

Mestna občina Celje
Komisija Mladi za Celje

ALI IZBIRA OGLJA IZ RAZLIČNIH VRST LESA VPLIVA NA VOLUMEN PLINOV PRI VŽIGU SMODNIKA

RAZISKOVALNA NALOGA



Avtorja:

LUKA JERŠIČ, 9. b

MATEJ KRIVEC, 9. b

Mentorica:

Marjeta Gradišnik Mirt,
pred. učiteljica

Celje, marec 2018

Osnovna šola Ljubečna

ALI IZBIRA OGLJA IZ RAZLIČNIH VRST LESA VPLIVA NA VOLUMEN PLINOV PRI VŽIGU SMODNIKA

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorja:

LUKA JERŠIČ, 9. b

MATEJ KRIVEC, 9. b

Mentorica:

Marjeta Gradišnik Mirt,
pred. učiteljica

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2018

KAZALO

KAZALO TABEL, SLIK IN GRAFOV	2
POVZETEK NALOGE	3
1 UVOD.....	4
1.1 NAMEN NALOGE.....	4
1.2 HIPOTEZE	4
1.3 METODE DE LA	5
2 O EKSPLOZIVIH IN SMODNIKU	6
2.1 ZGODOVINA SMODNIKA.....	6
2.2 DELITEV EKSPLOZIVNIH SNOVI.....	6
2.3 SESTAVA ČRNEGA SMODNIKA	8
3 PRAKTIČNI DEL	10
3.1 IZDELAVA DOMAČEGA OGLJA.....	10
3.2 PRIPRAVA SMODNIKA	11
3.3 PRIPRAVA APARATURE ZA MERJENJE VOLUMNA NASTALIH PLINOV	12
3.3.1 ALI SMODNIK DELUJE.....	12
3.3.2 KOLIKO PLINA NASTANE	12
3.4 MERJENJE VOLUMNA NASTALIH PLINOV.....	13
4 REZULTATI	14
5 RAZPRAVA.....	16
5.1 POTRDITEV HIPOTEZ	18
6 ZAKLJUČEK.....	19
7 LITERATURA.....	20

KAZALO SLIK, TABEL IN GRAFOV

Slika 1: Aparatura za merjenje volumna plinov, ki nastanejo pri vžigu smodnika.....	5
Slika 2: Eksperimentalno delo	5
Slika 3: Prikaz sestave črnega smodnika	9
Slika 4: Pridobivanje oglja v domači peči	10
Slika 5: V terilnici uprašene sestavine smodnika	11
Slika 6: Smodnik.....	11
Slika 7: Preizkus učinkovitosti smodnika	12
Slika 8: Shema aparature za merjenje volumna nastalih plinov	13
Slika 9: V brizgalki ujeti plini	13
Slika 10: Oglje vrbe, hrasta, rdečega bora in bukve.....	15
Tabela 1: Volumni plinov, ki so nastali pri vžigu smodnika iz različnih vrst oglja	14
Graf 1: Grafični prikaz volumna plinov, ki so nastali pri vžigu smodnika iz različnih vrst oglja ...	15

POVZETEK NALOGE

Ko sva povedala prijateljem, da bova naredila raziskovalno nalogo o črnem smodniku, so se nama smejali, češ kaj pa bova raziskovala, saj je o njem že vse znano. Trdno sva bila prepričana, da bova našla še neraziskano vprašanje in na to temo sestavila raziskovalno nalogo. Sestavo smodnika lahko hitro poiščemo v pisnih virih. Tako danes nikakor ne moremo ponovno izumiti črnega smodnika. Vprašala sva se, kako oglje, ki ga pridobimo iz različnih vrst lesa, vpliva na nekatere lastnosti smodnika. Zanimala naju je količina nastalih potisnih plinov pri vžigu črnega smodnika, če uporabiva za pripravo oglje iz različnih vrst lesa. Tako sva za namen naloge tudi sama izdelala nekaj vrst oglja, in sicer iz lesa bukve, hrasta, jelše, vrbe in rdečega bora. V svoji raziskovalni nalogi sva imela eno hipotezo. Menila sva, da bo izbira oglja iz različnih vrst lesa vplivala na volumen nastalih plinov pri vžigu črnega smodnika. Ta del hipoteze lahko potrdiva. Domnevala sva, da bo pri vžigu enake mase smodnika iz različnih vrst oglja nastalo največ plinov pri vžigu smodnika iz aktivnega oglja. Ta del hipoteze z rezultati najinih meritev ni potrjen. Največ potisnih plinov je nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, ki je nastalo iz lesa bukve in hrasta.

1 UVOD

»Pomembno je, da ne prenehamo spraševati. Zvedavost ima vso pravico, da obstaja,« je dejal Albert Einstein. Ta lepa misel je dobro življenjsko vodilo. Tudi midva si vsako leto znova postavljava nova raziskovalna vprašanja, na katera z raziskovanjem poskušava najti odgovore. S tem oba veliko pridobiva. Letošnja tema je s področja kemije. Že takoj na začetku je bila kar velik izziv, saj naju snovi z eksplozivnimi lastnostmi zelo zanimajo, hkrati pa se zavedava, da mora biti na prvem mestu varnost. Ko sva s pomočjo mentorice načrtovala eksperimentalno delo, smo skupaj poskrbeli za največjo možno zaščito. Kljub majhnim uporabljenim količinam eksplozivne snovi je bilo praktično delo polno presenečenj. V tej nalogi bova skušala na zanimiv način prikazati najino raziskovalno pot.

1.1 NAMEN NALOGE

Črni smodnik je bil izumljen, dokumentiran in uporabljen v starodavni Kitajski, kjer so ga kitajske vojaške sile prvič uporabile kot orožje za osvojitve tujih ozemelj. Sestavo smodnika lahko hitro najdemo tako na spletu kot tudi v poljudnih člankih. Tako danes nikakor ne moremo ponovno izumiti črnega smodnika. Vprašala sva se, kako oglje, ki ga pridobimo iz različnih vrst lesa, vpliva na nekatere lastnosti smodnika. Zanimala naju je količina nastalih plinov pri vžigu črnega smodnika, če uporabiva za pripravo oglje iz različnih vrst lesa. Tako sva za namen naloge tudi sama izdelala nekaj vrst oglja, in sicer iz lesa bukve, hrasta, jelše, vrbe in rdečega bora. Uporabila sva še v lekarni kupljeno aktivno oglje in v šolskem poskusu narejeno oglje iz sladkorja s pomočjo koncentrirane žveplove kisline. Za potrebe eksperimentalnega dela sva si nameravala izdelati aparaturo za merjenje volumna nastalih plinov pri vžigu črnega smodnika.

