

FRACKING

HIDRAVLIČNO

LOMLJENJE

BESEDILO: SAŠO AVSEC

Kokosovo mleko z lahkoto izsesamo iz kokosovega oreha. Če nam uspe prevrtati trdo lupino, potisnemo skozi slamico in z blagim podtlakom izsesamo sladko tekočino. Drugače je s pomarančo. Vanjo sicer z lahkoto zapičimo slamico, soka iz nje pa ne moremo sesati. Ujet je namreč v množico prepletenih por, med katerimi se le s težavo pretaka. Poleg tega slamica stisne pore neposredno okrog nje in jih dodatno zatesni. Sok lahko iz pomaranče dobimo le tako, da jo pritisnemo ob ožemalnik in z njim razdrobimo celice, v katere je ujet.

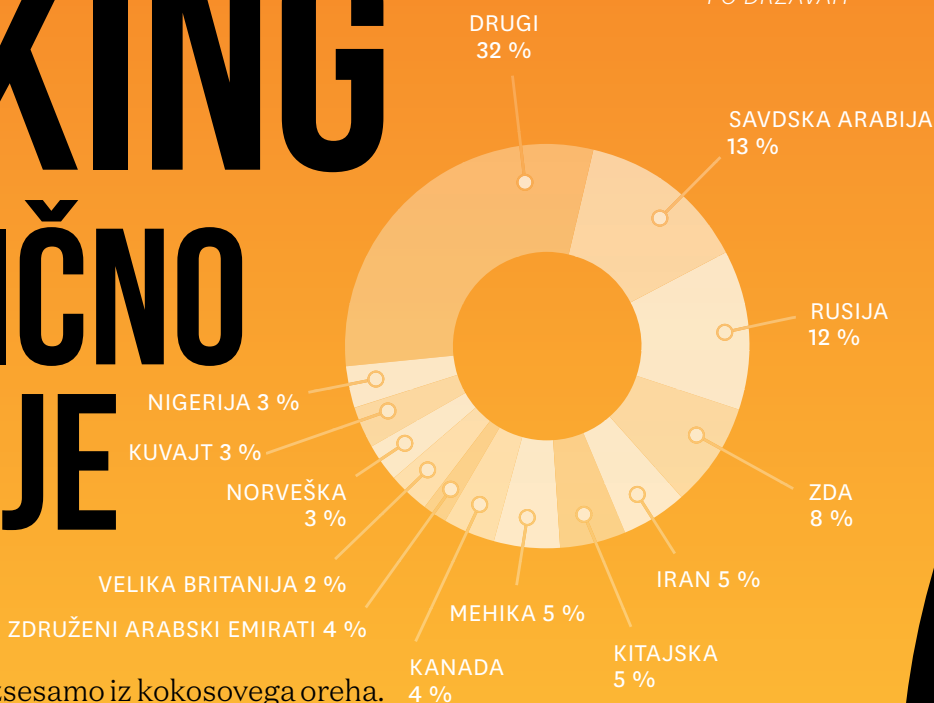
Naš veliki sadež, Zemlja, ponuja različne sokove, ki so v njej shranjeni na različne načine. Nekateri sami pritečejo na površje. Potočki so voda, ki si je sama našla pot iz podzemnega ujetništva. Na podoben način se ponekod pojavi nafta, pa tudi zemeljski plin na mnogih mestih uhaja skozi razpoke in se dviga v atmosfero. Če je nafta ujeta med dva neprepustna sloja kamnin, podobno kot mleko v kokosu, ni večjih težav. Geologi naredijo navpično vrtno in skozi izčrpavajo črno zlato. Pogosto pa je nafta v Zemlji shranjena drugače: ujeta je med množico drobnih neprepustnih plasti kamnin, podobno kot sok v pomaranči. Tudi če izvrtajo

vrtno v središče takšnega nahajališča, je pretakanje nafte iz okolice tako počasno, da črpanje nima nobenega smisla.

S to težavo so se srečali geologi že kmalu po pojavu avtomobilov, ko je nafta postala iskana in cenjena tekočina. Misel, da bi nafti nekako utrli in olajšali pot do črpalne cevi, se je pojavila že med 2. svetovno vojno. Prve resnejše poskuse so v ZDA opravili leta 1947, leta 1950 pa so metodo že komercialno uporabljali pri pridobivanju nafte.

