

# Okolju prilagojena maziva

Boris KRŽAN, Jože VIŽINTIN

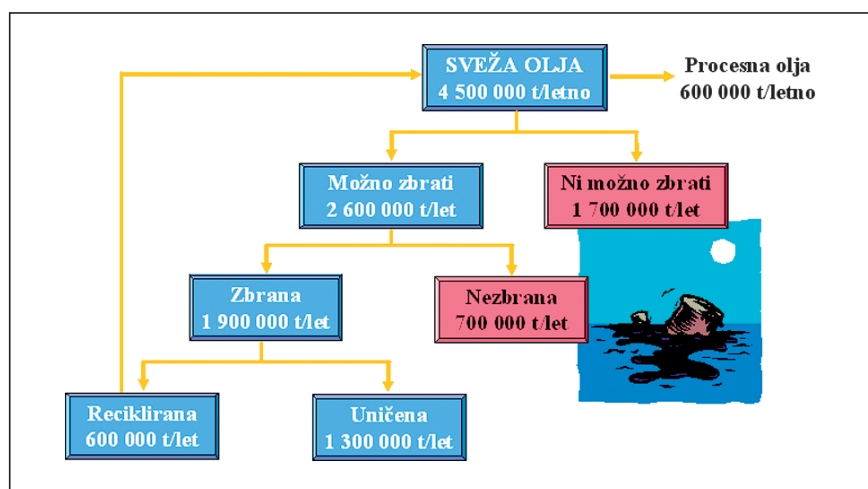
**Izveček:** Na tržišču maziv prevladujejo maziva fosilnega izvora, vendar bodo zaradi nevarnosti, ki jo predstavljajo za okolje, imela v okolju prilagojenih mazivih vedno hujšega tekmeča. Ocenjujemo, da najmanj 40 % odpadnih maziv nenadzorovano konča v okolju. Določenih količin sploh ni mogoče zbrati, del pa jih konča v okolju zaradi naključnega ali pa tudi namernega izlivanja. Na srečo današnja okolju prilagojena maziva ustrezajo tako tehničnim kot okoljskim zahtevam. Uporaba biološko razgradljivih maziv je še posebno pomembna v kmetijstvu, gozdarstvu in gradbeništvu, saj so stroji in naprave v neposrednem kontaktu z zemljo, vodo in rastlinami.

**Ključne besede:** okolju prilagojena maziva, biološka razgradljivost, odpadna olja, toksičnost,

## 1 Uvod

Povpraševanje po mazivih v državah EU 15 je v letu 1997 znašalo 4,900.000 ton [3]. Ta količina se za najrazvitejše evropske države praktično ne spreminja in zato jo tudi po dobrem desetletju lahko privzamemo. Skoraj pet milijonov ton maziv bi bilo potrebno po uporabi zbrati in na ustrezen način predelati oziroma kontrolirano uničiti, saj v nasprotnem primeru odpadna olja predstavljajo veliko nevarnost za okolje. Večina maziv je namreč fosilnega izvora in so v naravnem okolju težko razgradljiva in toksična. V različnih državah je že sprejeta množica zakonskih aktov, smernic in odredb o ravnanju s svežimi in odpadnimi olji, vedno več pa je tudi zahtev za uporabo ekološko manj nevarnih maziv, t. i. okolju prilagojenih maziv. Slednja se na tržišču vse bolj uveljavljajo, vendar zaenkrat dosegajo le nekaj odstotkov letne porabe. *Slika 1* shematsko prikazuje gospodarjenje z odpadnimi mazivi znotraj EU 15 in je izdelana na podlagi podatkov, objavljenih v poročilu Evropske organizacije za zdravje, okolje in varnost CONCAWE [3, 4, 5].

Boris Kržan, univ. dipl. inž., prof.  
dr. Jože Vižintin, univ. dipl. inž.,  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta  
za strojništvo



**Slika 1.** Gospodarjenje z odpadnimi mazivi v EU 15

S slike 1 je razvidno, da se v EU 15 organizirano zbere približno 40 % odpadnih maziv, od katerih se del rafinira in pripravi za ponovno uporabo, večji del pa kontrolirano uniči v posebnih sežigalnicah. Približno 15 % maziv zbiranje ne zajame in 700 tisoč ton se nelegalno sežge ali pa enostavno izlije v okolje. V okolju se znajde tudi velik del maziv, ki jih zaradi same izvedbe mazalnega sistema ni mogoče zbrati (mazanje verig gozdarskih žag itd.), na kar odpade približno 35 % letne porabe maziv. Pri sistemih mazanja s popolnimi izgubami je že zaradi zasnove mazalnega sistema predvideno, da mazivo po uporabi izteče neposredno v okolico. Upoštevati je potrebno še nenamerno izlito olje zaradi raznih nesreč, izgube olja zaradi puščanja hidravličnih sistemov,

izhlapevanja itd. Zanimariti ne smemo niti ostankov olja v 90 milijonih posod za dobavo svežega olja in 20 milijonov zamenjanih oljnih filtrov, od katerih jih mnogo konča na za to neustreznih odlagališčih.