1.2 HIPOTEZE

V svoji raziskovalni nalogi sva imela samo eno hipotezo. Menila sva, da bo izbira oglja iz različnih vrst lesa vplivala na volumen nastalih plinov pri vžigu črnega smodnika. Domnevava, da bo pri vžigu enake mase smodnika iz različnih vrst oglja nastalo največ plinov pri vžigu smodnika iz aktivnega oglja. Manj plinov bo nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, ki je nastal iz lesa bukve in hrasta. Najmanj plinov bo nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, pridobljenega iz sladkorja. V literaturi sva našla podatek, da za pripravo črnega smodnika uporabljajo aktivno oglje. Nekateri mislijo, da je najbolje pripraviti smodnik iz oglja črne jelše. Ta različna mnenja so nama dala podlago, da sva uporabila oglje iz različnih vrst lesa in ga vmešala v smodnik ter ugotavljala eksplozivne lastnosti črnega smodnika preko volumna nastalih plinov.

1.3 METODE DELA

V raziskovalni nalogi sva uporabila eksperimentalno metodo. Najprej sva po postopku suhe destilacije lesa doma pripravila manjše količine oglja iz različnih vrst lesa. V šoli sva načrtovala tri preproste poskuse, s katerimi sva preizkušala eksplozivne lastnosti izdelanega smodnika in merila volumen plinov, ki nastanejo pri vžigu. Poskuse bova natančneje opisala v poglavju številka 3. Prav tako sva preučevala strokovno literaturo, iz katere sva zbrala podatke o zgodovini, uporabi in sestavi črnega smodnika.



Slika 1: Aparatura za merjenje volumna plinov, ki nastanejo pri vžigu smodnika (osebni arhiv)



Slika 2: Eksperimentalno delo (osebni arhiv)

2 O EKSPLOZIVIH IN SMODNIKU

2.1 ZGODOVINA SMODNIKA

Med letoma 160 in 122 pred našim štetjem so Kitajci iznašli črni smodnik. Šlo je za zmes 76,2 % kalijevega nitrata, 15,4 % lesnega oglja in 8,4 % žvepla. Po nekaterih trditvah so v Evropi črni smodnik leta 1073 prvi uporabljali Madžari pri obleganju Beograda. Menih Roger Bacon je leta 1250 prvi opisal sestavo črnega smodnika: 41,2 % kalijevega nitrata, 29,4 % lesnega oglja in 29,4 % žvepla. Na temeljih Baconovega dela je menih Berthold Schwarc leta 1320 odkril postopek za proizvodnjo črnega smodnika. Zapiski govorijo, da so Kitajci leta 1259 prvič uporabili »ognjeni metalec s projektilom«. Sestavljala ga je bambusova cev, napolnjena s črnim smodnikom in kamni. Zaradi zatesnitve na eni strani je prišlo do izstrelitve kamenja. Leta 1627 je Madžar Kesplar Weidl prvi uporabil črni smodnik kot razstrelivo pri odkopavanju rude. Njegove izkušnje so hitro začeli uporabljati tudi drugi narodi in črni smodnik je še danes namenjen specifičnemu miniranju (Klemenčič, 2001, str. 4).

2.2 DELITEV EKSPLOZIVNIH SNOVI

Eksplzivni so snovi, ki imajo v sebi veliko energije. Bolj pomembno pa je, da se ob vžigu vsa ta energija v obliki toplote sprosti v zelo kratkem času. Nastanejo tudi plini, ki imajo dosti večjo prostornino kot eksploziv, kar povzroči pok in zelo velik pritisk. Pritisk, toplota in leteči delci pa uničijo okolico. Navadne gorljive snovi dobivajo za gorenje potreben kisik neposredno iz ozračja in zato je gorenje sorazmerno počasno glede na eksploziv. Eksplozivne snovi pa imajo kisik že v sebi. Za večino eksplozivov je to res, vendar nekateri ne vsebujejo kisika in dobijo energijo iz spajanja vezi med drugimi atomi elementov in ne kisika. Večina eksplozivov, ki vsebujejo dušik, dobi večino energije pri spajanju dveh atomov dušika v molekulo dušika s trojno vezjo. Glede na kisik ločimo dvoje vrst eksplozivov:

- Gorivo in kisik se nahajata v isti molekuli, sta zato pomešana zelo homogeno, se držita zelo skupaj. Tako ob vžigu kisik zelo hitro oksidira gorivo, posledica pa je zelo hitra in tudi močna eksplozija.
- Poznamo pa še mešanice oksidantov (npr. soliter, kalijev permanganat, kalijev klorat...) in goriv (npr. žveplo, oglje, razne smole, vazelin ...). Pri povišani temperaturi oksidanti razpadejo na kisik in druge ostanke. Kisik pa oksidira gorivo, da zgore. Pri tem mora biti razmerje goriva in oksidantov tako, da je kisika ravno dovolj. Tem bolj so sestavine drobno zmlete in homogeno zmešane, tem večja bo učinkovitost eksploziva. Običajno pa so mešanice šibkejše od eksplozivov iz čistih snovi (<http://old.piroraj.org/eksplozivi.html>, 15. 12. 2017).

Dr. Peter Maksimovič je v svoji knjigi Tehnologija eksplozivnih materija (Vojnoizdavaški zavod Beograd 1972) povzel in predstavil delitev po R. Sutterlinu, ki deli eksplozivne snovi na:

- **razstreliva**, ki so glede na reakcije posameznih razstreliv na plamen (iskro) razdeljena v dve skupini:
 - a. primarna – inicialna razstreliva, ki ob kontaktu s plamenom takoj detonirajo in
 - b. sekundarna – brizantna razstreliva, ki se ob kontaktu s plamenom vžgejo in razmeroma mirno zgorevajo, pod vplivom vžiga pa detonirajo.

- **smodnike**, katerih energija zgorevanja se uporablja za izstreljevanje projektilov iz cevi orožja in za potiskanje raketnih izdelkov. Zgorevanje smodnikov avtor imenuje deflagracija.
- **pirotehnične zmesi**: večina pirotehničnih zmesi deflagira, nekatere detonirajo, druge karbonizirajo, tretje pa le razmeroma umirjeno zgorevajo (Klemenčič, 2001, str. 8, 9).

