



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

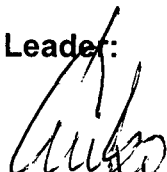
For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

23034

## FINAL REPORT

**Project No.:** MP/CRO/03/033  
**Project Title:** Terminal Phase out Management Plan  
for CFCs – TPMP Croatia  
**Contract No.:** 2004/174  
**Purchase Order No:** 16000740

**Project Leader:**

  
Tonko Ćurko, Ph.D.



**Vice Dean**

  
Prof. Sanjin Mahovic, Ph.D.

Zagreb, January, 2005

## **PREDGOVOR**

Ova je radna skripta namijenjena učenicima srednjih strukovnih škola koji pohađaju nastavu Rashladne tehnike.

Svrha priručnika je upoznati učenike o principima rada rashladnih uređaja te o utjecaju na okoliš radnih tvari koje se koriste kao prijenosnici energije u kompresijskim rashladnim uređajima.

Poznato je da pojedine skupine freona (CFC i HCFC) kada se ispuštaju u atmosferu imaju štetan utjecaj na razgradnju ozonskog omotača. Ne treba zanemariti niti utjecaj freona i ostalih tvari koje oštećuju ozonski omotač na globalno zagrijavanje.

Upijajući štetno ultraljubičasto zračenje ozonski omotač ima životni značaj za ljudski, biljni i životinjski svijet, pa je razvoj svijesti o potrebi zaštite ozonskog omotača neophodna.

Autori

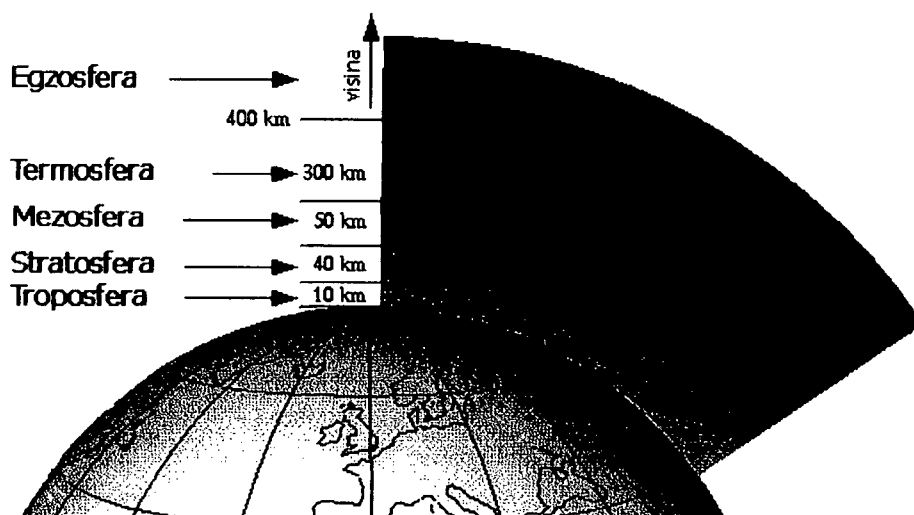
<b>1. ŠTO JE OZON I KAKO NASTAJE?</b> .....	4
1.1 ATMOSFERA .....	4
1.2 ATMOSFERSKI OZONSKI SLOJ .....	5
1.3 KAKO NASTAJE OZON .....	6
<b>2. RAZGRADNJA OZONA</b> .....	6
2.1 OZONSKA RUPA I NAČINI RAZGRADNJE OZONA .....	7
2.2 KEMIJSKI PROCESI KOJI VODE DO RAZGRADNJE OZONA .....	9
<b>3. ŠTO JE UČINJENO?</b> .....	10
3.1 MONTREALSKI PROTOKOL .....	10
3.2 UREDBA O TVARIMA KOJE OŠTEĆUJU OZONSKI OMOTAČ .....	11
<b>4. RASHLADNI UREĐAJI</b> .....	13
4.1 KOMPRESIJSKI RASHLADNI UREĐAJI .....	13
4.2 KOMPRESIJSKI RASHLADNI PROCESI - PARNI PROCESI .....	14
4.3 DEMONSTRACIJSKI RASHLADNI UREĐAJ .....	15
<b>5. RADNE TVARI</b> .....	17
5.1 OZNAČAVANJE RADNIH TVARI – ASHRAE OZNAKE .....	17
5.2 RADNE TVARI I NJIHOVE ZAMJENE .....	18
5.3 KRITERIJI ZA VREDNOVANJE RADNIH TVARI .....	19
<b>6. PUŠTANJE RASHLADNOG UREĐAJA U POGON</b> .....	20
6.1 PRAŽNENJE (VAKUUMIRANJE) SUSTAVA .....	20
6.2 PUNJENJE SUSTAVA .....	22
<b>7. POSTUPCI S POSTOJEĆIM INSTALACIJAMA</b> .....	24
7.1 PRIKUPLJANJE RADNIH TVARI (engl. RECOVERY) .....	24