Vsi zgoraj navedeni podatki veljajo za Evropsko unijo, kjer se gospodarjenju z rabljenimi mazivi posveča precej pozornosti. Nenazadnje, tako natančnih podatkov, na osnovi katerih je izdelana slika 1, za ostale države niti ni mogoče dobiti. Državam EU 15 lahko postavimo ob bok samo še nekaj ostalih industrijsko najrazvitejših držav, stanje v preostanku sveta pa je veliko bolj kritično. Delež zbranih in kontrolirano uničenih maziv je veliko manjši, večja pa je količina maziv, za katera ni ustreznih podat-

kov, kje so končala. Če pomislimo, da lahko malomarno odvržena maziva onesnažijo vodna zajetja za več sto let, potem je jasno, da je zakonska ureditev gospodarjenja s svežimi in odpadnimi mazivi nujna. Po eni strani je potrebno izboljšati sistem zbiranja odpadnih olj, na drugi strani pa izkoristiti možnost, ki jo ponujajo okolju prilagojena maziva. Slednja so v nadaljevanju prispevka predstavljena bolj podrobno.

## ■ 2 Kriteriji za okolju prilagojena maziva

Kriterijev za razvrščanje maziv med okolju prilagojena je več. Najpomembnejše zahteve so: biološka razgradljivost, toksičnost v vodi, določitev vpliva maziva na vodo in odstotek iz obnovljivih virov pridelanih surovin v končnem produktu.

### 2.1 Biološka razgradljivost

Biološko razgradljivost lahko opredelimo kot sposobnost razgradnje organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov. Osnovni pogoji za začetek procesa biološke razgradljivosti snovi so:

- zadostna populacija mikroorganizmov,
- prisotnost zraka (kisika) – mikroorganizmi ob uporabi kisika mineralizirajo organske snovi,
- temperatura – mikroorganizmi so najbolj aktivni pri temperaturi olja med 10 in 30 °C,
- viskoznost – nizkoviskozna olja se hitreje razgradijo,
- sončna svetloba – svetloba vpliva na razgradljivost s fotooksidacijo in fotosintezo,
- pH-vrednost tal – populacija različnih mikroorganizmov lahko preživi v širokem pH-območju, vendar je najbolj ugodno območje med 6,5 in 7,5,
- mineralne soli in dostopnost dušika,
- topljivost in mešljivost z vodo – biološka razgradljivost temelji na razgradnji snovi z mikroorganizmi v aerobnih pogojih v vodnem mediju.

Razgradnja se prične z zaporedjem biološko-kemičnih procesov v za to

primernih razmerah. Da mikroorganizmi lahko izkoristijo organsko snov kot izvor energije in ogljika, jo je potrebno najprej razcepiti na spojine z enostavnimi kemijskimi vezmi, ki lahko kasneje preidejo v metabolizem mikroorganizmov.

S preskusnimi metodami biološke razgradnje dobimo podatke o poteku razgradnje maziva ter tako predvidimo, kako se bo mazivo razgradilo v naravi. Različne preskusne metode za določanje biološke razgradnje navajajo OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), CEC (Coordination European council for the Development of Performance Tests for Lubricants and end Engine Fuels) in DIN (Deutsches Institut für Normung).

Po OECD sta najpomembnejši vrsti biološke razgradnje naslednji [12,15]:

- *primarna biološka razgradnja* (Primary Biodegradation, Primärabbau),  
snov A → B  
Sprememba v strukturi organske snovi zaradi biokemijskih razgradnih procesov, ki povzročijo izgubo prvotnih lastnosti snovi.
- *končna biološka razgradnja* (Ultimate Biodegradability, Endabbau),  
snov A → B → ... → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (+ biomasa)  
Pretvorba organske snovi z mikroorganizmi v mineralne produkte, kot so CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O in anorganske soli ob istočasnem povečanju biomase.

Preskuse za ugotavljanje biološke razgradljivosti delimo na kontinuirane in nekontinuirane. Pri nekontinuiranih preskusnih metodah primerjamo potek razgradnje preskusnega vzorca s potekom razgradnje referenčne snovi v enakem testnem sistemu. Preskusi ne simulirajo nobenega konkretnega stanja v okolju, poznano pa je, da so pogoji pri teh testih strožji kot v naravi. Najbolj znana testna metoda iz te skupine ima oznako CEC L-33-A93. V prvotni obliki CEC L-33-T82 je bila razvita

za določanje biološke razgradljivosti maziv za izvenkrmne dvotaktne motorje vodnih plovil. Slabost metode CEC je nezmožnost natančne razmejitve med primarno in končno biološko razgradnjo, vendar menimo, da je rezultat, ki presega 80 %, jamstvo za zadovoljivo končno biološko razgradnjo. Hkrati pa je potrebno povedati, da se metoda CEC L-33-A93 v praksi najpogosteje uporablja. V skupino nekontinuiranih preskusnih metod sodijo tudi metode z oznakami OECD 301 A do F. V praksi sta uveljavljeni predvsem metodi OECD 301 B (modificirani Sturm test) in OECD 301 F (respiratorni test). Čas preskusa po metodi CEC je 21 dni, po metodah OECD pa 28 dni.