Po **učinku** isti avtor deli eksplozivne snovi na:

- **eksplozive**, pri katerih se energija kemičnega procesa uporabi za delo udarnih valov, ki imajo rušilni učinek. Te vrste eksplozivov deli v dve skupini:
 - a. inicialna razstreliva, ki zahtevajo majhno energijo aktiviranja za sprožitev kemičnega procesa in so zelo občutljiva na iskro, udarec, trenje.
 - b. bizantna razstreliva, ki so manj občutljiva na mehanske in toplotne učinke ter se aktivirajo pod učinkom udarnega vala inicialnih razstreliv.
- **smodnike**, katerih energija kemičnega procesa se praviloma uporablja za potisk zrna v cevi orožja in za avtopropulzijo. Smodnike deli na dve skupini:
 - a. **kaloidni smodniki**, ki so razdeljeni v tri podskupine:
 - enobazni smodniki (nitrocelulzni)
 - dvobazni smodniki (nitroglicerinski)
 - trobazni smodniki (nitrovanidinski)
 - b. **kompozitni smodniki**, raketni kompozitni smodniki in črni smodnik (Klemenčič, 2001, str. 8, 9).

Glede na **kemične lastnosti** delimo eksplozivne snovi na:

- endotermne substance, ki ne vsebujejo ogljika in vodika, pri katerih se sprošča toplotna energija;
- eksotermne substance, ki v svojih molekulah vsebujejo poleg atomov kisika tudi atome ogljika in vodika;
- homogene zmesi oksidantov in goriva, med katere spadajo zmesi bogatih mineralnih substanc (nitrati, klorati ...) in ogljika, žvepla, aluminija, magnezija itd.;
- homogene zmesi več eksplozivnih snovi, ki morajo biti kompatibilne;
- homogene zmesi eksplozivnih snovi z neeksplozivnimi substancami:
 - a. zmes razstreliva z gorljivimi snovmi,
 - b. zmes razstreliva s snovmi, bogatimi s kisikom,
 - c. zmes razstreliva s snovmi, ki zmanjšujejo pojav »znojenja« pri povišani temperaturi,
 - d. zmes razstreliva z internimi snovmi, ki zmanjšujejo občutljivost – flegmetizatorji,
 - e. zmes razstreliva s snovmi za povečanje toplote eksplozije, aluminij in magnezij v prahu (Klemenčič, 2001, str. 10).

Eksplozive uporabljamo za različne namene, kar je precej odvisno od njihove moči in učinkov.

Glede na uporabo jih lahko razdelimo na sledeče skupine:

- Potisne eksplozive, ki so najšibkejši. Uporabljajo se za strelno orožje in pogon raket. Primeri tega so črni smodnik, brezdimni smodnik ter različne mešanice gorivo +

oksidant. Ti eksplozivi deflagrirajo, kar pomeni, da ne detonirajo, ker je njihova hitrost gorenja manjša od hitrosti zvoka v njih. Ponavadi je hitrost gorenja zelo odvisna od tlaka, pri katerem poteka gorenje. Predvsem za smodnike je značilno, da če so dobro zaprti, lahko tudi detonirajo. To lastnost uporabljajo teroristi v tako imenovanih pipe bombs. Pipe bomb je narejena iz kovinske cevi, ki ima na obeh koncih navoja, na katera sta privita pokrovčka. Eden od pokrovčkov ima luknjo za vžigalno v vrvico ali električni vžigalnik. Ko se taka bomba sproži, najprej poteka deflagracija, ko pa je tlak v cevi dovolj visok sproži detonacijo, ki ima enake učinke kot pri brizantnih eksplozivih.

- Brizantne oz. rušilne eksplozive, ki imajo veliko rušilno moč in se zato uporabljajo v bombah. Primeri so: TNT, nitroglicerina, amonijev nitrat in drugi. Ti eksplozivi detonirajo, pri čemer nastane udarni val, ki je glavni razlog uničevalnosti teh eksplozivov. Udarni val nastane, ker je njihova hitrost gorenja večja od hitrosti zvoka v njih. Zato podobno kot pri letalu, ki leti z nadzvočno hitrostjo, nastane udarni val podoben Machovemu stožcu.
- Inicialne oz. vžigalne eksplozive, ki se uporabljajo večinoma v detonatorjih, saj je za njihov vžig potrebno malo energije. Pri eksploziji pa je oddajo veliko in lahko tako vžgejo druge neobčutljive eksplozive. Za uporabo v večjih količinah, kot brizantni eksplozivi, pa večinoma niso primerni, ker so precej občutljivi, šibki, dragi, velikokrat pa tudi strupeni. Primeri: živosrebrov fulminat, svinčev azid, TACC, aceton peroksid, HMTD ... (<http://old.piroraj.org/eksplozivi.html>, 15. 12. 2017).

2.3 SESTAVA ČRNEGA SMODNIKA

Za nastanek črnega smodnika uporabimo 75 % solitra ali kalijevega nitrata, 15 % oglja in 10 % žvepla. Najprej sestavine vsako posebej zmeljemo v čim bolj fin prah. Obstaja več načinov mešanja teh treh snovi, opisala bova le tri. V prvem primeru vse tri snovi damo v plastično ali leseno posodo in jih mešamo toliko časa, dokler ne postane mešanica homogena. Tak način je enostaven, a ne najbolj učinkovit, saj obstaja nevarnost vžiga, poleg tega pa tak smodnik gori bolj počasi. Boljši smodnik dobimo, če snovi stresemo v posodo in jih namočimo z vodo ter jih mešamo. Vode mora biti toliko, da zmes ni preveč trda ali preveč tekoča. Če je vode preveč, žveplo pride na površino vode in ga tako ne moremo zmešati. Pri mokri zmesi se tudi bolje vidi, če je mešanica nehomogena. Mokra zmes pa moramo čimprej posušiti, vsaj v eni uri, da raztopljeni soliter tvori čim manjše kristale okoli in v notranjosti delcev oglja. Ob toplejših dnevih je najbolje smodnik sušiti na soncu, saj je tam temperatura primerna za sušenje in ne previsoka, da bi prišlo do vžiga. Sušimo pa ga lahko tudi na vodni kopeli, kjer temperatura ne doseže več kot 100 °C. Za pravi smodnik pa je najbolj primeren tretji postopek. Najprej damo v posodo samo soliter in ga polijemo z vrelo vodo, da se samo zmoči, ne sme pa se v njej raztopiti. Takoj damo v posodo še žveplo in oglje ter hitro mešamo. Ko mešamo, se vse skupaj ne sme dosti ohladiti in zato lahko med mešanjem tudi malo dogrevamo. Pri dogrevanju moramo paziti, da je vsa zmes mokra, saj se lahko suha zmes vžge in tudi vreti ne sme. Takoj ko prenehamo mešati in je mešanica povsem homogena, posodo pomočimo v hladno kopel, da se čim prej shladi. To naredimo zaradi istega vzroka, kot je hitro sušenje v drugem postopku, le princip je drugi. V topli vodi se topnost solitra znatno poveča, ko pa zmes ohladimo, se soliter zelo hitro izloči iz raztopine in zato tvori tudi zelo majhne kristale. Poleg tega pa, ko se shladi na sobno