Metodo za stimuliranje naftnih virov, ki pospeši pretok nafte do črpalnih cevi, so poimenovali hidravlično lomljenje (hydraulic fracturing, hydrofracking ali fracking). Z močnimi črpalkami v

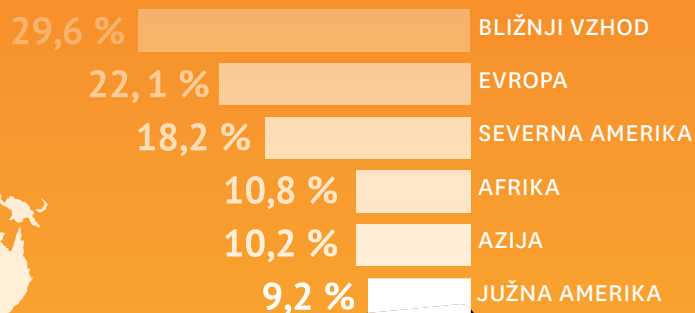
DELEŽ NAČRPANE NAFTE
PO DRŽAVAH



SAŠO AVSEC je po izobrazbi fizik.

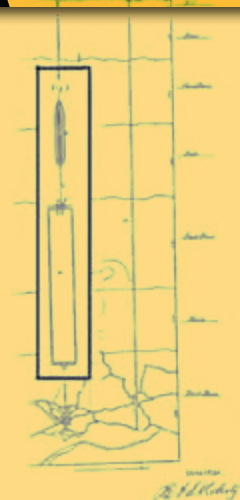
»Fizika je proučevanje narave in njenega manjšega dela, človeške družbe. Skrita je pravzaprav v vsem, kar nas obdaja,« pravi avtor, ki za Geo piše od samega začetka, celega četrta stoletja.

DELEŽ NAČRPANE NAFTE PO KONTINENTIH



EKSPLOZIVNI TORPEDO (1885)

*E. A. L. Roberts Torpedo
Patent - Patent No. 1865*



PRVI POSKUSI

Metode za lomljenje skal v rudnikih so uporabljali že pred izumom dinamita, z njim pa so se močno razmahnilo. Z nitroglicerinom in pozneje dinamitom so razstreljevali podzemne žilne sloje rudnin ali premoga. Polkovnik Edward A. L. Roberts je leta 1865 v ZDA prejel patent za svoj eksplozivni torpedo, ki je lahko lomil vojaško opremo pa tudi podzemne kamnine. Na njegovi podlagi so nastali postopki za izkoriščanje vodnih in naftnih virov. V letih po 1930 so kemiki preizkusili metodo, pri kateri so s kislino jedkali podzemne žile in ustvarjali umetne poti za pretakanje nafte. Tako nastale razjede so močno povečale produktivnost črpališča oz. količino načrpane nafte v določenem času.

Zvezo med tlakom tekočine in obnašanjem podzemnega nahajališča je podrobneje proučeval ameriški raziskovalec Floyd Farris pri podjetju Stanolind Oil and Gas Company in na podlagi te študije so leta 1947 v ameriški državi Kansas opravili prvi poskus. Skozi vrtno so v apnenčasti sloj, bogat z zemeljskim plinom, v globino 730 m vbrižgali 3800 litrov želiranega kerozina in rečnega peska. Poskus sicer ni bil posebno uspešen, saj se izdatnost vira ni znatno spremenila, je pa na njegovi podlagi podjetje Halliburton Oil Well Cementing Company leta 1949 pridobilo patent. Prva resna posega sta bila opravljena marca 1949 v Oklahomi in Teksasu, uspeh pa je bil nad pričakovanjem. Sledile so druge države. V Sovjetski zvezi so prvo hidravlično lomljenje opravili leta 1952, sledile pa so številne države, npr. Norveška, Poljska, Češka, Jugoslavija, Madžarska, Avstrija, Francija, Italija, Bolgarija, Romunija, Turčija, Tunizija in Alžirija.