# 1. ŠTO JE OZON I KAKO NASTAJE?

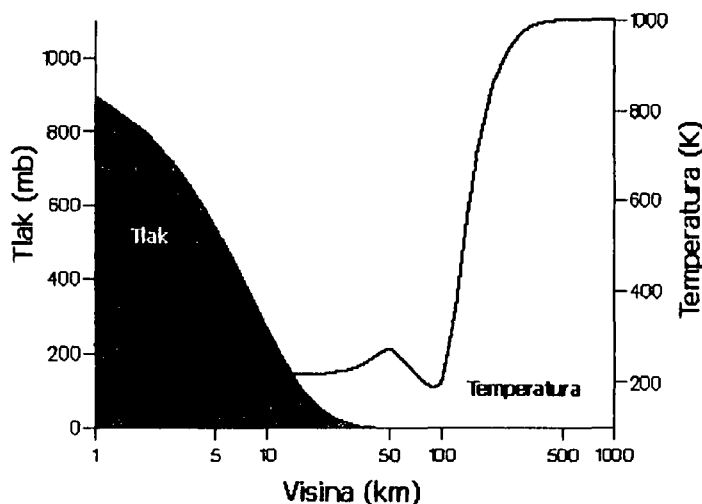
## 1.1. ATMOSFERA

Atmosfera je plinoviti omotač koji obavija Zemlju. Oblik atmosfere je sličan obliku Zemlje i s njom se neprekidno obrće. Premda se i na visini od 1000 km iznad površine Zemlje još nađe poneka molekula atmosferskih plinova, 99.9 % mase cijele atmosfere je zbog sile teže zbijeno u donjih 50 km.

Ako promatramo promjenu temperature po visini atmosfera se dijeli na nekoliko slojeva (*slika 1.1*): troposferu (najniži sloj, do 10 km), stratosferu (10 do 50 km), mezosferu (50 do 100 km), termosferu (od 100 do 400 km) te najviši sloj egzozferu, iznad 400 km (njezina granica nije točno određena). U troposferi temperatura pada s visinom, u stratosferi se povećava (*slika 1.2*). Najviša temperatura u tom sloju nalazi se na visini od oko 50 km, a zatim naglo opada do visine od 80 km. Naglo povišenje temperature u stratosferi objašnjava se prisutnošću ozona, koji apsorbira Sunčeve zrake i time zagrijava taj sloj. U termosferi temperatura raste s porastom visine.



*Slika 1.1 Slojevi atmosfere*



*Slika 1.2 Promjena temperature i tlaka s visinom*

## **SYNOPSIS**

This paper presents the Final Report on full performance of the obligations for "Improvement of Capability in Vocational Training System" as indicated in the Paragraphs 1. and 4.b. of the Contract No. 2004/174.

Basis for the provision of the contract services is Terms of Reference dated 28 June 2004 and the Contractor's Proposal dated 8 October 2004.

**Considering Contract No. 2004/174 and Terms of Reference that are mentioned above, FMENA as the Contractor considers all services completed.**

## **TABLE OF CONTENTS**

- 1. INTRODUCTION**
- 2. TRAINING CENTER**
- 3. TRAINING MATERIALS**
- 4. TRAINING OF TRAINERS**
  - 4.1 Execution of training course**
  - 4.2 Certificates**
- 5. CONCLUSION**

## **ATTACHMENTS**

1. List of trainers
2. Training materials
3. Sample of the certificate
4. Specification of equipment for vocational schools

## 1. INTRODUCTION

Final Report considers all relevant data for the execution of the Contract No. 2004/174.

Activities that were involved are:

- Selection of trainees – school teachers. Selection was coordinated with the Ministry of Environmental Protection and Physical Planning and Ministry of Education and Sports. Training workshop for total 16 trainers – vocational school's teachers, two from each vocational centre - was organized (Attachment)
- Assignment of trainees – school teachers
- Determination of the content of the training course
- Planning and organization of the course
- Execution of the course, including provision of the financial support for non-local participants
- Issuing certificates to trainees – school teachers
- Report of the training course
- In the project also is foreseen that 8 vocational school centres are to be equipped with the adequate equipment. For that purpose the specification of the equipment was also produced and is attached to this report.

## 2. TRAINING CENTERS

Workshop was organized in the training center Zagreb, equipment that was used was the same one, which was used during the RMP project.

### **Training Center Zagreb**

At Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture  
(Fakultet strojarstva i brodogradnje, in Croatian)  
Ivana Lučića 5, 10 000 Zagreb  
Center leader: Tonko Ćurko, Ph.D.

## 3. WRITTEN MATERIALS

All trainees that have attended to the workshop were supplied by materials that were produced for the needs of the project. They were also supplied by the CD ROM of the script.

The content of the workshop was:

- general introduction of Ozone issues,
- Government regulation,

- refrigeration technology with new alternative refrigerants,
- lectures on recovery and recycling technologies,
- hand-on training,
- other items relevant to refrigerant recovery and recycling technologies.