temperaturo, smodnik damo še na sonce ali drugam na toplo, da se čim prej posuši (<http://old.piroraj.org/eksplozivi.html>, 15. 12. 2017).

Črni smodnik ni posebno močan, a ga je lahko narediti in tudi snovi, potrebne za njegovo izdelavo, so dostopne. Za vžig smodnika ni potreben detonator, saj ga vžge že samo iskrenje ali močnejša mehanska obremenitev. Shranjujemo ga v tesno zaprtih posodah, ker rad absorbira vlago in če je te preveč, se sploh ne vžge. Ni pa ga priporočljivo shranjevati v najlonskih vrečkah, ker te s statično elektriko povzročajo iskrenje. Danes se črni smodnik uporablja predvsem za pirotehniko, modele raketnih motorjev in za reprodukcijo starinskih orožij (<http://projekti.gimvic.org/2007/2e/eksplozivi/crnismodnik.htm>, 15. 12. 2017).

Črni smodnik izdelujejo v prahu ali zrnih nepravilnih oblik in različnih dimenzij. Zelo je občutljiv na udarce, trenje, iskrenje in na statično elektriko, je pa tudi zelo higroskopen. Posamezna zrna črnega smodnika praviloma grafitirajo (prekrijejo z grafitom) ravno zaradi zmanjšanja omenjenih nevarnosti. Črni smodnik uporabljamo za izdelovanje počasi goreče vrvice, pirotehnične vrvice, za prižigala v pirotehničnih sredstvih, za nekatera specifična minerska dela, delno za polnjenje lovske municije in še kje. Proizvodnja črnega smodnika je ena najnevarnejših dejavnosti. Nekatero fizikalno-kemične lastnosti črnega smodnika:

- toplota zgorevanja do 2888 kJ/kg
- temperatura zgorevanja do 2523 °C
- specifičen volumen plinastih produktov do 280 l/kg
- hitrost zgorevanja do 400 m/s pri gostoti 1,6 g/cm³

(Klemenčič, 2001, str. 22, 23).



Slika 3: Prikaz sestave črnega smodnika

(Vir slike: <http://watwatwitwit.com/sl/poroh-dymnyj-sostav/>, 15. 12. 2017)

3 PRAKTIČNI DEL

Za praktično izvedbo raziskovalne naloge sva se najprej ustrezno zaščitila. Pri delu sva uporabljala zaščitna očala, zaščitne rokavice in haljo. Mešanice za smodnik sva pripravila v učilnici za kemijo, preizkus vžiga smodnika pa sva izvedla v digestoriju.

3.1 IZDELAVA DOMAČEGA OGLJA

Domače oglje sva naredila pri Luku doma v peči. Pri kemiji smo se učili, da je oglje amorfna oblika ogljika. Podlaga za pridobivanje oglja je suha destilacija lesa. Postopek sva našla v starem učbeniku za organsko kemijo v osemletni osnovni šoli, ki sva ga po naključju našla na polici s starimi učbeniki v kemijskem kabinetu. Avtorica učbenika je dr. Aleksandra Kornhauser. Postopek sva po nasvetu najinih staršev malce poenostavila. V opisu postopka je priporočilo, da naj ima les, ki ga segrevamo brez pristopa kisika, čim večjo površino. To sva dosegla tako, da sva ga nasekala na manjše kose. Namesto v erlenmajerico sva les zaprla v pločevinko s pokrovom, v katerega sva izvrtala tri luknjice. Pri suhi destilaciji lesa poleg oglja nastajajo še številne druge hlapne snovi, kot so očetna kislina, metanol, aceton, katran in plini. Ker je imela pločevinka z lesom volumen le okoli pol litra, nastanek hlapnih produktov ni bil tako velik, da nam bi kakšna eksplozija razrahljala domačo peč. Postopek sva izvedla tako, da sva peč najprej dobro segrela. Nato sva dala v peč polno pločevinko izbranega lesa in jo v njej pustila 30–45 minut. Na koncu sva jo vzela ven, jo ohladila in nato odprla. Oglje, ki je nastalo, sva zbrala v označeni škatli. Tako sva naredila oglje iz jelše, vrbe, rdečega bora, hrasta in bukve.



Slika 4: Pridobivanje oglja v domači peči (osebni arhiv)

3.2 PRIPRAVA SMODNIKA

Iz literature je znano, da je v smodniku pomešano 15 % oglja, 10 % žvepla in 75 % kalijevega nitrata. Če sva hotela poskus večkrat ponoviti, sva potrebovala 5 g smodnika. Izračunala sva, da bova za pripravo petih gramov smodnika potrebovala:

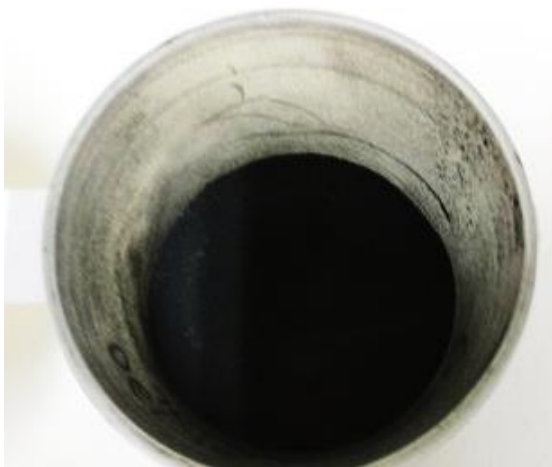
- 0,75 g oglja,
- 0,50 g žvepla in
- 3,75 g kalijevega nitrata.

