marcelluse puuraukude kasutamiseks. [PA DEP 2010]
- Ettevõtet Range Resources trahviti 6. oktoobril 2009. aastal toimunud 250 barreli (~40 m³) lahjendatud purustamisvedeliku lekke eest. Lekke põhjustas vooliku katkine liide. Vedelik lekkis Brush Runi lisajõkke Pennsylvanias Hopewelli väikelinnas. [PA DEP 2009]

- 2010. aasta augustis sai Atlas Resources Pennsylvanias trahvi selles eest, et purustamisvedelik voolas välja reoveešahtist ja saastas kvaliteetset veelahet Washingtoni maakonnas. [Pickels 2010]
- Kolme gaasipuurauguga puurimisplatsil Pennsylvanias Troys juhtis Fortune Energy ebaseaduslikult väljavoolanud vedeliku äravoolukraavi ja läbi taimkattega ala ning see jõudis lõpuks välja Sugar Creeki lisajõkke (viidatud [Michaels 2010] järgi).
- Juunis 2010 avaldas Lääne-Virginia Keskkonnakaitseamet (DEP) raporti, milles järeldati, et 2009. aasta augustis juhtis Tapo Energy puurimisega seostatud naftapõhist materjali teadmata koguses Buckeye Creeki lisajõkke Doddridge'i maakonnas. Leke saastas jõeharu kolme miili pikkuse osa (viidatud [Michaels 2010] järgi).

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Jällegi saastub vesi enamasti vale käsitsemise tõttu. Seetõttu on kohustuslik probleemidega väga rangelt tegeleda. Ka Euroopas, nt Saksamaal, on hüdraulilisel purustamisel juba õnnetusi juhtunud. 2007. aastal lekkisid Saksamaal Söhlingeni kinnisgaasivälja reoveetorud. See põhjustas põhjavee saaste benseeni ja elavhõbedaga. Kuigi asjaomast Alam-Saksi kaevandusametit (Landesbergbehörde) teavitati korrektselt, märkas üldsus õnnetust alles 2011. aastal, kui ettevõte hakkas asendama põllumajanduslikku pinnast, kus vedelik oli maasse lekkinud. [NDR 2011; Kummetz 2011]

2.5. Maavärinad

On hästi teada, et hüdrauliline purustamine võib tekitada väikeseid, Richteri skaala järgi 1–3-magnituudiseid maavärinaid. [Aduschkin 2000] Näiteks USAs Arkansases on viimaste aastate jooksul väikeste maavärinate esinemine kümme korda sagenenud. [AGS 2011] On tekkinud mure, et neid tekitab puurimistegevuse järsk suurenemine Fayetteville'i maardlas. Ka Fort Worthi piirkonnas on alates 2008. aasta detsembrist esinenud vähemalt 18 väiksemat maavärinat. Ainuüksi Cleburne'i linnas toimus 2009. aasta juunis–juulis seitse maavärinat piirkonnas, kus eelneva 140 aasta jooksul ei olnud registreeritud ühtki maavärinat. [Michaels 2010]

2011. aasta aprillis toimus Ühendkuningriigis Blackpooli linnas väike maavärin (1,5 Richteri skaalal), millele järgnes suurem värin 2011. aasta juunis (2,5 Richteri skaalal). Maavärina piirkonnas hüdraulilise purustamise töid teostanud ettevõte Cuadrilla Resources lõpetas oma tegevuse ja taotles asja uurimist. Ettevõte teatas, et katkestab oma tegevuse piirkonnas, kui leitakse seos puurimistegevuse ja maavärinate vahel. [Nonnenmacher 2011]

2.6. Kemikaalid, radioaktiivsus ja mõju inimeste tervisele

2.6.1. Radioaktiivsed materjalid

Looduslikult esinevad radioaktiivsed materjalid (nn N.O.R.M.) kuuluvad iga geoloogilise kihi juurde, aga ulatuses ppm–ppb väga väikeses osas. Valdavalt on USA musta kilda uraanisisaldus vahemikus 0,0016–0,002 protsenti. [Swanson 1960]

Hüdraulilisel purustamisel tuuakse need looduslikult esinevad radioaktiivsed materjalid, nagu kivimis seotud uraan, toorium ja raadium, väljavoolava vedelikuga maapinnale. Mõnikord lisatakse radioaktiivseid osakesi vedelikku erieesmärgil (nt märgistuainena). Looduslikult esinevad radioaktiivsed materjalid võivad liikuda ka läbi kivimis olevate lõhede maa sisse ja pinnavette. Tavaliselt koguneb N.O.R.M. torudesse, mahutitesse ja šahtidesse.

Radioaktiivsete ainete kogus on maardlates erinev. Näiteks Marcelluse maardlas on rohkem radioaktiivseid osakesi kui üheski teises geoloogilises lademes. Gaasitöötlemise käigus võib N.O.R.M. esineda maagaasivoos radoongaasina. Radoon laguneb plii isotoobiks 210Pb, siis vismuti isotoobiks 210Bi, polooniumi isotoobiks 210Po ja lõpuks stabiilseks plii isotoobiks 206Pb.

Radooni lagunemisel tekkivad elemendid sadestuvad kilena peamiselt propüleeni, etaani ja propaani käitlemisvoogude sissevoolutorudesse, töötlemisüksustesse, pumpadesse ja ventiilidesse. Kuna radioaktiivsed materjalid koonduvad õli- ja gaasiväljadel kasutatavatesse seadmetesse, on õli ja gaasi looduslikult esinevate radioaktiivsete materjalidega kokkupuute kõige suurem oht töötajatel, kes lõikavad ja hõõritsevad õlimaardla torusid, eemaldavad tahkeid aineid mahutitest ja šahtidest ning remondivad gaasitöötlemisseadmeid. [Sumi 2008]

Põhja-Ameerika kogemus

New Yorgi osariigi Onondaga maakonnas leiti radioaktiivset ainet radooni (222Rn) 210 kodu keldri õhus. Kõigi Marcelluse maardla kohal paiknevate elamute siseõhus oli 222Rn kogus üle 148 Bq/m³ ning keskmine kontsentratsioon neis kodudes oli 326 Bq/m³[4], mis on üle kahe korra kõrgem kui USA Keskkonnakaitseameti (EPA) häiretase (kogus, mille esinemisel on soovitatav, et majaomanikud katsuksid radooni kontsentratsiooni vähendada) 148 Bq/m³. Keskmine radoonitase siseõhus on USAs 48 Bq/m³. [Sumi 2008] Kontsentratsiooni suurenemine 100 Bq/m³ võrra suurendab kopsuvähi esinemist 10%. [Zeeb jt, 2009]

Marcelluse kildagaasi maardla kivimiproovid on väga radioaktiivsed (25 korda radioaktiivsemad kui taustanivoo maapinnal). Jäätmed on osaliselt pinnasesse levinud. 1999. aasta pinnaseuuringute kohaselt oli 137Cs (radioaktiivne tseesiumi isotoop) kontsentratsioon 74 Bq ühe kg pinnase kohta. [NYDEC 2010] 137Cs-d kasutatakse geoloogiliste kihtide analüüsiks kildagaasi maardlatega seotud uurimistegevuses.

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Looduslikult esinevad radioaktiivsed materjalid (N.O.R.M.) esinevad ka Euroopas. Järelikult võivad Euroopas looduslikult esinevate radioaktiivsete materjalidega tekkida samad probleemid. N.O.R.M.-ainete kogus on aga paigast paika erinev. Seetõttu tuleb hinnata radioaktiivsete osakeste osakaalu igas üksikus maardlas ja kinnisgaasi reservuaaris eraldi.

Sel põhjusel tuleks konkreetse uuritava maardla puursüdamiku proovi koostis avalikustada enne, kui hakatakse tootmislube väljastama.

2.6.2. Kasutatavad kemikaalid

Purustamisvedelik sisaldab 98% ulatuses vett ja liiva ning 2% keemilisi lisandeid. Keemiliste lisandite hulka kuuluvad toksilised, allergeensed, mutageensed ja kantserogeensed ained.

Põhja-Ameerika kogemus

[4] Pikoküriid liitri kohta teisendatud Bq m³ kohta, 1Ci = 3,7 1010 Bq

Ärisaladuse põhjendusel ei teavitata üldsust täielikult lisandite koostisosadest. [Wood jt 2011] New Yorgi osariigi 260 aine loetelu analüüs annab järgmised tulemused:

- 260 ainest 58 ainel on üks või enam võimalikult murettekitavat omadust;
- kuus ainet kuuluvad esimesse eriloetellu kemikaalide eriloeteludest 1–4, mille on avaldanud Euroopa Komisjon ainete kohta, mis vajavad viivitamatult tähelepanu nende võimaliku mõju tõttu inimestele või keskkonnale: akrüülamiid, benseen, etüülbenseen, isopropüülbenseen (kumeen), naftaleen, tetranaatriumetüleendiamiintetraatsetaat;
- üht ainet (naftaleen-bis(1-metüületüül)) uuritakse praegu kui püsivat, bioakumuleeruvat ja toksilist (PBT) ainet;
- kaks ainet (naftaleen ja benseen) on veepoliitika raamdirektiivi 2000/60/EÜ X lisa esimeses 33 prioriteetse aine nimekirjas, mis on nüüd prioriteetsete ainete direktiivi (direktiiv 2008/105/EÜ) II lisa;
- 17 ainet on klassifitseeritud veeorganismidele mürgisteks aineteks (äge ja/või krooniline mürgisus);
- 38 ainet on ägedalt mürgised inimtervisele, nt 2-butoksüetanool;
- kaheksa ainet on klassifitseeritud teadaolevateks kantserogeenideks, nt benseen (GHS klassifikatsioon: Carc. 1A), akrüülamiid, etüleenoksiid ja erinevad aromaatseid aineid sisaldavad naftapõhised lahustid (GHS[5] klassifikatsioon: Carc. 1B);
- kuus ainet on klassifitseeritud arvatavateks kantserogeenideks (Carc. 2), nagu hüdroksülamiinhüdrokloriid;
- seitse ainet on mutageensed (Muta. 1B), nagu benseen ja etüleenoksiid;
- viis ainet on klassifitseeritud paljunemisvõimet kahjustava toimega aineteks (Repr. 1B, Repr. 2).

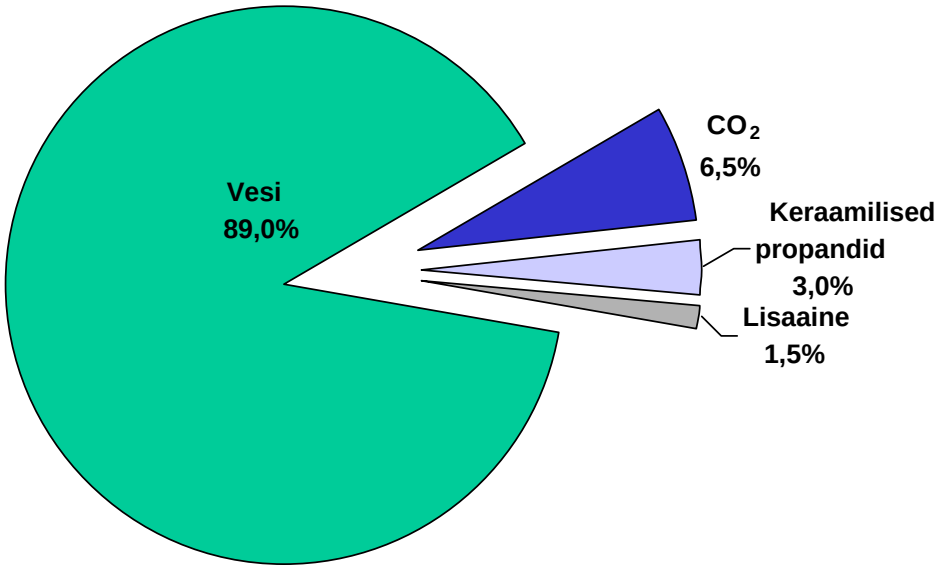
2-butoksüetanooli (teine nimetus etüleenglükoolmonobutüüleeter) kasutatakse keemilise lisaainena sageli. [Bode 2011], [Wood jt 2011] See on toksiline suhteliselt vähesel kokkupuutel. 2-butoksüetanooli poolestusaeg looduslikus pinnavees jääb vahemikku 7 kuni 28 päeva. Kuna 2-butoksüetanooli aeroobne biolagunemine on nii aeglane, võivad inimesed, elusloodus ja koduloomad sellega otseselt kokku puutuda suukaudse manustamise, sissehingamise ning naha- ja silmadekaudse sorptsiooni kaudu aine vedelas või gaasilises olekus, kui valla pääsenud vesi jõuab maapinnale. Aeroobseks biolagunemiseks on vaja hapnikku, mis tähendab, et mida sügavamale geoloogilistesse kihtidesse 2-butoksüetanooli pumbatakse, seda kauem on see püsiv. [Colborn 2007]

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Joonisel 3 näidatakse Saksamaa Alam-Saksi liidumaal asuva kinnisgaasi puuraugus Goldenstedt Z23 kasutatava purustamisvedeliku (6405 m³) koostist.

[5] Ühtne ülemaailmne kemikaalide klassifitseerimise ja märgistamise süsteem

Joonis 3:Saksamaa Alam-Saksi liidumaal Goldenstedt Z23 puuraugus kasutatava purustamisvedeliku koostis



Puurimisvedelik sisaldab 0,25% toksilisi aineid, 1,02% inimeste tervisele kahjulikke või mürgiseid aineid (millest 0,77% on klassifitseeritud kahjulikeks „Xn" ja 0,25% ägedalt mürgisteks „T") ja 0,19% keskkonnaohtlikke aineid. Saksamaa Alam-Saksi liidumaa puuraugus Goldenstedt Z23 on kasutatud kokku umbes 65 m³ (mida on kokku rohkem, kui mahub kahte 40 t brutokaaluga ja 26 t kandevõimega paakautosse) inimeste tervisele kahjulikke aineid, millest ligikaudu 16 t on ägedalt mürgised ained.

Tihti on keemiliste lisandite üksikasjalik koostis konfidentsiaalne ja seetõttu seda ei avaldata. Üheks sellistest ainetest on tetrametüülammooniumkloriid, mis on toksiline ja joogivees kahjulik isegi siis, kui seda satub vette väikeses koguses. [Bode 2011] kohaselt on Saksamaa Alam-Saksi liidumaal kasutatud hüdraulilisel purustamisel keemiliste lisanditena toksilisi aineid, nagu 2-butoksüetanool, 5-kloro-2-metüül-4-isotiasoliin-3-oon ja 2-metüülisotiasool-3(2H)-oon.

Tabel 3: Saksamaa Alam-Saksi liidumaal purustamisvedelikus keemiliste lisanditena kasutatud toksilised ained

CAS-number	Aine	Valem	Tervisemõju	GHS-klassifikatsioon
111-76-2	2-butoksüetanool	$C_6H_{14}O_2$	toksiline	GHS07
26172-55-4	5-kloro-2-metüül-4-isotiasoliin-3-oon	C_4H_4ClNOS	toksiline	GHS05 GHS08 GHS09
2682-20-4	2-metüülisotiasool-3(2H)-oon	C_4H_5NOS	toksiline	GHS05 GHS08 GHS09
9016-45-9	nonüülfenooletoksülaat	C_mH2_{m+1}-$C_6H_4OH(CH_3CH_2O)_n$	toksiline	GHS05 GHS07 GHS09
75-57-0	tetrametüülammooniumkloriid	$C_4H_{12}ClN$	toksiline	GHS06 GHS07

Allikas: GHS: ühtne ülemaailmne kemikaalide klassifitseerimise ja märgistamise süsteem (GHS)

Hüdrauliline purustamine võib pealegi mõjutada maapõues looduslikult esinevate toksiliste ainete, nagu elavhõbeda, plii ja arseeni mobiilsust. Need ained võivad leida tee maa-alusesse joogiveeallikasse, kui lõhed ulatuvad plaanitud kihist kaugemale või kui puuraugu mantel või tsement hüdraulilise purustamise ajal avaldatud surve all murdub. Purustamisvedelikus kasutatavate keemiliste lisanditega toimuvate keeruliste biogeokeemiliste reaktsioonide kaudu võib tekkida ka teisi toksilisi aineid. [EPA 2011]

Looduslikult esinevaid toksilisi aineid võib leida ka purustamisel väljavoolavast veest. Teave toodetud vee koostisosade ja kasutatavate käitlusprotsesside tõhususe kohta teatud väljavoolu adekvaatseks kõrvaldamiseks on piiratud. [EPA 2011]

2.6.3. Mõju inimeste tervisele

Võimalikku mõju tervisele põhjustab enamasti vastavate ainete heide õhku ja vette. Enamasti on tegemist peavaluga ja lenduvate orgaaniliste ühendite tekitatud pikaajalise mõjuga. Põhjavee saaste võib olla ohtlik elanike kokkupuutel saastunud veega. Näiteks kui väikesi lapsi pestakse sagedasti saastunud veega, võib see mõjutada lastel allergiate esinemist ja tervist. Murettekitavad on ka reoveešahtid ja vedelikupursked, kui nahk nendega kokku puutub.

Põhja-Ameerika kogemus

Peale võimaliku mõju dokumenteeritakse tegelikku mõju ja selle otsest seost hüdraulilise purustamisega harva. Tavaliselt on loetelu eesotsas teated peavalust.

USA Texase osariigi Dishi kogukonna läheduses on registreeritud noorhobuste haigestumist ja surma, nagu juba mainitud peatükis 2.3. [Wolf 2009]

Järgmised kaks äärmuslikku näidet on siin esitatud, sest need on küllaltki hästi dokumenteeritud, kuigi seost gaasi puurimisega ei saa tõestada. Esimene on ära märgitud kirjalikus ütluses USA kongressi esindajatekoja järelevalve ja valitsusreformi komisjonile (House Committee on Oversight and Government Reform):

„Üks naine [Laura Amos] Coloradost Garfieldi maakonnast Silti linnast helistas ja ütles mulle, et tal tekkis väga haruldane neerupealise kasvaja ja ta pidi kasvaja ja neerupealise eemaldada laskma. 2-BE [2-butoksüetanool] põhjustab muu hulgas neerupealise kasvajat. Ta ütles mulle, et ta elab 900 jala kaugusel tegutsevast gaasipuurimisplatsist, kus toimus sageli frakkimine. Ükskord hakkas frakkimise ajal tema joogiveekaev purskama. Ta hakkas kirjeldama ka teiste tema lähedal elavate inimeste terviseprobleeme". [Colborn 2007]

Ja teine:

„Augusti keskpaigas [2008] muutus arutelu Colorados intensiivsemaks, kui tuli uudis, et Colorados Durango traumapunktis õena töötav Cathy Behr oleks peaaegu surnud pärast seda, kui ta oli ravinud spekulandist kaevandajat, kelle peale oli BP maagaasi puurimisplatsil lekkivat frakkimisvedelikku pritsinud. Behr võttis mehel riided seljast ja pistis need kilekottidesse... Paar päeva hiljem oli Behr kriitilises seisundis mitme organi puudulikkusega." [Lustgarten 2008]

2.7. Võimalik pikaajaline ökoloogiline kasu

Kildagaasi ammutamisest ei ole ette näha ilmset võimalikku pikaajalist kasu, välja arvatud võib-olla kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine. Viimane võib juhtuda siis, kui tugevamalt saastavate fossiilkütuste varud, nimelt kivisüsi ja nafta, asendatakse kildagaasiga ning tõestatakse, et kildagaasi ammutamisel tekib kogu kütusetsüklis vähem kasvuhoonegaaside heidet kui kivisöe ja nafta puhul. 3. peatüki järeldustest selgub, et see ei pruugi nii olla või on tõsi ainult teatud ulatuses. 5. peatükis esitatud tulemustest on näha, et kildagaasi osakaal Euroopa energiavarustuses saab olla ainult väike või isegi marginaalne.

Eelmistes lõikudes kirjeldatud mõju näitab, et kildagaasi ammutamisega on seotud suur keskkonnaoht. Järelikult ei saa väita, et konventsionaalse nafta ja gaasi kaevandamisega võrreldes oleks oht – sh oht, et tekib suuremõõtmelisi juhuslikke reostusi, nagu hiljutine katastroof Mehhiko lahes – väiksem. Siinkohal tuleb rõhutada, et ohu liigid, tõenäosus ja võimalik mõju on kvantitatiivselt ja kvalitatiivselt erinev. Nende üksikasjalik hindamine väljub käesoleva analüüsi raamidest.

2.8. Avalik arutelu ohu üle

Avalikus arutelus hüdraulilise purustamise kohta esitatakse palju argumente, mille eesmärk on nõrgendada ülalkirjeldatud keskkonnamõju hindamist. Nende hulka kuuluvad järgmised:

- *Tõestatud õnnetused ja rikkumised juhtuvad selliste ettevõtjate halbade tavade tõttu, kes on valdavalt väikeettevõtjad ja kes ei osale Euroopa tegevuses.* See poliitiline argument võib näida sellisena, mis toonitab hüdraulilise purustamise võimaliku ohu ja mõju sõltumatu seire tähtsust.
- *Põhjavee saastamine metaaniga toimub loodusliku metaani kihtide tõttu, mis tekivad biogeense metaani lagunemisel maapõues.* Isotoopide koostise teaduslik analüüs ning suurema metaanitaseme ja suurema purustamistegevuse vahelise seose statistiline analüüs tõestavad üheselt, et metaanisaaste põhjavees põhjustab geoloogiliste kihtide fossiilse päritoluga metaan.
- *Puuduvad kindlad tõendid, et põhjavee saastumine on seotud hüdraulilise purustamisega.* Ilmselgelt on väga keeruline tõestada otsest seost konkreetse saaste ja üksikute toimingute vahel. Siiski on mõnel juhul selliseid tõendeid leitud ja on palju juhtumeid, mille puhul kaudsed tõendid seost kinnitavad.
- *Kui kasutatakse ajakohast tehnoloogiat ja väljaõpetatud personali, saab USA tegevusest tuntud probleeme Euroopas vältida ja seda ka tehakse.* Käesoleva analüüsi peamine eesmärk on hinnata võimalikku mõju ja ohtu, et Euroopas oleks võimalik neid vältida. Tuleb siiski märkida, et vajalikel nõuetel on hind ja need aeglustavad hõlvamistegevust, mis võib muuta kildagaasi ammutamise majanduslikult mitteatraktiivseks ja võib vähendada energiavarustusse panustamist marginaalse tasemeni.
- *Allesjäänud (väikese) ohu kõrval tuleb arvesse võtta liidusiseste maagaasiväljade hõlvamise majanduslikku kasu.* Kildagaasi ammutamise majanduslik külg jääb väljapoole käesoleva analüüsi ulatust. Sellest hoolimata tuleks märkida, et hüdrauliline purustamine on palju kulukam kui konventsionaalne kaevandamine. Euroopa kildagaasi varude hõlvamise majanduslikku atraktiivsust ei ole veel tõestatud. Kaevandamisloa saamise eeldusena tuleks teha iga puuraugu kohta kulude-tulude analüüs, sh kõik LCA elemendid.