S kontinuiranimi preskusnimi metodami simuliramo biološko razgradnjo v določenem okolju, npr. v biološki čistilni napravi. Preskusna metoda, značilna za to skupino, nosi oznako OECD 303 A, z njo pa določimo končno biološko razgradljivost organske snovi.

Razgradljivost okolju prilagojenih maziv mora presegati:

- ⇒ 60 % po metodah OECD 301 B, C in D,
- ⇒ 70 % po metodah OECD 301 A in E,
- ⇒ 80 % po metodi CEC L-33-T93.

### 2.2 Toksičnost v vodi

Poleg biološke razgradljivosti je pomembna tudi toksičnost maziva, ki se nanaša na zaščito živih organizmov. Ekološko prilagojena maziva ne smejo dražiti in iritirati kože. Preskusi toksičnosti so namenjeni določanju vpliva maziv na žive organizme, od bakterij in alg pa do rib. Težave pri vrednotenju testov izhajajo iz dejstva, da enaka koncentracija strupenih snovi različno vpliva na žive organizme v različnih okoljih, po drugi strani pa tudi opazovanje samo ene vrste organizma ne odraža realne situacije. Preskusne metode za določanje toksičnosti maziv so OECD 201 do 204 in OECD 209 do 210. V uporabi so tudi nemški standardi DIN 38 412-8, 38 412-9, 38 411-12 in 38 412-15.

## 2.3 Vpliv maziv na vodo

Zajetja sladke vode obsegajo le okoli 2,5 % celotne razpoložljive količine voda na zemlji. Z današnjo tehnologijo smo za pridobivanje pitne vode sposobni izkoriščati le 0,27 % virov razpoložljive vode in mnogi razglašajo vodo za strateško surovino stoletja [9]. Zaščita vodnih virov pred onesnaženjem z mazivi je zelo pomembna, saj lahko samo en liter mazalnega olja onesnaži milijon litrov vode [10].

V Nemčiji so v okviru zakona o gospodarjenju z vodami uvedli postopek razvrščanja kemičnih snovi v razrede WGK (Wassergefährdungsklasse), ki označujejo stopnjo potencialne nevarnosti za onesnaženje vode. Klasifikacija se je v Nemčiji dobro uveljavila, zaradi zapletenega postopka razvrščanja snovi v razrede pa se ni razširila na ostale države. Pomen oznak, ki so veljavne od 1. 6. 1999 [8,14]:

NWH – ne ogroža vode,  
WGK 1 – nizka ogroženost vode,  
WGK 2 – ogroženost voda,  
WGK 3 – visoka ogroženost voda.

Okolju prilagojena maziva morajo biti razvrščena v razred NWH ali vsaj v WGK 1.

## 2.4 Surovine iz obnovljivih virov

Čedalje bolj pogosta zahteva za uvrstitev med okolju prilagojena maziva je čim višji odstotek surovin iz obnovljivih virov. Najpomembnejši evropski nacionalni programi za pospeševanje pridelave in predelave surovin iz obnovljivih naravnih virov v industrijske namene so: FNR (*Fachagentur Nachhaltigende Rohstoffe*) v Nemčiji, AGRICE (*Agriculture pour la Chimie et L'Energie*) v Franciji in AIACE (*Agricoltura Innovativa per L'Ambiente, la Chimica e L'Energia*) v Italiji [16, 17]. V okviru EU sestavljajo združenje za promocijo surovin iz naravnih virov ERRMA (European Renewable Raw Materials Association) [18]. Prav tako pod okriljem EU poteka program IENICA (*Interactive European Network for Industrial*

*Crops*), v okviru katerega se ustvarja informacijska baza podatkov za surovine iz obnovljivih naravnih virov [19]. Subvencije za izkoriščanje surovin iz obnovljivih naravnih virov v industrijske namene so bile leta 2002 uvedene tudi v ZDA, kjer se izvaja obsežen program *Farm Bill* [20].

## 2.5 Označevanje ekološko primernih maziv

Označevanje okolju prilagojenih proizvodov so uvedli v mnogih najrazvitejših državah. Če izdelek ustreza postavljenim kriterijem, lahko na svoji embalaži nosi oznako, ki kupce opozarja na ekološko prilagojenost proizvoda. V Nemčiji se oznaka imenuje *Blauer Engel*, v Avstriji uporabljajo znak umetnika *Hundertwasserja*, skandinavske države *White Swan*, Kanada *Maple Leaf*, Japonska znak *JEA*, kjer roki objemata globus itd. (slika 2). Kriteriji za podelitev posameznih znakov med sabo niso usklajeni, zato se pospešeno uvaja enotni znak držav Evropske unije – *Euro Marguerite*.

## 3 Okolju prilagojena maziva

Podobno kot ostala mazalna olja so tudi okolju prilagojena olja sestavljena iz baznega olja in aditivov. Pri masti sodi med osnovne komponente še zgoščevalec, ki mora biti pri biološko razgradljivih masteh nevtralen do okolice. Biološka razgradljivost maziv je pogojena predvsem z baznim oljem, aditivi pa povzročajo zlasti toksičnost. Okolju prilagojena maziva delimo glede na vrsto baznega olja, lahko pa tudi na osnovi njihove mešljivosti z vodo.