Na ravno površino sva postavila digitalno tehtnico znamke Kern, ki meri maso na dve stotinki grama natančno. Ko sva pripravljala zmes smodnika, sva stehtala mase sestavin na dve stotinki grama natančno. Najprej sva posamezno sestavino smodnika zdrobila v terilnici. S tem sva dosegla, da so se delci snovi kasneje bolje pomešali. Posebej sva se potrudila pri oglju, ki je bilo v večjih kosih.



Slika 5: V terilnici uprašene sestavine smodnika (osebni arhiv)

Najprej sva stehtala maso oglja in jo dala v plastično posodico. Nato sva stehtala maso žvepla in jo dodala ogljiku. Posodico sva zaprla in s stresanjem zmešala sestavini. Nato sva stehtala še maso kalijevega nitrata in jo dodala v plastično posodico k ostalima sestavinama. Vse sestavine sva dobro pomešala, da sva dobila čim bolj homogeno zmes. Takšna homogena zmes je smodnik.



Slika 6: Smodnik (osebni arhiv)

3.3 PRIPRAVA APARATURE ZA MERJENJE VOLUMNA NASTALIH PLINOV

Preden sva sestavila aparaturo za merjenje volumna plinov, ki nastanejo pri vžigu smodnika, sva napravila več poskusov. Rezultati predhodnih poskusov so nama pomagali pri načrtovanju.

3.3.1 ALI SMODNIK DELUJE

Vse poskuse sva izvajala v digestoriju. Pri delu sva uporabljala zaščitna sredstva. To pomeni, da sva imela haljo in zaščitna očala. Pri vseh postopkih, kjer ni bilo segrevanja, sva uporabljala tudi zaščitne rokavice. Med poskusom sva digestorij zaprla, in dogajanje opazovala skozi steklo.



Slika 7: Preizkus učinkovitosti smodnika (osebni arhiv)

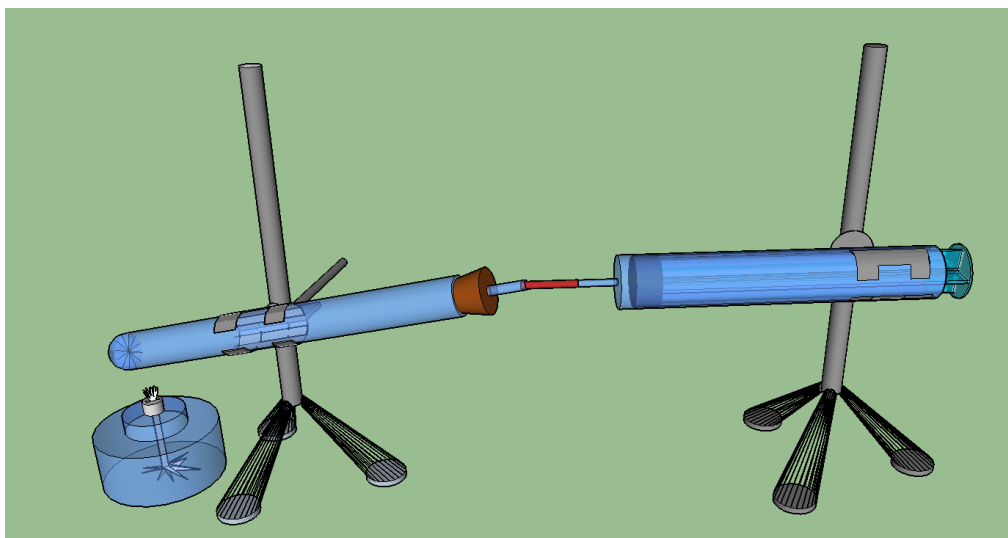
Pri prvem poskusu sva v digestorij postavila stojalo z mufo in prižemo. V prižemo sva vpela epruveto. Epruveta je bila v poševnem položaju. S spatulo sva v epruveto dodala manjšo količino smodnika. Epruveto sva zaprla z zamaškom. Pod spodnji konec epruvete, kjer je bil smodnik, sva postavila špiritni gorilnik. S tem poskusom sva ugotavljala, ali ima pripravljeni smodnik eksplozivne lastnosti. Špiritni gorilnik sva prižgala in s tem segrevala smodnik. Zaradi segrevanja se je smodnik eksplozivno vžgal. Pri tem je hitro nastala večja količina plinov, ki je odrinila zamašek. Tako sva vedela, da ima pripravljeni smodnik eksplozivne lastnosti.

3.3.2 KOLIKO PLINA NASTANE

V drugem poskusu sva skušala ugotoviti, koliko plinov nastane pri eksploziji manjše količine smodnika. S pomočjo tehtnice sva izmerila maso 0,18 g smodnika. To maso sva izmerila po naključju, saj je toliko tehtal zajem smodnika s spatulo. Stehtano maso smodnika sva prenesla v epruveto. Na ustje epruvete sva namestila balonček. S pomočjo špiritnega gorilnika sva segrevala smodnik. Ko se je smodnik eksplozivno vžgal, sva nastale pline ujela v balončku. Tako sva naredila približno oceno volumna plinov, ki nastane pri eksplozivnem vžigu določene mase smodnika. S pomočjo te ocene sva sestavila aparaturo za merjenje volumna nastalih plinov pri eksplozivnem vžigu 0,18 g smodnika.

3.4 MERJENJE VOLUMNA NASTALIH PLINOV

Volumen nastalih plinov sva merila z aparaturo, ki sva jo sama izdelala. Ta aparatura je vsebovala epruveto, zamašek s stekleno cevko, gumijasto cevko, brizgalko, dve stojali in špiritni gorilnik. V epruveto sva natehtala vedno enako količino pripravljene smodnika. Ta masa je znašala 0,18 g smodnika. Poskus sva ponovila trikrat z vsakim pripravljenim smodnikom. Smodnik je imel vedno enako sestavo, le oglje je bilo pripravljeno iz različnih vrst lesa. Epruveto sva vpela v stojalo. V ustje epruvete sva namestila zamašek s cevko. Cevko sva povezala z brizgalko, iz katere sva pred tem iztisnila zrak. Pod epruveto, kjer je bil smodnik, sva postavila špiritni gorilnik in ga prižgala. Plamen špiritnega gorilnika je segreval smodnik, pri čemer je le-ta zagorel. Naenkrat je nastala velika količina plinov, ki je odrinila bat v brizgalki. Volumen nastalih plinov sva merila tako, da sva na volumenski skali brizgalke odčitala, do kod so plini potisnili bat.