2.9. Ressursitarve

Põhja-Ameerika kogemus

Tabelis 4 antakse ülevaade materjalidest ja veoautode liikumisest maagaasi varude hõlvamisega seotud tegevuses.

Tabel 4: Maagaasi kaevandamisega seotud tegevuses kasutatavate materjalide arvatav kogus ja veoautode liikumine [NYCDEP 2009]

Tegevus	Materjal/jäätmed	Kogus (1)	Tegevusega seotud veoautoreisid
Ühe puurauguga puurimisplats, puuraugu kogupikkus 1500–4000 m, sügavus 900–2100 m, laius 600–1800 m, sisemise manteltoru diameeter 6 tolli ja puurpea diameeter 8 tolli. Küljed on manteldatud, aga mitte mörditud.			
Juurdepääsu ja puurimisplatsi rajamine	Eemaldatud taimkate ja muldkeha	0,8–2,0 ha plats ja juurdepääsuteed olenevalt vajadusest	20–40
Puurimisplatsi ettevalmistamine	Seadmed		40
Kemikaalid puurimise jaoks	Erinevad kemikaalid		
Vesi puurimise jaoks	Vesi	u 40–400 m³	5–50
Manteltoru	Toru	2100–4600 m (60–130 t) manteltoru	25–50
	tsement (mört)	14–28 m³	5–10
Puurhiib	kivimi/maapinna/kihtkonna materjal	71–156 m³	Oleneb edasisest kasutusest
Puurimise reovesi	Jäätmete puurimisplatsid	u 40–400 m³	5–50
Stimulatsiooni ettevalmistamine	Seadmed		40
Manteltoru mulgustamine	Lõhkeained	Üks laeng ~25 g, laengute arvu näitajad külje pikkuse kohta puuduvad	
Purustamisvedelik – vesi	Vesi	11 355–34 065 m³	350–1000
Purustamisvedelik – kemikaalid	Erinevad kemikaalid	114–681 m³, eeldusel, et 1–2% purustamisvedelikust moodustavad kemikaalid	5–20
Purustamisvedelik – reovesi	Purustamisvedeliku jäätmed	11 355–34 065 m³	350–1000
Puurimisplatsi lõpetamine	Seadmed		10
Gaasi kogumine	Toodetud vesi	57 m³ aastas ja puuraugu keskmise kohta	2–3
Prognoositud veoautoreiside koguarv puuraugu kohta			800 kuni üle 2000

(1) USA ühikud on teisendatud meetermõõdustiku ühikuteks

Ülekantavus Euroopa tingimustesse

Seni kättesaadavast teabest järeldub, et kildagaasiväljade hõlvamise ressursi- ja energiatarve (ja vastavad kasvuhoonegaaside heitkogused – vt 3. peatükki) on suurem kui konventsionaalsel maagaasiväljade arendamisel. Maagaasi toodang puuraugu kohta võib erineda väga palju, isegi rohkem kui kümnekordselt. Seega erineb konkreetne ressursi- ja energiatarve ning vastavad kasvuhoonegaaside heitkogused ühe m^3 ammutatud maagaasi kohta üle kümne korra. Järelikult on asjakohase ja usaldusväärse teabe saamiseks vaja viia iga kildagaasilademe kohta läbi individuaalne hindamine.

3. KASVUHOONEGAASIDE TASAKAAL

PEAMISED TULEMUSED

- Õhku lenduvad metaani heitkogused avaldavad tohutut mõju kasvuhoonegaaside tasakaalule.
- Läbiviidud hindamistes on pakutud, et ebakonventsionaalse maagaasi tootmisest ja töötlemisest tekib kasvuhoonegaaside kaudseid heitkoguseid vahemikus 18 kuni 23 g CO_2-ekvivalenti MJ kohta.
- Võimalikke põhjaveekihtidesse sattunud metaani heitkoguseid ei ole seni veel hinnatud.
- Konkreetsete projektide käigus tekkivad eriheitkogused võivad aga erineda kuni kümme korda, olenevalt puuraugu metaanitootlikkusest.
- Sõltuvalt mitmest tegurist on vastavalt kildagaasi energiasisaldusele selle kasvuhoonegaaside heitkogused sama väikesed kui üle pika vahemaa transporditud konventsionaalse gaasi kasvuhoonegaaside heitkogused või sama suured kui kivisöe kasvuhoonegaaside heitkogused selle terve olelusringi jooksul kaevandamisest põletamiseni.

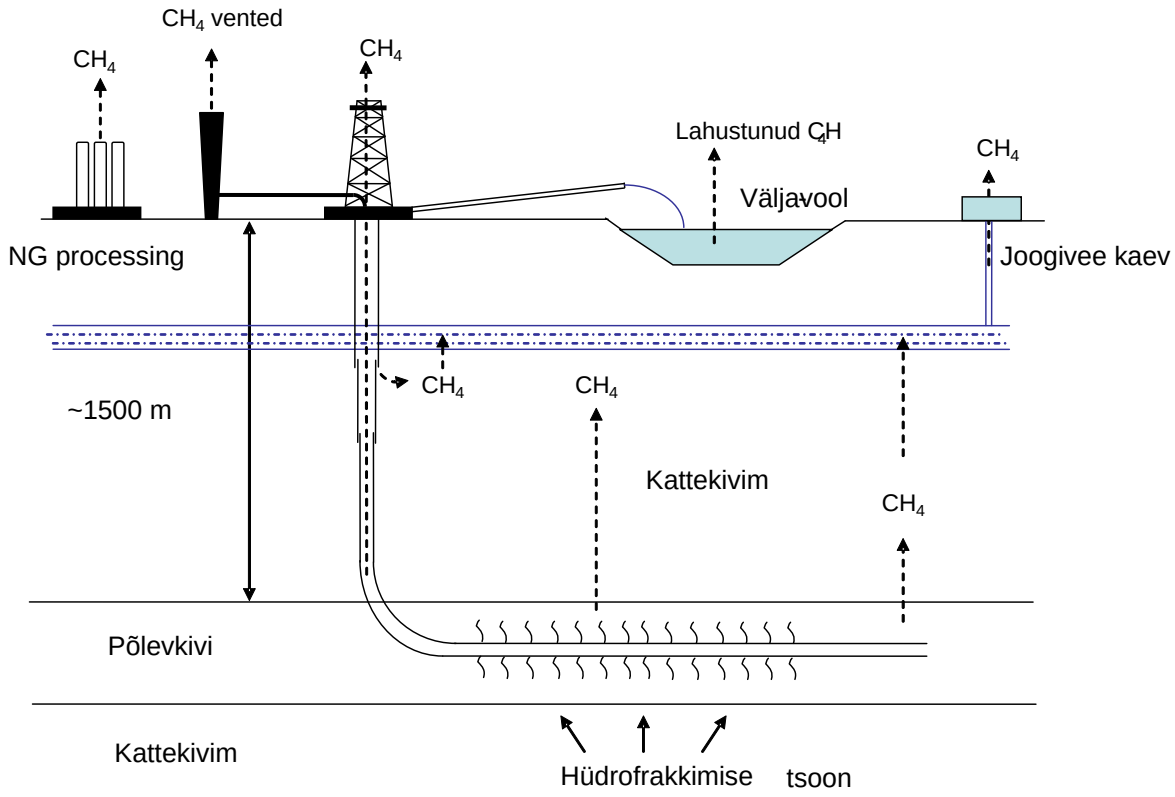
3.1. Kildagaas ja kinnisgaas

3.1.1. Põhja-Ameerika kogemus

CO_2 heitkogused tekivad põlemisprotsessis kildagaasi otsimisel, ammutamisel ja töötlemisel vajalikes gaasiturbiinides, diiselmootorites ja boilerites. Olenevalt ammutatud maagaasi CO_2-sisaldusest võib maagaasi töötlemisfaasis esineda ka CO_2 heitkoguseid, mis ei ole põlemise saadus. Ammutatud gaasi CO_2-sisaldus võib olla kuni 30% [Goodman jt, 2008], mis tähendaks umbes 24 g CO_2 eriheitkoguseid ühe MJ ammutatud gaasi kohta.

Sellele lisaks vabaneb ka metaani, mille globaalse soojenemise potentsiaal on 25 g CO_2-ekvivalenti ühe grammi CH_4 kohta (valitsustevahelise kliimamuutuste rühma kohaselt 100-aastase perioodi jooksul). Maardla uurimise ja hõlvamise etapis tekib metaani heitkoguseid puurimise käigus (pinnalähedase gaasi väljalaskmine), hüdraulilisel purustamisel kasutatava vedeliku väljavoolamisel ja purustamisejärgselt korkide väljapuurimisel. Ammutamise ja töötlemise etapis lekib metaani ventiilidest ja kompressoritest, vedeliku mahalaadimisel (eraldatud vedelas olekus süsivesinike mahalaadimisel) ning maagaasi töötlemisel. Metaani võib vabaneda ka kahjustatud puuraukudest. Hinnanguliselt 15–25% puuraukudest USAs ei ole lekkekindlad.

Joonis 4: Kildagaasi maardlate uurimisel, ammutamisel ja töötlemisel tekkinud CH_4-heitkogused



Allikas: autorid, [SUMI 2008] põhjal Kildagaasi leiukohtade uurimine ja hõlvamine (esimene puurimine ja lõpetamine), mille hulka kuulub vedeliku väljavoolu etapp, põhjustab suure osa metaani koguheitest. Tabelis 5 on esitatud metaani heitkogused väljavoolu etapis neljas ebakonventsionaalses puuraugus.

Tabel 5: Metaani heitkogused neljast ebakonventsionaalsest puuraugust väljavoolavas vedelikus

Ladestusala	Heitkogused väljavoolu ajal [10^3 m³ CH_4]	Kogutoodang puuraugu eluea jooksul [10^6 m³]	Väljavoolava vedeliku heitkogused protsendina toodangust eluea jooksul	Väljavoolava vedeliku heitkogused g CO_2 eq/MJ (1)
Haynesville (Louisiana maardla)	6,800	210 *(75)*	3,2%	20,1
Barnett (Texase maardla)	370	35	1,1%	6,6
Piceance (Colorado, tihe liiv)	710	55	1,3%	7,9
Uinta (Utah, tihe liiv)	255	40	0,6%	3,8

(1) 25 g CO_2-ekvivalenti ühe grammi CH_4 kohta 100-aastase perioodi jooksul, nagu leiab valitsustevaheline kliimamuutuste rühm

Allikas: [Cook jt, 2010], [Howarth jt, 2011]

Tabelis 5 esitatud metaani keskmine heitkogus neljast ebakonventsionaalsest puuraugust väljavoolavast vedelikust moodustab ammutatud maagaasist ligikaudu 1,6%. Hüdraulilise purustamise järgne gaasi ammutamine tekitab metaani heitkoguseid, mis moodustavad umbes 0,3% ammutatud maagaasist ja millega koos on metaani koguheide uurimis- ja hõlvamistegevuses 1,9%. Metaani heitkoguste vähendamiseks on osa metaani võimalik kinni püüda ja põletada. Tavaliselt saab kinni püüda ja ära põletada 50% eraldunud metaanist. [Howarth jt, 2011] eeldab, et metaani mahukao teisendamise tõttu metaani energiakaoks on ammutatud maagaasi metaanisisaldus 78,8%.

Tuleb märkida, et puurimistegevusega seotud põletamisel olenevad kasvuhoonegaaside eriheitkogused suurel määral maagaasi kogusest, mida on võimalik ammutada. Puurimistegevuses põletatud CO_2 kogus sõltub puurimise sügavusest. Mida väiksem on maagaasi toodang puuraugu kohta, seda suuremad on kasvuhoonegaaside heitkogused ühe MJ ammutatud maagaasi kohta. [Howarth jt, 2011] eelduse kohaselt on Louisianas paikneva Haynesville'i maardla maagaasi toodang ühe puuraugu eluea jooksul üllatavalt kõrge (210 miljonit m³, mitte 35–55 miljonit m³, mis on välja pakutud teiste kildagaasi ja kinnisgaasi maardlate kohta). [Cook jt, 2010] kohaselt on Louisiana Haynesville'i maardla kogutoodangu keskväärtus ühe puuraugu eluea jooksul ligikaudu 75 miljonit m³, mitte 210 miljonit m³, nagu mainivad [Howarth jt, 2011]. Kui 75 miljonit m³ on realistlik kogus ja metaani heide väljavoolavast vedelikust oleks püsiv, oleks metaani eriheitkogus 9,0%, mitte 3,2%, nagu on esitatud tabelis 5. Kasvuhoonegaaside heitkogused Louisiana Haynesville'i maardlas väljavoolavast vedelikust suureneks 20 grammilt/MJ ammutatud maagaasilt umbes 57 grammile/MJ.

Tabelis 6 näidatakse kildagaasi ja kinnisgaasi maardlate uurimisel, gaasi ammutamisel ja töötlemisel tekkinud kasvuhoonegaaside heitkoguseid, mis on USAs mõõdetud[6]. Metaani heitkogused väljavoolavas vedelikus (mis arvatakse puuraugu lõpetamisel tekkiva metaani heitkoguste hulka) on tuletatud tabelis 5 esitatud puuraukude keskmisest.

[6] Allikas kasutatud „g C CO_2 ja CH_4 kohta" on teisendatud „g CO_2 ja CH_4"

Tabel 6: Kildagaasi maardlate uurimisel, ammutamisel ja töötlemisel tekkivad heitkogused, mis on seotud toodetud gaasi alumise küttevääртusega

	CO_2 [g/MJ]	CH_4 [g/MJ]	N_2O [g/MJ]	g CO_2 eq/MJ (1)
Platsi ettevalmistamine:				
Rahurikkumine	0,018	-	-	0,018
Maapinna tühjendamine	0,018	<0,01	<0,01	0,018
Ressursitarve	0,550	<0,01	-	0,550
Uuringud ja hõlvamine:				
Põletamine puurimisel (plats ja frakkimine)	0,660 *(0,878)*	<0,01	<0,01	0,827 (1,045)
Põletamine puurimisel (liikurid)	0,293 *(0,493)*	<0,01	<0,01	0,460 (0,660)
Lõpetamine (50% põletatud, 50% õhku paisatud)	0,733 *(1,145)*	0,254 *(0,417)*	-	7,077 (11,578)
Gaasi tootmine:				
Põletamine	2,089	-	-	2,089
Soolveemahuti	-	<0,01	-	
Erinevad lenduvad osakesed	-	0,147	-	3,673
Töötlemine:				
Põletamine	1,905	<0,01	-	2,239
Lenduvad osakesed	0,330	0,027	-	0,998
Kokku	6,60 *(7,43)*	0,454 *(0,618)*	0,00	17,9 *(22,9)*

(1) 25 g CO_2-ekvivalenti ühe grammi CH_4 kohta 100-aastase perioodi jooksul, nagu leiab valitsustevaheline kliimamuutuste rühm.
Väärtused sulgudes: arvutatud Cook jt järgi väiksema toodangu põhjal. 2010. **Allikas:** [Cook jt, 2010], [Howarth jt, 2011]

Kui kohaldataks [Cook jt, 2010] poolt osutatud toodangu suurust Louisiana Haynesville'i maardlas ja metaani heitkogused väljavoolavast vedelikust oleksid püsivad, siis suureneks nelja ebakonventsionaalse maagaasi puuraugu kasvuhoonegaaside koguheide kildagaasi maardlate uurimisel, gaasi ammutamisel ja töötlemisel koguselt 17,9 g/MJ kogusele 22,9 g/MJ.

Metaani võib lekkida ka põhjaveevarudesse. On tõendeid, et Pennsylvania kirdeosa ja New Yorgi osariigi põhjaosa Marcelluse ja Utica kildalademe kohal asuvates põhjaveekihtides on joogivesi saastunud metaaniga ning seda seostatakse frakkimisega [Osborn jt, 2011]. See metaan võib vee tarbimisel atmosfääri vabaneda ja tekitada veelgi kasvuhoonegaase. Tabelis 6 ei ole neid heitkoguseid ega puurimise käigus toimuval väljalaskmisel vabaneva metaani heitkoguseid arvestatud.

USAs Ohios sattus maagaas kodudesse veekaevude kaudu. Geauga maakonnas Bainbridge'i väikelinnas plahvatas maja. Kaks plahvatuse ajal kodus olnud majaelanikku viga ei saanud, aga maja sai tõsiselt kannatada. [ODNR 2008] Seetõttu saab järeldada, et sel viisil võib põhjavette ja lõpuks atmosfääri sattuda suur kogus metaani.

Kui ammutatud maagaasi CO_2-sisaldus on suurem kui eeldatud tabelis 6, siis on suuremad ka CO_2 heitkogused maagaasi töötlemise faasis (kuni 23,5 g/MJ, mitte 0,33 g/MJ 30% CO_2-sisalduse puhul). Kuna metaanisisaldus oleks 70%, mitte [Howarth jt, 2011] esitatud 78,8%, suureneksid ka kõik teised väärtused, mis annaks 17,9 g/MJ asemel väärtuseks umbes 43,3 g/MJ.

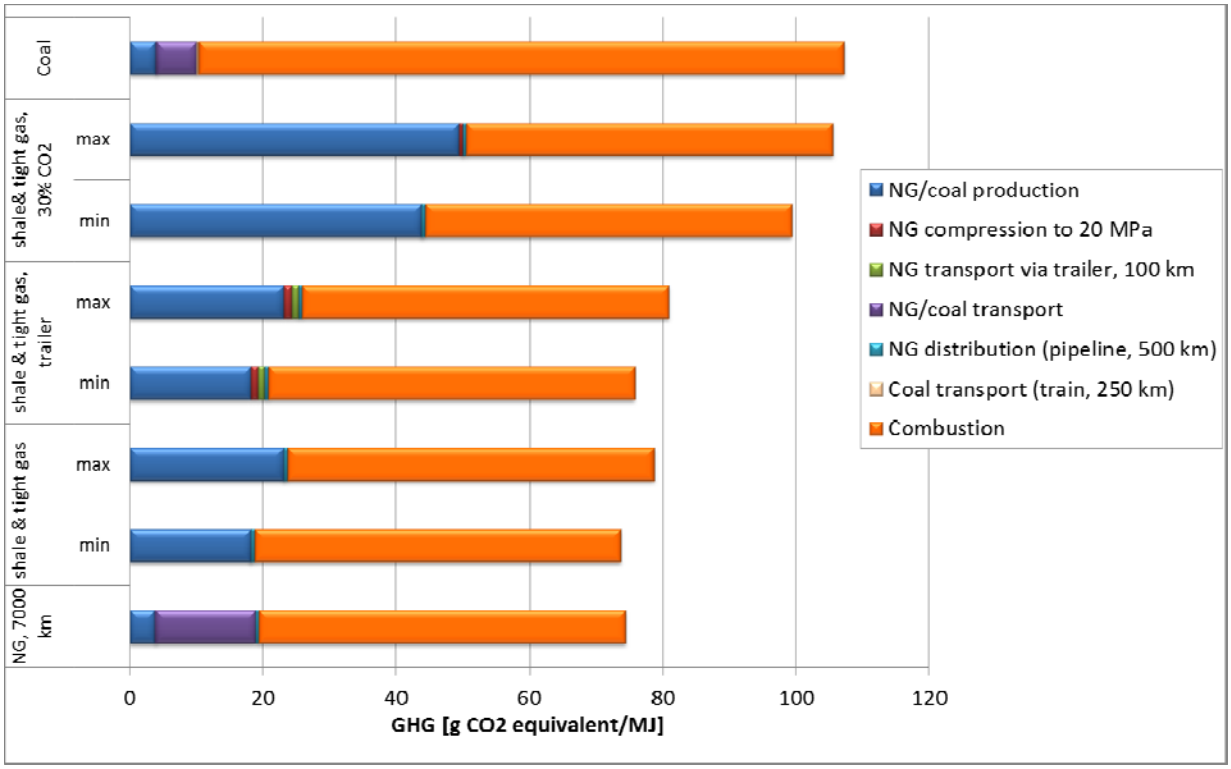
Veel tuleb arvestada maagaasi transportimisega puuraugust maagaasi jaotusvõrku. Kui ühe puuraugu kohta on maagaasi toodang väike, kasutatakse surumaagaasi veoautotranspordiks spetsiaalset haagist.

3.1.2. Ülekantavus Euroopa tingimustesse

ELis on mõned ebakonventsionaalse maagaasi projektid. Frakkimist kasutatakse kildagaasi puhul, aga ka söekihis seotud metaani ja kinnisgaasi jaoks. Näiteks kavatseb ExxonMobil toota söekihis seotud metaani Saksamaal Nordrhein-Westfalenis.

Eespool pakutud kildagaasi ja kinnisgaasi maardlate hõlvamisel, uurimisel, gaasi jagamisel ja põletamisel tekkivad kasvuhoonegaaside heitkogused on esitatud joonisel 5. Sõltuvalt valitud prognoosist on kinnisgaasi ja kildagaasi kasvuhoonegaaside heitkoguste madalam valitud kogumäär sarnane üle pika vahemaa transporditud konventsionaalse maagaasi omadega või valides suurema kogumäära, on nende kasvuhoonegaaside heitkogused lähedal kivisöe kasvuhoonegaaside heitkogustele.