### 3.1 Biološko razgradljiva bazna olja

Biološko razgradljiva bazna olja ne smejo vsebovati spojina žvepla in dušika in ne smejo biti toksična. Bazno olje bistveno vpliva na stopnjo biološke razgradljivosti, pa tudi na oksidacijsko stabilnost in cenovni razred maziva. Tri najbolj uveljavljene vrste biološko razgradljivih baznih olj so rastlinska olja, sintetični estri in poliglukoli.



Slika 2. Nacionalne oznake, ki kupca opozarjajo na ekološko prilagojenost proizvoda

### Preglednica 1. Glavni komponenti okolju prilagojenih mazalnih olj

Bazna olja – 80 do 98%	Aditivi – 2 do 20%
⇒ rastlinska olja	⇒ antioksidanti
⇒ sintetični estri	⇒ protiobrabni aditivi / aditivi za visoke tlake
⇒ poliglukoli	⇒ antikorozijski aditivi
⇒ (PAO 2, PAO 4)	⇒ aditivi proti penjenju

### 3.1.1 Rastlinska olja

Do začetka 20. stoletja so se kot maziva uporabljala izključno olja in masti živalskega ali rastlinskega izvora. Vzporedno s prodorom motorjev z notranjim zgorevanjem pa so prevlado na tržišču prevzela maziva fosilnega izvora, ki ob primerni ceni zagotavljajo zadovoljive mazalne lastnosti. Povečana skrb za okolje pa razkriva največjo pomanjkljivost mineralnih olj: slabo razgradljivost v naravnem okolju. Rastlinska olja jih v tej lastnosti močno prekašajo.

Za maziva se najpogosteje uporabljajo rastlinska olja na osnovi oljne ogrščice in sončnice, zunaj Evrope pa pretežno palmovo in sojino olje. Po sestavi so rastlinska olja trigliceridi, sestavljeni iz glicerola kot osnove in različnih maščobnih kislin. Razlike med olji iz posameznih rastlin se kažejo predvsem v različni sestavi maščobnih kislin, ki se med sabo ločijo po številu ogljikovih atomov in po številu dvojnih vezi v ogljikovi verigi.

Mazalne lastnosti rastlinskih olj (nizek koeficient trenja, dobra zaščita proti obrabi) so odlične, prav tako se viskoznost s spremembo temperature spremeni manj kot pri mineralnih oljih. Pomembni sta njihova visoka stopnja biološke razgradljivosti in netoksičnost in to, da so izdelana iz obnovljivih naravnih virov. V primerjavi z mineralnimi olji kažejo rastlinska olja slabšo odpornost na staranje in hidrolitično stabilnost, ožje pa je tudi temperaturno obratovalno območje, ki je omejeno med  $-20$  in  $70$  °C. Mešljivost z mineralnimi olji je dobra.

Rastlinska olja so se uveljavila predvsem za mazanje verig in vodil motornih žag, dvotaktnih bencinskih motorjev, vencev koles lokomotiv, mazanje vodnih zapornic, kot hladilno-mazalna sredstva pri obdelavi kovin in v gradbeništvu kot opažna olja.

### 3.1.2 Sintetični estri

Sintetični estri predstavljajo zelo raznoliko skupino maziv, tako po kemični sestavi kot po ceni. Nekateri

estri imajo odlično biološko razgradljivost, medtem ko drugi niso biološko razgradljivi. Proizvajajo se s sintezo maščobnih kislin in alkoholov. Maščobne kisline so običajno rastlinskega izvora, alkoholne komponente pa proizvodi petrokemične industrije. S sistematičnimi variacijami različnih maščobnih kislin in alkoholov se lahko izdelajo maziva, ki ustrezajo točno postavljenim tehničnim zahtevam. V primerjavi z rastlinskimi olji imajo sintetični estri predvsem boljšo oksidacijsko stabilnost in precej širše temperaturno območje uporabe. Za okolju prilagojena maziva so najbolj uveljavljeni diestri in poliolestri, v zadnjem času pa tudi kompleksni estri. Mešanje z mineralnimi olji bistveno ne spremeni lastnosti sintetičnih estrov, sorazmerno pa se zmanjša biološka razgradljivost. Sintetični estri zaradi postopka izdelave "kreiranje po zahtevi uporabnika" lahko pokrivajo celotno področje uporabe maziv in se odlično obnesejo tudi v najtežjih obratovalnih pogojih (maziva za prenosnike moči, motorna olja itd.). Množična uporaba je omejena z visoko ceno, ki je lahko tudi nekajkrat višja od proizvodov na mineralni osnovi. Okolju prilagojene hidravlične tekočine na osnovi sintetičnih estrov presegajo kakovost ostalih fluidov, uveljavljajo pa se v kmetijstvu, gozdarstvu in gradbeništvu na zavarovanih območjih narave.