Slika 8: Shema aparature za merjenje volumna nastalih plinov (osebni arhiv)



Slika 9: V brizgalki ujeti plini (osebni arhiv)

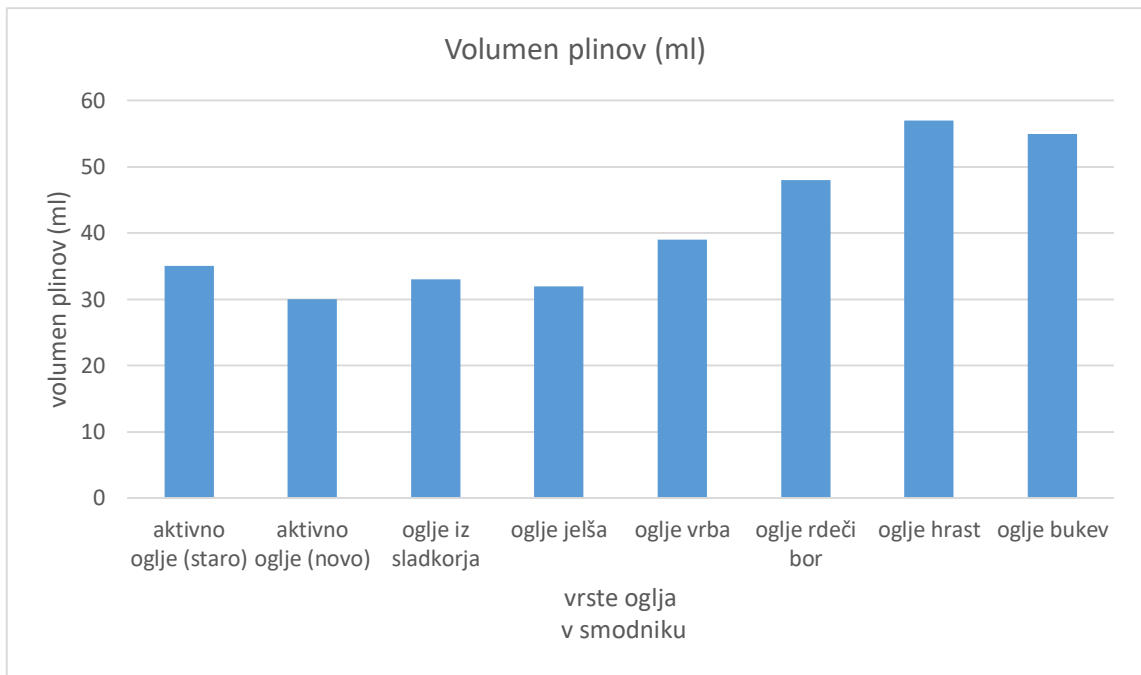
4 REZULTATI

Meritve sva opravljala vsak četrtek pred poukom in po določenem času zbrala vse podatke. Podatke sva vnesla v tabelo in izračunala povprečne vrednosti volumnov plinov, ki so nastali pri vžigu smodnika.

Tabela 1: Volumni plinov, ki so nastali pri vžigu smodnika iz različnih vrst oglja

Vrsta oglja	1. meritev	2. meritev	3. meritev	Povprečna vrednost (ml)
	Volumen plinov (ml)			
aktivno oglje (staro)	27	43	34	35
aktivno oglje (novo)	26	27	38	30
ogljje iz sladkorja	30	35	34	33
ogljje iz lesa črne jelše	28	32	36	32
ogljje iz lesa vrbe	42	33	42	39
ogljje iz lesa rdečega bora	55	51	39	48
ogljje iz lesa hrasta	64	53	53	57
ogljje iz lesa bukve	49	58	58	55

Meritve volumnov plinov so pokazale, da je največ plinov nastalo pri vžigu smodnika, v katerem je bilo oglje iz hrasta. Drugo mesto po količini nastalih plinov je imel smodnik, v katerem je bilo oglje iz bukve. Sledila sta smodnika, v katerih je bilo oglje iz rdečega bora in vrbe. Vse našete vrste oglja sva pripravila sama. Tudi staro aktivno oglje je dalo v povprečju boljši rezultat kot novo, ki sva ga svežega kupila v lekarni. Staro oglje je v omari za kemikalije od ustanovitve šole. Celo oglje, ki smo ga pri pouku pridobili iz sladkorja saharoze, tako da smo ga prelili s koncentrirano žveplovo (VI) kislino, je v smodniku učinkovalo. Imelo je celo boljši rezultat kot oglje iz črne jelše in na novo kupljeno aktivno oglje. Najmanj plinov v povprečju je nastalo iz smodnika, v katerem je bilo oglje iz jelše.



Graf 1: Grafični prikaz volumna plinov, ki so nastali pri vžigu smodnika iz različnih vrst oglja



Slika 10: Oglje vrbe, hrasta, rdečega bora in bukve (osebni arhiv)

5 RAZPRAVA

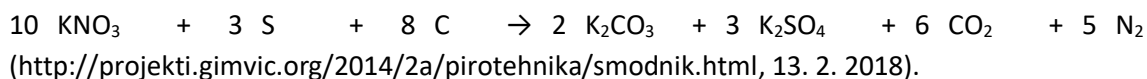
Glede na to, da je smodnik sestavljen iz določene mase kalijevega nitrata, žvepla in oglja, bi lahko pričakovali, da bo pri vžigu zmesi nastal vedno enak volumen plinov. Pri eksperimentalnem delu sva ugotovila, da ni tako. Presenetilo naju je, da je pri vžigu enake mase smodnika iz iste vrste oglja npr. aktivnega oglja, nastala različna količina potisnih plinov. Vprašala sva se, kaj bi lahko bil vzrok takšnim rezultatom.

Smodnik je v bistvu zmes treh sestavin. Zato je zelo pomembno, da je zmes homogena. Prav tako je pomembno, da so vse sestavine dobro uprašene in da so delci čim manjši, saj je potem skupna površina večja. Sklepava, da kljub trudu sestavin nisva povsem spremenila v homogeno zmes, kar je lahko vplivalo na različne količine potisnih plinov. Po videzu sva ocenila, da so sestavine dobro pomešane. Po tej ugotovitvi sva v tri epruvete stehtala enako maso smodnika. Če predpostavljava, da mešanica ni bila dovolj homogena, to pomeni, da je bilo v stehtani masi smodnika prve epruvete npr. več kalijevega nitrata, v drugi epruveti več oglja, v tretji morda več žvepla. Šlo je morda za zelo majhne razlike, ki pa so vplivale na rezultat.