All materials are prepared in a manner to accommodate to previous knowledge of the students in the professional schools, and to give general idea about the importance of the environment protection applying recent technology achievements. All materials are written in Croatian language.

#### **4. TRAINING OF VOCATIONAL SCHOOL TEACHERS**

##### **4.1 Execution of training course**

Two-day training course was organized in training center Zagreb on January 14. and 15. Thursday and Friday training has lasted 8 school hours (8x45min).

Lectures itself were presented by "power point". Attendees were also provided by a full content of lectures with transparencies in case that their school is not equipped by multi media equipment.

Cold snacks, lunch and refreshment beverages were offered to attendees.

Total number of trainees – school teachers that have attended to the course is 16, two from each of eight vocational schools. Full list of school teachers containing names, vocational centers, is contained in Attachments to this report.

Program of the course was the full content of the materials that were distributed to the attendees.

##### **4.2 Certificates**

All school teachers that have completed the courses were awarded by a *Certificate of training*. Certificates are signed by the Dean of the faculty and the leader of the Project leader. Certificates were printed on the protected paper and are coded. Attached to this report is one sample of the certificate.

#### **5. CONCLUSION**

It is considered that obligations deriving from the Contract No. 2004/174 have been fulfilled. Also it may be considered that the purpose of the project as well as quality of performed services have met the contract requirements.



Att. 1

No.	Name	City	Name of Vocational School
1.	Željko Brenčić	Labin	Srednja škola Mate Blažine
2.	Đani Brajković	Labin	Srednja škola Mate Blažine
3.	Zoran Maričić	Osijek	Elektrotehnička i prometna škola
4.	Snježana Švelec	Osijek	Elektrotehnička i prometna škola
5.	Krste Tarabarić	Split	Obrtna tehnička škola Split
6.	Josip Aras	Šibenik	Industrijsko-obrtnička škola
7.	Luka Mladinović	Slavonski Brod	Industrijsko obrtnička škola Slavonski Brod
8.	Stjepan Bašić	Slavonski Brod	Industrijsko obrtnička škola Slavonski Brod
9.	Anđelko Borković	Čakovec	Tehnička, industrijska i obrtnička škola
10.	Jasenska Pleh	Čakovec	Tehnička, industrijska i obrtnička škola
11.	Dragan Grgić	Karlovac	Tehnička škola Karlovac
12.	Slaven Škrobica	Split	Obrtna tehnička škola Split
13.	Mladen Križanić	Velika Gorica	Srednja strukovna škola Velika Gorica
14.	Boris Lučić	Velika Gorica	Srednja strukovna škola Velika Gorica
15.	Milan Relić	Karlovac	Tehnička škola Karlovac
16.	Mirjana Škugor	Šibenik	Industrijsko-obrtnička škola



Projekt UNIDO: MP/CRO/03/033

Upravljanje potpunim ukidanjem potrošnje CFC-a u RH  
(*Terminal phase out management plan for CFCs*)

**RASHLADNI UREĐAJI  
I  
RADNE TVARI**

*Pripremili:*

Tonko Ćurko

Vladimir Soldo

Vlasta Zanki Alujević

Marino Grozdek

Zagreb, prosinac 2004.

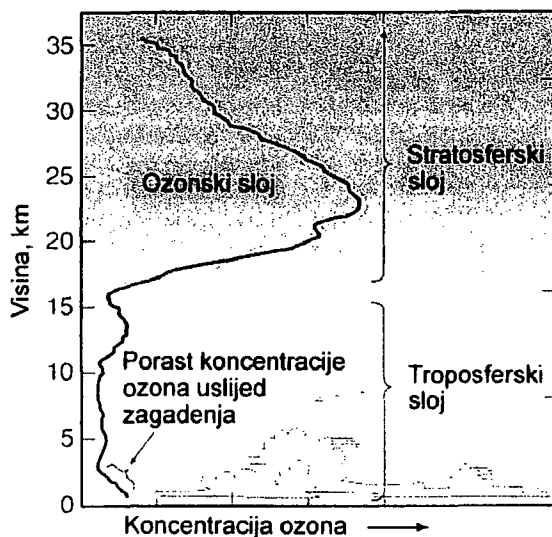
## 1.2. ATMOSFERSKI OZONSKI SLOJ

Ozon je troatomni oblik kisika. Njegova molekula ima tri atoma kisika umjesto uobičajena dva. Prirodno se stvara u gornjim slojevima atmosfere uz pomoć snažnog ultraljubičastog zračenja sa Sunca. Zračenje razbija molekule kisika, otpuštajući slobodne atome, od kojih se neki vežu s drugim molekulama kisika i stvaraju ozon. Oko 90 % ukupnog ozona u atmosferi stvara se na taj način između 10. i 50. kilometra (u stratosferi) iznad Zemljine površine. Stoga se zona prisutnosti ozona u stratosferi naziva «ozonski omotač».

