

## HLADILNE TEKOČINE

### Vsebina

#### 1. Splošno

#### 2. Osnovni pojmi in določila

- 2.1 Hlajenje
- 2.2 Termodinamika
- 2.3 Učinkovitost hlajenja

#### 3. Tehnična uporaba

- 3.1 Zračno hlajenje
- 3.2 Izvedba in delovanje zračnega hlajenja
- 3.3 Tekočinsko hlajenje

#### 4. Izvedba in delovanja hlajenja s tekočinami

#### 5. Sestava in dodatki

- 5.1 Bazne tekočine in njihove lastnosti
- 5.2 Aditivi
- 5.3 Tehnologija

#### 6. Naloge – lastnosti

- 6.1 Zaščita pred zmrzovanjem
- 6.2 Skladnost z materiali
- 6.3 Usedline
- 6.4 Korozija
- 6.5 Kavitacija

#### 7. Standardi – specifikacije

#### 8. Priprava in uporaba

#### 9. Diagrami

##### 1. Splošno

Motorji z notranjim izgorevanjem so pogonski agregati, ki so zaradi kompaktnosti ter mobilnosti osvojili svet. Sodobni motorji z notranjim izgorevanjem vgrajeni v vozila, delujejo z dokaj nizkim izkoristkom. Za pogon se dejansko porabi samo približno 1/3 shranjene energije, ki se nahaja v gorivu. Preostanek energije se v toplotni obliki izgubi v okolje. Polovico toplotnih izgub predstavljajo izpušni plini, drugo polovico pa toplota, ki se začasno zadrži v motorju in njegovih komponentah (blok cilindra, glava cilindra itd). V motorju zadržana toplota je ocenjena na ca. 14,3 MJ/kg izgorelega goriva. Ker je odvzem velikih količin toplote iz motorja in njegovih komponent v okolje dokaj počasen, je nujno potrebno dodatno prisilno odvajanje toplote preko sistema hlajenja, da preprečimo poškodbe zaradi pregrevanja.

##### 2. Osnovni pojmi in določila

###### 2.1 Hlajenje

Hlajenje je postopek, ko nekemu sistemu ali predmetu npr. motorju z notranjim izgorevanjem, odvzemamo toploto oz. termično energijo. V tehniki izraz hlajenje označuje vse postopke, ki z oddajo toplote v okolje zmanjšajo temperaturo komponent in s tem prispevajo k temperaturni izenačitvi. Običajno gre za hladilni sistem, ki se sestoji iz različnih komponent (glej poglavje 3: tehnična uporaba).

###### 2.2 Termodinamika

Odvod termične energije iz čvrstih materialov (npr. jeklo, aluminij) kot tudi iz tekočin (voda, olja) je odvisen od temperaturnega gradienta. Glavna parametra sta toplotna prevodnost in toplotno sevanje, pri tekočinah je še potrebno upoštevati toplotno konvekcijo. Pri plinih prevladuje toplotna konvekcija, medtem ko je učinek prenosa toplote in toplotno sevanje manj izrazito. Vsi navedeni procesi se odvijajo hkrati ter so pogojeni s temeljnimi zakoni termodinamike. Na prenos toplote vplivajo predvsem naslednji dejavniki: koeficient prevodnosti, koeficient prehoda toplote ter specifična toplotna in so značilni za vse materiale

###### 2.3 Učinkovitost hlajenja

Z učinkovitostjo hlajenja določimo koliko toplote odvedemo v nekem določenem času.

$$P_{(c)} = Q/t$$

$$P_{(c)} = \text{učinkovitost hlajenja}$$

$$Q = \text{količina toplote}$$

$$[P_{(c)}] = J/s$$

$$t = \text{čas}$$

Učinkovitost hlajenja je odvisna od številnih faktorjev kot so npr. medij za prenos toplote, gostota, pretok, koeficient prenosa toplote, toplotna prevodnost, hladilna površina, specifična toplota, itd.