Drugi razlog za razlike v rezultatih volumnov plinov pri vžigu smodnika je lahko konstrukcija aparature. Epruveto s smodnikom sva s prižemo vpela v prvo stojalo, brizgalko pa sva s prižemo vpela v drugo stojalo. Opazila sva, da prižema, ki premočno stiska brizgalko, zaustavi odmik bata brizgalka. Brizgalka je namreč iz mehke plastike, ki se je ob pritisku upognila. Zožitev je ovirala pomik bata, ki so ga pri vžigu smodnika odrinili nastali plini, nazaj. K sreči sva to oviro opazila in zrahljala oprijem primeža. Potem sva poskus in meritve ponovila.

Ko se je epruveta, v kateri je potekal vžig smodnika, ohladila, sva ostanke zbrala v posodi za odpadke. Nato sva želela epruveto očistiti in pomiti. Opazila sva, da je večina epruvt rahlo počenih. Takšne epruvete sva seveda zavrgla. Nastanek razpoke pa poraja novo vprašanje –li so morda plini, ki so nastali pri vžigu smodnika, pobegnili skozi majhno razpoko.

Opazila sva, da je čas, ki je potreben za vžig smodnika, različen. Pri tem je bilo pomembno, kako sva pod epruveto postavila špiritni gorilnik. V špiritnem gorilniku gori etanol. Etanol ima zelo vroč plamen. Najbolj vroč je plamen v konici. Trudila sva se, da bi dno epruvete segreval najbolj vroči del plamena. Možno je, da tega nisva vedno optimalno dosegla. Sprašujeva se, kakšen vpliv je lahko to imelo na vžig smodnika in nastanek plinov. Sklepava, da ne tako velik. Kaj pri vžigu smodnika gori? Gorita žveplo in ogljik, ki je sestavina oglja. Pri gorenju se spajata s kisikom, ki nastaja pri razkroju kalijevega nitrata. Domnevava, da poteče reakcija do konca. Produkt v epruveti je bil sivkaste barve. Poenostavljena kemijska enačba za gorenje črnega smodnika je



Trdna produkta gorenja smodnika sta torej kalijev karbonat in kalijev sulfat, plinasta pa ogljikov dioksid in dušik. Iz vonja produktov reakcije sklepava, da lahko nastajajo tudi manjše količine žveplovega dioksida.

Domnevava, da na količino plinov pri vžigu smodnika vpliva tudi kvaliteta oglja. Oglje nastaja iz lesa pri suhi destilaciji. Kvaliteta oglja je najbolj odvisna od vrste lesa in njegovih lastnosti, kot so vlažnost, starost in oblika lesa. Vsaka drevesna vrsta ima drugačno anatomsko zgradbo, kemično sestavo in maso, zato vsaka potrebuje tudi drugačno temperaturo, pri kateri ogleni. Priporočljivo je pripravljati oglje iz vsake vrste lesa posebej, zlasti ločeno iglavce in listavce. Največjo temperaturo za pooglenitev potrebujejo nekateri mehki listavci. Tudi starost lesa vpliva na lastnost oglja. Oglje iz mladega lesa je boljše, težje in se ne drobi toliko kakor oglje iz starega lesa (<https://dole.si/izdelava-kope.html>, 13. 2. 2018). Zaradi teh dejstev sklepava, da ima izbira vrste oglja pomemben vpliv na lastnosti smodnika.

Rezultati volumnov plinov iz grafa 1, ki so nastali pri vžigu smodnika iz oglja, pridobljenega iz različnih vrst lesa, naju nadvse presenečajo. Menila sva, da bo izbira oglja iz različnih vrst lesa vplivala na volumen nastalih plinov pri vžigu črnega smodnika. Domnevala sva, da bo pri vžigu enake mase smodnika iz različnih vrst oglja nastalo največ plinov pri vžigu smodnika iz aktivnega oglja. Manj plinov bo nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, ki je nastal iz lesa bukve in hrasta. Najmanj plinov bo nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, pridobljenega iz sladkorja. Rezultati meritev ne potrjujejo predvidenega vrstnega reda. Največ plinov je nastalo pri vžigu smodnika, v katerem je bilo oglje iz hrasta in bukve, najmanj pa pri vžigu smodnika, ki je vseboval aktivno oglje. V omari za kemikalije sva s pomočjo mentorice našla aktivno oglje, ki je bilo staro toliko kot naša šola. V tem letu bomo praznovali dvajseto obletnico delovanja. Iz tega oglja in ostalih sestavin sva pripravila prvi smodnik. Z rezultati eksperimentov tega smodnika nisva bila najbolj zadovoljna. Zato sva mentorico prosila, če lahko nabavimo sveže aktivno oglje. Kupili smo ga v lekarni. Tudi iz tega oglja sva na enak način pripravila smodnik. Razočarana sva ugotovila, da so bili tokrat rezultati še slabši. Bolje se je obnesel celo smodnik, ki sva ga pripravila iz oglja, pridobljenega iz sladkorja. To oglje je ostalo od demonstracijskega poskusa, kjer je učiteljica pri kemiji sladkorju saharozi dodala nekaj ml koncentrirane žveplove kisline. Ker je le ta zelo higroskopska, je organski snovi saharozi odcepila vodik in kisik, oziroma vodo. Po burni reakciji je v čaši nastalo oglje. To oglje sva sprala z vodo in ga sušila v bližini radiatorja. Suhega in zdrobljenega sva uporabila za pripravo smodnika. Tudi z rezultati vžiga smodnika, v katerem je bilo oglje iz jelše, nisva bila zadovoljna. Z ostalimi vrstami oglja, ki sva ga prav tako pridobila sama, sva bila bolj zadovoljna. Sklepala sva, da ima različno oglje različne primesi nečistoč. Te nečistoče lahko bistveno vplivajo na hitrost gorenja in nastanek plinov pri vžigu smodnika. Takšne primesi bi lahko bile smole v lesu. Žal sva pridobila oglje le iz ene vrste iglavcev, in sicer iz rdečega bora, zato je to lahko le najina nova domneva, ki bi jo bilo potrebno še dodatno preveriti.