Joonis 5: Kildagaasi ja kinnisgaasi tootmisel, jaotamisel ja põletamisel tekkivad kasvuhoonegaaside heitkogused võrreldes konventsionaalse maagaasi ja kivisöega



Allikas: autorid

Kui välditakse metaani kadu põhjavette ja eeldusel, et kildagaas põletatakse kombitsükliga gaasiturbiinjaamas 57,5% tõhususega, moodustaksid kasvuhoonegaaside heitkogused maagaasi tarnest ja kasutamisest 460 g ühe kWh elektri kohta (kildagaasi tootmine: 113,5 g/kWh elektrit; maagaasi jaotamine: 3,6 g/kWh elektrit; põletamine: 344,3 g/kWh elektrit), kui võetakse aluseks samad kildagaasi tootmise kasvuhoonegaaside heitkogused kui USAs. Kui ammutatud gaasi CO_2-sisaldus oleks 30% ja metaani eriheitkogus väljavoolavas vedelikus oleks suurem väiksema maagaasi toodangu tõttu, siis oleks kasvuhoonegaaside koguheide suurem, umbes 660 g KWh elektri kohta. Võrdluseks: maagaasipõhine elektritootmine pikamaa torutranspordiga (7000 km) tekitaks ligikaudu 470 g kWh elektri kohta. Austraaliast pärit kivisöe põletamine 46% tõhususega uues söeküttel töötavas auruturbiinjaamas tekitab umbes 850 g kWh elektri kohta.

Tabel 7: Kasvuhoonegaaside heitkogused kombitsükliga maagaasiturbiinist elektri tootmisel erinevatest maagaasi allikatest võrreldes elektri tootmisega kivisöest, väljendatud CO_2-ekvivalendina ühe kWh elektri kohta

	CCGT (kildagaas ja kinnisgaas)		CCGT (kildagaas ja kinnisgaas, haagis)		CCGT (kildagaas ja kinnisgaas, 30% CO_2)		CCGT (NG, 7000 km)	söeküttel töötav ST
Maagaasi/kivisöe tootmine	113,5	144,6 (1)	113,5	144,6 (1)	274,1	309,1 (1)	24,1	31,1
Maagaasi survestamine kuni 20 Mpa	-	-	7,2	7,7	-	3,6	-	-
Maagaasi transport haagisega, 100 km	-	-	6,2	6,2	-	-	-	-
Maagaasi/kivisöe transport	-	-	-	-	-	-	94,0	47,7
Maagaasi jaotamine (torujuhe, 500 km)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	-
Kivisöe transport (rong, 250 km)	-	-	-	-	-	-	-	2,3
Põletamine	344,3	344,3	344,3	344,3	344,3	344,3	344,3	772,8
Kokku	**461**	**493**	**475**	**506**	**622**	**661**	**466**	**854**

(1) Kõrgem väärtus tähistab suuremat metaani eriheitkogust väiksema maagaasi toodangu tõttu, kui on esitanud [Howarth jt, 2011]

USA kildagaasi tarne ja kasutamise ääretult suurte kasvuhoonegaaside heitkoguste (peaaegu sama suured kui söe tarnel ja kasutamisel) põhjuseks, nagu on väitnud [Horwarth jt, 2011] ja [Osborn jt, 2011], on see, et maagaasi transpordil, hoiustamisel ja jaotamisel USAs tekib äärmiselt palju metaani heitkoguseid (1,4–3,6%, mis lisab 7,0–18,0 g CO_2-ekvivalenti MJ kohta tabelis 6 esitatud kogusele 17,9 g/MJ), peamiselt seadmete kehva kvaliteedi tõttu USAs. Teisest küljest võivad ka metaani leke põhjavette ja puurimise ajal toimuvas väljalaskes sisalduva metaani heitkoguste arvestamine anda märgatavalt suuremad kasvuhoonegaaside heitkogused kui need, mida eespool on mainitud.

Konventsionaalse maagaasi puhul on metaani kadu ELis üldiselt väiksem kui USAs tänu paremate seadmete (torujuhtmete, ventiilide lekkekindlus jne). Ebakonventsionaalse gaasi spetsiifiliste protsesside puhul ei ole teada, kas ja mil määral on kasvuhoonegaaside heitkogused ELis väiksemad kui USAs. Frakkimisprotsessi juurde kuulub oht, et metaani vabaneb joogivette ja edasi atmosfääri (nagu juhtus USAs).

Ekspertide kinnituste kohaselt on Saksamaal puurimisel tsementeerimise seire kohustuslik, sest see vähendab metaani kao ja põhjavee toksiliste ainetega saastumise ohtu. Pealegi kavandatakse Saksamaa Nordrhein-Westfaleni projektide jaoks väljavoolava vedeliku hoiustamiseks avatud basseinide asemel suletud süsteeme. Seetõttu võib Euroopa jaoks olla realistlik [Horwarth jt, 2011] esitatud ja tabelis 6 näidatud kasvuhoonegaaside heitkoguste jaoks valitud variant „50% põletatud, 50% välja lastud".

3.1.3. Lahendamata küsimused

Tuleb märkida, et usaldusväärse teabe puudumise tõttu on andmed kildagaasi ja kinnisgaasi tootmise heitkoguste kohta küllaltki ebakindlad. Kõik puuraugud on erinevad ja esimesena arendatakse kõige paremaid puurauke (kust saadakse ka enamik andmeid). Seega kiputakse avaldatud andmetes puuraugust vabaneva metaani keskmist kogust ülehindama.

Frakkimisprotsessis joogivette ja lõpuks atmosfääri lekkiva metaani kogus on endiselt lahendamata küsimus.

3.2. Kinnisõli

Konventsionaalse õli ja kinnisõli tootmise erinevust ei saa alati täpselt määratleda. Konventsionaalse õli tootmiselt kinnisõli tootmisele üleminek toimub järkjärguliselt. Näiteks on olemas konventsionaalseid toornaftavälju, kus kasutatakse hüdraulilist purustamist nafta kogumise edendamiseks. Kuna kinnisõli tootmisel kasutatakse hüdraulilist purustamist, võib väljavoolavas vedelikus esineda metaani heitkoguseid samamoodi nagu kildagaasi ja kinnisgaasi puhul. Kinnisõli tootmisel tekkiva metaani heitkoguste kohta ei ole teave avalikult kättesaadav.

3.2.1. Euroopa kogemus

Kinnisõli tootmist ei tohi segi ajada põlevkiviõli tootmisega. Eestis on põlevkivi kaevandatud alates aastast 1921 (avatud šahtide ja allmaakaevandamise teel). Põlevkiviõli saadakse nn utmise (retorting) teel, mis on olemuselt pürolüüsiprotsess, mille käigus eraldub põlevkiviõli ja põlevkivigaas. Kinnisõli toodetakse seevastu puurimise ja hüdraulilise purustamise teel.

Prantsusmaal Pariisi nõos on kaevandatud 5 miljonit barrelit õli 2000 puuraugust ehk 2500 barrelit õli puuraugu kohta. [Anderson 2011] Selline on olnud konventsionaalne õli kaevandamine ilma hüdraulilise purustamiseta. Kaevandatud põlevkivitoorõli alumise küteväärtuse (LHV) põhjal on ühe puuraugu eluea kohta 2500 barreli õli energiasisaldus ligikaudu sama, mis 0,5 miljonil Nm^3 maagaasil.

Kui Pariisi nõgu peetaks tüüpiliseks kinnisõli kaevandamise kohaks, oleks ühest puuraugust ammutatava energia kogus palju väiksem kui kildagaasil (Texase Barnetti maardla puhul ühe puuraugu kohta 35 miljoni Nm^3 asemel 0,4 miljonit Nm^3). Kui need puuraugud on kinnisõli jaoks tüüpilised, oleks puurimise ja hüdraulilise purustamise kasvuhoonegaaside heitkogused suuremad kui konventsionaalse õli ammutamisel ning suuremad kui kildagaasi ja kinnisgaasi tootmisel.

4. EUROOPA LIIDU REGULEERIV RAAMISTIK

PEAMISED TULEMUSED

- ELi tasandil puudub kaevandamist käsitlev (raam)direktiiv.
- Veel ei ole teostatud avalikult kättesaadavat, kõikehõlmavat ja üksikasjalikku analüüsi kildagaasi ja kinnisõli ammutamist reguleeriva Euroopa raamistiku kohta.
- ELi praeguses hüdraulilist purustamist reguleerivas raamistikus on palju lünki. Kõige märkimisväärsem on asjaolu, et maagaasi ja kinnisõli kaevandamisel kasutatava hüdraulilise purustamise kohta teostatavate keskkonnamõju hindamiste künnis on palju kõrgem kui ühegi teise sarnase võimaliku tööstustegevuse puhul ja seda tuleks järelikult oluliselt alandada. Sellega koos tuleks ümber hinnata veepoliitika raamdirektiivi reguleerimisala.
- Üksikasjalikult ja kõikehõlmavalt tuleb analüüsida hüdraulilisel purustamisel kasutatavate ohtlike materjalide deklareerimise nõudeid.
- Olelusringi hindamise (LCA) raames võib põhjalik kulude-tulude analüüs olla vahendiks, millega hinnata üldist kasu igale üksikule liikmesriigile ja nende kodanikele.

Selle peatüki eesmärk on anda ülevaade ELi õigusaktidest koosnevast kehtivast reguleerivast raamistikust seoses

- kildagaasi, kinnisgaasi ja kinnisõli kaevandamisega ning
- sellega, kas raamistik sisaldab piisavaid sätteid, et kaitsta keskkonda ja inimeste tervist kaevandamistegevusest tulenevate konkreetsete võimalike ohtude eest.

Peatükis 4.1 tutvustatakse nelja Euroopa direktiivi, mis käsitlevad kaevandustegevust. Peatükis 4.2 antakse esmalt ülevaade järgmisest 10 direktiivist, mida on mainitud kaevandustegevuse-alases kirjanduses. Alapeatüki teises osas (peatükk 4.2.2) keskendutakse ligikaudu 40 direktiivile, mis on seotud kildagaasi ja kinnisõli kaevandamisele omaste ohtudega. Viimaseks määratletakse üheksa peamist lünka praegustes ELi õigusaktides. Need on seotud hüdraulilisest purustamisest tulenevate konkreetsete võimalike ohtudega keskkonnale, veele ja inimeste tervisele. Mõned kajastavad USAs kogetud raskusi, mõne üle toimub praegu arutelu ELi liikmesriikides.

4.1. Kaevandustööstust käsitlevad direktiivid

Kaevandusseaduste eesmärgiks on luua õigusraamistik, et aidata saavutada edukat tööstussektorit, kindlat energiavarustust ja tagada tervise, ohutuse ja keskkonna piisav kaitse.

ELi tasandil puudub kõikehõlmav kaevandamist käsitlev õigusraamistik. [Safak 2006] Praegu on kaevandusseadus väga suurel määral liikmesriikide vastutus ja enamikus riikides kehtivad vanad õigusaktid, mis ei kajasta ilmtingimata tänapäevaseid nõudeid. [Tiess 2011] Euroopa Komisjoni ettevõtluse ja tööstuse peadirektoraadi veebisaidil on üheks tööstussektoriks „metallid, mineraalid, toormaterjalid" ja saidil mainitakse, et konkreetselt kaevandustööstuse jaoks on välja töötatud ainult kolm direktiivi [EC 2010 MMM]. Tabelis 8 on neile kolmele direktiivile lisatud [Kullmann 2006] neljas direktiiv.

Tabel 8: Kõik spetsiaalselt kaevandustööstuse jaoks väljatöötatud ELi direktiivid

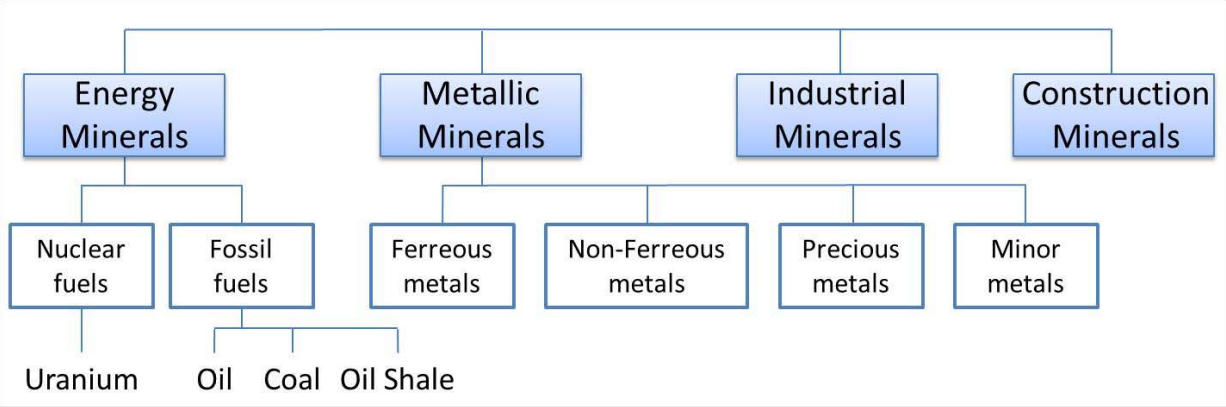
Direktiiv	Kaevandamist käsitlevad direktiivid
2006/21/EÜ	Direktiiv kaevandustööstuse jäätmete käitlemise kohta **Kaevandamisjäätmete direktiiv**
1992/104/EMÜ	Direktiiv maa peal ja maa all maavarasid kaevandavate tööstuste töötajate ohutuse ja tervisekaitse tõhustamise miinimumnõuete kohta (kaheteistkümnes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses)
1992/91/EMÜ	Direktiiv puurides maavarasid kaevandavate tööstuste töötajate ohutuse ja tervisekaitse tõhustamise miinimumnõuete kohta (üheteistkümnes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses)
1994/22/EÜ	Direktiiv süsivesinike geoloogilise luure, uurimise ja tootmise lubade andmis- ning kasutamistingimuste kohta

Allikas: [EÜ 2010, Kullmann 2006]

Hüdraulilise purustamise kõrvalsaadus on suur kogus kantserogeenide, biotsiidide, radioaktiivse radooni ja muude ohtlike kemikaalidega saastunud vett (vt peatükki 2.6). Koguneva segu ohutuks käitlemiseks on ülioluline kaevandamisjäätmete direktiiv. Nagu igasuguse suure puurimistegevuse puhul, on ka hüdraulilisel purustamisel vaja töötajate käsitsetavaid suuri masinaid. Konkreetselt kaevandamistegevuses töötajate ohutuse ja tervise kaitse õiguslikud aspektid on määratletud tabelis 8 esitatud kahes järgmises direktiivis. Neljas konkreetselt kaevandamist käsitlev direktiiv reguleerib liikmesriikide suveräänsust süsivesinike leiukohtade uurimislubade väljastamisel.

Peale nende nelja direktiivi on olemas mitu õigusakti, mis täpsustavad eelkõige konkurentsitingimusi, nt uute liikmesriikide siseturgude avamist. Selle näiteks on deklaratsioon Eesti põlevkivituru ümberstruktureerimise kohta: 12003T/AFI/DCL/08. Kuna käesoleva uuringu teemaks on võimalikke keskkonna- ja inimeste terviseohte käsitlev õigusraamistik, siis ei analüüsita siinkohal üksikasjalikumalt turgude reguleerimise küsimust.

Joonis 6: Kaevandustööstuse struktuur



Allikas: [Papoulias 2006]

Õiguslikust vaatepunktist koosneb kaevandustööstus kahest kategooriast, nagu näidatud joonisel 6:

- energeetikaga mitteseotud kaevandamisest (NEEI), mille puhul kaevandatakse metallimaake, tööstuslikke maavarasid ja ehitusmaterjalidena kasutatavaid mineraale ning
- energia tootmiseks kasutatavate maavarade (sh kildagaasi ja kinnisõli) kaevandamisest.

Tavaliselt keskendub Euroopa Komisjon oma õigusaktides ja töös selgelt NEEI kaevandamisele ega käsitle maagaasi kaevandamist [EC NEEI].

4.2. Üldised direktiivid (fookuses keskkond ja inimeste tervis)

Direktiive ja määrusi, mis ei keskendu konkreetselt kaevandamisele, kuid mõjutavad kaevandustööstust, on palju. Käesolevas alapeatükis keskendutakse reguleerivatele õigusaktidele, mis on seotud keskkonna ja inimeste tervisega. Lõikes 4.2.1. esitatakse kirjanduse ülevaatest välja nopitud seitse kuni kaksteist kõige asjakohasemat direktiivi ja viidatakse põhjalikule ja hea ülesehitusega andmebaasile, kus on sadu ELi reguleerivaid õigusakte. Seni puudub käeoleva uuringu ulatusega võrdne kirjanduslik allikas ELi reguleeriva raamistiku kohta. Seepärast esitatakse peatükis 4.2.2 loetelu, mis on uuringu jaoks pühendumusega tehtud töö tulemus. Loetelus määratletakse 40 hüdraulilise purustamisega seotud ohutusaspektide poolest asjakohast direktiivi.

4.2.1. ELi direktiividega reguleeritavad üldised kaevandamisega kaasnevad ohud

Nagu peatükis 4.1 mainitud, on kehtestatud ainult neli ELi direktiivi, mis loodi spetsiaalselt kaevandustööstuse erivajaduste jaoks. Kaevandamisega seotut käsitlevaid õigusakte on aga teisigi, eriti keskkonna, tervise ja ohutuse valdkonnas [Safak 2006].

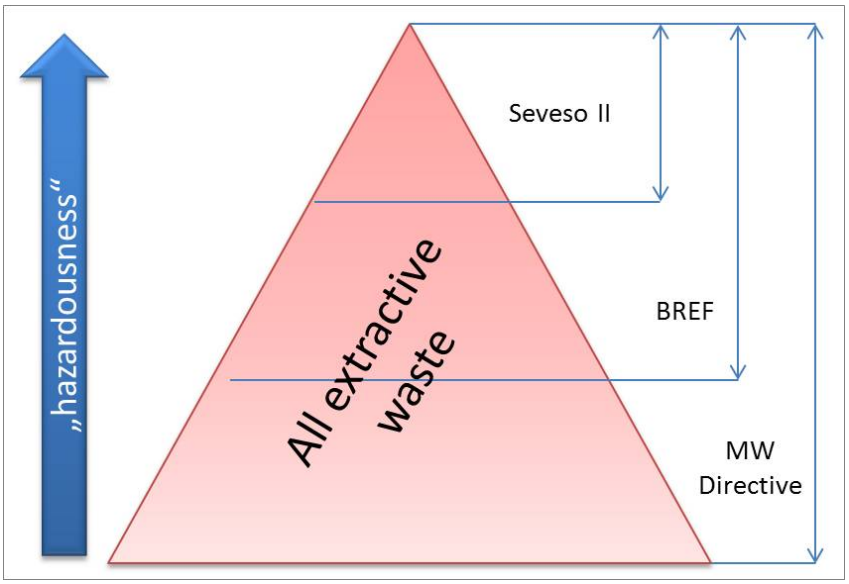
Tabelis 9 antakse esmane ettekujutus mitmesugustest valdkondadest pärit erinevatest arvukatest üldõigusaktidest.

Tabel 9: Kõige olulisemad kaevandustööstust mõjutavad õigusaktid

Kõige olulisemad kaevandustööstust mõjutavad õigusaktid	
Kaevandamisjäätmete direktiiv	Natura 2000
Välisõhu kvaliteet	Põhjaveedirektiiv
PVT-märkus (BRAF)	Loodusdirektiiv ja linnudirektiiv
Seveso II	Välisõhu kvaliteedi strateegia
KMH direktiiv	Veepoliitika raamdirektiiv
REACH	Keskkonnavastutus

Oluline aspekt on see, et konkreetselt kaevandamist käsitlevad direktiivid ei pruugi olla tingimata kõige rangemad. Minevikus toimunud suurte vahejuhtumite tõttu on kehtestatud karmimaid õigusakte, eriti seoses ohtlike kemikaalidega. Joonis 7 illustreerib seda, et kaevandamisjäätmete direktiivi reguleerimisala on palju suurem kui nt Seveso II direktiivi reguleerimisala[7] [Papoulias 2006].

Joonis 7: Kõige olulisemad kaevandamisjäätmeid käsitlevad ELi direktiivid



Allikas: [Papoulias 2006]

[7] Seveso II direktiiv on praegu läbivaatamisel.

Kõige ajakohasemas kirjanduses loetletakse järgmine arv kaevandamistegevuse puhul asjakohaseid õigusakte:

- 7 õigusakti [EC 2010 Grantham and Schuetz 2010],
- 9 õigusakti [Weber 2006],
- kuni 18 õigusakti [Hejny 2006],
- 12 õigusakti [Kullmann 2006].

Teises äärmuses on huvipakkuv kõikehõlmav ELi keskkonnaalaste õigusaktide kogum, mis on liigitatud teemade järgi [UWS GmbH]. Ainuüksi jäätmeid käsitlevatest ELi tasandi õigusaktidest on loetletud 36 direktiivi, määrust, soovitust jms. Kogumisse kuulub tõenäoliselt kokku sadu dokumente, mis on asjakohased keskkonnaküsimustes.

Praeguse hüdraulilisele purustamisele keskenduva ELi reguleeriva raamistiku hindamiseks ei ole kuni 12 direktiivist koosnev loetelu põhjalik, samas kui sadade reguleerivate dokumentide kogum oleks uurimiseks liiga mahukas. Ent mõned loetelud koostati spetsiaalselt selleks, et anda ülevaade ELi reguleerivast raamistikust, mis on asjakohane kildagaasi ammutamiseks, nt [Schuetz 2010] loetletakse järgmised seitse direktiivi:

1. veepoliitika raamdirektiiv
2. põhjaveedirektiiv
3. REACH
4. Natura 2000
5. KMH
6. jäätmete raamdirektiiv
7. müradirektiiv

4.2.2. ELi direktiividega reguleeritavad konkreetsed kildagaasi ja kinnisõliga seotud ohud

Mitmed kildagaasi, kinnisgaasi ja kinnisõli ammutamisest tulenevad võimalikud ohud on põhimõtteliselt samad nagu konventsionaalsetel energiaallikatel. Seetõttu reguleerivad olemasolevad õigusaktid paljusid ohte piisavalt. Siiski seostatakse ebakonventsionaalset gaasi ebakonventsionaalsete ohtudega. Neid ei pruugi olla piisavalt käsitletud ja need võivad tuleneda

- hüdraulilisel purustamisel kasutatavate kemikaalide tohutust kogusest,
- kemikaalide, sh toksiliste, kantserogeensete ja mutageensete ainete valikust ning keskkonnaohtlike ainete kasutamisest purustamisvedeliku lisandina (nt biotsiidid),
- väljavoolava vee kogusest, mis on saastunud radioaktiivsete ainetega, nagu radoon ja uraan, ning muudest maapõuest pärit materjalidest (nt raskemetallid),
- puurimiskohtade arvukusest,
- infrastruktuurist, nagu kogumistorude võrgud,
- purustamisvedelikuna kasutatava vee suurest kogusest ja
- potentsiaalselt suurtest metaani heitkogustest puuraugu lõpetamisel.