DODANE KEMIKALE

Za prilagajanje lastnosti lomilne tekočine specifičnim zahtevam ji dodajo približno 12 različnih kemičnih aditivov, ki predstavljajo do 0,5 odstotka celotne mase vode. Čeprav v lomilno tekočino navadno dodajajo od 3 do 15 kemičnih aditivov, nobena od teh snovi ni izrazito strupena ali nevarna. Seveda umremo, če pojemo 4 kg kuhinjske soli ali če popijemo 2 litra čiste citronske kisline. Če pa ju uporabimo ravno prav, dobimo juho ali limonado. Vse od naštetih snovi srečujemo v vsakdanjem življenju in jih imamo celo doma. Čeprav obstajajo tudi nekonvencionalne lomilne tekočine, tipični kemični aditivi lahko vsebujejo eno ali več naslednjih snovi:

HCl	je kislina, ki v začetni stopnji lomljenja čisti obstoječe razpoke in omogoči začetno cepljenje v kamninah neposredno ob vrtini.
NaCl	je sol, ki upočasnjuje razpadanje polimernih verig v gelu in ohranja njegovo viskoznost.
Poliakrilamid	je organska snov, ki zmanjšuje trenje tekočine v cevi in odpravlja turbulence, s čimer se zmanjša potrebna moč črpalke.
Etilenglikol	preprečuje nalaganje luskastih apnenčastih oblog na notranjih stenah cevi.
Borove soli	ohranjajo viskoznost tekočine pri povišani temperaturi, ki vlada v globini.
Natrijev in kalijev karbonat	vzdržujeta prečne vezi med polimernimi molekulami v gelih in preprečujeta zmanjšanje viskoznosti tekočine.
Glutaraldehyd	uničuje bakterije v lomilni tekočini in je namenjen za dezinfekcijo.
Guarova guma	in druge vodotopne želirne snovi povečajo viskoznost lomilne tekočine, s čimer je dovajanje podporne snovi učinkovitejše.
Citronska kislina	preprečuje korozijo vrtalne in črpalne opreme, npr. cevi in vrtalnih glav.
Izopropanol	preprečuje zmrzovanje vode, če vrtanje poteka pozimi ali v hladnem okolju.

HIDRAVLIČNO LOMLJENJE srečujemo tudi v vsakdanjem življenju. Zaradi njega razpadajo strešniki, odpada omet s pročelij ali se kruši barva z avtomobilov. V drobne pore v snovi pronica voda. Če zmrzne, se njena prostornina poveča za 10 odstotkov in zaradi velikega tlaka, ki ga ustvari led, nekoliko poveča razpoko. Naslednjič se vanjo vrine za 10 odstotkov več vode. To poteka, dokler se napadena snov ne odlomi ali odkruši.