Ozonski je omotač važan jer upija ultraljubičasto (UV) zračenje sa Sunca, sprečavajući da većina UV zraka dopre do Zemljine površine. Valne duljine zračenja u UV spektru su samo malo kraće od valnih duljina vidljivog svjetla. UV zračenje valnih duljina između 280 i 315 nm (nanometar je milijarditi dio metra) naziva se UV-B, a štetno je za gotovo sve oblike života. Upijajući većinu UV-B zračenja prije nego ono dopre do Zemljine površine ozonski omotač štiti naš planet od štetnih utjecaja tog zračenja. Stratosferski je ozon također značajan i za atmosfersku raspodjelu temperatura, čime utječe na klimu na Zemlji.

Ozonski omotač je Zemljin suncobran.

Ozon je prisutan i u nižim slojevima atmosfere (tj. u troposferi), ali u nižim koncentracijama nego u stratosferi. Izgaranje fosilnih goriva i biomase oslobađa spojeve poput dušikovih oksida i organskih spojeva, koji uz pomoć Sunčeve energije stvaraju ozon. Ovaj prizemni ozon sastavni je dio gradskog smoga i može prouzročiti probleme s dišnim organa kod ljudi te oštećenja na biljkama.



*Slika 1.3 Promjena koncentracije ozona s visinom*

### **Biološki učinci smanjenja koncentracije ozona i pojačanog ultraljubičastog zračenja**

- porast raka kože životinja, a naročito ljudi,
- slabljenje imuniteta, širenje zaraznih bolesti,
- remećenje ravnoteže flore i faune,
- odumiranje planktona, remećenje prehrane u oceanima,
- smanjenje broja vrsta koje obitavaju u vodi.

Povećana izloženost ljudi i životinja dijelu spektra UV-B zračenja uzrokuje bitno smanjenje imuniteta na brojne bolesti, uključujući rak, malariju, herpes, alergije i neke zarazne bolesti. I mnoge su biljne vrste osjetljive na pojačano UV-B zračenje. Pokusima je pokazano kako pojedinačno izlaganje usjeva poput riže i soje UV-B zračenju ima za izravnu posljedicu – slabiji rast i prinos. Pojačano UV-B zračenje oštećuje fito i zooplankton, riblju mlad i razvojne oblike rakovica i škampa, što neposredno utječe na prehrambeni lanac u prirodi.

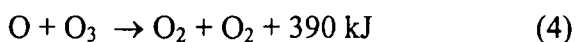
### 1.3 KAKO NASTAJE OZON

Ozon je nestabilna molekula. Snažno zračenje sa Sunca ga ne samo stvara, već ga ponovno razgrađuje, stvarajući molekularni kisik i slobodne atome kisika. Koncentracija ozona u atmosferi ovisi o dinamičkoj ravnoteži između brzine njegovog stvaranja i brzine njegove razgradnje.

Koncentracija ozona je ravnoteža između reakcija (1)-(4), "Chapman reakcije":



ili



- $h \cdot \nu$  – energija Sunčevog zračenja dijela ultraljubičastog spektra (200~340 nm)
- $h=6,626 \cdot 10^{-34}$  [J·s] – Planckova konstanta
- $\nu$  [1/s] – frekvencija

## 2. RAZGRADNJA OZONA

Brojne tvari koje je proizveo čovjek mogu uništiti stratosferski ozon. Sve one imaju sljedeće značajke: u donjim slojevima atmosfere jako su postojane, uglavnom netopive u vodi i otporne na fizičke i biološke utjecaje, **sadrže klor ili brom** (elemente izuzetno reaktivne u slobodnom stanju), te stoga mogu katalitički razgrađivati ozon. Te tvari su poznatije pod nazivom **tvari koje oštećuju ozonski omotač (TOOO)**.

Navedena su svojstva razlog što tvari koje oštećuju ozonski omotač ostaju u zraku dugo vremena i postupno dopijevaju u sve dijelove atmosfere, uključujući i stratosferu. U stratosferi one se razgrađuju djelovanjem snažnog Sunčevog zračenja, oslobađajući atome klora ili broma, koji katalitički uništavaju ozon.

Freoni – su skupno ime za CFC, HCFC i HFC spojeve.

Klorofluorogljici (CFC) su tvari koje imaju najveći utjecaj na razgradnju ozona. CFC su se od vremena njihove sinteze (1928. godine) rabili na različite načine: kao radna tvar u hladnjacima i klimatizacijskim uređajima, kao potisni plin u limenkama aerosola, kao sredstvo za ekspaniranje u proizvodnji fleksibilnih pjena za jastuke i madrace, te kao sredstvo za čišćenje u elektroničkoj industriji.

Djelomično halogenirani klorofluorogljikovodici (HCFC) su slični CFC-ima, te su se u velikoj mjeri proizvodili kao zamjenske radne tvari u uređajima za hlađenje i za ekspaniranje. HCFC-i manje uništavaju ozon od CFC-a, jer ih atom vodika čini manje stabilnim i podložnijim razgradnji u donjim slojevima atmosfere, sprečavajući da većina njihovog klora dopre do stratosfere.

Freoni iz skupine fluoriranih ugljikovodika (HFC) ne sadrže klor i nemaju štetan utjecaj na razgradnju ozonskog omotača.