Täiendavate üksikasjade jaoks konkreetsete ohtude kohta vt 2. peatükki. Järgnev 36 kõige asjakohasema ELi direktiivi ülevaade pakub unikaalse aluse edasisele detailsele teadustööle.

Igas tabelis on direktiivid järjestatud asjakohasuse alusel. Mitte kõik neist ei ole hetkeseisuga kehtivad võimalike viivituste tõttu nende (korrektsel) ülevõtmisel riikide õigusesse. Esimese uuringuga [Waxman 2011] hüdraulilisel purustamisel kasutatavate kemikaalide kohta USAs pannakse hea alus ELi õigusaktide asjakohasuse uurimisele seoses kemikaalidega.

Peamine mure hüdraulilise purustamisega seoses on tavaliselt selle võimalik mõju veekvaliteedile. Probleemsed etapid on (vt peatükki 2.4.2):

- tavaline purustamisprotsess: maasse jäävad kemikaalid, mis võivad sattuda põhjaveekihtidesse;
- õnnetused hüdraulilise purustamise käigus: mõrad paigaldatud seadmetes loovad otsese juurdepääsu põhjaveele ja pinnaveele;
- suure koguse vee kasutamine, olenevalt puuraukude arvust (vt tabelit 2).

Tabelis 10 on loetletud kuus kõige asjakohasemat direktiivi vee kohta, mis on või peaksid olema asjakohased hüdraulilisel purustamisel. Neid tuleks hinnata üksikasjalikuma analüüsi tegemiseks.

Tabel 10: Vett käsitlevad olulised ELi direktiivid

	Direktiiv	Pealkiri
1.	2000/60/EÜ	Direktiiv, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik (**veepoliitika raamdirektiiv**)
2.	1980/68/EMÜ	Direktiiv põhjavee kaitse kohta teatavatest ohtlikest ainetest lähtuva reostuse eest (tunnistatud kehtetuks direktiiviga 2000/60/EÜ alates 22. detsembrist 2013)
3.	2006/118/EÜ	Direktiiv, mis käsitleb põhjavee kaitset reostuse ja seisundi halvenemise eest
4.	1986/280/EMÜ	Nõukogu direktiiv teatavate direktiivi 76/464/EMÜ lisa I nimistusse kuuluvate ohtlike ainete heitmete piirväärtuste ja kvaliteedieesmärkide kohta
5.	2006/11/EÜ	Direktiiv teatavate ühenduse veekeskkonda lastavate ohtlike ainete põhjustatava saaste kohta (kodifitseeritud versioon)
6.	1998/83/EÜ	Direktiiv olmevee kvaliteedi kohta

Saastunud vee oht on lahutamatult seotud saastunud keskkonna ohuga. Need ohud kuuluvad kõikide keskkonnariskide alamrühma ja need saab jagada umbkaudu järgmistesse valdkondadesse:

- maad saastav heide
    - joogi- ja põhjavee saastamine
    - maa saastamine
- õhku saastav heide
    - heitgaasid
    - müra
    - kemikaalid
- õnnetused väljaspool tegevuskohta
    - teetransport
    - prügilad

Loetelus keskendutakse keskkonnamõjule tavapärastes töötingimustes. Kõigis neis valdkondades on olemas muidugi ka õnnetusteoht. Tabelis 11 esitatakse üheksa kõige asjakohasemat direktiivi, mis reguleerivad mõju tavapärastes töötingimustes ja õnnetuste korral.

Tabel 11: Keskkonnakaitset käsitlevad olulised ELi direktiivid

	Direktiiv	Pealkiri
7.	2010/75/EL	Direktiiv tööstusheidete kohta (saastuse kompleksne vältimine ja kontroll) **IPPC-direktiiv**
8.	2008/1/EÜ	Direktiiv saastuse kompleksse vältimise ja kontrolli kohta (kodifitseeritud versioon)
-	Otsus 2000/479/EÜ	Otsus Euroopa saasteainete heitkoguste registri (EPER) rakendamise kohta saastuse kompleksset vältimist ja kontrolli käsitleva nõukogu direktiivi 96/61/EÜ (IPPC) artikli 15 kohaselt Lisa A1: Saasteainete loetelu, mille kohta tuleb esitada aruanne, kui piirväärtus on ületatud
9.	1985/337/EMÜ	Keskkonnamõju hindamise direktiiv **KMH direktiiv**
10.	2003/35/EÜ	Direktiiv, milles sätestatakse üldsuse kaasamine teatavate keskkonnaga seotud kavade ja programmide koostamisse ning muudetakse nõukogu direktiive 85/337/EMÜ ja 96/61/EÜ seoses üldsuse kaasamisega ning õiguskaitse kättesaadavusega
11.	2001/42/EÜ	Direktiiv teatavate kavade ja programmide keskkonnamõju hindamise kohta **Keskkonnamõju strateegiline hindamine**
12.	2004/35/EÜ	Direktiiv keskkonnavastutusest keskkonnakahjustuste ärahoidmise ja parandamise kohta
13.	1992/43/EMÜ	Direktiiv looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta **Natura 2000**
14.	1979/409/EMÜ	Direktiiv loodusliku linnustiku kaitse kohta
15.	1996/62/EÜ	Direktiiv välisõhu kvaliteedi hindamise ja juhtimise kohta

Hüdraulilise purustamisega kaasneb alati suurte masinate ja ohtlike kemikaalide kasutamine (vt peatükki 2.3). Igapäevaselt tuleb kaitsta nii kodanikke kui ka nende materjalide ja masinatega töötajaid. Tööohutust käsitlevad põhjalikud ELi direktiivid. Tabelis 12 on esitatud loetelu üheksast asjakohasest direktiivist, mis kaitsevad eelkõige kaevandustööstuses ohtlike kemikaalidega töötajaid.

Tabel 12: Tööohutust käsitlevad olulised ELi direktiivid

	Direktiiv	Pealkiri
16.	1989/391/EMÜ	Direktiiv töötajate töötervishoiu ja tööohutuse parandamist soodustavate meetmete kehtestamise kohta
17.	1992/91/EMÜ	Direktiiv puurides maavarasid kaevandavate tööstuste töötajate ohutuse ja tervisekaitse tõhustamise miinimumnõuete kohta
18.	1992/104/EMÜ	Direktiiv maa peal ja maa all maavarasid kaevandavate tööstuste töötajate ohutuse ja tervisekaitse tõhustamise miinimumnõuete kohta
19.	2004/37/EÜ	Direktiiv töötajate kaitse kohta tööl kantserogeenide ja mutageenidega kokkupuutest tulenevate ohtude eest (kodifitseeritud versioon)
20.	1991/322/EMÜ	Direktiiv soovituslike piirnormide kehtestamise kohta, et rakendada nõukogu direktiivi 80/1107/EMÜ töötajate kaitse kohta ohtude eest, mis tulenevad kokkupuutest keemiliste, füüsikaliste ja bioloogiliste mõjuritega tööl
21.	1993/67/EMÜ	Direktiiv, millega kehtestatakse vastavalt nõukogu direktiivile 67/548/EMÜ teatatud ainete poolt inimesele ja keskkonnale põhjustatava riski hindamise põhimõtted
22.	1996/94/EÜ	Direktiiv, millega kehtestatakse teine soovituslike piirnormide loetelu, et rakendada nõukogu direktiivi 80/1107/EMÜ töötajate kaitse kohta ohtude eest, mis tulenevad kokkupuutest keemiliste, füüsikaliste ja bioloogiliste mõjuritega tööl
23.	1980/1107/EMÜ	27. novembri 1980. aasta direktiiv 80/1107/EMÜ, mis käsitleb töötajate kaitset ohtude eest, mis tulenevad kokkupuutest keemiliste, füüsikaliste ja bioloogiliste mõjuritega tööl
24.	2003/10/EÜ	Direktiiv töötervishoiu ja tööohutuse miinimumnõuete kohta seoses töötajate kokkupuutega füüsikalistest mõjuritest (müra) tulenevate riskidega

Enamik kivimilademeid sisaldavad looduslikult esinevaid radioaktiivseid aineid (N.O.R.M.). Enamasti sisaldab maagaas radioaktiivset ainet radooni, mis on uraani laguprodukt. Rahvusvaheline nafta- ja gaasitootjate ühendus (OGP) kirjeldab seda maagaasi ammutamise negatiivset kõrvalmõju järgmiselt:

„Radoon on radioaktiivne gaas, mida leidub erinevas koguses maagaasis õli- ja gaasilademetes. Maagaasi puudumisel lahustub radoon (kerges) süsivesinikus ja vesifaasis. Kui radooni toodetakse koos õli ja gaasiga, läheb see tavaliselt kaasa gaasivooluga. […] NORM-jäätmete kõrvaldamisel tuleb jälgida radioaktiivsete jäätmete kõrvaldamise kohta kehtivaid määrusi." [OGP 2008]

Lisaks maagaasile sisaldab radooni ka pärast hüdraulilist purustamist tohutus koguses väljavoolav vesi. Konkreetselt N.O.R.M.-ainetega seotud ohutusstandardeid käsitleb järgmine Euratomi direktiiv:

Tabel 13: Kiirguskaitset käsitlevad olulised direktiivid

	Direktiiv	Pealkiri
25.	1996/29/Euratom	Direktiiv, millega sätestatakse põhilised ohutusnormid töötajate ja muu elanikkonna tervise kaitsmiseks ioniseerivast kiirgusest tulenevate ohtude eest **N.O.R.M.** (looduslikult esinevate radioaktiivsete ainete) direktiiv

Nagu juba mainitud lõikes 4.1, on olemas jäätmedirektiiv, mis käsitleb konkreetselt kaevandustööstust. Asjakohased on mitu teist direktiivi ja eelkõige mitu otsust, milles määratletakse piirväärtused (üksikasjade jaoks jäätmeprobleemide kohta vt 2. peatükki). Need neli direktiivi ja neli otsust on loetletud tabelis 14. Täiendavad õigusaktid kaevandusjäätmete, sh finantstagatistega seotu kohta on kättesaadavad Euroopa Komisjoni eriveebilehel, mis on pühendatud kaevandusjäätmetele. [EC 2011 MW]

Tabel 14: Olulised jäätmeid käsitlevad ELi direktiivid

	Direktiiv	Pealkiri
26.	2006/21/EÜ	Direktiiv kaevandustööstuse jäätmete käitlemise ja direktiivi 2004/35/EÜ muutmise kohta **Kaevandamisjäätmete direktiiv**
-	Komisjoni otsus 2009/359/EÜ	Otsus püsijäätmete mõiste täiendava määratlemise kohta kaevandustööstuse jäätmete käitlemist käsitleva Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2006/21/EÜ artikli 22 lõike 1 punkti f rakendamiseks
27.	2006/12/EÜ	Direktiiv jäätmete kohta **Jäätmete raamdirektiiv**
28.	1999/31/EÜ	Direktiiv prügilate kohta
-	Komisjoni otsus 2000/532/EÜ	Otsus, millega kehtestatakse mitme direktiivi kohaselt (ohtlike) jäätmete nimistu (ja millega asendatakse otsus 94/3/EÜ)
-	Komisjoni otsus 2009/360/EÜ	Otsus, millega täiendatakse kaevandustööstuse jäätmete käitlemist käsitlevas Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivis 2006/21/EÜ sätestatud jäätmete iseloomustamise tehnilisi nõudeid
-	Komisjoni otsus 2009/337/EÜ	Otsus jäätmehoidlate klassifitseerimise kriteeriumide määratlemise kohta kooskõlas Euroopa Parlamendi ja nõukogu kaevandustööstuse jäätmete käitlemist käsitleva direktiivi 2006/21/EÜ III lisaga
29.	Otsus 2002/1600/EÜ	Otsus, millega võetakse vastu kuues keskkonnaalane tegevusprogramm (Artikli 6 lõike 2 punkt b: „...välja töötada täiendavaid meetmeid, et vältida eelkõige torujuhtmetest, kaevandamisest ja ohtlike ainete meretranspordist tulenevaid suurõnnetuste ohtusid ning arendada kaevandusjäätmetega seotud meetmeid...”)

2011. aasta aprillis avaldati USAs esimene põhjalik uuring „Hüdraulilisel purustamisel kasutatavad kemikaalid" („Chemicals used in hydraulic fracturing"). Uuringu üheks tulemuseks on kasutatud kemikaalide koguse ja kvaliteedi määratlemine:

„2005. ja 2009. aasta vahel kasutasid 14 õli- ja gaasi kaevandamisteenust osutavat ettevõtet üle 2500 hüdraulilise purustamise toote, mis sisaldavad üle 750 kemikaali ja muu komponendi. Ajavahemikus 2005–2009 kasutasid need ettevõtjad kokku 780 miljonit gallonit hüdraulilise purustamise toodet, mis ei hõlma puurimiskohas lisatud vett." [Waxman 2011]

Nende 750 kemikaali hulka kuulusid mitu ohtlikku õhusaasteainet ja inimestele ohtlikku kantserogeeni, mida kasutati suures koguses. Tabelis 15 loetletakse kaheksa kõige asjakohasemat ELi direktiivi kemikaalide kasutamise kohta, sh õigusaktid õnnetuste ärahoidmiseks.

Tabel 15: Olulised ELi direktiivid kemikaalide ja nendega seotud õnnetuste kohta

	Direktiiv	Pealkiri
30.	Määrus 1907/2006	Määrus, mis käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (REACH) ning millega asutatakse Euroopa Kemikaaliamet
-	ECE/TRANS/215[8]	ÜRO Euroopa Majanduskomisjon (ECE): Rahvusvahelise autoveo ohtlike veoste Euroopa kokkuleppe. **ADR** on kohaldatav alates 1. jaanuarist 2011
31.	1996/82/EÜ	Direktiiv ohtlike ainetega seotud suurõnnetuse ohu ohjeldamise kohta **Seveso II direktiiv**
32.	2003/105/EÜ	Direktiiv, millega muudetakse direktiivi 96/82/EÜ (Seveso II direktiiv) ohtlike ainetega seotud suurõnnetuste ohu ohjeldamise kohta (see direktiiv on praegu läbivaatamisel) [Direktiivi reguleerimisala kõige olulisemad laiendused on hõlmata ohte, mis tulenevad kaevandamisega kaasnevast hoiustamisest ja töötlemisest, pürotehnilistest ainetest ja lõhkeainetest ning ammooniumnitraadi ja ammooniumnitraadil põhinevate väetiste hoiustamisest.]
33.	1991/689/EMÜ	Direktiiv ohtlike jäätmete kohta
34.	1967/548/EMÜ	Direktiiv ohtlike ainete liigitamist, pakendamist ja märgistamist käsitlevate õigus- ja haldusnormide ühtlustamise kohta
35.	1999/45/EÜ	Direktiiv ohtlike preparaatide klassifitseerimist, pakendamist ja märgistamist käsitlevate liikmesriikide õigus- ja haldusnormide ühtlustamise kohta
36.	1998/8/EÜ	Direktiiv, mis käsitleb biotsiidide turuleviimist

[8] Kõik Euroopa Liidu liikmed on ka UNECE (ÜRO Euroopa Majanduskomisoni) liikmed. Siin on nimetatud ADR, sest sel on antud kontekstis suur tähtsus.

4.3. Seaduslüngad ja lahendamata küsimused

Arvukad kaevandamisprojekte mõjutavad õigusaspektid näitavad juba, et praegustest õigusaktidest ei piisa ilmtingimata kaevandustööstuse vajaduste jaoks. Uusi probleeme kerkib esile eelkõige kildagaasi ja kinnisõli leiukohtade uurimise ja kasutamisega seoses.

1. lünk – kaevandustööstuse investeerimiskindlus

Praegu on kaevandustööstuses probleeme ebapiisavate õigusaktide tõttu, nagu täheldas Tomas Chmal, ettevõtte White & Case osanik, Poolas Varssavis peetud konverentsil „Shale Gas Eastern Europe 2011".

„Poola on traditsiooniliselt gaasi tootev riik, aga geoloogia ja kaevandamise seaduses ei mainita midagi hüdraulilise purustamise ega horisontaalpuurimise kohta. Samuti ei käsitleta neid arutlusel olevas uues seaduses." [NGE 2011]

Nagu peatüki 4.1 alguses mainitud, on riiklike seaduste aluseks sageli minevikus esinenud vajadused ning puudub ELi tasandi raamdirektiiv kaevandamise kohta. Nagu tsitaadist nähtub, tekitab see probleeme. Seega tuleks edasises uurimistegevuses hinnata kaevandamise raamdirektiivi vajadust ja võimalikku reguleerimisala.

2. lünk – keskkonna ja inimeste tervise kaitse

KMH direktiivi muutmise direktiiv 97/11/EÜ I lisas määratletakse, et maagaasi puuraukude päevase kaevandamismäära künnis on 500 000 m³, millest suurema mahu korral on kohustuslik keskkonnamõju hindamine. [EIA cod][9] Kildagaasi ammutamisel ei saavutata seda künnist kaugeltki ja seetõttu ei teostata KMH hindamisi [Teßmer 2011]. Arvestades, et hetkel kaalutakse KMH direktiivi läbivaatamist, tuleks projektid, milles kasutatakse hüdraulilist purustamist, lisada I lisasse olenemata tootmiskünnisest või tuleks künnist alandada (nt algsele kaevandamismahule 5000 või 10 000 m³ päevas), et täita lünk seadusandluses.

3. lünk – ohtlike materjalide avaldamine

Esimeses USA uuringus esitatakse peaaegu kõikehõlmav loetelu hüdraulilise purustamise kemikaalide kohta. [Waxman 2011] USA kogemus näitab, et kaevandusettevõtjad ei tea tingimata isegi, milliseid kemikaale nad tegelikult kasutavad. Kemikaalitööstus pakub mitmesuguseid lisaaineid, aga ei avalda alati piisaval määral koostisosi väidetavate ärisaladuste tõttu. Selles osas tuleks hinnata kehtivaid õigusakte frakkimiskemikaale puudutava teabe avaldamise kohustuse kohta ja asjakohaste lubatud piirväärtuste kohta.

Teema on asjakohane vähemalt järgmise kolme ja ehk enamagi direktiivi puhul:

- REACH: komisjon peab 2012. aastal läbi viima määruse REACH hindamise, mis pakub võimaluse kehtivaid õigusakte kohandada;
- vee kvaliteet: samad aspektid on asjakohased olmevee kvaliteedi direktiivi 98/83/EÜ puhul; selle direktiiviga kavandatakse alustada tööd 2011. aastal;
- Seveso II direktiiv on praegu läbivaatamisel; tuleks kaaluda direktiivi läbivaatamist hüdraulilise purustamisega seotud uute konkreetsete ohtude tõttu ja kaaluda, kas tasuks nõuda üksikasjaliku teabe avaldamist nende ainete kohta, mis võivad olla õnnetustega seotud.

[9] See on Euroopa Liidu esitatud KMH direktiivi mitteametlik kodifitseeritud versioon.

4. lünk – maasse jäetavate kemikaalide luba

Pärast hüdraulilise purustamise lõppu jääb maapõue ohtlike materjalide segu. Need kemikaalid jaotuvad aja jooksul kontrollimatul ja ettenägematul viisil. [Teßmer 2011] leiab, et teatud koguses maasse jäetavate kemikaalide kasutuselevõtuks peaks olema luba, mille andmisel on arvestatud võimalikku pikaajalist mõju.

5. lünk – hüdraulilisel purustamisel puudub seni PVT-viitedokument (parim võimalik tehnika)

Euroopa IPPC büroo avaldab viitedokumente parima võimaliku tehnika kohta. „Tavaliselt annab iga dokument teavet ELi konkreetse tööstus-/põllumajandussektori kohta, sektoris kasutatava tehnika ja protsesside, praeguste heitkoguste ja tarbimismäärade kohta, meetodite kohta, mida kaaluda PVT määratlemisel, parima võimaliku tehnika (PVT) ja uue tehnika kohta." [EC BREF] Riikliku ja rahvusvahelise tasandi seadusandlikud asutused võivad neile viidata ja neid oma seadustesse ja sätetesse kaasata. Hüdraulilise purustamise kohta selline dokument seni puudub. Hüdraulilisest purustamisest tulenevate ohtude tõttu keskkonnale ja inimeste tervisele tuleks kaaluda sellise keeruka protsessi ühtlustatud nõuete määratlemist hüdraulilist purustamist käsitlevas PVT-viitedokumendis.

6. lünk – veetöötlusrajatiste võimsus

USAs on teatatud probleemidest reoveepuhastusjaamade veetöötlusrajatistega, mis vett jõkke heidavad. 2008. aasta oktoobris ületas Monongahela jões lahustunud tahkete ainete kogusisaldus vee kvaliteedinormid ja seetõttu vähenes jõkke lubatud gaasipuurimisest tekkinud reovee maht 20%-lt 1%-le jõe päevasest voolukogusest. [NYC Riverkeeper]

Ettevaatusabinõuna tuleks teha kohustuslikuks kontrollida eelnevalt reoveerajatiste võimsust.[10]

7. lünk – üldsuse osalemine piirkondliku tasandi otsuste tegemisel

Üldiselt on kodanikud hakanud rohkem nõudma õigust osaleda selliste tööstusprojektide kohta otsuste tegemisel, millel on mõju keskkonnale ja võimalik, et ka inimeste tervisele. Seveso II direktiivi läbivaatamisel esitatud peamisi muutusi on

„tugevdada sätteid, mis on seotud ohutusalase teabe avaliku kättesaadavusega, osalemisega otsuste tegemisel ja õiguskaitse kättesaadavusega, ning muuta paremaks teabe kogumist, haldamist, selle avalikustamist ja jagamist." [EC 2011 S]

Tööstusprojektide puhul, nagu kildagaasi ja kinnisõli ammutamine, millel on potentsiaalselt suur mõju keskkonnale ja elanikele, tuleks nõuda üldsusega konsulteerimist loa andmise menetluse osana.