### 3.1.3 Poliglikoli

Najbolj značilni predstavniki poliglikolov so polietilenglikoli (PEG) in polipropilenglikoli (PPG). PEG z nizkimi molekulskimi masami so dobro razgradljivi, poliglikoli z viso-

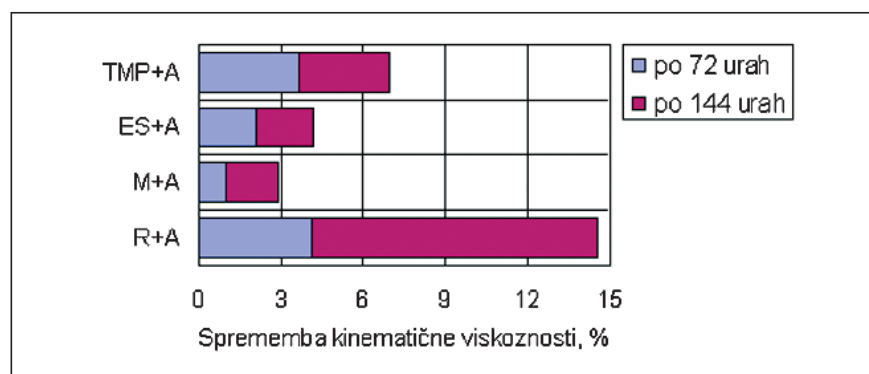
kimi molekulskimi masami in PPG pa slabše. Uporabljajo se predvsem kot hidravlične tekočine (oznaka HEPG), manj pa v druge namene. Imajo dobro strižno stabilnost, ustrezno viskoznost za uporabo v hidravliki, dobre mazalne lastnosti ter zadovoljivo odpornost na staranje. Nemešljivost poliglikolov z mineralnimi olji pomeni, da moramo pred prehodom na uporabo poliglikolov opraviti temeljito izpiranje tehničnega sistema, v katerem je bilo mineralno olje. V sistemu lahko ostane največ 1 % mineralnega olja. Pozornost je potrebno posvetiti tudi tesnilom, saj nekateri materiali niso združljivi s poliglikoli. Značilna lastnost poliglikolov je njihova topnost v vodi, zato je potrebno preprečiti dostop vode do sistema, v odprtih mazalnih sistemih pa se poliglikoli ne smejo uporabljati.

### 3.2 Aditivi za biološko razgradljiva maziva

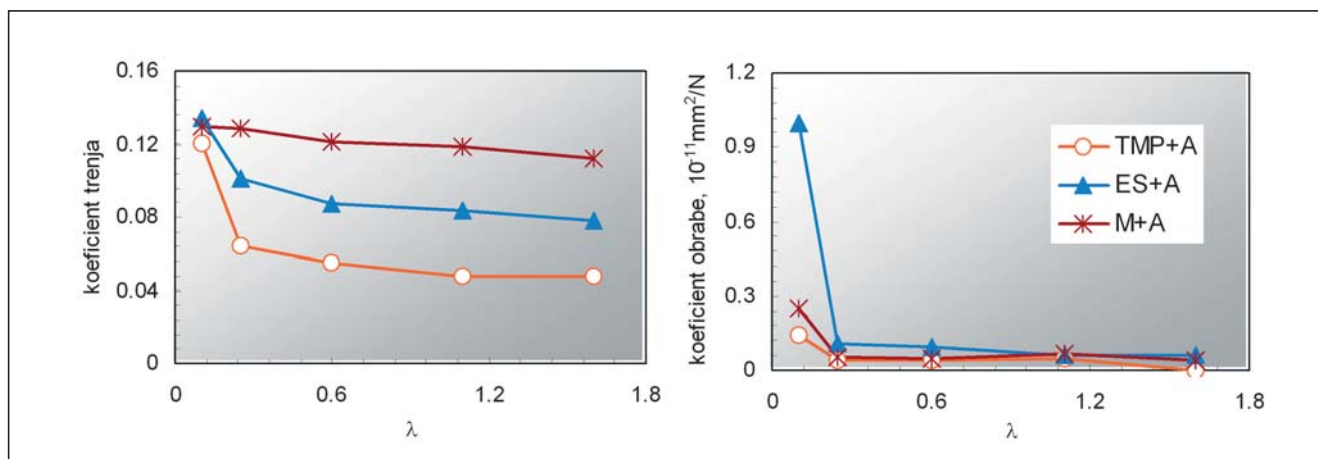
Na začetku uvajanja okolju prilagojenih maziv so skušali uporabiti kar aditive za mineralna olja, vendar rezultati niso bili zadovoljivi. Lastnosti maziv se niso dosti izboljšale in prevladalo je spoznanje, da je potrebno razviti povsem nove aditive, ki niso toksični in ne vsebujejo halogenov in težkih kovin. Danes se dodatno zahtevata še biološka razgradljivost samih aditivov in nizka ogroženost voda (NWH ali WGK 1).

### 3.3 Primerjava lastnosti

Primerjava najpomembnejših lastnosti je prikazana na primeru formuliranih okolju prilagojenih olj gradacije ISO VG 46 na osnovi nenasičene-ga poliol oleat estra (TMP+A), olja



Slika 3. Staranje preskusnih olj pri konstantni temperaturi 95 °C



Slika 4. Tribološke lastnosti preskusnih olj

na osnovi oljne repice (R + A), nasičenega kompleksnega estra (ES + A) in mineralnega olja fosilnega izvora (M + A).