Osim freona, veliki utjecaj na razgradnju ozonskog omotača imaju **haloni** i **metil bromid**. Haloni su tvari koje kao halogeni element sadrže brom, a koje se koriste u proizvodnji sredstava za gašenje požara. Do deset puta su snažniji od najštetnijeg CFC-a. Metil bromid sadrži također brom, a koristi se u poljoprivredi kao pesticid pri proizvodnji presadnica duhana.

CFC – klorofluorogljici (engl. *chlorofluorocarbons*) su potpuno halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika (R11, R12)

HCFC – klorofluorogljikovodici (engl. *hydrochlorofluorocarbons*) su djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i klor (R22)

HFC – fluorirani ugljikovodici (engl. *hydrofluorocarbons*) su djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i ne sadrže klor (R134a)

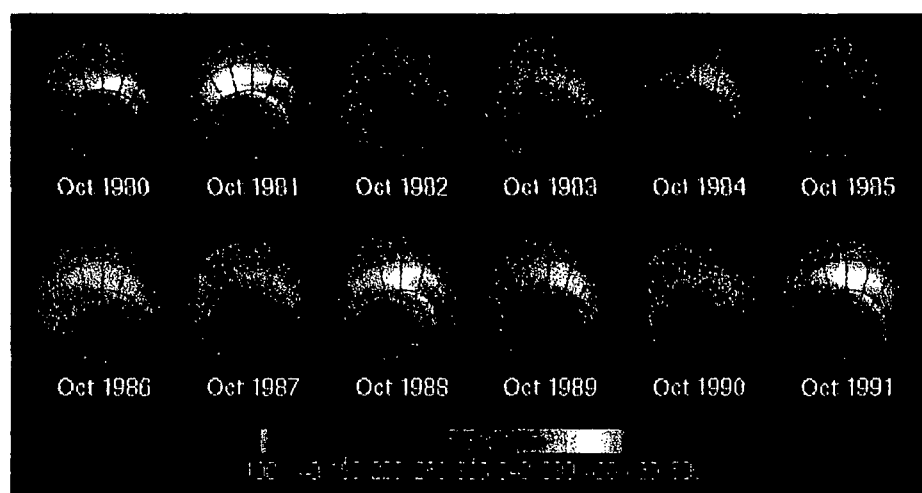
## 2.1 OZONSKA RUPA I NAČINI RAZGRADNJE OZONA

Smanjenja koncentracije ozona u ozonskom su sloju prvi put zapažena iznad Antarktika 1975. godine. Podaci su objavljeni tek 1985. godine nakon temeljite provjere, kad je već bilo poznato da se smanjenje koncentracije iznad Antarktika ponavlja svake godine u rujnu i listopadu i da to razrjeđivanje ozonofere postaje s vremenom sve intenzivnije.

Količina ozona iznad određene točke na Zemlji mjeri se Dobsonovim jedinicama – DU.

300 DU je količina ozona iznad neke točke na Zemlji, koja bi privedena na površinu Zemlje činila sloj debljine 3 mm, pri 1013 mbar i 0°C. Prosječna koncentracija ozona kreće se u granicama 250 – 300 DU.

**Ozonska rupa** je polje s koncentracijom ozona manjom od 220 DU. Najniža koncentracija ozona od 88 DU izmjerena je iznad Antarktika (Južni pol), dok je najniža izmjerena koncentracija ozona iznad Sjevernog mora 165 DU.

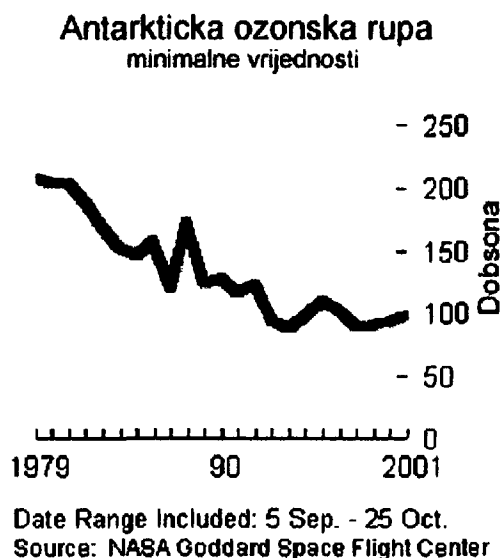


*Slika 2.1 Ozonska rupa iznad Antarktika - mjesečni prosjek za listopad od 1980. do 1991.*

Dva su mehanizma razgradnje ozona:

1. Homogena razgradnja – uzročnik globalnog smanjenja koncentracije ozona
2. Heterogena razgradnja - prouzrokuje radikalno uništavanje ozona iznad Antarktika svakog proljeća što se naziva ozonska rupa