### 3. Tehnična uporaba

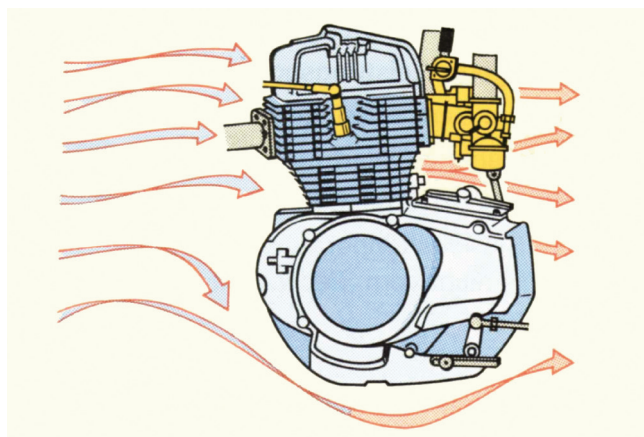
Hladilne sisteme delimo glede na vrsto uporabljenega hladilnega medija. Zato so najbolj poznani načini hlajenja s tekočino ali zrakom.

#### 3.1 Zračno hlajenje

Pri hlajenju z zrakom moramo povečati površino agregata, ki oddaja toploto (v našem primeru motor z notranjim izgorevanjem), da dosežemo največjo možno izmenjavo toplote z okoljem. Zato so običajno na motorje nameščena hladilna rebra. Koeficient prehoda toplote med zrakom in kovino je namreč ca. 50 – 100 krat manjši kot koeficient prehoda toplote med vodo in kovino. Odvod toplote je lahko pasiven (npr. kroženje zraka zaradi gibanja vozila) ali aktiven (npr. z dodatnim ventilatorjem). Zračno hlajenje je cenovno ugodna rešitev, vendar je ta način hlajenja zaradi vplivov na okolje (plini, hrup) omejen le še na motorje motornih žag, skuterjev, letal itd.

#### 3.2 Izvedba in delovanja zračnega hlajenja

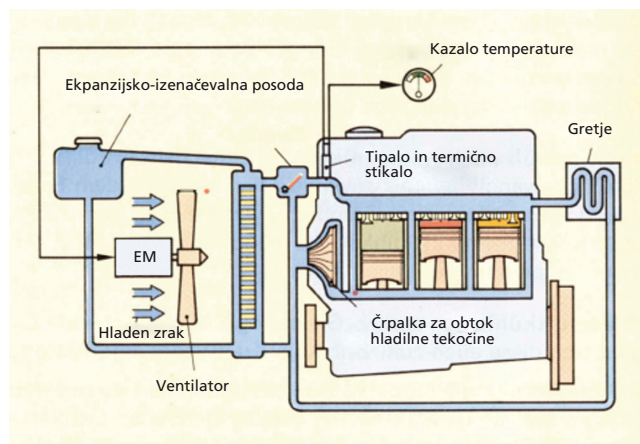
Hladilna rebra pospešijo izmenjavo toplote med kovino in okoljem.



Slika (a) – tok prehoda zraka ob rebrih motorja.

#### 3.3 Tekočinsko hlajenje

To so sistemi pri katerih je medij za odvod toplote tekočina. Preprosto povedano, so vroči deli motorja potopljeni v rezervoar s tekočino. Toplota, ki nastaja v motornem bloku in njegovih komponentah, se prenaša na tekočino. Tekočina nato s konvekcijo (pasiven način) ali s pomočjo črpalke (aktiven način) shranjeno toploto odda na izmenjevalcu toplote. Pomembne prednosti tekočinskega hlajenja so: dušenje hrupa, manjše emisije, večja specifična moč motorja, višja učinkovitost hlajenja itd. Seveda se te prednosti odražajo v dražji izdelavi zaradi zahtevnejših tehničnih rešitev, večjih dimenzijah motorja, zahtevah po regulaciji, itd.



Slika (b) – elementi hladilnega sistema motorja z notranjim izgorevanjem.

### 4. Izvedba in delovanja hlajenja s tekočinami

V osnovi je za hlajenje primerna vsaka tekočina, vendar je potrebno pri hlajenju motorja izpolniti določene zahteve. Pri motornih z notranjim izgorevanjem so najpomembnejše zahteve: vrelišče, strdišče in viskoznost, ki odločilno vplivajo na učinkovitost prečrpavanja ter posledično odvod toplote. Zaradi dostopnosti in nizke cene se najpogosteje uporablja voda. Vendar voda kot hladilni medij predstavlja tudi tveganje, predvsem pri zelo nizkih ali visokih temperaturah, saj pri 0°C spremeni agregatno stanje, njeno vrelišče pa je že pri 100°C (pri 1.013 mbar). Pri temperaturah pod strdiščem se volumen vode poveča za ca. 15 % zaradi zmrzovanja. Voda lahko povzroča tudi korozijo na določenih materialih, ki se uporabljajo v hladilnih sistemih. Ima pa visoko toplotno specifično prevodnost in sicer ( $c(H_2O) = 4,19 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ ), npr. živo srebro ima toplotno specifično prevodnost samo ca.  $0,13 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ . Zato lahko voda v primerjavi z drugimi snovmi zadrži velike količine toplote, ne da bi se njena temperatura bistveno dvignila. Z dodajanjem aditivov izničimo negativne lastnosti vode ter dobimo hladilno tekočino, ki izpolnjuje zahteve današnjih sodobnih motorjev z notranjim izgorevanjem.