8. lünk – veepoliitika raamdirektiivi ja sellega seonduvate õigusaktide õiguslik kehtivus

Veepoliitika raamdirektiiv jõustus aastal 2000. Kuna sel ajal ei olnud hüdrauliline purustamine esiplaanil, ei võetud seda ega sellega seotud ohte arvesse. Prioriteetsete ainete nimekiri vaadatakse läbi iga nelja aasta tagant. Järgmine läbivaatamine toimub 2011. aastal. Direktiivi tuleks uuesti hinnata, võttes arvesse selle õigusvõimet kaitsta tõhusalt vett hüdraulilise purustamisega kaasnevate õnnetuste ja tavapärase tegevuse eest.

9. lünk – olelusringi hindamine (LCA) kohustuslikuks

[10] Kaevandustööstuse jäätmete käitlemist käsitlevat direktiivi kohandatakse, kui muudetakse kindlustuskaitse määruseid.

Olelusringi hindamisi toetab aktiivselt Euroopa Komisjon, kes märgib oma veebisaidi olelusringi veebilehel järgmist:

„Olelusringist lähtuva mõtteviisi põhieesmärk on vältida koormuse edasikandmist. See tähendab mõju minimeerimist olelusringi ühes etapis, geograafilises piirkonnas või teatud mõjukategoorias, aidates samas vältida mõju suurenemist mujal." [EC LA]

See kehtib eriti hüdraulilise purustamise puhul, kus tekib suur mõju konkreetses geograafilises piirkonnas, muu hulgas puuraukude suure arvu tõttu km² kohta ja vajaliku infrastruktuuri tõttu. Tuleks mõelda selle üle, kas ehk tasuks kohustuslikus korras nõuda kulude-tulude analüüsi, mis põhineb iga üksiku projekti laiaulatuslikul LCA hindamisel (sh kasvuhoonegaaside heitkogused ja ressursitarve), et näidata ühiskonnale purustamise üldist kasu.

5. KÄTTESAADAVUS JA ROLL VÄHESE CO_2-HEITEGA MAJANDUSES

PEAMISED TULEMUSED

- Kildagaasiressursid on paljudes Euroopa riikides, aga ainult väike osa sellest gaasist on võimalik muuta gaasivarudeks ja neist gaasi toota.
- Gaasimaardlad laiuvad suurtel aladel ja nende gaasi erisisaldus on väike. Seetõttu on tootmismäär puuraugu kohta palju väiksem kui maagaasi konventsionaalsel ammutamisel. Kildagaasi ammutamiseks on vaja palju puurauke ja sellega kaasneb mõju maastikule, veetarbimisele ja keskkonnale üldiselt.
- Esimesel aastal on kildagaasi puuraugu tootlikkuse langusmäär 85%. Tüüpiline piirkondlik tootmisprofiil suureneb kiiresti, aga aeglustub peagi. Mitme aasta pärast kasutatakse kõiki uusi puurauke vanemate puuraukude toodangu kompenseerimiseks. Niipea kui uute puuraukude rajamine lõpeb, langeb kogutoodang kohe.
- Isegi kui Euroopas hõlvatakse gaasimaardlaid jõuliselt, suudab see parimal juhul anda Euroopa gaasivarudesse protsentuaalse osana kõigest ühekohalise numbri. See ei muuda vastupidiseks liidusisese tootmise jätkuvat vähenemist ega suurenevat sõltuvust impordist. Selle mõju Euroopa kasvuhoonegaaside heitkogustele jääb väikeseks – kui mitte pea olematuks – ja võib olla isegi negatiivne, kui valede stiimulite ja signaalide tõttu jäetakse teostamata muud paljutõotavamad projektid.
- Piirkondlikul tasandil võib kildagaasi osa olla tähtsam, näiteks Poolas, kus on suured kildaressursid ja väga väike gaasinõudlus (~14 bcm/a), millest juba 30% toodab riik ise.
- Kinnisõli leidub suures koguses Pariisi nõo põlevkivis. Maardlas on toodetud õli juba üle 50 aasta. Kuna kergesti toodetav maht on juba ära tarbitud, on edasiseks kaevandamiseks vaja palju horisontaalpuurkaevusid (kuni kuus või enam kaevu km² kohta) ja hüdraulilist purustamist.

5.1. Sissejuhatus

Selles peatükis hinnatakse võimalikke kildagaasi, põlevkiviõli ja kinnisõli ressursse ja kirjeldatakse nende tõenäolist rolli Euroopa gaasitööstuses. Kuna Euroopa kildagaasi hõlvamise kogemus seni puudub, on alljärgnevad tulevikku vaatavad väited teatud määral oletuslikud.

Ebamäärasuse minimeerimiseks kirjeldatakse ja analüüsitakse USA kogemust, et mõista kildagaasi hõlvamise tüüpilisi omadusi. Kogemuse põhjal visandatakse hüpoteetiline tootmisprofiil ja kohandatakse seda vastavalt Euroopa tingimustele. Kuigi kvantitatiivsed üksikasjad võivad erineda, võib kvaliteedist lähtumine aidata paremini mõista kildagaasi võimalikku rolli.

Esimeses alapeatükis tehakse kokkuvõte viimati avaldatud Euroopa kildagaasimaardlate ressursside hindamisest. Hindamise viis läbi USA energiateabe amet [US-EIA 2011]. Alapeatükis täpsustatakse mõnede USA maardlate põhiparameetreid. Samuti antakse ülevaade Euroopa põlevkiviõlimaardlatest ja maailma põlevkiviõli tootmise ajaloost ning seostatakse see mõneti kinnisõliga, kuna neid käsitletakse sageli koos. Esitatakse lühike ülevaade kinnisõli ammutamisest Prantsusmaal Pariisi nõos.

Kuna esmatähtis on saada ettekujutus kildagaasiväljade tüüpilisest tootmisprofiilist, tehakse eraldi alapeatükis kokkuvõte USA peamisest arendustegevusest ja alapeatüki lõpus esitatakse hüpoteetiline maardlahõlvamise mudel, mis näitab tüüpilisi omadusi ja üksikute puuraukude toodangu kiiret langust. Seda kombineeritakse Euroopa maardlate üksikasjalikuma analüüsiga. Lõpetuseks tehakse mõned järeldused kildagaasi tootmise võimaliku tähtsuse kohta CO_2 heitkoguste vähendamisel.

5.2. Kildagaasi- ja põlevkiviõlimaardlate suurus ja asukoht võrreldes konventsionaalsete maardlatega

5.2.1. Kildagaas

Euroopa gaasimaardlate ressursside hindamine

Süsivesinikud jaotuvad ressurssideks ja varudeks. Täiendav klassifikatsioon kannab hoolt tehnoloogiliste ja majanduslike aspektide eest ja määratleb, kui kindel ollakse geoloogilise lademe olemasolus (oletuslik, võimalik, arvatav, järeldatud, mõõdetud, tõestatud). Hinnang ressursside kohta on tavaliselt palju kehvema kvaliteediga kui varude hinnang, sest see põhineb palju ebakindlamal geoloogiliste andmete analüüsil. Kuigi see ei ole kohustuslik, mõõdetakse ressursse tavaliselt ühikuga „gaas leiukohas" (GIP), aga varud hõlmavad juba oletusi nende tootmise kohta tavalistes tehnilistes ja majanduslikes tingimustes. Tavaliselt ammutatakse konventsionaalsest gaasiväljast 80% GIPd, aga olenevalt geoloogilise ehituse keerukusest võib see vahemikus 20% kuni üle 90% erineda. Ebakonventsionaalsete gaasiväljade tootmismäär on palju väiksem. Seetõttu ei tohi kildagaasiressursse pidada gaasivarudeks. Olemasoleva kogemuse põhjal on ainult 5–30%-line tõenäosus, et hinnatud GIP-st saab ammutatav gaasivaru järgneva paari aastakümne jooksul.

Tabelis 16 on esitatud konventsionaalse gaasi tootmine (Tootmine 2009) ja varud (Tõestatud konventsionaalse gaasi varud). Neid arve võrreldakse oletatavate kildagaasiressurssidega. Andmed ressursside kohta on võetud USA energiateabe ameti hiljutisest hindamisest. [US-EIA 2011] Määratluse järgi peaks tõestatud gaasivarusid olema võimalik toota praegustes majanduslikes ja tehnoloogilistes tingimustes olemasolevatest või kavandatud puuraukudest. Kildagaasi ressursid leiukohas on hinnang umbkaudsete geoloogiliste parameetrite põhjal, nagu ala ulatus ja tihedus, poorsus ja gaasisisaldus mahu kohta jne. Osa andmeid on läbinud katsekontrolli, aga enamasti on tegu üldiste ja ligikaudsete hinnangutega. Andmed GIP ressursside kohta on esitatud neljandas tulbas (Kildagaasi GIP).

Tehnoloogiliselt ammutatavad kildagaasiressursid on kogused, mida võib hinnangu kohaselt olla võimalik toota olemasoleva tehnoloogia abil, kui maardlat hõlvatakse ulatuslikult. Arvatavalt tehnoloogiliselt toodetava kildagaasiressursi jagamisel GIP ressurssidega on tulemuseks tootmistegur ehk toodang. Need andmed on esitatud viimases tulbas (Arvatav tootmistegur). US-EIA prognoosis GIP ja tehnoloogiliselt toodetavate ressursside vaheliseks keskmiseks tootmisteguriks ehk toodanguks 25%. USAs kasutatavad ühikud on teisendatud SI-ühikuteks.[11]

[11] Ümberarvestusteguritega tabel on lisas.

Tabel 16: Konventsionaalse gaasi tootmise ja varude hinnang võrreldes kildagaasivarudega (gaas leiukohas ja tehnoloogiliselt ammutatavad kildagaasiressursid); GIP = gaas leiukohas; bcm = miljard m³ (algandmed on teisendatud kuupmeetriteks, 1000 Scf = 28,3 m³)

Riik	Toodang 2009 (1) [bcm] 2009 (1) [bcm]	Tõestatud konventsio-naalse gaasi varud [bcm] (1)	Kildagaasi GIP [bcm] (2)	Tehnoloogi-liselt ammutata-vad kildagaasi-ressursid [bcm] (2)	Arvatav tootmis-tegur (2)
Prantsusmaa	0,85	5,7	20,376	5,094	25%
Saksamaa (2010. aasta andmed)	15,6 (13,6)	92,4 (81,5)	934	226	24,2%
Madalmaad	73,3	1,390	1,868	481	25,7%
Norra	103,5	2,215	9,424	2,349	24,9%
Ühendkuningriik	59,6	256	2,745	566	20,6%
Taani	8,4	79	2,604	651	25%
Rootsi	0	0	4,641	1,160	25%
Poola	4,1	164	22,414	5,292	23,6%
Leedu	0,85	0	481	113	23,5%
EL 27 kokku +Norra	**266**	**4202**	**65,487**	**16,470**	**~25%**

Allikas: (2) US-EIA (2011), (1) BP (2010)

Niisuguste ressursside hinnangute asjakohasuse hindamiseks on kasulik analüüsida mõnda suuremat USA gaasimaardlat, sest Euroopa kogemus kildagaasi tootmise arendamises on alles algusjärgus. Ainult teatud osast tehnoloogiliselt ammutatavatest kildagaasiressurssidest saavad varud, mida aja jooksul toodetakse, sest täiendavate piirangute tõttu on juurdepääs kogu maardlale piiratud. Näiteks piiravad maardlatele juurdepääsu maapinna geograafia, kaitsealad (nt joogiveehoidlad, elusloodus hoiualad, rahvuspargid) ja tihedalt asustatud piirkonnad. Seepärast võrreldakse alljärgnevalt lühidalt Euroopa ja USA kogemust, et mõista, kui suur on ammutatavate ressursside osakaal, mida on lõpuks võimalik toota. Osaliselt on võimalik õppida ajaloos esinenud suundumustest ja nende ekstrapoleerimisest antud konteksti, isegi kui tegevust ei ole veel lõpetatud. USA kogemuse põhjal on tõenäoline, et järgneva paari aastakümne jooksul on võimalik toota oluliselt vähem kui 10% GIP-st.

Peamiste USA gaasimaardlate ressursside hindamised ja mõned põhiparameetrid

50 000 puurauguga USA-l on suured, üle 20 aasta pikkused kogemused. Tabelis 17 on toodud peamiste USA gaasimaardlate mõned põhiparameetrid. Sellisteks parameetriteks on näiteks kaetud ala, maardla sügavus ja paksus ning orgaanilise süsiniku kogusisaldus (TOC). TOC ja kivimi poorsus on maardla gaasisisalduse näitajad. Nende andmete põhjal hindab ettevõte ALL Consulting Euroopa GIP-d ja ammutatavaid ressursse. Nende andmete ja puuraugu kohta prognoositud tootmismäära allikaks on [ALL consulting 2008]. Neid võrreldakse viimaste arengutega, nagu kogutoodang aastani 2011 ja tootmismäär puuraugu kohta 2010. aastal.

2010. aasta tootmismäär puuraugu kohta (vt tabeli 17 viimast rida) on väga lähedal Barnetti ja Fayetteville'i maardla projektide prognoosile. Kõige varem hõlvatud Antrimi maardla tootmismäär puuraugu kohta on palju väiksem kui prognoositud, aga kõige viimasena arendatud Haynesville'i maardla tootmismäär on seni prognoositust suurem. Neid aspekte arutatakse põhjalikumalt edaspidi.

Tabel 17: USA suurimate gaasimaardlate hõlvamise hindamine (algandmed on teisendatud, 1000 Scf = 28,3 m³ ja 1 m = 3 ft)

Gaasimaardla bassein	Ühik	Antrim	Barnett	Fayetteville	Haynesville
Hinnanguline pindala	km²	30 000	13 000	23 000	23 000
Sügavus	km	0,2–0,7	2,1–2.8	0,3–2,3	3,5–4,5
Netotihedus	m	4–25	30–200	7–70	70–100
TOC	%	1–20	4,5	4–9,8	0,5–4
Kogupoorsus	%	9	4–5	2–8	8–9
Gaas leiukohas	Mio m³/km²	70	720	65	880
Gaas leiukohas	Tm³	2,2	9,3	1,5	20,3
Toodetavad ressursid	Tm³	0,57	1,2	1,2	7,1
Toodang	%	26%	13%	80%	35%
Kogutoodang (jaanuar 2011)	Tm³	0,08	0,244	0,05	0,05
Prognoositud tootmismäär (2008)	1000 m³/päevas/puuraugu kohta	3,5–5,7	9,6	15	18–51
Tegelik gaasi tootmise määr 2010	1000 m³/päevas/puuraugu kohta	~1	9,5	21,8	~90

Allikas: Arthur (2008)

Nende maardlate kogutoodang ja varasemad suundumused annavad aimu sellest, kas on realistlik eeldada, et nende ekstrapoleerimise tulemus on lähedal prognoositud ammutatavatele ressurssidele või mitte. Esmapilgul on pärast peaaegu 30 aasta pikkust arendustegevust Antrimi maardlas toodetud ainult 14% ammutatavatest ressurssidest või 3,5% GIP-st, kuigi maardla maksimaalne tootmismäär ületati juba 1998. aastal.

Ilmselgelt on oodata ainult väikest lisa, sest tootmine on langenud aastas 4–5% juba 10 aasta jooksul. Isegi Barnetti maardla maksimaalne tootmismäär ületati 2010. aasta alguses [Laherrere 2011], kui ammutatavatest ressurssidest toodeti 20% ehk 2,5% GIP-st. Näib, et Fayetteville'i maardla maksimaalne tootmismäär saavutati 2010. aasta detsembris (vt joonist 9), kui ammutatavatest ressurssidest toodeti 4% ehk 3% GIP-st. Ainult Haynesville'is, viimasena hõlmatud maardlas, on tootmismäär praegu, 2-aastase hõlvamise järel järsul tõusuteel. Tänaseks on sellest maardlast toodetud vähem kui 0,1% ammutatavatest ressurssidest ehk 0,02% GIP-st.

Nendest kaalutlustest näib, et Antrimi maardlas toodetakse vähem kui 5% GIP-st ning Barnetti ja Fayetteville'i maardlas kummaski umbes 5–6%. Ainult Haynesville'i maardlas võib tootmine veel tõusta, mis võib-olla suurendaks natuke tootmismäära, aga siinkohal on veel vara lõplikke järeldusi teha.

5.2.2. Põlevkiviõli ja kinnisõli

Ülalesitatud kildagaasimaardlate geoloogiline ajalugu kehtib ka põlevkiviõli tekke kohta, kuid erinev on see, et põlevkivis on süsivesinikud õlilademeks moondumata järgus ja seda nimetatakse kerogeeniks. Kerogeeni õliks muutmiseks tuleb seda kuumutada kuni 350–450 °C-ni. Geoloogid nimetavad seda temperatuurivahemikku nn õliaknaks (oil window). Lähtekivimi küpsusest sõltub orgaanilise materjali koostis ja kerogeeni või isegi põlevkivitoorõli hulk, mis lõpuks kuumutamisprotsessi tulemusena tekib. Seetõttu võivad igal põlevkiviõlimaardlal olla eripärased omadused, mis mõjutavad selle tootmisomadusi. Enamasti siis, kui maardla ei ole geoloogiliselt küps, on vaja teha tohutuid energiaga seotud, majanduslikke ja tehnoloogilisi jõupingutusi, millel kõigil on kõrvalmõju keskkonnale, et muuta ebaküps kerogeen kuumutamise teel põlevkivitoorõliks.

Üldiselt on põlevkiviressursid äärmiselt suured, maailma tasandil ületavad need tõenäoliselt konventsionaalseid naftavarusid. Tabelis 18 on esitatud Euroopa ressursside hinnang. Põlevkivi on toodetud aastakümneid ja mõnel pool isegi sajandeid. Põlevkivi väikese kasuteguri tõttu ei ole need maardlad kunagi etendanud olulist rolli ja nende hõlvamine on peatatud paremate alternatiivide olemasolu korral. Seetõttu näitavad need ressursside hinnangud põlevkiviressursside esinemist ainult ligikaudselt. Praegu toodab ainukesena põlevkivist õli Eesti, 350 kt aastas. [WEC 2010]

Tabel 18: Euroopa põlevkiviõli ressursi näitajad (Mt)

Riik	Ressurss leiukohas (WEC 2010) [Gb]	Ressurss leiukohas (WEC 2010) [Gb]
Austria	0,008	1
Bulgaaria	0,125	18
Eesti	16,286	2494
Prantsusmaa	7	1002
Saksamaa	2	286
Ungari	0,056	8
Itaalia	73	10 446
Luksemburg	0,675	97
Poola	0,048	7
Hispaania	0,28	40
Rootsi	6,114	875
Ühendkuningriik	3,5	501
EL	109,1	15 775

Allikas: [WEC 2010]

Andmed kinnisõli ressursside kohta on väga ebakindlad ja sageli need puuduvad, sest need arvatakse konventsionaalse õli statistika hulka. Samuti esinevad kerogeenirikkas põlevkivis toorõli sisaldavad väikese läbilaskvusega poorid ja kihid. Segu olemasolu sõltub sellest, kas osa lähtekivimis esinevast kerogeenist on oma geoloogilises ajaloos kuumenenud piisavalt ja õliks muutunud. Õli kaevandamine kuulub kinnisõli tootmise kategooriasse, kuigi kaevandatakse põlevkivi vahelt. Näiteks Pariisi nõos paikneb väga suur põlevkivimaardla.

Praegu olulised projektid aga keskenduvad selles maardlas kinnisõli ammutamisele. [Leteurtrois jt, 2011]

Pariisi nõgu asub Prantsusmaal Pariisi all ja ümbruses, see on kujult üldiselt ovaalne, ida-lääne suunalise telgjoone pikkus on 500 km ja põhja-lõuna suunalise telgjoone pikkus 300 km. Nõgu katab kokku umbes 140 000 km² suuruse ala. [Raestadt 2004] Pariisist põhja pool on õli sisaldavad kihid maapinnale lähemal. [Leteurtrois jt, 2011] Esimene puurauk puuriti 1923. aastal. 1950. ja 1960. aastatel kasvas õli tootvate ettevõtjatele huvi, maardla uurimiseks puuriti palju puurauke ja avastati mõned väiksemad õliväljad, aga tootmispuuraukudeks said neist esimestest puuraukudest vaid umbes 3%. [Kohl 2009] Teine buum oli 1980. aastatel naftahinna kahe suure kõikumise järel, kusjuures seismilise sondeerimise masinad sõitsid isegi mööda Champs-Elyseés' avenüüd ja hindasid Pariisi all asuvat geoloogilist struktuuri. Sel ajal avastati mitu konventsionaalset õlivälja. Nõo üle 800 puurkaevust on alates 1950. aastast ammutatud kokku umbes 240 Mb õli. Kogu hõlvamine on olnud konventsionaalne õli ammutamine ilma hüdraulilise purustamiseta.

Hiljuti kasvas huvi, kui pärast vanade uuringuprotokollide analüüsi avalikustas väikeettevõtja Toreador esimesed hinnangud võimaliku õlirikka ladestusala kohta, mis laiub Pariisist kuni viinapuude poolest rikka Champagne'i piirkonnani. Toreador on keskendunud oma äritegevuses Prantsusmaale ja on astunud maardla hõlvamiseks partnerlusse korporatsiooniga Hess. [Schaefer 2010] Maardla hõlvamisel ja õli ammutamisel plaanitakse suurel määral kasutada hüdraulilist purustamist.