Odpornost olj na staranje je prikazana s spremembo kinematične viskoznosti po 72 in 144 urah segrevanja na konstantni temperaturi 95 °C ob prisotnosti zraka. Kinematično viskoznost olj smo določili po standardu SIST ISO 3104 pri temperaturi merjenja 40 °C.

Najpočasnejše je staranje mineralnega olja, medtem ko je olje na osnovi nasičenega estra bolj oksidacijsko obstojno kot olji na nenasičeni osnovi (slika 3). Po 72 urah je porast kinematične viskoznosti nenasičenih formulacij TMPA + A in R + A približno enak, znatna razlika pa se pokaže po 144 urah. Olju na osnovi oljne repice se je viskoznost povečala za 14 %, kar je že na sami meji spremljivosti.

Tribološke lastnosti preskusnih olj so prikazane s koeficientoma trenja in obrabe, ki sta podana v odvisnosti od koeficienta  $\lambda$ , ki je funkcija hitrosti, obremenitve, materiala in površinske hrapavosti kontaktnih površin. Preskuse na napravi "pin-on-disc" smo izvedli s preskušanci iz DIN 100Cr6 jekla in enako površinsko obdelavo, premer ploščice je bil 24 mm, premer kroglice 12,7 mm. Napravo "pin-on-disc" sestavlja sistem, v katerem sta v kontaktu mirujoča kroglica in ploščica, ki se vrti. Kroglica nalega na ploščico ekscentrično, oba elementa pa sta potopljeni v olje, ki

se preskuša. Preskusi so potekali pri sobni temperaturi, normalna sila je znašala 10 N, skupna drsna pot za vsak preskus pa 1750 m. Edina spremenljivka je bila hitrost in je znašala 4,45, 17,1, 47,3, 131,1 in 238 mm/s. Majhne vrednosti  $\lambda$  pri nizkih hitrostih so značilne za mejno področje mazanja, z naraščanjem hitrosti in s tem koeficienta  $\lambda$  pa sistem prehaja v področje hidrodinamičnega mazanja. Koeficient obrabe je definiran kot razmerje med obrabnim volumnom kroglice, izmerjenim po končanem preskusu, ter obremenitvi in potjo.

Tribološke lastnosti formulacij iz nenasičenih estrov so boljše od lastnosti formulacij nasičenih estrov in mineralnih olj. Vrednost koeficienta trenja TMP + A je bistveno nižja kot za ostali dve olji, posebno pri višjih vrednostih  $\lambda$ , ki se večja s porastom hitrosti (slika 4). Estri so zaradi svoje sestave zelo polarne molekule, ki se oprimejo kovinske površine in tvorijo nizko strižno plast, kar je posebej očitno pri višjih hitrostih medsebojnega relativnega gibanja. Tudi formulacija nasičenega estra ES + A kaže precej boljše torne lastnosti v primerjavi z mineralnim oljem M + A. Razlike v protiobrabnih lastnostih posameznih olj se kažejo predvsem v področju mejnega mazanja, ko so hitrosti majhne in se mora zaščitni mazalni film kar najhitreje formirati. Visoka reaktivnost nenasičenega estra TMP + A omogoča hitro in učinkovito protiobrabno zaščito, medtem ko se pri ostalih dveh formulacijah mazalni film podobnih lastnosti tvori pri višjih

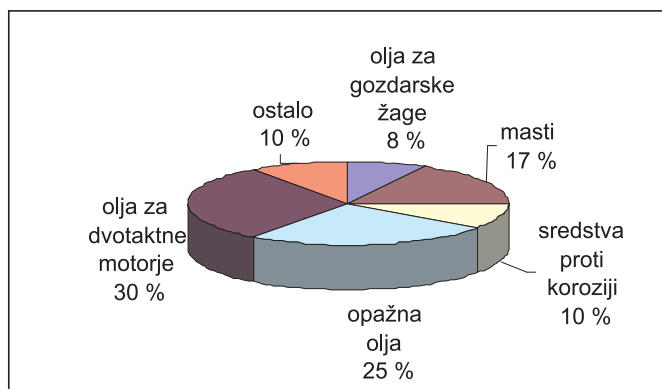
hitrostih gibanja. Za hidravlične poge je značilno, da obratujejo v pogojih mešanega in hidrodinamičnega mazanja, kar pomeni da koeficient presega vrednost 1.

### 3.4 Področja uporabe okolju prilagojenih maziv

Nadomeščanje mineralnih maziv z okolju prilagojenimi je smiselno na področjih, kjer odpadnih maziv po uporabi ni mogoče zbrati ali pa obstaja velika nevarnost nenamernega izlitja olja in in s tem onesnaženja okolja. Vpliv razlitega maziva je odvisen od vrste baznega olja, količine in vrste podlage. V primeru razlitja mineralnega olja po travnati površini, pride do tako imenovanega požiga nadzemeljskega zelenega dela kot tudi korenin. Razlitje okolju prilagojenega olja na enako površino pa povzroči le razbarvanje zelenega dela rastline, medtem ko korenine ostanejo nepoškodovane. Travnna ruša se v 7 do 10 dneh popolnoma obnovi in običajno ni nikakršnih trajnih posledic.