#### Primeri drugih hladilnih »tekočin«:

- Olja v hidravličnih napravah, visoko obremenjenih motorjih z notranjim izgorevanjem, kjer se hladijo bati,...
- Natrij (kovina), za temperature  $> 100^\circ\text{C}$  in  $< 800^\circ\text{C}$ .

### 5. Sestava in dodatki

#### 5.1 Bazne tekočine in njihove lastnosti

Kot bazne tekočine se praviloma uporabljajo visoko kakovostni alkoholi. Najpogostejše je to glikol, včasih pa tudi propilenglikol. Glikol je poznan pod različnimi sinonimi.

- MEG (Mono-Etil-Glikol)
- Ethandiol
- Ethan- (1,2)-diol
- 1,2 Ethandiol,
- Etilen glikol

Nerazredčen glikol zagotavlja neustrezno zaščito pred zmrzovanjem – strdišče ima pri - 16°C. Paradoksalno se strdišče ob dodajanju vode občutno zniža, tako da ob ustreznem mešanju vode in glikola dobimo strdišče - 55°C. Zaščita pred zmrzovanjem glede na mešanico glikola in vode nam kaže diagram 1. Čisti glikol ima tudi manjši prenos toplote, saj je specifična toplotna prevodnost glikola:  $c(\text{glikol}) = 2,4 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$  in predstavlja samo polovico vrednosti, ki jo ima voda. Podobno velja tudi za druge različne mešanice vode in glikola. To morajo upoštevati konstruktorji motorjev pri dimenzioniranju hladilnega sistema.

#### Opozorila pri rokovanju s hladilnimi tekočinami

Glikol je zdravju škodljiv! Moderna hladilna sredstva na osnovi glikola vsebujejo posebno aroma (Bitrex®), da ne pride do nenamernega zaužitja.

#### Prednosti glikolov:

- Visoko vrelišče (> 160°C)
- Neomejeno mešanje z vodo
- Dobra združljivost s tesnili
- Dobra topnost dodatkov v osnovni substanci

#### 5.2 Aditivi

Z besedo aditivi označujejo vse druge snovi, ki se dodajajo v hladilno tekočino in niso glikol ali voda. Aditivi zagotavljajo ustreznost hladilne tekočine in ne vplivajo na odpornost proti zmrzovanju.

#### Inhibitorji korozije

Na stenah tvorijo zaščitni film ali sodelujejo v red-ox procesih v hladilnem sredstvu in na ta način ščitijo dele motorja pred uničenjem.

#### Stabilizatorji pH vrednosti

Stabilizirajo pH vrednost hladilnega sredstva v nizko alkalnem področju. Nevtralizirajo kisline, ki lahko nastanejo pri ugasnjenem motorju ali ohlajanju.

#### Kompleksni oblikovalci

Vežejo ali topijo mineralne usedline ter jih obdržijo v suspenziji.

#### Detergenti/ tenzidi

Skrbijo za dobro močenje vročih površin sistema hlajenja zato omogočajo optimalen prehod toplote na hladilno tekočino.

#### Amini

So organski derivati amoniaka, zaradi svojih fizikalno-kemijskih lastnosti imajo v hladilnih tekočinah večnamensko vlogo. Za amine so se pojavili sumi, da so kancerogeni, zato se že dolgo časa več ne uporabljajo.

#### Fosfati

Fosfati so med drugimi soli orto-fosforne kisline. S težkimi kovinami tvorijo spojine, ki ščitijo pred korozijo. Današnje hladilne tekočine ne vsebujejo več fosfatov.