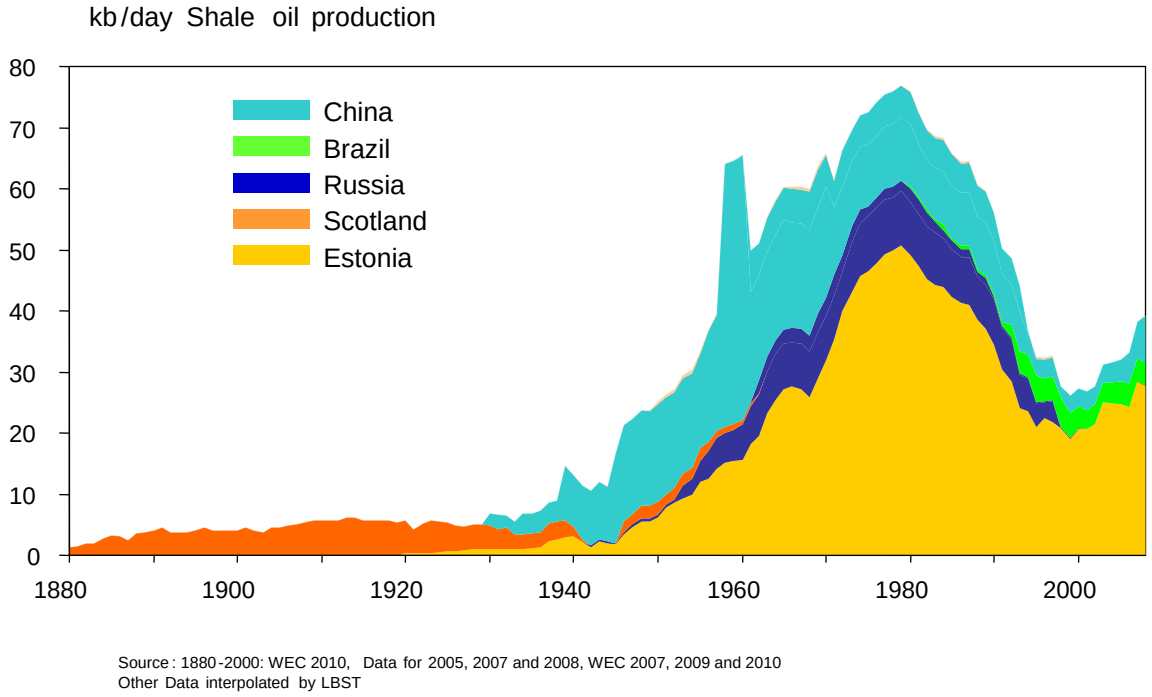
Väidetavalt sisaldab lade kuni 65 gigabarrelit (Gb) õli või isegi rohkem. [Kohl 2009] Neid andmeid ei ole aga sõltumatult kinnitatud ja seega tuleks neisse suhtuda teatud skepsisega.

Tuleb märkida, et suurte ja potentsiaalselt tohutuid ressursse käsitlevate arendusplaanide taga on alati ärihuvid ja andmeid nende ressursside kohta tuleks samuti hinnata äärmise ettevaatusega. Sageli on andmed ligikaudsed optimistlikud hinnangud, mis ei kajasta võimalikku kaevandamist takistada võivaid probleeme. Hetkel on peaaegu võimatu koguda piisavalt teavet, et määrata selle maardla tegelikku suurust ja tootmisvõimalusi, sest allikad sisaldavad nii entusiastlikke [Schaefer 2010] kui ka skeptilisi [Kohl 2009] tähelepanekuid. Uudne võimalus oleks kasutada nõos hüdraulilisel purustamisel suures ulatuses horisontaalpuurauke. On hinnatud, et km² kohta on leiukohas 5 Mb õli, mida võiks ammutada horisontaalpuuraukude abil. Optimistlikult usutakse, et esimesel tootmiskuul tõuseb tootmismäär puuraugu kohta 400 barrelini päevas, millele järgneb 50%-line langus aastas. [Schaefer 2010]

Natuke sarnane, kuigi teatud aspektides erinev lade on USA Bakkeni maardla, kus toodetakse põlevkivikihis sisalduvat kinnisõli.

Joonisel 8 on esitatud maailma põlevkiviõlitoodangu ajalooline areng alates 1880. aastast. Prantsusmaal toodeti põlevkiviõli juba 1830. aastal. Tootmine lõpetati 1959. aastal. [Laherrere 2011] Ammutatud õli kogus on aga liiga väike ega ole seetõttu graafikul nähtav. Joonise tarbeks on põlevkivi ümber arvestatud põlevkiviõliks, oletuslik õlisisaldus on 100 l ehk 0,09 tonni õli ühe tonni põlevkivi kohta.

Joonis 8: Põlevkiviõli toodang maailmas; algühikud on teisendatud, 1 tonnile põlevkivile vastab 100 liitrit põlevkiviõli



Allikas: [WEC 2007, 2009, 2010], mõned andmed 2001.–2005. aasta ja 2007. aasta kohta on LBST hinnangud

5.3. Ameerika Ühendriikide kildagaasi leiupaikade tootmisanalüüs

5.3.1. Tootmismäär esimesel kuul

Kõigile kildagaasimaardlatele ühised omadused on järgmised:

- väike läbilaskvus (sada tuhat kuni miljon korda väiksem kui tavapärastes õli- ja gaasiväljades [Total 2011]),
- madal gaasi erisisaldus mahu kohta ja
- maardla väga suur maa-ala.

Puuraugud puuritakse gaasi sisaldavasse kivimisse. Selleks et suurendada gaasi sisaldavate pooride ja puuraugu kontaktpinda, tehakse hüdraulilisel purustamisel kivimisse palju lõhesid. Sellest hoolimata on juurdepääsetav maht väike võrreldes konventsionaalsete puuraukudega.

Seetõttu on algne tootmismäär palju väiksem kui konventsionaalsete gaasiväljade puuraukudel. Pealegi tahavad ettevõtjad maardla kõige paljutõotavamad alad kõigepealt hõlvata. Näiteks toodeti Barnetti maardla esimestest vertikaalsetest ehk püstpuuraukudest terve kuu kestva tegevuse jooksul tavaliselt 700 000 m³ (25 MMcf) kuus. Viimasena rajatud puuraukude puhul vähenes tootmisvoog kogusele ~400 000 m³ (15 MMcf) kuus. [Charpentier 2010]

USGSi viimane uuring kinnitab, et kõigist uuritud puuraukudest on püstpuuraukude esimese terve kuu tootmine keskmiselt väiksem kui 700 000 m³ kuus. Ainus erand on Bossieri maardla, mille esialgne tootmismäär on neljakordistunud (2,8 miljonit m³ kuus). Selle hõlvamist alustati aga juba 40 aastat tagasi ja see kinnitab väidet, et kõige suurema tootlikkusega väljad hõlvatakse esimesena.

Keskmiselt on horisontaalpuuraukude algne tootmismäär suurem. Barnetti ja Fayetteville'i maardlates on see kuni 1,4 miljonit m³ kuus (50 MMcf). Ainult kõige viimasena hõlvatud Haynesville'i maardla esialgne tootmismäär on erakordselt suur: 7–8 miljonit m³ kuus (~260 MMcf). Seda suuremat algset tootmismäära oli aga juba prognoositud maardla geoloogiliste parameetrite tõttu (vt tabelit 17).

5.3.2. Tüüpilised tootmisprofiilid

Frakkimisjärgne algne rõhk on palju suurem kui maardla loomulik rõhk. Pärast frakkimist surve vabaneb. Selle tulemusena voolab puuraugust kiiresti välja reovesi (frakkimisvesi), mis sisaldab maardla kõiki liikuvaid osakesi ja saasteaineid, sh maagaasi ennast. Kuna voolukiirus on maardla suurusega võrreldes kiire, langeb maardla rõhk väga kiiresti. Selle tulemuseks on tootmisprofiili järsk langus. Kui konventsionaalsete gaasiväljade tootlikkuse langusmäär on mitu protsenti aastas, siis kildagaasimaardla tootlikkus väheneb mitu protsenti kuus. Mõne USA kildagaasimaardla ajaloo analüüsist selgub, et algne tootmismäär on palju väiksem ja edasine langus palju järsem kui konventsionaalsetel väljadel. Tavaliselt langeb tootmine esimese aasta jooksul 50%, 60% või isegi rohkem. [Cook 2010] Kogemused näitavad, et viimasena hõlvatud Haynesville'i maardla langusmäär on esimesel aastal 85% ja teisel aastal 40%. Isegi pärast üheksat aastat on langusmäär ikka veel 9%. [Goodrich 2010] Näib, et Haynesville'is tegutsevad ettevõtjad üritavad tootmist optimeerida, et gaasi võimalikult kiiresti ammutada.

5.3.3. Kogupotentsiaal puuraugu kohta

Tootmisprofiilide statistiline analüüs võimaldab välja arvutada kogupotentsiaali (estimated ultimate recovery, EUR) puuraugu kohta eri maardlate võrdlemiseks. Barnetti maardla esimeste püstpuuraukude kogupotentsiaal on umbes 30 miljonit m³. Uute püst- ja horisontaalpuuraukude puhul on kogupotentsiaal kahekordne – 60 miljonit m³. Enamik teiste kildalademete (Fayetteville, Nancos, Woodford, Arkoma nõgu) gaasikogus on palju väiksem, 30 miljoni m³ lähedal või vähem. Ainult vara hõlvatud Bossieri maardla gaasi kogutootmine üksikutest puurkaevudest oli kuni 90 miljonit m³. Haynesville'i maardla keskmine kumulatiivne tootmismaht jääb nende vahele, see on hinnanguliselt 75 miljonit m³ puuraugu kohta. [Cook 2010]

5.3.4. Mõned näited USAst

Antrimi maardla Michiganis asub ainult paarsada meetrit allpool maapinda. Seetõttu alustati selle hõlvamisega vara ja uusi puurauke lisati kiiresti. Maksimaalne tootmismäär saavutati 1998. aastal. Sellele järgnes aastas 4–4,5% langus, kuigi uusi puurauke rajatakse ka praegu.

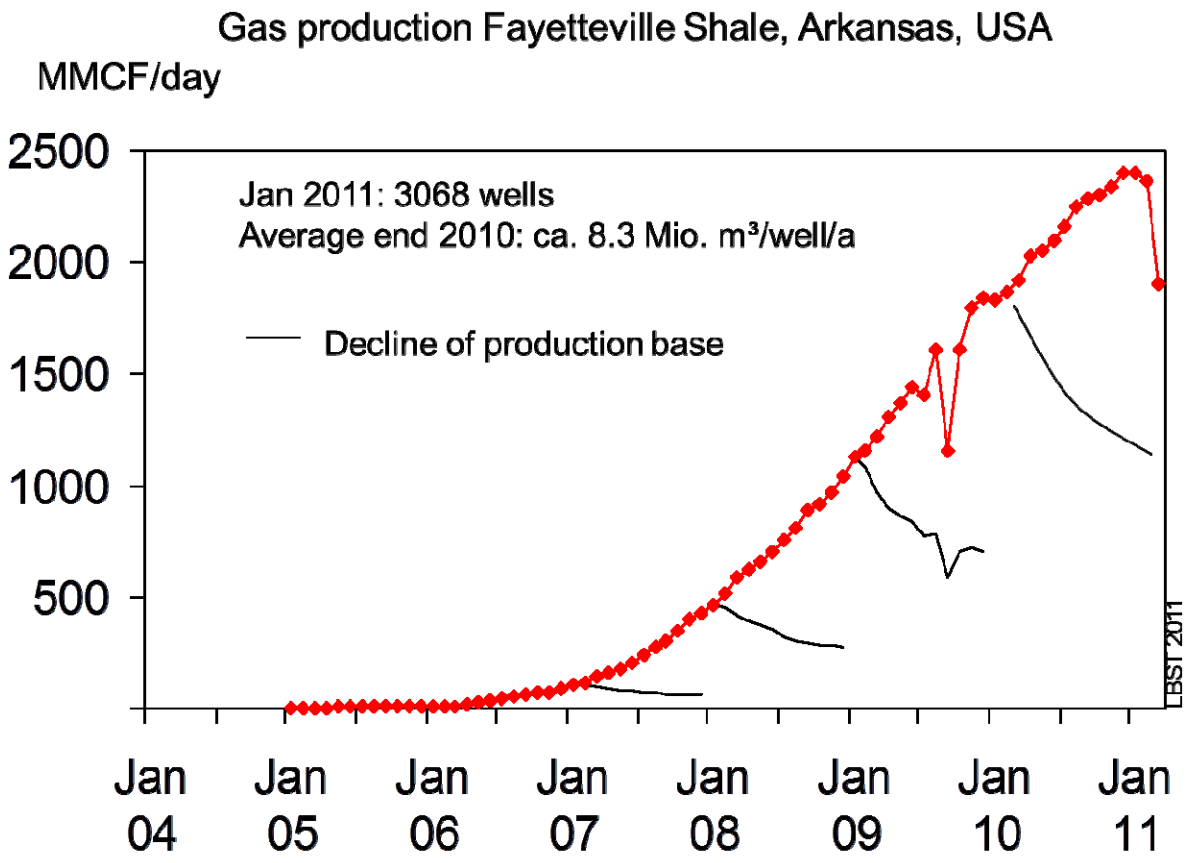
Aastal 2005, kui USA parlament võttis vastu puhta energia seaduse, mille järgi ei kohaldata süsivesinike kaevandamisele 1974. aasta ohutu joogivee seaduse piiranguid, suurenes paralleelselt Barnetti maardla hõlvamistegevus. Paari aastaga suurenes tootmine 51 miljardile m³ 2010. aastal, mil puurauke oli peaaegu 15 000. Keskmiselt on hõlvataval 13 000 km² suurusel väljal üks puurauk km² kohta, kuigi paremate väljavaadetega kohtadesse on puuritud üle viie puuraugu km² kohta. Kiire hõlvamise tõttu saavutati maardla maksimaalne tootmise tase 2010. aastal.

Üle 2000 lisapuuraugu rajamisega 2010. aastal ei suudetud vältida tootmislanguse algust. 2010. aasta lõpus oli tavaline tootmismäär puuraugu kohta 3,4 miljonit m³ aastas.

Alates 2005. aastast hakati hõlvama ka Fayetteville'i maardlat. Kuigi maa-alalt ja saagiselt on see väiksem, on sellel tüüpiline tootmisprofiil, mis on esitatud joonisel 9. Mustad jooned näitavad langevat põhitootmist, kui aastate jooksul ei oleks uusi puurauke rajatud.

Põhitootmise kumulatiivne langus näitab suurt langusmäära, mis on Fayetteville'is 5% kuus. Langus 2009. aasta septembris ja 2011. aasta märtsis tulenes puuraukude sulgemisest välja ühes osas raskete ilmastikuolude tõttu. Üksikute puuraukude profiili analüüsi põhjal on tõenäoline, et Fayetteville'i tootmisvõimsuse tipp saavutati juba 2010. aastal. 2010. aasta lõpus oli keskmine tootmismäär ühe puuraugu kohta umbes 8 miljonit m³ aastas.

Joonis 9: Gaasi tootmine Arkansases Fayetteville'i maardlas



Allikas: autorid, [Arkansas 2009] põhjal

1993. aastal kasvas Chesapeake, 13 miljoni dollarilise käibega väikeettevõtja peamiselt Fayetteville'i maardla hõlvamise tõttu. [Chespeake 2010] 2009. aastaks oli kildagaasibuumi tõttu ettevõtja käive üle 5 miljardi dollari. Eelmisel aastal müüs ettevõtja kõik oma Fayetteville'i maardla aktsiad 5 miljardi dollari eest ettevõttele BHP Billiton. [Chon 2011]

Maardla, mille hõlvamist alustati kõige viimasena, on Haynesville. 2010. aastal sai sellest USA kõige suurem kildagaasi tootev gaasiväli, ületades isegi Barnetti maardlat. Tootmise kiire kasv tuleneb valdavalt suuremast algsest tootmismäärast kuni 7–8 miljonit m³ puuraugu kohta esimesel kuul. Suuremat tootmismäära juba ka prognoositi välja erinevate geoloogiliste parameetrite tõttu, ja koos sellega kasutatud strateegia tõttu ammutada gaasi nii kiiresti kui võimalik. Nagu eespool mainitud, järgnes sellele ennenägematu 85% langusmäär esimesel aastal.

5.3.5. Peamiste Euroopa gaasimaardlate põhiparameetrid

Tabelis 19 täpsustatakse peamiste Euroopa gaasimaardlate mõned põhiparameetrid. Uuritav paljulubav ala on palju väiksem kui kogu maardla maa-ala, sest mõned väliskriteeriumid on juba kohaldatud. Seda tuleb meeles pidada teatud ala kohta leitud konkreetse GIP võrdlemisel andmetega tabelis 17, kus võrdlusaluseks võeti kogu maardla maa-ala. Gaas leiukohas (GIP) km² kohta annab aimu sellest, kui palju gaasi on võimalik toota ühest puuraugust.

Orgaanilise süsiniku kogusisaldus (TOC) on maardla gaasisisalduse näitaja, mis on oluline ressursside hindamiseks. Koos kihi paksusega määratleb see püst- või horisontaalpuuraukude eelistuse, puuraukude ulatuse ja optimaalse paiknemistiheduse.

Nende kaalutluste põhjal näivad Ida-Euroopa maardlatest kõige lootustandvamad Poola maardlad, kus on kõige suuremad GIP kogused. Kuigi teiste maardlate ulatus on palju suurem, on need palju väiksema tootlikkusega. See viitab asjaolule, et konkreetsed jõupingutused selle gaasi tootmiseks suurenevad märgatavalt koos mõjuga maakasutusele, veevajadusele jne.

Neid aspekte arvesse võttes on väga tõenäoline, et peaaegu kõigi Euroopa maardlate tootmismäär ja varu on võrreldav või isegi väiksem kui USA Fayetteville'i või Barnetti maardla tootmismäär ja varu, välja arvatud Poola ja võib-olla Skandinaavia maardlad.

Tabel 19: Suurimate Euroopa gaasimaardlate hindamise põhiparameetrid (algandmed on SI-ühikuteks teisendatud ja ümardatud)

Piirkond	Nõgu/maardla	80%; paneelide pindala:	Netotihedus	TOC	GIP (Mio m³/km²) (2)
Poola	Balti	8846	95	4	1600
Poola	Lublin	11660	70	1,5	900
Poola	Podlasie	1325	90	6	1600
Prantsusmaale	Pariis	17940	35	4	300
Prantsusmaa	Kagu-Prantsuse	16900	30	3.5	300
Prantsusmaa	Kagu-Prantsuse	17800	47	2.5	630
Kesk-Euroopa	Posidonia	2650	30	5.7	365
Kesk-Euroopa	Namuria	3969	37	3,5	600
Kesk-Euroopa	Wealden	1810	23	4,5	290
Skandinaavia	Alum	38221	50	10	850
Ühendkuningriik	Bowland	9822	45	5,8	530
Ühendkuningriik	Liassic	160	38	2,4	500

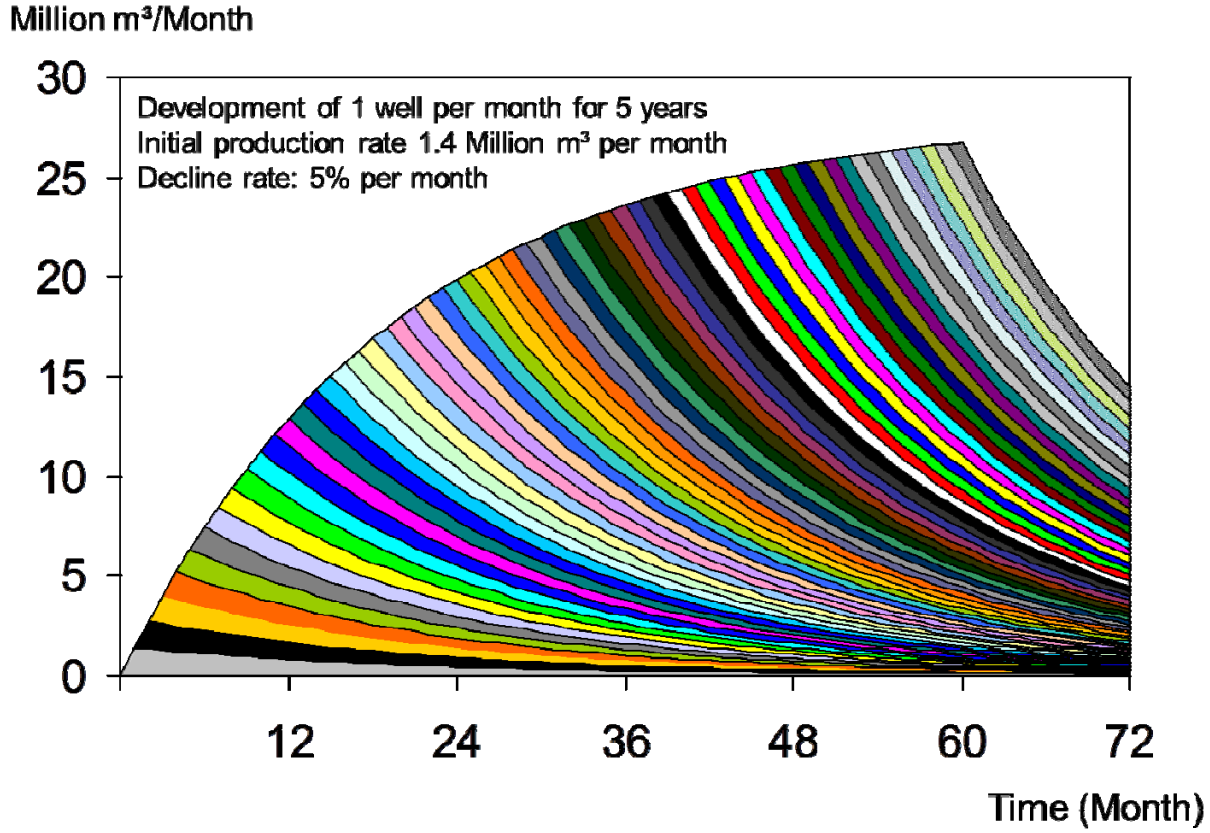
Allikas: US-EIA (2011)

5.3.6. Hüpoteetiline gaasivälja hõlvamine

Peamine kildagaasi tootmist konventsionaalse gaasi tootmisest eristav omadus on üksikute puuraukude tootlikkuse kiire langusmäär. Võidakse luua hüpoteetiline gaasivälja hõlvamine paljude identsete tootmisprofiilide lisamise teel. Joonis 10 näitab sellise stsenaariumi põhjal tehtud arvutusi, mille puhul liidetakse kokku ühe maardla tootmisprofiilid, kus igal kuul lisatakse uus puurauk. Andmeid peetakse sarnaseks Barnetti maardla vastavate andmetega, kus tüüpiline tootmine esimesel kuul on 1,4 miljonit m³ ja langusmäär on ühes kuus 5%. Viie aasta pärast on tootmisse lisatud 60 puurauku, mis toodavad umbes 27 miljonit m³ kuus ehk 325 miljonit m³ aastas. Tootvate puuraukude järsu vähenemise tõttu on keskmine tootmismäär puuraugu kohta viie aasta pärast vähenenud 5 miljonile m³ aastas.