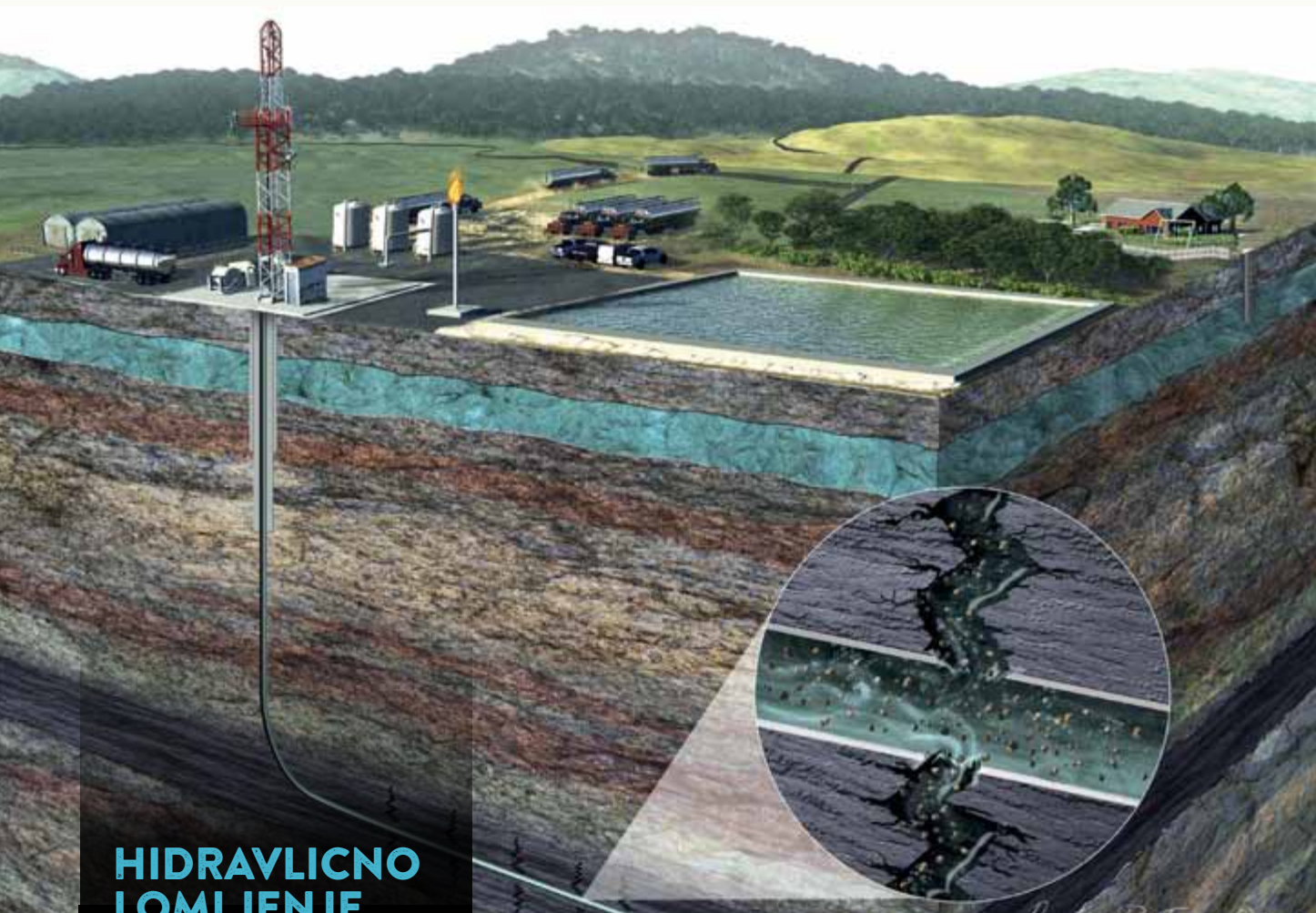
slabo prepustne podzemne sloje, bogate z nafto, vbrizgavajo vodo pri dovolj visokem tlaku, da kamnina razpoka. Tako ustvarijo množico drobnih razpok, skozi katere se nafta pretaka dovolj hitro, da je črpanje ekonomsko smiselno. Da lahko nafta izteka, je treba izčrpati vodo. A ko vode ni več, tudi tlaka, ki razpira kamnine, ni več. Kamnine se zaradi teže slojev nad njimi ponovno stisnejo in zaprejo podzemne razpoke. Zato v vodo dodajajo zrna različnih snovi, ki se zataknejo v podzemnih razpokah in preprečijo njihovo zapiranje. Ti učinkujejo podobno kot podporni stebri v premogovih rudni-

kih – preprečijo zapiranje in posedanje kamnin. Za podpornike navadno uporabijo kremenčev pesek ali aluminijev oksid, v zadnjem času pa tudi vrsto umetnih snovi.

Lomilna tekočina, ki jo vbrizgavajo v kamnine, je navadno voda, v zadnjem času pa pogosto gel organskih snovi ali metanol. V nekaterih primerih v zmes dodajajo gel, peno ali stisnjene pline, npr. dušik, zrak ali CO₂. Navadno 90 odstotkov vbrizgane tekočine predstavlja voda, 9,5 odstotka je podpora snov (pesek), do 0,5 odstotka pa je kemičnih aditivov, ki prilagodijo lastnosti tekočine specifičnim zahtevam. V zadnjih letih so razvili lomilne tekočine, katerih glavna sestavina je utekočinjen naftni plin (UNP) ali propan, in v njih voda ni potrebna.

Do danes so na svetu opravili skoraj 3 milijone posegov s hidravličnim lomljenjem. Največ, približno tretjino, jih je bilo v ZDA, kjer so si s to metodo zagotovili razmeroma cenene in zanesljive vire tekočih energentov iz naftnih skrilavcev.

Zgodnje tehnike hidravličnega lomljenja so bile precej uspešne, kljub temu da so v vrtine vbrizgavali razmeroma majhno količino vode. Po letu 1968 so se pojavile tehnike, pri katerih v vrtino vbrizgajo več kot 150 m³ tekočine. Imenujejo jih visokovolumsko ali masivno hidravlično lomljenje. Ameriški geologi so jih razvili za črpanje plina iz peščenjakov, ki imajo zelo majhno prepustnost (manj kot 0,1 milidarcija), zato kljub velikim zalogam plina nje-govo črpanje ni bilo ekonomično. Od leta 1973 so z masivnim hidravličnim lomljenjem za črpanje usposobili na tisoče plinskih vrtin na zahodu ZDA. Cena zemeljskega plina je zato dramatično padla. Pozneje so to tehniko



HIDRAVLICNO LOMLJENJE

Prerez kamninskega sloja med hidravličnim lomljenjem s tekočino, ki jo včrpavajo s površine. Mešanica peska, vode in kemičnih dodatkov z velikim tlakom doteka v vodoravne sloje kamnin, kjer nastajajo razpoke. Pesek zagotovi, da se nastale razpoke ne zaprejo, tako da plin ali nafta lahko pronicata v črpalno cev (v krogu), od koder ju izčrpajo na površje.