#### SCA-Dodatek za hladilne tekočine

Je pogosto predpisani aditiv predvsem s strani ameriških proizvajalcev kot obvezen dodatek hladilnim tekočinam

#### 5.3 Tehnologija

Na trgu so dosegljive zelo različne tehnologije dodajanja aditivov. Zaradi prepoznavnosti ter marketinških prijemov se uporablja označevanje z uporabo izrazitih barv (glej sliko). Za nekatere tehnologije velja, da se ne morejo mešati med seboj.



| Vrste hladilnih sredstev                  | Glavne lastnosti                                                        |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Klasično hladilno sredstvo                | Vsebujejo silikate                                                      |
| Več funkcijsko hladilno sredstvo          | Vsebujejo nekaj silikata in organskih kislin, brez fosfatov in nitritov |
| OAT hladilno sredstvo                     | Na osnovi organskih kislin (OAT), brez fosfatov in nitritov             |
| SOAT hladilno sredstvo                    | Vsebujejo nekaj silikata in organskih kislin                            |
| Diesel Coolant (v glavnem se upor. v ZDA) | Vsebujejo inhibitorje na osnovi nitritov                                |

#### 6. Naloge – lastnosti

Osnovna naloga hladilnega sredstva je seveda zaščita pred zmrzovanjem/strjevanjem. Poleg tega pa mora sodobno hladilno sredstvo izpolnjevati še številne druge zahteve.

#### Kot so na primer:

- Visoka specifična toplotna prevodnost
- Skladnost s tesnilnimi materiali
- Zaščita pred korozijo
- Zaščita pred kavitacijo
- Zaščita pred pregrevanjem
- Preprečevanje nastajanja kamna/usedlin
- Visoka točka vrelišča

### 6.1 Zaščita pred strjevanjem/ zamrzovanjem

Točka zamrzovanja je temperatura med nastankom prvih ledenih delcev in popolnim strjevanjem tekočine, hladilna tekočina zamrznitev preprečuje, oziroma še vedno omogoča tok tekočine.

### 6.2 Skladnost z materiali

V povprečne osebne vozilu črpalka potiska skozi sistem hladilno tekočino s pretokom ca. 150 litrov tekočine v minuti. Ob tem je hladilno sredstvo v stiku s številnimi materiali (npr. tesnili, plastika in kovine). Če bi prišlo do poškodb naštetih materialov, bi lahko to povzročilo izgubo hladilne tekočine ter posledično težkih okvar ali celo odpovedi agregata. Zato morajo biti hladilne tekočine v celoti skladne z vsemi uporabljenimi materiali, da ne pride do nabrekanja, strjevanja, pokanja ali korozije na materialih.

### 6.3 Usedline

Pitna voda v povprečju vsebuje številne mineralne snovi, ki so raztopljene v vodi. Te snovi se pri povišanih temperaturah spremenijo in postanejo netopne. Zato pride do usedlin, ki jih poznamo kot vodni kamen. Ta plast usedlin občutno zmanjša sposobnost izmenjave toplote in lahko vodi do pregrevanja motorja, ker se poruši ravnotežje med dovedeno in odvedeno termično energijo, temperatura tekočine lahko naraste do vrelišča.

### 6.4 Korozija

Korozija je kemična reakcija nekega materiala z okoljem npr. vodo ali kisikom. Zaradi korozije lahko pride do občutnih dimenzijskih sprememb materiala ter posledično okvare celotnega sistema. Zato moramo preprečiti nastanek korozije, kar dosežemo z dodajanje proti korozijskih aditivov.

### 6.5 Kavitacija

S pojmom kavitacija označujemo pojav plinskih ali parnih mehurčkov v tekočini, ki lahko ob imploziji poškodujejo površine hladilnega sistema. Opisan pojav se označuje tudi z besedo piting. Pojav kavitacije lahko uspešno preprečimo z višanjem točke vrelišča ter dodatki za znižanje parnega tlaka, za to nalogo je glikol zelo primerno sredstvo.

## 7. Standardi – specifikacije

V Evropi obstajajo nekateri splošni standardi, ki določajo lastnosti hladilnih tekočin. Številne specifikacije proizvajalcev avtomobilov in motorjev so izdelane na osnovi veljavnih ASTM ali SAE standardih ter so deloma prilagojene potrebam proizvajalcev motorjev.