Sellist arengustsenaariumit on kasutatud järgmise joonise jaoks, et hinnata kildagaasi tootmise mõju Euroopa gaasiturule.

Joonis 10: Maardlate tüüpiline hõlvamine uute puuraukude järjepideva lisamisega üks puurauk kuus



Allikas: autorid

5.4. Kildagaasi ammutamise roll ülemineku vähese CO_2-heitega majandusele ja CO_2-heitkoguste pikaajaline vähendamine

5.4.1. Konventsionaalse gaasi tootmine Euroopas

Maagaasi tootmise tipptase ületati ELis juba 1996. aastal tootmismääraga 235 bcm aastas. 2009. aastaks oli tootmine langenud juba 27% ja oli selleks ajaks 171 bcm aastas. Samal ajal tõusis tarbimine 409 bcm-lt 1996. aastal 460 bcm-le aastal 2009, mis on 12% suurune tõus. Seetõttu vähenes liidusisese tootmise osakaal 57%-lt 37%-le.

2004. aastal oli tootmise tipptase ELis, sh Norras, 306 bcm aastas ja see langes 2009. aastaks 275 bcm-le aastas (-11%). Import väljastpoolt ELi ja Norrat tõusis 2004. aasta 37%-lt 40%-le 2009. aastal. [BP 2010]

Rahvusvahelise Energiaagentuuri viimases maailma energiaülevaates prognoositakse aastaks 2035 täiendavat langust 90 bcm-le aastas või, Norra kaasa arvatud, 127 bcm-le aastas.

Eeldatakse, et maagaasi nõudlus tõuseb aastas 0,7% ja on seega 2035. aastaks 667 bcm-i aastas. [WEO 2011] Paratamatult suureneb nõudluse ja liidusisese väheneva gaasivarustuse vahe veelgi ning sunnib ELi suurendama 2035. aastaks importi rohkem kui 400 bcm-le aastas, mis tähendab, et impordi osakaal oleks 60%.

5.4.2. Ebakonventsionaalse gaasi tootmise arvatav tähtsus Euroopa gaasivarustusele

Eriväljaanne IEA maailma energiaülevaade 2011 keskendub ebakonventsionaalse maagaasi võimalikule rollile. Ebakonventsionaalse maagaasi ressursside hõlvamise eesotsas on tulevikus tõenäoliselt Poola, millel on arvatavasti 1,4–5,3 Tcm kildagaasi [WEO 2011], valdavalt riigi põhjaosas. 2011. aasta keskpaigaks on Poola andnud ebakonventsionaalse gaasi maardlate uurimiseks juba 86 luba.

WEO 2011 näeb aga mitut ületamist vajavat takistust: „Kuna puurida tuleb suhteliselt suur hulk puurauke, ei pruugi kohalikelt asutustelt ja kogukondadelt heakskiidu saamine lihtne olla. Projektid võib keerukaks muuta ka suure koguse reovee käitlemise ja kõrvaldamise vajadus. Peale selle on kolmanda osapoole juurdepääsuks juhtme infrastruktuurile vaja sisepoliitilist reformi.” Siiski nähakse algatuse suurt potentsiaali: „Hoolimata tehnilistest, keskkondlikest ja regulatiivsetest tõketest on kildagaasil potentsiaali Poola energiamaastikku radikaalselt muuta.” [WEO 2011]

Neile tähelepanekutele vaatamata nähakse aruandes kildagaasi tootmise mõju Euroopale marginaalsena. Liidusisese gaasitootmise, sh nii konventsionaalse kui ka ebakonventsionaalse tootmise keskmine langus arvatakse olevat 1,4% aastas.

Järgmise võimaliku stsenaariumi lihtsakoelise arvutusega, mille aluseks on kirjeldatud tootmisprofiilid, antakse aimu sellest, kui suuri jõupingutusi on tarvis, et muuta võimalikud kildagaasiressursid toodanguks. Antakse ka ettekujutus sellest, milline maksimaalne mõju on puurimisel, mida võidakse gaasimaardlates teostada. See rõhutab väidet, et ebakonventsionaalsel gaasil ei ole tõenäoliselt potentsiaali anda vastupidine käik vähenevale Euroopa gaasitootmisele.

Euroopas on kättesaadavad umbes 100 puurimisplatsi [Thornhäuser 2010]. Kui eeldada, et ühe puuraugu keskmine puurimisaeg on kolm kuud, oleks Euroopas maksimaalselt võimalik puurida 400 puurauku aastas. See eeldaks, et kõiki puurimisplatse kasutatakse ainult gaasimaardlate puurimiseks, kuigi kõik puurimisplatsid ei ole selleks sobilikud ja teisi puurauke veel rajatakse. Oletades järgmisena, et esimese kuu tootmismäär on 1,4 miljonit m^3, oleks viie aasta möödudes puuritud 2000 puurauku, mille kogutoodang on 900 miljonit m^3 kuus ehk 11 miljardit m^3 aastas. Tootmisprofiil oleks sarnane joonisel 10 esitatuga, ainult puuraukude arv oleks suurem. Need puuraugud annaksid järgmiste aastakümnete jooksul Euroopa gaasitootmisse vähem kui 5% või rahuldaksid 2–3% gaasinõudlusest. Isegi kui hõlvamine jätkub sama kiirusega (400 lisapuurauku aastas), suurendaks see tootmist veel ainult marginaalselt, sest järsk langusmäär vähendab tootmist ühes aastas peaaegu 50%, kui uute puuraukude rajamine peatataks.

5.4.3. Kildagaasi tootmise roll CO_2 heitkoguste pikaajalisel vähendamisel

Kõigi ülalarutletud tehniliste, geoloogiliste ja keskkondlike aspektide kombinatsioon muudab pea võimatuks selle, et gaasimaardlate isegi jõulisel hõlvamisel oleks oluline mõju Euroopa tulevastele CO_2 heitkogustele.

Nagu juba eespool mainitud, oli kildagaasi edukas tootmine USAs osaliselt võimalik seetõttu, et 2005. aasta puhta energia seaduses vähendati keskkonnaalaseid piiranguid. Isegi sellise jõulise ja odava hõlvamise tulemuseks oli see, et mitmekümne tuhande puurkaevu toodang suutis anda ainult 10% suuruse panuse USA maagaasi tootmisse.

Vahepeal on hüdrauliline purustamine olnud USAs vastuoluliseks arutlusteemaks. Keskkonnaalased piirangud võivad edasisi gaasikaevandamise arendusprojekte väga kiiresti vähendada, nagu mainitakse Ernst&Youngi läbi viidud tööstusuuringus: „Peamine tegur, mis tõenäoliselt kildagaasi tootmises prognoositud kasvu pidurdab, on keskkonnaalased õigusaktid" ja lisaks: „Hetkel viib USA Keskkonnakaitseamet läbi põhjalikku uuringut hüdraulilise purustamise mõju kohta vee kvaliteedile ja rahvatervisele. Kui uuringu tulemuste põhjal hüdrauliline purustamine keelustatakse või seda oluliselt piiratakse, võivad kildagaasi arendamisprojektide investeeringud kokku kuivada." [Ernst&Young 2010]

Euroopas kildagaasi tootmise jõulise arendamise tulemuseks võib olla mõne protsendi suurune panus Euroopa gaasitootmisse. Pika üleminekuaja tõttu on väga tõenäoline, et järgmise 5–10 aasta jooksul jääb tootmine peaaegu tähtsusetuks.

Need avaldused aga ei välista, et teatud arvestatava koguse gaasi saab toota piirkondlikul tasandil.

Eeldades, et keskkonnaalased piirangud suurendavad kulutusi ja vähendavad hõlvamise kiirust, jääb kildagaasi tootmine Euroopas peaaegu marginaalseks nähtuseks.

Euroopa gaasitootmine on vähenenud mitu aastat. Seda ebakonventsionaalse gaasi arendusprojektid ei peata. Isegi tööstusuuringutes leitakse, et kildagaasi tootmise panus Euroopa gaasivarustusse suureneb väga aeglaselt ega ületa nõudlust rohkem kui paar protsenti. [Korn 2010]

Seetõttu ei ole ebakonventsionaalse gaasi tootmisel Euroopas potentsiaali vähendada Euroopa maagaasi importimise vajadust. See ei kehti ilmtingimata Poola puhul. Viimase puhul võib sel olla nähtav mõju, sest praegune väike, 4,1 bcm suurune tootmine rahuldab umbes 30% väikesest, 13,7 bcm suurusest omamaisest nõudlusest. [BP 2010]

Kuna teiste maailma piirkondade gaasinõudlus suureneb ja põhitootmine Venemaal väheneb, ei saa välistada – tagasihoidlikult väljendudes –, et maagaasi importi Euroopasse ei saa järgmise kahe aastakümne jooksul suurendada nii, nagu Euroopa nõudluse prognoosist lähtuvalt vaja oleks. Sellisel juhul oleks kahjulik Euroopa poliitika suurendada gaasinõudlust. Sobilikud kohandamismeetmed oleks vähendada asjakohaste stiimulitega jätkuvalt gaasi kogunõudlust. Investeeringud kildagaasiprojektidesse võivad suure tõenäosusega muutuda kahjulikuks, sest neil võib olla lühiajaline ja piiratud mõju liidusisesele gaasivarustusele ja nendega antaks tarbijatele ja turgudele vale signaal jätkata ressursisõltuvusega tasandil, mida kindel varustus ei õigusta. Vältimatu kiirem langus muudaks olukorra halvemaks, sest vähendaks olemasolevat üleminekuaega alternatiividele ning kuna neisse projektidesse ja ressursisõltuvusse oleks investeeritud äärmiselt suuri summasid, mida oleks pidanud paremini kasutama üleminekutehnoloogia tarbeks.

6. JÄRELDUSED JA SOOVITUSED

Euroopas kehtivad ja kaevandamistegevust mõjutavad kaevandamisseadused ja nendega seotud määrused ei kanna hoolt hüdraulilise purustamise konkreetsete aspektide eest. Euroopa Liidu liikmesriikides kehtivad kaevandamisega seotud määrused on väga erinevad. Paljudel juhtudel on kaevandamisõigustel eelis kodanike õiguste ees ning kohalikel poliitilistel asutustel puudub sageli mõju võimalike projektide ja kaevandamispaikade üle, sest neile annavad nõusoleku riiklikud või piirkondlikud ametivõimud ja nende asutused.

Sotsiaalsest ja tehnilisest küljest muutuvas keskkonnas, kus põhiprioriteetideks on kliimamuutuse probleemid ja üleminek säästvale energeetikasüsteemile ning kus tugevdatakse üldsuse osalemist piirkondlikul ja kohalikul tasandil, tuleb ümber hinnata riiklikud huvid kaevandustegevuses, piirkondlike ja kohalike omavalitsuste ning mõjutatud elanikkonna huvid.

Sellise hindamise eelduseks peaks olema kohustuslik uute projektide olelusringi hindamine, sh keskkonnamõju analüüs. Ainult täielik kulude-tulude analüüs on nõuetekohaseks aluseks otsustele üksikute projektide ja nende vajalikkuse põhjenduse kohta.

Hüdraulilise purustamise tehnoloogial on märkimisväärne mõju USAs, mis on praegu ainus riik, millel on mitme aastakümne pikkune kogemus ja pikaajalised statistilised andmed.

Kildagaasi hõlvamise tehnoloogia omadused viitavad osaliselt paratamatule keskkonnamõjule, osaliselt suurele ohule, mis kaasneb tehnoloogia väära kasutamisega, ja osaliselt võimalikule suurele ohule kahjustada keskkonda ja inimeste tervist isegi tehnoloogia korrektse kasutamise korral.

Üheks paratamatuks mõjuks on tohutu maakasutus ja suured muutused maastikus, sest puuraukude paiknemistihedus peab olema väga suur, et purustada ulatuslikult lähtekivimit selles sisalduva gaasi kättesaamiseks. Iga üksik puurimisplats – USAs on teadaolevalt kuni 6 puurimisplatsi km² kohta ja teatatud on suuremastki arvust – tuleb ette valmistada, välja arendada ja ühendada teede kaudu, millele on juurdepääs raskeveokitel. Tootvad puuraugud tuleb ühendada väikese läbilaskevõimega kogumistorudega, aga ka puhastusseadmetega, et eraldada reovesi ja kemikaalid, raskemetallid või radioaktiivsed koostisosad toodetud gaasist enne, kui gaas jaotusvõrku pumbatakse.

Ebamugavast käsitsemisest tulenevate võimalike ohtude hulka kuuluvad õnnetused, nt pursked koos purustamisvedeliku lekkega, reovee või purustamisvedeliku basseinide või torude leke, põhjavee saastamine väära käsitsemise või puuraugu mantli ebaprofessionaalse tsementeerimise tõttu. Neid ohte saab vähendada ja tõenäoliselt vältida sobivate tehniliste direktiivide, ettevaatliku käsitsemise ja riigiasutuste teostatava järelevalve abil. Kõik need ohutusmeetmed aga suurendavad projektikulusid ja aeglustavad hõlvamise kiirust. Seetõttu suureneb õnnetuste oht majandusliku surve suurenemisel ja vajadusega hõlvamist kiirendada. Aja jooksul puuraukude lisamisel on vaja suuremaid järelevalvealaseid jõupingutusi.

Mõned riskid on ometi paratamatult omased kontrollimatule purustamisele, mille tulemuseks on purustamisvedeliku või isegi maagaasi kontrollimatu liikumine. Näiteks on hästi teada, et väikeseid maavärinaid tekitab hüdrauliline purustamine, mis võib juhtida gaasi või vedelikku läbi „loomulikult tekitatud" lõhede.

USA kogemus näitab, et tegelikkuses juhtub palju õnnetusi. Liiga sageli peavad ametiasutused ettevõtjaid rikkumiste eest trahvima. Õnnetusi põhjustavad osaliselt lekkivad või rikkis seadmed, osaliselt halvad tavad kulude ja aja säästmiseks, osaliselt puuraukude ebaprofessionaalne manteldamine ning osaliselt põhjavee saastamine avastamata lekete kaudu.

Ajal, mil edasises tegevuses on kesksel kohal jätkusuutlikkus, tasub küsida, kas peaks lubama toksiliste kemikaalide süvainjektsiooni geoloogilistesse kihtidesse või kas see tuleks ära keelata, sest selline tegevus piiraks või välistaks saastunud kihi igasuguse hilisema (nt geotermilise) kasutamise ja selle pikaajalist mõju ei uurita. Aktiivses kildagaasi ammutamise kohas pumbatakse maasse umbes 0,1–0,5 liitrit kemikaale ühe m^2 kohta.

Maagaasist pärinevad kasvuhoonegaaside heitkogused on tavaliselt väiksemad kui teistel fossiilkütustel, umbes 200 g CO_2-ekvivalenti kWh kohta Ühe puuraugu kohta väikese gaasitootmise, vabaneva metaani kao, hõlvamiseks vajalike suuremate jõupingutuste ning kogumistorude ja kompressorite väikese läbilaskevõime tõttu on kildagaasi kasutamise eriheitkogused suuremad kui konventsionaalsetel gaasiväljadel. Siiski ei saa USA tegevuse hinnanguid lihtsalt Euroopa tingimustesse üle kanda. Seni puudub projektiandmetel põhinev realistlik hinnang. Käesolevas uuringus läbi viidud hindamist võib pidada esimeseks sammuks sellise analüüsi suunas.

ELi praegune õigusraamistik nõuab keskkonnamõju hindamist ainult siis, kui uuritava puuraugu tootmismäär on suurem kui 500 000 m³ päevas. See piir on kindlasti liiga kõrge ja eirab tegelikkust, sest kildagaasi puuraukudest toodetakse tavaliselt alguses mitukümmend tuhat m³ päevas. Iga puuraugu puhul peaks olema kohustuslik keskkonnamõju hindamine üldsuse osavõtul.

Piirkondlikel asutustel peaks olema õigus keelata võimalik hüdrauliline purustamine nn tundlikel aladel (nt joogivee kaitsealad, külad, põllumaa jms). Samuti tuleks tugevdada piirkondlike asutuste autonoomiat ise otsustada, kas keelata või lubada oma territooriumil hüdraulilist purustamist.

Õli- ja gaasimaardlate uurimise ja tootmise praegused privileegid tuleks ümber hinnata, võttes arvesse järgmisi asjaolusid:

- gaasi tootmine on Euroopas mitu aastat tugevasti vähenenud ja 2035. aastaks väheneb see eeldatavasti veel 30% võrra või rohkemgi;
- aastani 2035 jätkub Euroopas eeldatavasti nõudluse kasv;
- kui need suundumused saavad tegelikkuseks, suureneb maagaasi importimine paratamatult veelgi;
- sugugi ei ole kindel, et täiendavalt oleks võimalik importida 100 miljardit m³ aastas või rohkem.

Mittekonventsionaalse gaasi varud Euroopas on liiga väikesed, et neid suundumusi oluliselt mõjutada. See on seda tõesem, et tüüpilise tootmisprofiili puhul on võimalik ammutada ainult teatud osa ressurssidest. Lisaks suureneb keskkonna-alaste kohustuste tõttu projektide maksumus ja viibib nende arendamine. See vähendab võimalikku mõju veelgi.

Ükskõik mis põhjustel lubatakse hüdraulilist purustamist, on põhjendus, et see aitab vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid, vaevalt üks neist. Otse vastupidi, on väga tõenäoline, et kui kildagaasi projektide investeeringutel üldse on mingit mõju gaasivarustusele, siis on see lühiajaline ja võib olla kahjulik, sest jätab mulje kindlast gaasivarustusest ajal, kui märguanne tarbijatele peaks olema vähendada sõltuvust säästmise, energiatõhususe meetmete ja alternatiivide abil.

SOOVITUSED

- Ei ole olemas kõikehõlmavat Euroopa kaevandusseadust sätestavat direktiivi. Puudub avalikult kättesaadav, kõikehõlmav ja üksikasjalik analüüs kildagaasi ja kinnisõli ammutamist reguleeriva Euroopa raamistiku kohta, mis tuleks välja töötada.
- Kildagaasi ja kinnisõli ammutamise keskset elementi hüdraulilist purustamist reguleeriv praegune ELi raamistik on mitmest aspektist puudulik. Kõige märkimisväärsem on asjaolu, et süsivesinike kaevandamisel kasutatava hüdraulilise purustamise kohta teostatavate keskkonnamõju hindamiste künnis on palju kõrgem kui ühegi teise sarnase võimaliku tööstustegevuse puhul ja seda tuleks järelikult palju alandada.
- Veepoliitika raamdirektiivi reguleerimisala tuleks ümber hinnata ja keskenduda eriti purustamistegevusele ja võimalikule mõjule, mida see avaldab pinnaveele.
- Olelusringi hindamise (LCA) raames võib põhjalik kulude-tulude analüüs olla vahendiks, millega hinnata üldist kasu ühiskonnale ja selle kodanikele. Välja tuleks töötada kõigis EL 27 riikides kohaldatav harmoniseeritud lähenemisviis, mille põhjal saavad vastutavad asutused teostada oma LCA hindamisi ja neid üldsusega arutada.
- Vaja oleks hinnata, kas toksiliste kemikaalide kasutamine süvainjektsioonis tuleks üldiselt keelata. Vähemalt tuleks kõik kasutatavad kemikaalid avalikustada, lubatud kemikaalide arvu piirata ja nende kasutamist jälgida. Euroopa tasandil tuleks koguda statistikat süvainjektsiooni koguste ja projektide arvu kohta.
- Piirkondlikke valitsusüksuseid tuleks tugevdada, et neil oleks võimalik võtta vastu otsuseid hüdraulilist purustamist hõlmavate projektide loa kohta. Otsuste langetamise protsessi peaks kohustuslikult kuuluma üldsuse osalemine ja LCA hindamised.
- Kui teatud projektile on luba antud, peaks olema kohustuslik pinnavee liikumise ja õhku eralduvate saasteainete seire.
- Euroopa tasandil tuleks koguda ja analüüsida statistikat õnnetuste ja kaebuste kohta. Kui projektidele on luba antud, peaks kaebusi koguma ja läbi vaatama sõltumatu asutus.
- Kuna hüdraulilise purustamise võimalik mõju ja ohud keskkonnale ja inimeste tervisele on olemuselt kompleksed, tuleks kaaluda uue Euroopa tasandi direktiivi väljatöötamist, mis reguleeriks kõikehõlmavalt selle valdkonna kõiki küsimusi.