NICOLLE R. FULLER/SCIENCE PHOTO LIBRARY

uporabili v Kanadi, Nemčiji in na Nizozemskem, pa tudi v podmorskih vrtnah Severnega morja, ki jih izkorišča Velika Britanija.

Druga tehnika, ki se je pojavila okrog leta 1990, je bilo horizontalno vrtnanje. Klasično vrtnanje poteka tako, da operaterji sestavljajo zaporedje togih, neupogljivih cevi in z njimi vrtajo navpično v globino. Novejše vrtalne cevi so upogljive, vrtalno glavo pa je mogoče

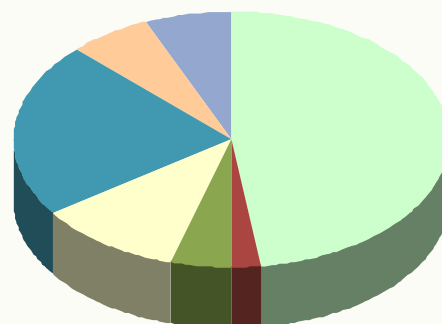
krmiti v globini. Glava se sprva spušča navpično do izbrane globine, nato pa zavije vstran in potuje vodoravno. Horizontalne vrtine so učinkovitejše pri pridobivanju nafte iz goste krede. Sedimentna ležišča so pogosto skoraj vodoravni sloji apnenčastih usedlin, v katerih je stisnjena nafta. Geologi pridejo do njega navpično, nato pa po njem potujejo vodoravno. Tako povečajo stično površino med črpalno cevjo in sloji, ki so bogati z nafto.

TEHNIKA

Za hidravlično lomljenje so potrebne močne črpalke, ki lomilno tekočino potisnejo v ciljne geološke plasti. Pretok in tlak tekočine morata biti dovolj velika, da premagata tlak okoliške kamnine, ki je posledica mase snovi nad njo. V kamninah nastajajo razpoke in skozi nje vdira nova tekočina, ki jo dovajajo črpalke. Ob vsaki nastali razpoki se prostornina razpok poveča, zato tlak hitro pade in črpalka mora dovesti

PORAZDELITEV PLINA IZ SKRILAVCEV V ZAHODNI EVROPI

DRILLINGCONTRACTOR.ORG





OPREMA ZA HIDRAVLICNO LOMLJENJE

je podobna tisti, s katero opravljajo geološke raziskave ali črpajo vodo. Poleg nje so potrebne še močne črpalke, ki hidravlično tekočino potiskajo v globino. WPA POOL/GETTY IMAGES

novo tekočino. V njej so podporne snovi (zrna peska, keramika), ki preprečijo, da se razpoke po izčrpanju vode zaprejo in žile zamašijo. Tako podprte razpoke so dovolj prepustne, da omogočajo pretakanje zemeljskega plina in nafte, pa tudi vode in hidravlične lomilne tekočine v vrtino, od koder jo lahko izčrpajo.

Hidravlično lomljenje se uporablja tudi pri pridobivanju pitne vode, za povečanje pretoka vroče vode, ki poganja geotermalne elektrarne, ali za izdelavo odlagališč za tekoče odpadke.

Med procesom nekaj lomilne tekočine uide v prepustno okoliško kamnino. To uhajanje poskušajo preprečiti, saj z njim izgubljajo lomilno tekočino, onesnažujejo okolje in zmanjšajo učinkovitost vrtine. Z različnimi metodami mašijo in zapirajo neželene razpoke ob strani vrtine.