### Nacionalni in internacionalni standardi

- UK – BS 6580
- USA – SAE J 1941 koncentrat hladilnega sredstva za motorje (z nizko vsebnostjo silikatov, etilen glikol – SCA zahteva) za težko obremenjene motorje
- USA – SAE J 1034 koncentrat hladilnega sredstva za motorje, za osebne avtomobile in lahke tovornjake, tip etilen glikol
- USA – ASTM D 3306 hladilna sredstva za motorje osebnih in dostavnih vozil
- USA – ASTM D 4985 hladilna sredstva za zelo obremenjene motorje s SCA obdelavo
- USA – ASTM 5752 (SCA, dodatki za hladilna sredstva)
- USA – ASTM 6210 (popolnoma definirano hladilno sredstvo, SCA vključen)
- NATO S-757
- Avstralija – AS 2108
- Francija – NF R 15-601
- Italija – CUNA NC 956-16
- Japonska – JIS K 2234
- Koreja – KS M 2142
- Avstrija – O – NORM V 5123
- Poljska – PN-C 40007:2000
- Madžarska – MSZ 924-82

### OEM standardi oz. specifikacije

- BMW N 600 69.0
- CHRYSLER/EUROSTAR MS-6769
- DEUTZ TR 0199-99-1115
- FORD WSS M97B44-D/D1 & WSS M97B51-A1
- GM 6277 M
- HYUNDAI/KIA MS 591-08 LLC 05
- JCB STD 00088
- JENBACHER TA 1000-0201
- JOHN DEERE JDM H24
- LIEBHERR TLV 035/TLV 23009A
- MAN 324, tip N, tip N/Arctic, tip 324 NF, tip 324 SNF
- MB-BLATT 325.0, KFS koncentrat za vsa vozila/motorje
- MB-BLATT 325.2, KFS koncentrat za kamione in industrijske motorje (ni za BR OM 600, BR M100, BR M200)
- MB-BLATT 325.3, KFS koncentrat za kamione in industrijske motorje (ni za BR OM 600, BR M100, BR M200, POZOR! prepovedano mešanje z MB-BLATT 325.0 in MB-BLATT 325.2, MB-BLATT 326.0 in MB-BLATT 326.2)
- MB-BLATT 326.0, za uporabo v vseh motorjih skupaj z MB-BLATT 223.1 (BR 100, 200, 300, 400, 500, 600, 900)
- MB-BLATT 326.3, za uporabo v vseh motorjih (vendar ne za BR OM 600, BR M100; POZOR! prepovedano mešanje z MB-BLATT 325.0 in MB-BLATT 325.2, MB-BLATT 326.0 in MB-BLATT 326.2)
- MITSUBISHI ES-X64217
- MTU MTL 5048 & 5049
- MWM TR 0199-99-2091
- OPEL/GM B040 0240
- PSA B 71 5110
- SCANIA TB 1451
- TATA SS 7700
- TOYOTA TSK 2601 G
- VOLKSWAGEN TL 774 C, D, F, G
- VOLVO 1286083



## 8. Priprava in uporaba

### Hladilno sredstvo

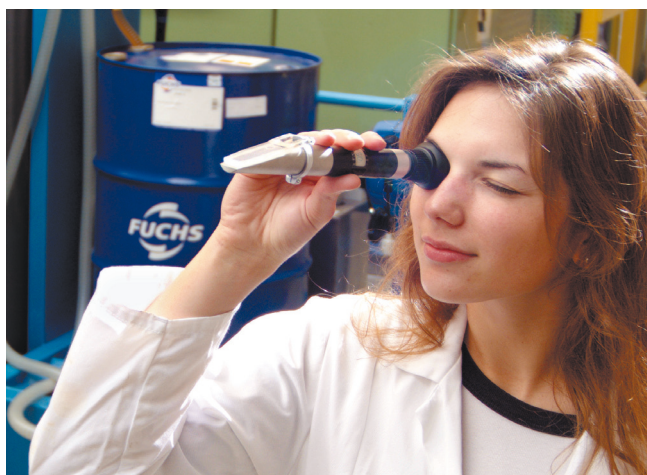
Hladilno sredstvo se pripravi z mešanjem vode in ustreznega koncentrata. Dobavljive so tudi že pripravljene mešanice. Pri pripravi hladilne tekočine je potrebno upoštevati priporočila proizvajalca!