#### 3.4.1 Sistemi mazanja s popolnimi izgubami

Sistem mazanja s popolnimi izgubami lahko opredelimo kot mazanje z enkratnim prehodom čez mazalno mesto, kjer je že v zasnovi predviden stik odpadnega maziva z okoljem. Tovrstna maziva predstavljajo približno 15 % letne količine porabljenih maziv. Slika 5 prikazuje razmerje med mazivi za sisteme mazanja s popolnimi izgubami [5].



**Slika 5.** Razmerje med mazivi za sisteme s popolnimi izgubami

Pri sistemih mazanja s popolno izgubo maziva po uporabi končajo neposredno v okolju, zato vse več držav sprejema zakonske predpise, s katerimi se zahteva uporaba okolju prilagojenih maziv. Najbolj aktivne na tem področju so srednjeevropske in skandinavske države. V Sloveniji je s tega področja trenutno v veljavi samo en zakonski akt. Zakon o delu v gozdovih predpisuje uporabo okolju prilagojenih olj za mazanje verig motornih žag v območjih s prvo stopnjo poudarjenosti hidrološke funkcije in v predelih zavarovane narave [13].

Potrebno je izpostaviti izvrstne adhezijske lastnosti estrov, ki se oprimejo na površino, zato so izgube v okolico bistveno manjše kot z uporabo mineralnih olj. Kot primer: za razrez 100 m<sup>3</sup> lesa je tako potrebnih 34 litrov olja iz oljne ogrščice v primerjavi s 56 litri mineralnega olja. Tudi pri opaznih oljih je poraba 2- do 7-krat manjša, če se uporabljajo maziva na osnovi estra.

### 3.4.2 Obtočni sistemi mazanja

Pri sistemu obtočnega mazanja mazivo kroži v zaprtem mazalnem sistemu in do stika med mazivom in okoljem ne bi smelo priti. Zaradi puščanja olja in/ali zaradi raznih poškodb pa vseeno prihaja do nenamernega izlita iz sistema. Najbolj ranljivi so hidravlični sistemi vozil in mobilnih delovnih strojev, ki se uporabljajo v kmetijstvu, gozdarstvu in gradbeništvu. Če iz takega stroja izteka olje s hitrostjo ene kapljice na sekundo, izteče v okolje okoli 950 litrov olja na leto. Kapljanje iz slabo vzdrževanih vozil pa sploh

ni redek pojav. Komisija za gozdove (Forestry Commission) iz Velike Britanije ocenjuje, da v gozdovih, ki pokrivajo približno 10 % njihovega ozemlja, iz strojev in naprav dnevno izteče 340.000 litrov hidravličnih tekočin [2].

ške funkcije in v predelih zavarovane narave [13].

## 4 Sklepi

S porastom ekološke zavesti se povečuje tudi zanimanje za uporabo okolju prilagojenih maziv. Na področjih, kjer lahko zaradi onesnaženja okolja nastane nepopravljiva škoda, je kljub višji nabavni ceni potrebno pospešeno uvajati okolju prilagojena maziva. Proizvajalci okolju prilagojenih maziv so sposobni ponuditi kakovostne proizvode, ki po lastnostih ne zaostajajo

**Preglednica 2.** Glavne specifikacije in zahteve za okolju prilagojena hidravlična olja

Uradne specifikacije in standardi	Specifikacije proizvajalcev (OEM)
ISO/FDIS 15380:2001(E)	Mannesmann Rexroth RE 90221/05.93
Swedish Standard SS 15 54 34	Sauer danfoss ATI-9101-D
German RAL-UZ 79 Blue Angel	Caterpillar BF-1
German VDMA 24568, VDMA 24569	Komatsu BO
Austrian Standard C 2027 Part 4 in 5	Vickers Guidelines
ASTM D 6006-97a, ASTM D 6046-98a	Volvo Technical Specification 766 107
Nordic White Swan 0002/3.1	
Mil PRF-32073	
Canadian ECP-05-94	

Glede na podatke o povpraševanju po okolju prilagojenih proizvodih v EU se polovica celotne količine nanaša na hidravlične tekočine, kar znaša 51.000 ton letno [19]. Velik tržni delež tovrstnih fluidov se kaže tudi v velikem številu uradnih specifikacij in standardov, ki določajo minimalne zahteve. Zelo dejavni so tudi proizvajalci strojev in opreme za prvo vgradnjo s svojimi zahtevami, saj hočejo zagotoviti nemoteno delovanje svojih strojev in naprav. V preglednici 2 so navedeni najpomembnejši standardi in specifikacije.