Kopremi za hidravlično lomljenje v naftnih in plinskih poljih spada mešalnik, ki v vodo dodaja ustrezno količino podporne snovi in potrebne kemične snovi. Črpalke so navadno večstopenjske, saj morajo dosegati pretok do 250 litrov na sekundo in tlak do 1000 barov. Ta številka se sicer zdi orjaška, saj takšen tlak vlada v puškini ali topovski cevi ob strelu. V resnici pa ima tlak v hidravliki drugačne lastnosti kot v plinih. Če tekočino v zaprti posodi le malo stisnemo, v njej osupljivo naraste tlak. A že majhna luknjica tekočini omogoči odtekanje in tlak hipoma pade. Hidravlični tlak ne razstreljuje kot npr. tlak dimnih plinov iz smodnika, pač pa le počasi širi in lomi. Tlak v vodovodni napeljavi znaša od 4 do 10 barov, v visokotlačnem čistilniku do 150 barov, vbrizgalni sistem sodobnih dizelskih motorjev pa dosega

tlak okrog 2000 barov. Kljub temu da se zdijo številke visoke, jih imamo vsak dan v neposredni bližini.

Na kraju vrtanja so potrebni še rezervoarji za tekočino, enota za shranjevanje podporne snovi (peska) in enota za dodajanje kemikalij. Vse to nadzirajo in spremljajo številni merilniki pretoka in gostote tekočine ter regulatorji tlaka.

Merjenje tlaka in hitrosti vbrizgavanja tekočine ni posebno zahtevno, saj so vse naprave na dosegu roke. Drugače je z merjenjem položaja in velikosti podzemnih razpok, ki so lahko do 6000 m globoko. Najpreprostejši način ocenjevanja je merjenje količine vode, ki so jo operaterji že stlačili pod zemljo. K temu pomagajo geološki podatki iz raznih virov in skupaj z njimi je mogoče oceniti dolžino in širino razpokanega območja, pa tudi prepustnost podzemnih kamnin.





Natančneje lahko razpoke opazujejo tako, da s tekočino vbrizgajo radioaktivne sledilnike, npr. nestabilne izotope, kot so tehnicijski Tc-99, iridij Ir-192, srebro Ag-110 in množico drugih, ki jih strogo omejujejo predpisi. Te snovi pod zemljo razpadajo in oddajajo jedrske delce. Nekatere je mogoče zaznati na površini. Merilniki merijo smeri, od koder delci prihajajo, računalnik pa izračuna njihovo podzemno razporeditev oz. obliko razpok. Takšna metoda je sicer razmeroma natančna, a se, kljub temu da je aktivnost sledilnikov majhna, redko uporablja. Podoben postopek uporabljajo v medicini pri slikanju notranjosti telesa.

Drugi način za ocenjevanje velikosti in smeri raztezanja razpok je mikro seizmični monitoring. Pri njem v bližino vrtine razporedijo polje geo-

fonov – občutljivih mikrofonov, prirejenih za snemanje zvoka iz notranjosti Zemlje, podobnih tistim za zaznavanje potresov. Ob vsakem širjenju razpoke se pod zemljo razširja zvok. Mikrofon ga prestrežejo, računalnik pa izračuna njihov izvor.

Hidravlično lomljenje je kloristna metoda. Omogoča nam, da bolno babico peljemo k zdravniku, da otroke pošljemo na izobraževanje v tuje dežele, da se odpravimo na dopust v tople kraje, da se udeležimo konference o varovanju okolja, če ta poteka na drugi strani sveta, in celo da organiziramo proteste proti uporabi hidravličnega lomljenja. Za vse to namreč delamo! Ima pa svoje slabe lastnosti. Pod zemljo nastajajo razpoke, ki se sčasoma deloma zrastejo, lahko pa tudi ostajajo in morda v priho-

dnosti povzročijo potrese. Izlivi kemikalij v podtalnico (ki navadno leži 1000 m višje), globalno onesnaženje in razni pomisleki vzbujajo v številnih skupinah ljudi strah, negotovost in odpor. V nekaterih državah (npr. v Franciji) je hidravlično lomljenje že prepovedano, ponekod (npr. v Nemčiji) pa so na njegovo uporabo uvedli moratorij, ki bo trajal, dokler se natančneje ne pojasnijo posledice takšnih postopkov. V EU si prizadevajo, da bi pri njegovi uporabi, če se ji že ni mogoče izogniti, uporabili čisto vodo brez dodanih kemikalij. V ZDA se s tem ne obremenjujejo tako močno. Zato nam lahko ponujajo plin, ki ga od nezanesljivih dobaviteljev morda nekega dne ne bomo več dobili. Kdo ga bolj lomi? O tem se mnenja razhajajo. Vsekakor pa se je o tem treba vprašati, ko v avto točimo gorivo. Takrat je povsem jasno: lomimo ga mi. ❏