### Kakovost vode

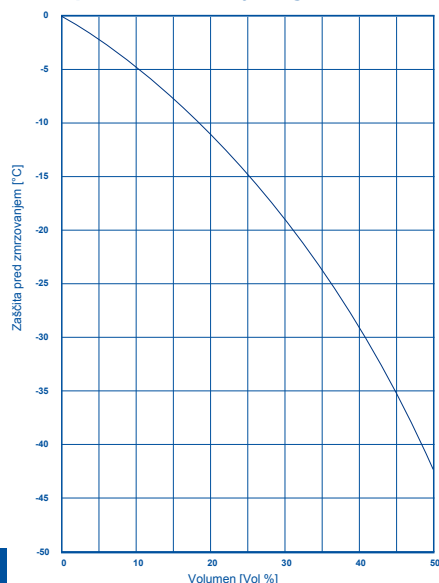
Čista pitna voda v večini primerov zadostuje. Paziti moramo le, da ni preveč trda (visoka vsebnost mineralov). Lokalni dobavitelji vode razpolaga s podatki o kakovosti vode. Preveč trdo vodo lahko po potrebi mešamo z destilirano vodo, če pa se želimo težavam s trdoto izogniti, uporabimo čisto destilirano vodo.

### Kontrola zaščite pred zamrzovanjem

Za kontrolo ustreznosti zaščite hladilnega sredstva se lahko uporabljajo številne naprave. Najbolj primeren je merilni plovce s katerim določimo gostoto tekočine. Dražja, vendar zelo priročna rešitev pa je kontrola s pomočjo ročnega refraktometra (slika spodaj).



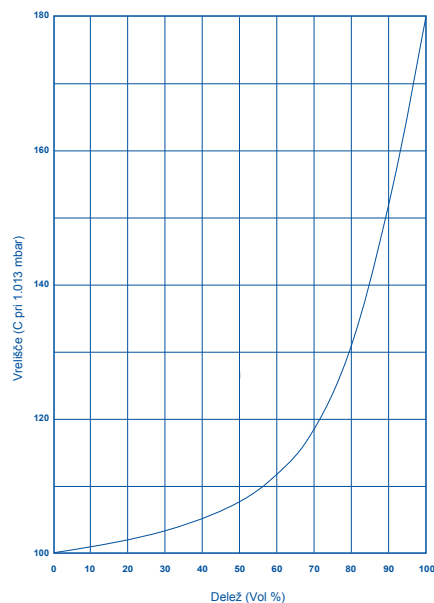
## 1 – Zaščita pred zmrzovanjem glede na mešalno razmerje



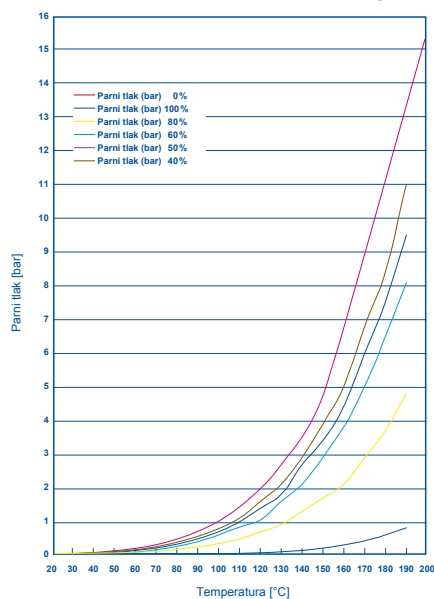
5

TEHNIČNE INFORMACIJE 665

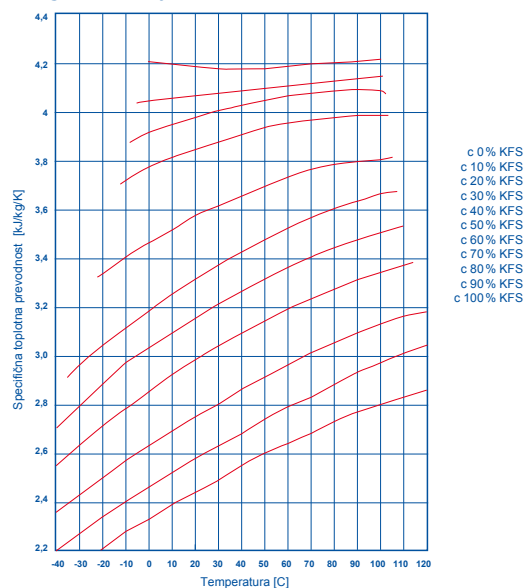
## 2 – Vrelišče glede na mešalno razmerje



## 3 – Parni tlak v odvisnosti od mešalnega razmerja



## 4 – Specifična toplotna prevodnost v odvisnosti od mešalnega razmerja



Ti podatki odgovarjajo najboljšemu poznavanju trenutnega stanja in našega razvoja. Spremembe so pridržane. Za navedene podatke veljata ponovljivost in primerljivost obstoječih preizkusnih postopkov.