Od početka stalnih mjerenja, 1980-tih godina, bilježi se neprestano prorjeđivanje ozonskog omotača, a najveća se oštećenja bilježe iznad Antarktika. Uzrok tome su specifični uvjeti za odvijanje kemijskih reakcija – niska temperatura atmosfere i prisutnost polarnih stratosferskih oblaka. Zimi u polarnoj stratosferi prevladava tzv. **polarni vrtlog**, blago valovito gibanje zraka oko pola. Ono je mnogo pravilnije na južnoj nego na sjevernoj polutki. Stratosferski polarni vrtlog sprečava ili otežava miješanje zraka iz polarnog područja sa zrakom iz nižih širina. Tako u hladno doba godine mogu nastati posebni uvjeti u polarnoj stratosferi, naročito iznad Antarktika. Oni se odnose na temperaturu i vlažnost zraka, na sastav aerosola i dr., i pogodni su za razvoj **stratosferskih polarnih oblaka**. Ako u te oblake dospiju **tvori koje sadrže klor**, sastav oblaka i ostali uvjeti potpomažu razgradnju ozona, unatoč odsustvu Sunčeve svjetlosti. Kada se Sunce u proljeće opet pojavi proces se ubrzava, što rezultira vrlo brzim uništavanjem ozona, sve do raspadanja polarnog vrtloga. Prema najnovijim proračunima proces unutar polarnih vrtloga, koji nastaje na visini od 20 km, pri temperaturi  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  može biti toliko jak da jedan atom klora razori možda čak 60 000 molekula ozona prije nego sam izreagira ili se vrati u troposferu iz koje ga ispere oborina.



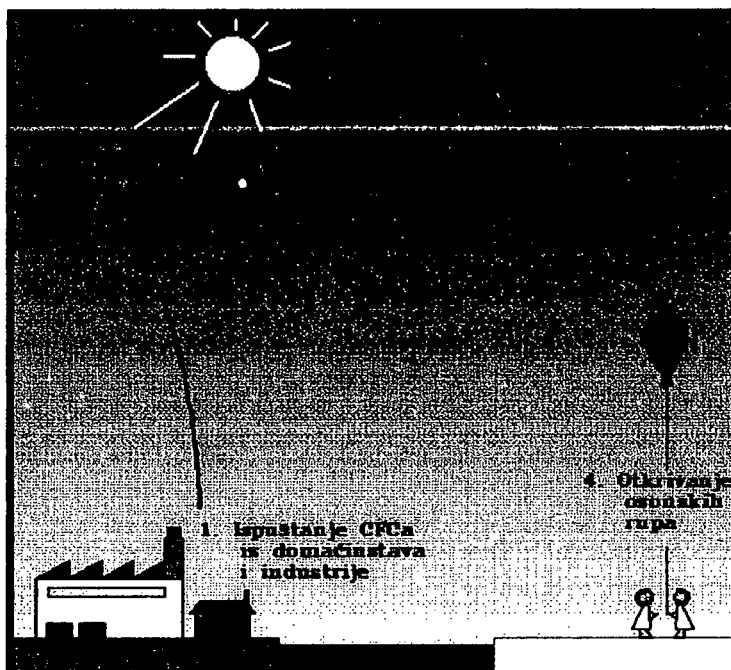
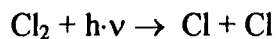
*Slika 2.2 Vrijednosti koncentracije ozona iznad Antarktika za rujan/listopad 1979. do 2001. godine (minimum 1998. godine)*

Mjerenja koncentracije ozona nad Republikom Hrvatskom obavljaju se putem satelita. Ti podaci u posljednjih deset godina ne pokazuju prisutnost ozonske rupe nad Hrvatskom, ali pokazuju stanjenje ozonskog omotača za 2.4 %, uz porast štetnog UV zračenja od 3.3 %.

## 2.2 KEMIJSKI PROCESI KOJI VODE DO RAZGRADNJE OZONA

### Učinak Sunčevog zračenja

Za razgradnju ozona potreban je atomarni klor, koji nastaje fotodisocijacijom  $\text{Cl}_2$ :

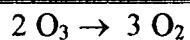
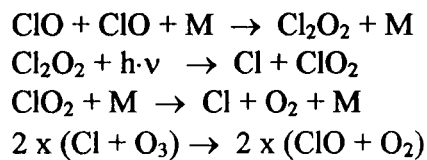


Slika 2.3 Životni vijek i put CFC-a

### Katalitičko razaranje ozona

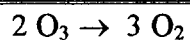
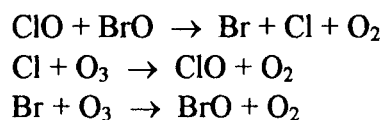
Za stvaranje aktivnog klora potrebno je Sunčevo zračenje koje pokreće sljedeće katalitičke procese koji razgrađuju ozon:

(I)



(M = bilo koja molekula zraka)

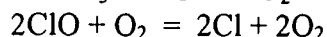
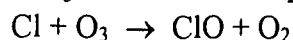
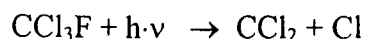
(II)



Zbog pojačanog ultraljubičastog zračenja ozon se raspada u kisik,  $O_3 \rightarrow O_2$ .