Po predpisih o uporabi okolju prilagojenih hidravličnih tekočin prednjačijo nemško govoreče in skandinavske države, kjer je zavest o bogastvu gozdov, s katerimi upravljajo, visoko razvita. V Sloveniji uporabo biološko razgradljivega hidravličnega olja predpisuje Zakon o delu v gozdovih, in sicer pri delu v območjih s prvo stopnjo poudarjenosti hidrolo-

za mazivi mineralnega izvora, tako da je vsaka skrb o tehnični primernosti in lastnostih tovrstnih maziv odveč. Naloga državnih ustanov je spodbuditi večjo uporabo okolju prilagojenih maziv s sprejetjem ustrezne zakonodaje in s tem zagotavljati dolgoročne koristi za celotno družbo. Pomembna spodbuda je tudi obveščanje potrošnikov, saj so nekateri še vedno skeptični in novosti ne sprejemajo avtomatično in zlahka. Prej ko slej bo potrebno uveljaviti tudi prakso, kdor onesnažuje, naj tudi plača, ki bo prinesla temeljit zasuk v miselnosti in kalkulaciji stroškov, povezanih z mazanjem. Kljub trenutno višji nabavni ceni imajo okolju prilagojena maziva utemeljen razlog za obstoj in bodočnost.

## Literatura

1. Bartz, W. J., (1998) Lubricants and the environment, Tribology International, Vol. 31, Numbers 1–3, pp. 35–47.

2. Burrows, C. R., Hammond, G. P., McManus, M. C., (1998) Life-cycle assessment of oil hydraulic systems for environmentally-sensitive applications, IMECE 98, November 15–20, 1998, Anaheim, USA.
3. CONCAWE (1996) Report no. 5/96.
4. Disposing of used lubrication oils, (2000) CONCAWE 9/2 October 2000.
5. Defrang, M., (1999) Loss lubricating – Use of vegetable oil and derivatives in concrete industry, Proceedings of CTVO-Workshop on Lubricants and Hydraulic Fluids, 17th February 1999, Eibar, Spain.
6. Erhan, S. Z., Asadauskas, S., (2000) Lubricant basestocks from vegetable oils, Industrial Crops and Products, Vol. 11, pp. 277–282.
7. Lambent Technologies Corp., (1997) Biodegradable lubricants – a growing trend, #4GO197-3.
8. Mang, T., Dresel, W., (2001) Lubricants and Lubrication, Wiley-VCH.
9. Raven, P. H., Berg, L. R., Johnson, G. B., (1993) Environment, Saunders College Publishing, USA.
10. Robertson, A. J., Randles, S. J., (1990) The use of laboratory techniques to simulate biodegradation of lubricants in the environment, JUGOMA Professional Publications, Vol. 205.
11. Stempfel, E. M., (1998) Practical experience with highly biodegradable lubricants, especially hydraulic oils and lubricating greases, NLGI Spokesman, Vol. 62, No. 1, April 1998, pp. 8–23.
12. Udovč, A., (1996) Preskusne metode za določanje biološke razgradnje maziv, SLOTRIB 96, 13.–14. november 1996, Gozd Martuljek, Slovenija.
13. Zakon o delu v gozdovih, Uradni list Republike Slovenije, št. 92, 11. 10. 2000, 17. len, Varstvo vodnih območij.
14. Willing, A., (2000) Lubricants based on renewable resources – an environmentally compatible alternative to mineral oil products, Chemosphere, Vol. 43, pp. 89–98.
15. Wilkinson, J., (1993) Biodegradable lubricants – a review, Lubricants 93, No. 234, Poreč, Hrvaška.
16. <http://www.fnr.de/>.
17. <http://www.ademe.fr/partenaires/agrice/index.htm>.
18. <http://www.errma.com/>.
19. <http://www.ienica.net/ienicareports.htm>.
20. <http://www.biobased.oce.usda.gov/FSRIA/03-31347.pdf>.

## Environmentally adapted lubricants

**Abstract:** The market for lubrication is dominated by mineral-oil-based products whose non-ecological characteristics are no longer acceptable with respect to the environment. We can estimate that more than 40% of these products end up in the environment, either because they cannot be collected or because they are subjected to accidental losses or voluntary disposals. On the other hand, environmentally adapted lubricants are able to satisfy both the technical requirements and the environmental issues. Biodegradable lubricants are especially useful in agricultural, forestry and building equipment, because here they can easily come into contact with the soil, ground water and crops.

**Key words:** environmentally adapted lubricants, biodegradation, waste oils, toxicity,



### Frekvenčni regulator Commander SK

- Za moči od 0,25 kW do 132 kW
- Vgrajen filter
- Možnost prigradnje internega PLK (Logic Stick)
- Smart Stick za kloniranje parametrov
- Vgrajen PID regulator
- Na zalogi
- Ugodna cena



Kalce 38b, 1370 Logatec  
Tel: 01/750-85-10 E-mail: ps-log@ps-log.si  
Fax: 01/750-85-29 www.ps-log.si

#### Izvajamo:

- konstrukcije in izvedbe specialnih strojev
- predelava strojev
- regulacija vrtenja motorjev
- krmiljenje strojev

#### Dobavljamo:

- servo pogone
- frekvenčne in vektorske regulatorje
- merilne sisteme s prikazovalniki
- pozicijske krmilnike
- planetne reduktorje



### Prikazovalnik pozicije Z-58

- Univerzalni pozicijski prikazovalnik za inkrementalne in absolutne merilne sisteme
- 5 dekadni LED prikazovalnik, višina 14 mm
- Vmesnik RS232 in RS422
- Dva relejna izhoda
- Analogni vhod in izhod 0-10V ali 0-24mA