REFERENCES

- Aduschkin V.V., Rodionov V.N., Turuntaev S., Yudin A. (2000). Seismicity in the Oilfields, Oilfield Review Summer 2000, Schlumberger, URL: http://www.slb.com/resources/publications/industry_articles/oilfield_review/2000/or2000sum01_seismicity.aspx
- AGS (2011). Arkansas Earthquake Updates, internet-database with survey of earthquakes in Arkansas, Arkansas Geololigical Survey. 2011. URL: http://www.geology.ar.gov/geohazards/earthquakes.htm
- Arthur J. D., Bruce P.E., Langhus, P. G. (2008). An Overview of Modern Shale Gas Development in the United States, ALL Consulting. 2008. URL: http://www.all-llc.com/publicdownloads/ALLShaleOverviewFINAL.pdf
- Anderson S. Z. (2011). Toreador agrees interim way forward with French Government in Paris Basin tight rock oil program. February 2011
- Arkansas (2011). Fayetteville Shale Gas Sales Information, Oil and Gas Division, State of Arkansas, URL: http://www.aogc.state.ar.us/Fayprodinfo.htm
- Arkansas Oil and Gas Commission. (2011). January 2011. URL: http://www.aogc.state.ar.us/Fayprodinfo.htm
- Armendariz Al (2009). Emissions from Natural Gas Production in the Barnett Shale Area and Opportunities for Cost-Effective Improvements, Al. Armendariz, Department of Environmental and Civil Engineering, Southern Methodist University, Dallas, Texas, ordered by R. Alvarez, Environmental Defense Fund, Austin, Texas., Version 1.1., January 26, 2009
- Arthur J. D., Bohm B., Coughlin B. J., Layne M. (2008). Hydraulic Fracturing Considerations for Natural Gas Wells of the Fayetteville Shale. 2008
- Blendinger W. (2011). Stellungnahme zu Unkonventionelle Erdgasvorkommen: Grundwasser schützen - Sorgen der Bürger ernst nehmen - Bergrecht ändern (Antr Drs 15/1190) - Öffentliche Anhörung des Ausschusses für Wirtschaft, Mittelstand und Energie am 31.05.2011. Landtag Nordrhein-Westfalen, 20. Mai 2011
- Bode, J. (2011). Antwort der Landesregierung in der 96. und 102. Sitzung des Landtages der 16. Wahlperiode am 21. Januar und 17. März 2011 auf die mündlichen Anfragen des Abgeordneten Ralf Borngräber (SPD) – Drs. 16/3225 Nr. 18 und 16/3395 Nr. 31. Niedersächsischer Landtag – 16. Wahlperiode, Drucksache 16/3591. April 2011
- BP (2010).BP Statistical Review of World Energy, June 2010. URL: http://www.bp.com
- Charpentier (2010). R.R. Charpentier, T. Cook, Applying Probabilistic Well-Performance Parameters to Assessments of Shale-Gas Resources, U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1151, 18p.
- Chesakeape (2010). Annual reports, various editions, Chesapeake corp., URL: http://www.chk.com/Investors/Pages/Reports.aspx
- Chesapeake Energy, Water use in deep shale gas exploration I, May 2011
- Chesapeake Energy, Water use in deep shale gas exploration II, May 2011
- Chon (2011). G. Chon, R.G. Matthews. BHP to buy Chesapeake Shale Assets, Wallstreet Journal, 22nd February 2011, URL: http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703800204576158834108927732.html

- COGCC (2007). Colorado Oil and Gas Conservation Commission, Oil and Gas Accountability Project
- COGCC Garfield Colorado County IT Department. Gas Wells, Well Permits&Pipelines, Including Public Lands, Western Garfield County, Colorado, Glenwood Springs, Colorado: Composed Utilizing Colorado Oil and Gas Conservation Commission Well Site
- Colborn T. (2007). Written testimony of Theo Colborn, PhD, President of TEDX, Paonia, Colorado, before the House Committee on Oversight and Government Reform, hearing on The Applicability of Federal Requirements to Protect Public Health and the Environment from Oil and Gas Development, October 31, 2007.
- Cook (2010). Cook, Troy and Charpentier, Assembling probabilistic performance parameters of shale-gas wells: US-Geological Survey Open-File Report 2010-1138, 17p.
- D.B. Burnett Global Petroleum Research Institute, Desalination of Oil Field Brine, 2006
- Duncan, I., Shale Gas: Energy and Environmental Issues, Bureau of Economic Geology, 2010
- EC 2010 Grantham: European Commission – Enterprise and Industry (Grantham J., Owens C., Davies E.) (2010). Improving Framework Conditions for Extracting Minerals for the EU. July 2010. URL: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/best-practices/sust-full-report_en.pdf [6.6.2011]
- EC 2010 MMM: European Commission, Sector "Mining, metals and minerals". Reference Documents. (last update: 31/10/2010). URL: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/metals-minerals/documents/index_en.htm [6.6.2011]
- EC 2011 MW: European Commission – Environment. Summary of EU legislation on mining waste, studies and other relevant EU legislation. Last updated: 18/02/2011, URL: http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/legis.htm [6.6.2011]
- EC 2011 S: European Commission – Environment, Last updated: 19/01/2011, URL: http://ec.europa.eu/environment/seveso/review.htm [5.6.2011] Review of Seveso II until June 2015
- EC BREF: EC European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ [6.6.2011]
- EC LCA: European Commission – Joint Research Centre – Institute for the Environment and Sustainability: Life Cycle Thinking and Assessment. URL: http://lct.jrc.ec.europa.eu/index_jrc [16.6.2011]
- EC NEEI: European Commission (2010). Natura 2000 Guidance Document. Non-endergy mineral extraction and Natura 2000. July 2010. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/neei_n2000_guidance.pdf [16.6.2011]
- EIA cod: Publications Office of the European Union (2009). Council Directive of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment – including amendments. This document is meant purely as a documentation tool and the institutions do not assume any liability for its contents. June 2009. URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1985L0337:20090625:EN:PDF [10.6.2011]

- EPA (2005). The relevant section 322 in the Energy Policy Act of 2005 explicitely states: ”Paragraph (1) of section 1421(d) of the Safe Drinking Water Act (U.S.C. 300h(d)) is amended to read as follows: (1) Underground injection. – The term underground injection – (A) means the subsurface emplacement of fluids by well injection; and (B) excludes – (i) the underground injection of natural gas for purposes of storage; and (ii) the underground injection of fluids or propping agents (other than diesel fuels) pursuant to hydraulic fracturing operations related to oil, gas, or geothermal production activities.” (see Public law 109 – 58 Aug 8 2005; Energy Policy Act of 2005, Subtitle C Production, Section 322, Page 102.
- EPA (2009). Discovery of “fracking” chemical in water wells may guide EPA review, Inside EPA, Environmental Protection Agency, August 21, 2009,
- Ernst&Young (2010) The global gas challenge, Ernst&Young, September 2010, page 4, URL: http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/The_global_gas_challenge_2010/$FILE/The%20global%20gas%20challenge.pdf
- ExxonMobil (2010) H. Stapelberg. Auf der Suche nach neuem Erdgas in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, Presentation at a hearing on a side event of the German Parliamentm, organized by the Bündnis90/Die Grünen, Berlin, 29th October 2010
- Gény (2010). Florence Gény (2010). Can Unconventional Gas be a Game Changer in European Gas Markets? The Oxford Institute for Energy Studies, NG 46, December 2010.
- Goodman W. R., Maness T. R. (2008). Michigan’s Antrim Gas Shale Play—A Two-Decade Template for Successful Devonian Gas Shale Development. September 2008
- Goodrich (2010) Goodrich Petroleum Corporation Presentation at the IPAA oil and gas investment symposium, New York, New York, 11th April 2010, URL: http://www.goodrichpetroleum.com/presentations/April2010.pdf
- Grieser B., Shelley B. Johnson B.J., Fielder E.O., Heinze J.R., and Werline J.R. (2006). Data Analysis of Barnett Shale Completions: SPE Paper 100674
- Hackl (2011). Personal communication with the responsible employee of a huge European reinsurance company. March 2011.
- Harden (2007). Northern Trinity/Woodbine GAM Assessment of Groundwater Use in the Northern Trinity Aquifer Due to Urban Growth and Barnett Shale Development, prepared for Texas Water Development Board, Austin Texas, TWDB Contract Number: 0604830613, URL: http://rio.twdb.state.tx.us/RWPG/rpgm_rpts/0604830613_BarnetShale.pdf
- Hejny H., Hebestreit C. (2006). EU Legislation and Good Practice Guides of Relevance for the EU Extractive Industry. December 2006. URL: http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/taiex/presentations/Paper%20Hejny%20TAIEX%202006%20Tallinn.pdf [6.6.2011]
- Howarth B., Santoro R., Ingraffea T. (2011) Developing Natural Gas in the Marcellus and other Shale Formations is likely to Aggravate Global Warming. March 2011
- Ineson, R. (INGAA Foundation) Changing Geography of North American Natural Gas, April 2008, Page 6]

- Kim Y.J., Lee H.E., Kang S.-A., Shin J.K., Jung S.Y., Lee Y.J. (2011). Uranium Minerals in black shale, South Korea, Abstract of Presentation to be held at the Goldschmidt 2011 Conference, Prague, August 14-19, URL: http://www.goldschmidt2011.org/abstracts/originalPDFs/4030.pdf
- Kohl (2009). The Paris oil shale basin – Hype or Substance?, K. Kohl, Energy and Capital, 23rd November 2009, URL: http://www.energyandcapital.com/articles/paris-basin-oil-shale/1014
- Korn (2010). Andreas Korn, Prospects for unconventional gas in Europe, Andreas Korn, eon-Ruhrgas, 5th February 2010, URL: http://www.eon.com/de/downloads/ir/20100205_Unconventional_gas_in_Europe.pdf
- Kullmann U. (Federal Ministry of Economics and Technology) (2006). European legislation concerning the extractive industries. URL: http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/taiex/presentations/European%20legislation%202006.pdf [6.6.2011]
- Kummetz D., Neun Lecks – null Information (nine leaks, zero information), taz, January 10, 2011, URL: http://www.taz.de/1/nord/artikel/1/neun-lecks-null-information/
- Laherrere (2011) Laherrère J.H. 2011 «Combustibles fossiles: donnees, fiabilite et perspectives» Ecole Normale Superieure CERES-04-02 Choix energetiques Paris 7 avril. URL : http://aspofrance.viabloga.com/files/JL_ENS_avril2011.pdf
- Leteurtrois J.-P., J.-L. Durville, D. Pillet, J.-C. Gazeau (2011). Les hydrocarbures de roche-mère en France, Rapport provisoire, Conseil général de l'énergie et des technologies, CGEIT n° 2011-04-G, Conseil général de l'énvironment et du développement durable, CGEDD n° 007318-01
- Lobbins C. (2009). Notice of violation letter from Craib Lobbins, PA DEP Regional Manager, to Thomas Liberatore, Cabotr Oil& Gas Corporation, Vice President, February 7, 2009.
- Louisiana Department of Natural Resources (LDNR). Number of Haynesville Shale Wells by Month. June 2011
- Lustgarten A. (2008). Buried Secrets: Is Natural Gas Drilling Endangering U.S.Water Supplies?, Pro Publica,November 13, 2008.
- Michaels, C., Simpson, J. L., Wegner, W. (2010). Fractured Communities: Case Studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling. September 2010
- NDR (2011). Grundwasser von Söhlingen vergiftet? News at Norddeutscher Rundfunk, January 10, 2011, 18.25 p.m., URL: http://www.ndr.de/regional/niedersachsen/heide/erdgas109.html
- New York City Department of Environmental Protection (NYCDEP). (2009). Rapid Impact Assessment report: Impact Assessment of Natural Gas Production in the New York City Water Supply Watershed. September 2009
- NGE 2011: Natural Gas for Europe, URL: http://naturalgasforeurope.com/shale-gas-regulatory-framework-work-progress.htm [6.6.2011]
- Nonnenmacher P. (2011). Bohrungen für Schiefergas liessen die Erde beben, Basler Zeitung, June 17, 2011.
- Nordquist (1953). "Mississippian stratigraphy of northern Montana", Nordquist, J.W., Billings Geological Society, 4th Annual Field Conference Guidebook, p. 68–82, 1953

- NYC Riverkeeper, Inc. (2010). Fractured Communities – Case Studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling. p. 13. September 2010. URL: http://www.riverkeeper.org/wp-content/uploads/2010/09/Fractured-Communities-FINAL-September-2010.pdf [16.6.2011]
- ODNR (2008). Report on the Investigation of the Natural Gas Invasion of Aquifers in Bainbridge Township of Geauga County, Ohio. Ohio Department of Natural Resources, Division of Mineral Resources Management, September 1, 2008.
- OGP International Association of Oil & Gas Producers (2008). Guidelines for the management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry. September 2008
- Ohio Department of Natural Resources (ODNR), Division of Mineral Resources Management. (2008). Report on the Investigation of the Natural Gas Invasion of Aquifers in Bainbridge Township of Geauga County, Ohio. September 2008
- Osborn St. G., Vengosh A., Warner N. R., Jackson R. B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. April 2011
- PA DEP (2009). Proposed Settlement of Civil Penalty Claim, Permit Nos. 37-125-23165-00, Pennsylvania Department of Environmental Protection, September 23, 2009, URL: http://s3.amazonaws.com/propublica/assets/natural_gas/range_resources_consent_assessment090923.pdf
- PA DEP (2010). Department of Environmental Protection fines Atlas $85000 for Violations at 13 Well sites, January 7, 2010, URL: http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/newsroom/14287?id=2612&typeid=1
- Papoulias F. (European Commission, DG Environment) (2006). The new Mining Waste Directive towards more Sustainable Mining. November 2006. URL: http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/taiex/presentations/Mining%20waste%20dir%20-%20Tallinn%2030-11-06.pdf [6.6.2011]
- Patel 2011. French Minister Says "Scientific" Fracking Needs Struict Control, Tara Patel, Boloombnerg News, 1st June 2011, see at http://www.bloomberg.com/news/2011-06-01/french-minister-says-scientific-fracking-needs-strict-control.html
- Penn State, College of Agricultural Science. (2010). Accelerating Activity in the Marcellus Shale: An Update on Wells Drilled and Permitted. May 2010. URL: http://extension.psu.edu/naturalgas/news/2010/05/accelerating-activity
- Petroleum Technology Alliance Canada (PTAC). (2011). Evolving Water Use Regulations British Columbia Shale Gas. 7th Annual Spring Water Forum May 2011
- Pickels, M. (2010). Moon's Atlas Energy Resources fined $85K for environmental violations, January 09, 2010, URL: http://www.pittsburghlive.com/x/dailycourier/s_661458.html#ixzz1Q1X8kCXz
- PLTA (2010). Marcellus Shale Drillers in Pennsylvania Amass 1614 Violations since 2008, Pennsylvania Land Trust Association (PLTA), September 1, 2010, URL: http://conserveland.org/violationsrpt
- Quicksilver. (2005). The Barnett Shale: A 25 Year "Overnight" Success. May 2005
- Raestadt (2004). Nils Raestadt. Paris Basin – The geological foundation for petroleum, culture and wine, GeoExpoPro June 2004, p. 44-48, URL: http://www.geoexpro.com/sfiles/7/04/6/file/paris_basin01_04.pdf

- Resnikoff M. (2019). Memo. June 2010. URL: http://www.garyabraham.com/files/gas_drilling/NEWSNY_in_Chemung/RWMA_6-30-10.pdf
- RRC (2011) see Texas Railroad Commission (2011)
- Safak S. (2006). Discussion and Evaluation of Mining and Environment Laws of Turkey with regard to EU Legislation. September 2010. URL: http://www.belgeler.com/blg/lgt/discussion-and-evaluation-of-mining-and-environment-laws-of-turkey-with-regard-to-eu-legislation-turk-maden-ve-cevre-kanunlarinin-avrupa-birligi-mevzuatiyla-karsilastirilmasi-ve-degerlendirilmesi [6.6.2011]
- Schaefer (2010). Keith Schaefer, The Paris Basin Oil Shale Play, Oil and Gas Investments Bulletin, 30th December 2010, see at http://oilandgas-investments.com/2010/investing/the-paris-basin-oil-shale-play/
- Schein G.W., Carr P.D., Canan P.A., Richey R. (2004). Ultra Lightweight Proppants: Their Use and Application in the Barnett Shale: SPE Paper 90838 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 26-29 September, Houston, Texas.
- Schuetz M (European Commission: Policy Officer Indigenous Fossil Fuels) (2010). Schiefergas: Game-Changer für den europäischen Gasmarkt? October 2010
- SDWA (1974). Safe Drinking Water Act, codified generally at 42 U.S.C. 300f-300j-25, Public Law 93-523, see art. 1421(d).
- SGEIS (2009) Supplemental Generic Environmental Impact Statement (SGEIS) prepared by the New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC), Division of Mineral Resources on the Oil, Gas and Solution Mining Regulatory Program, Well Permit Issuance for Horizontal Drilling and High-Volume Hydraulic Fracturing to Develop the Marcellus Shale and Other Low-Permeability Gas Reservoirs, Draft September 2009, URL: http://dec.ny.gov/energy/45912.html, and Final Report 2010, URL: http://www.dec.ny.gov/energy/47554.html
- Stapelberg H. H. (2010). Auf der Suche nach neuem Erdgas in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Oktober 2010
- Sumi L. (2008). Shale gas: focus on Marcellus shale. Report for the Oil & Gas Accountability Project/ Earthworks. May 2008
- Swanson V.E. (1960). Oil yield and uranium content of black shales, USGS Series Numbered No. 356-A, URL: http://pubs.er.usgs.gov/publication/pp356A
- Sweeney M. B, McClure S., Chandler S., Reber C., Clark P., Ferraro J-A., Jimenez-Jacobs P., Van Cise-Watta D., Rogers C., Bonnet V., Shotts A., Rittle L., Hess S. (2010). Marcellus Shale Natural Gas Extraction Study - Study Guide II - Marcellus Shale Natural Gas: Environmental Impact. January 2010
- Talisman (2011). A list of all notices of violations by Talisman received from the PA DEP, are listed at URL: http://www.talismanusa.com/how_we_operate/notices-of-violation/how-were-doing.html
- TCEQ (2010). Health Effects Review of Barnett Shale Formation Area Monitoring Projects including Phase I (August 24-28, 2009), Phase II (October 9-16, 2009), and Phase III (November 16-20, 2009): Volatile Organic Compound (VOCs), Reduced Sulfur Compounds (RSC), Oxides of Nitrogen (NOx), and Ifrared(IR) Camera Monitoring, Interoffice Memorandum, Document Number BS0912-FR, Shannon Ethridge, Toxicology Division, Texas Commission on Environmental Quality, January 27, 2010.

- Teßmer D. (2011). Stellungnahme Landtag NRW 15/621 zum Thema: "Unkonventionelle Erdgasvorkommen: Grundwasser schützen – Sorgen der Bürger ernst nehmen – Bergrecht ändern". Report on legal framework concerning exploitation of shale gas. May 2011.
- Texas Rail Road Commission (RRC). (2011). URL: http://www.rrc.state.tx.us/
- Thonhauser (2010): G. Thonhäuser. Presentation at the Global Shale Gas Forum, Berlin, 6-8th September 2010, Cited in "The Drilling Champion of Shale gas", Natural Gas for Europe, URL: http://naturalgasforeurope.com/?p=2342
- Thyne G. (2008). Review of Phase II Hydrogeologic Study, Prepared for Garfield County, December 20, 2008, URL: http://cogcc.state.co.us/Library/Presentations/Glenwood_Spgs_HearingJuly_2009/GlenwoodMasterPage.html
- Tiess G. (2011). Legal Basics of Mineral Policy in Europe – an overview of 40 countries. Springer, Wien, New York.
- Total (2011). The main sources of unconventional gas, internet presentation of Total. URL: http://www.total.com/en/our-energies/natural-gas-/exploration-and-production/our-skills-and-expertise/unconventional-gas/specific-fields-201900.html [15.06.2011]
- United States Environmental Protection Agency (EPA), Office of Research and Development. (2011). Draft Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources. February 2011
- US EIA, (2011). World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the US, US- Energy Information Administration, April 2011. URL: http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/?src=email
- UWS Umweltmanagement GmbH. All relevant legislation on german and european level concerning environmental protection, security at work, emissions, etc. URL: http://www.umwelt-online.de/recht/wasser/ueber_eu.htm [6.6.2011]
- Waxman H., Markey E., DeGette D. (United States House of Representatives Committee on Energy and Commerce) (2011). Chemicals Used in Hydraulic Fracturing. April 2011. URL: http://democrats.energycommerce.house.gov/sites/default/files/documents/Hydraulic%20Fracturing%20Report%204.18.11.pdf [6.6.2011]
- Weber L. (2006). Minerals Policy in Austria in the Framework of EU Legislation. Presentation at TAIEX-Meeting Tallinn 2006. URL: http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/taiex/presentations/Taiex_tallinn_weber.pdf [6.6.2011]
- WEC (2010). 2010 Survey of Energy Resources, World Energy Council, London, 2010, URL: www.worldenergy.org
- WEO (2011). World Energy Outlook 2011, special report: Are we entering a golden age of gas?, International Energy Agency, Paris, June 2011, URL: http://www.worldenergyoutlook.org/golden_age_gas.asp
- Witter R., Stinson K., Sackett H., Putter S. Kinney G. Teitelbaum D., Newman L. (2008). Potential Exposure-Related Human Health Effects of Oil and Gas Development: A White Paper, University of Colorado Denver, Colorado School of Public Health, Denver, Colorado, and Colorado State University, Department of Psychology, Fort Collins, Colorado, September 15, 2008.

- Wolf (2009). Town of Dish, Texas, Ambient Air Monitoring Analysis, Final Report, prepared by Wolf Eagle Environmental, September 15, 2009, URL: www.wolfeagleenvironmental.com
- Wood R., Gilbert P., Sharmina M., Anderson K. (2011). Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. January 2011
- Zeeb H., Shannoun F. (2009). WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. World Health Organization (WHO) 2009

ANNEX: CONVERSION FACTORS

Table: United States customary units

Unit	SI Equivalent
1 inch (in)	2.54 cm
1 foot (ft)	0.3048 m
1 yard (yd)	0.9144 m
1 mile (mi)	1.609344 km
1 square survey foot (sq ft) or (ft^2)	0.09290341 m^2
1 acre	4046.873 m^2
1 cubic foot (cu ft) or (ft3)	28.31685 L
1 cubic yard (cu yd) or (yd3)	0.7645549 m^3
1 acre-foot (acre ft)	1233.482 m^3
1 US gallon (gal)	3.785412 L
1 oil barrel (bbl)	158.9873 L
1 bushel (bu)	35.23907 L
1 pound (lb)	453.59237 g
1 (short) ton	907.18474 kg
Fahrenheit (F)	(5/9) * (F – 32)° C
1 British thermal unit (BTU) or (Btu)	1055.056 J

Source: http://en.wikipedia.org/wiki/US_units_of_measurement

EUROOPA PARLAMENT

SISEPOLIITIKA PEADIREKTORAAT

POLIITIKAOSAKOND A
MAJANDUS- JA TEADUSPOLIITIKA

Roll

Poliitikaosakonnad on uurimisüksused, mis jagavad spetsialistide nõuandeid parlamendikomisjonidele, parlamentidevahelistele delegatsioonidele ja teistele parlamendi organitele.

Poliitikavaldkonnad

- Majandus- ja rahanduskomisjon
- Tööhõive- ja sotsiaalkomisjon
- Keskkonna-, rahvatervise ja toiduohutuse komisjon
- Tööstuse, teadusuuringute ja energeetikakomisjon
- Siseturu- ja tarbijakaitsekomisjon

Dokumendid

Külastage Euroopa Parlamendi veebilehte:
http://www.europarl.europa.eu/studies

FOTO ALLIKAS:
iStock International Inc.