In če na koncu še matematično preveriva rezultate meritev volumna potisnih plinov pri vžigu smodnika. V teoretičnem delu naloge sva navedla, da pri vžigu 1 kg smodnika nastane 280 l potisnih plinov. S pomočjo sklepnega računa sva izračunala, da bi moralo v tem primeru iz 0,18 g smodnika nastati 50 ml potisnih plinov. V povprečju je več kot 50 ml plinov nastalo pri smodniku, ki je vseboval oglje iz hrasta in bukve. Vendar tudi del ostalih rezultatov ni bistveno odstopal od izračunane vrednosti.

5.1 POTRDITEV HIPOTEZ

V svoji raziskovalni nalogi sva imela samo eno hipotezo. Menila sva, da bo izbira oglja iz različnih vrst lesa vplivala na volumen nastalih plinov pri vžigu črnega smodnika. Ta del hipoteze lahko potrdiva. Domnevala sva, da bo pri vžigu enake mase smodnika iz različnih vrst oglja nastalo največ plinov pri vžigu smodnika iz aktivnega oglja. Ta del hipoteze ni potrjen. Manj plinov bo nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, ki je nastal iz lesa bukve in hrasta. Tudi ta del hipoteze ni potrjen, saj so meritve pokazale ravno obratno. Najmanj plinov bo nastalo pri vžigu smodnika iz oglja, pridobljenega iz sladkorja. Tudi to predvidevanje ni bilo pravilno, saj je od osmih vzorcev oglja imelo oglje iz sladkorja šesti rezultat.

6 ZAKLJUČEK

Ko sva povedala prijateljem, da bova naredila raziskovalno nalogo o črnem smodniku, so se nama smejali, češ kaj pa bova raziskovala, saj je o njem že vse znano. Vendar sva bila kljub pomislekom odločena, da vztrajava pri tej temi. Njihove pripombe so naju samo še bolj podžgale. Trdno sva bila prepričana, da bova našla še neraziskano vprašanje in na to temo sestavila raziskovalno nalogo. Ko sva se dobila prvič, sva razmišljala, kakšno raziskovalno vprašanje bi si sploh lahko zastavila. V literaturi sva poiskala, iz česa sploh je smodnik in kakšne so njegove lastnosti. Po temeljitem pregledu literature sva ugotovila, da je več različnih mnenj o tem, katera vrsta lesa je najprimernejša za oglje, ki ga uporabimo za pripravo smodnika. Tako je nastala odločitev, da raziščeva, kako oglje iz različnih vrst lesa vpliva na lastnosti smodnika. Zavedala sva se, da je črni smodnik lahko tudi nevaren.

Ko sva se naslednjič dobila, sva s pomočjo mentorice v šolskem laboratoriju našla vse sestavine za pripravo črnega smodnika. Vzela sva kalijev nitrat, žveplo in aktivno oglje ter vse sestavine dobro uprašila v terilnici, ker sva v literaturi zasledila, da je najboljši smodnik iz dobro uprašenih snovi. Nato sva si naredila pripravo za eksperimentalno delo, pri kateri sva merila volumen potisnih plinov, ki nastanejo pri gorenju smodnika. Pred poskusom sva se primerno zaščitila z zaščitno haljo, zaščitnimi rokavicami in zaščitnimi očali. Poskuse sežiga smodnika sva naredila v digestoriju, da ne bi prišlo do kakšnih nezgod. Preden sva se znova dobila v šolskem laboratoriju, sva med jesenskimi počitnicami doma naredila oglje iz rdečega bora, vrbe, hrasta in bukve. V tem času je učiteljica pri pouku kemije naredila oglje iz sladkorja, ki sva ga kasneje tudi uporabila pri eksperimentalnem delu raziskovalne naloge. Vsakič ko sva se dobila v šolskem laboratoriju, sva pri pripravi smodnika uporabljala po dve vrsti oglja, pridobljenega iz različnega lesa. Ko sva končala z eksperimentalnim delom, naju je čakal najtežji in najdaljši del raziskovalne naloge, to je zbiranje in urejanje podatkov iz meritev, pisanje raziskovalne naloge in prikaz podatkov v obliki tabele in grafa. Po dobrem mesecu urejanja podatkov in oblikovanju poročila sva le dokončala raziskovalno nalogo. Po vsem napisanem sva ugotovila, da bi lahko bili eksperimenti bolj točni, če bi poskuse še večkrat ponovila. V pripravo smodnika bi lahko vključila še oglje iz še drugih vrst lesa. Predvsem bi lahko uporabila les smreke in jelke, ki sta pogosti drevesi naših gozdov. Lahko bi poskusila pridobivati smodnik še po drugih metodah, saj bi s tem dosegla nastanek bolj homogene zmesi. Meniva, da je bil glavni problem razhajajočih se meritev v premajhni homogenosti sestavin smodnika. Kljub pomanjkljivostim sva z nastalo raziskovalno nalogo zelo zadovoljna, saj naju je naučila veliko o eksplozivih in njihovih nevarnostih. Predstavljava si lahko, kakšne bi lahko bile posledice, če bi brez znanja in zaščite eksperimentirala z eksplozivi. Seznanila sva se z mnogo nesrečami, ki so ogrozile preveč pogumne in preradovedne posameznike, ki so se v domači kuhinji ali garaži ukvarjali z njimi. Smodnik se uporablja kot potisni plin tudi v petardah. Fantje najine starosti smo navdušeni nad glasnimi poki. Zavedava se, da naju to navdušenje ne sme zapeljati tako daleč, da bi pri eksperimentiranju z eksplozivnimi snovmi ogrožala sebe in druge. Posledice nesreč s petardami so pretresljive, noben pok ni vreden izgube vida ali poškodbe rok do te mere, da nekdo ostane brez prstov ali dela roke.

7 LITERATURA

Klemenčič, F., 2001: *Eksplozivne snovi*. Ljubljana: Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ministrstvo za obrambo.

Piroraj. *Eksplozivi*. Najdeno 15. 12. 2017 na spletnem naslovu <http://old.piroraj.org/eksplozivi.html>

Gimnazija Vič. *Črni smodnik*. Najdeno 15. 12. 2017 na spletnem naslovu <http://projekti.gimvic.org/2007/2e/eksplozivi/crnismodnik.htm>