Za radnu tvar R11 su kemijske reakcije u tijeku raspada ozona prikazane slijedećim jednadžbama:

(III)



### 3. ŠTO JE UČINJENO?

#### 3.1 MONTREALSKI PROTOKOL

Potaknuti otkrićem s kraja 1985. godine o postojanju antarktičke ozonske rupe, vlade svijeta su prepoznale potrebu za provedbom strogih mjera smanjenja proizvodnje i potrošnje CFC-a i halona. Iz tih je razloga u rujnu 1987. godine usvojen **Montrealški protokol** o tvarima koje oštećuju ozonski omotač. Montrealskim su protokolom određene mjere i rokovi za ukidanje potrošnje **tvari koje oštećuju ozonski omotač (TOOO)**. Trenutno se Montrealskim protokolom kontrolira potrošnja 95 TOOO. Danas je 168 zemalja potpisnica Montrealskog protokola.

1987.	MONTREALSKI PROTOKOL 168 zemalja potpisnica
1990.	LONDON – DOPUNA MONTREALSKOG PROTOKOLA 130 zemalja potpisnica
1991.	NOTIFIKACIJOM O SUKCESIJI RH POSTAJE SUPOTPISNICA PROTOKOLA
1992.	KOPEHAGEN – DOPUNA MONTREALSKOG PROTOKOLA 92 zemlje potpisnice
1999.	RH – UREDBA O TVARIMA KOJE OŠTEĆUJU OZONSKI OMOTAČ
1999.	RH DRŽAVNA UPRAVA ZA ZAŠTITU PRIRODE I OKOLIŠA PROJEKT: “Gospodarenje rashladnim sredstvima”
2001.	SEMINAR: “Gospodarenje rashladnim sredstvima” RMP – Refrigerant Management Plan <b>Ciljevi projekta:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ukidanje potrošnje CFC-a do 2006. godine,</li><li>- sprječavanje uvoza proizvoda koji sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač,</li><li>- sprječavanje ispuštanja CFC-a u atmosferu,</li><li>- kontrola i sprječavanje curenja uređaja,</li><li>- upoznavanje s alternativnim sredstvima,</li><li>- priprema tehničkih naputaka za servisere,</li><li>- priprema sustava prikupljanja i oporabe freona.</li></ul>
2006.	Ukidanje distribucije R11, R12, R502 u RH
.....	Ukidanje distribucije R22 u RH

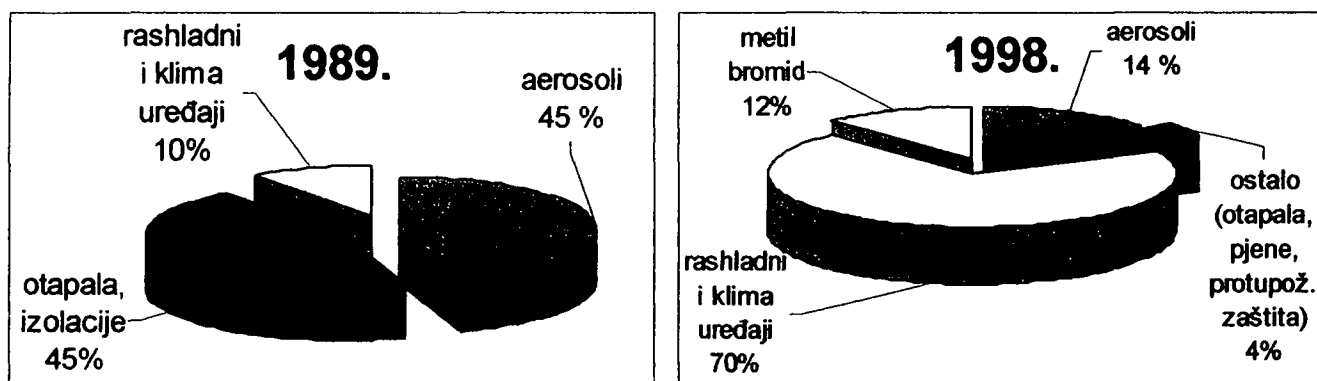


### 3.2 UREDBA O TVARIMA KOJE OŠTEĆUJU OZONSKI OMOTAČ

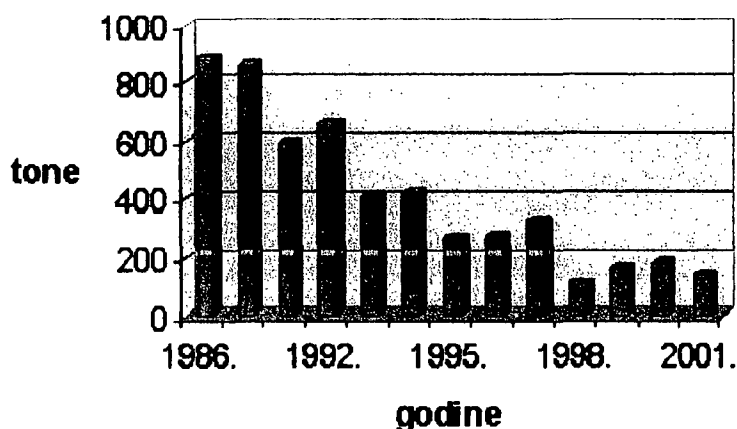
Vlada Republike Hrvatske je 14. siječnja 1999. godine donijela Uredbu o tvarima koje oštećuju ozonski omotač:

Odredbama Uredbe ograničavaju se proizvodnja, potrošnja, uvoz i izvoz tvari koje oštećuju ozonski omotač, te proizvoda koji sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač ili su proizvedeni uz pomoć tih tvari. **Zabranjuje se ispuštanje u zrak TOOO** prilikom održavanja, popravka te isključivanja iz uporabe proizvoda koji sadrže TOOO. Određuje se obveza vođenja očevidnika o uvozu i izvozu TOOO, krajnjem korisniku tih tvari, vrsti i količinama prikupljenih i zbrinutih tvari i načinu zbrinjavanja TOOO. Propisuje se i obveza označivanja proizvoda prilikom uvoza odnosno stavljanja u promet na području Republike Hrvatske, te novčane kazne za nepridržavanje obveza propisanih Uredbom.

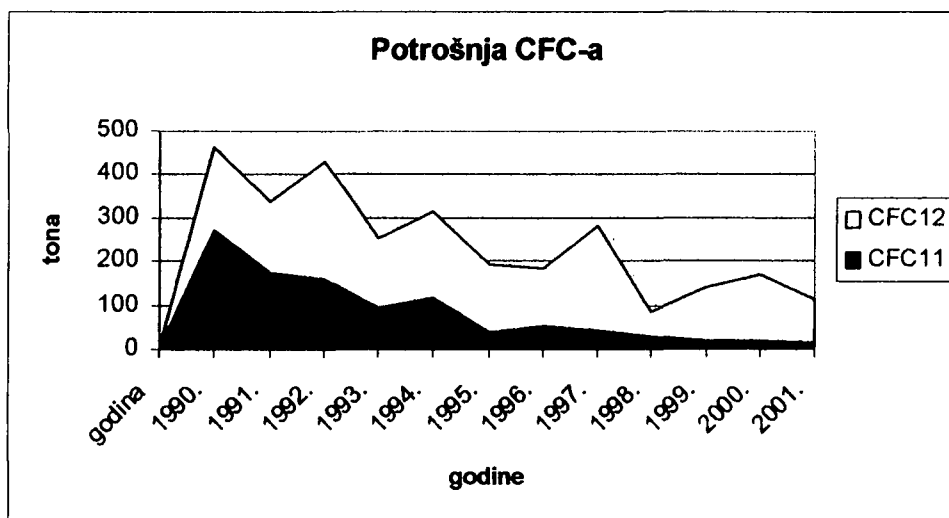
#### Zašto stručnjaci u rashladnoj i klima tehnici trebaju brinuti o freonima:



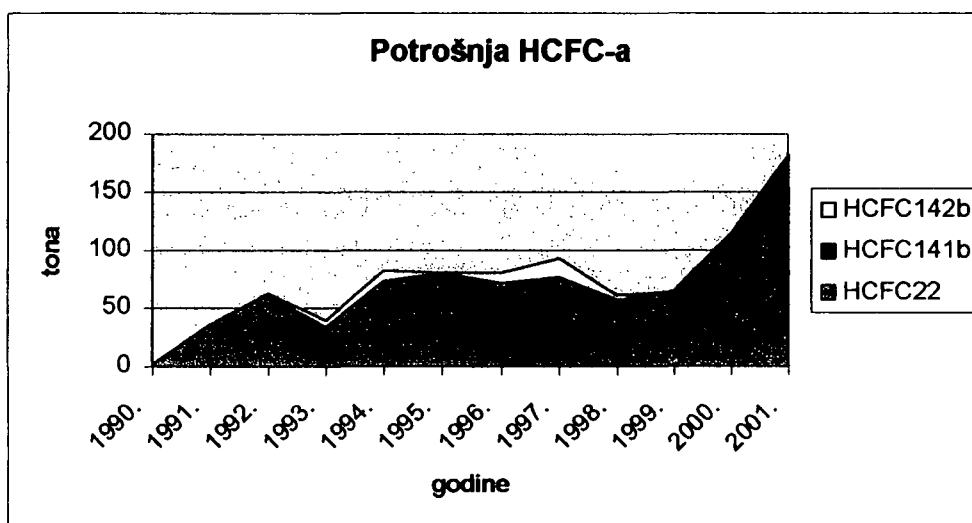
Slika 3.1 Prikaz uporabe tvari koje oštećuju ozonski omotač po sektorima u 1989. i 1998. godini



Slika 3.2 Potrošnja TOOO u Hrvatskoj



*Slika 3.3 Potrošnja CFC-a u RH*



*Slika 3.4 Potrošnja HCFC-a u RH*

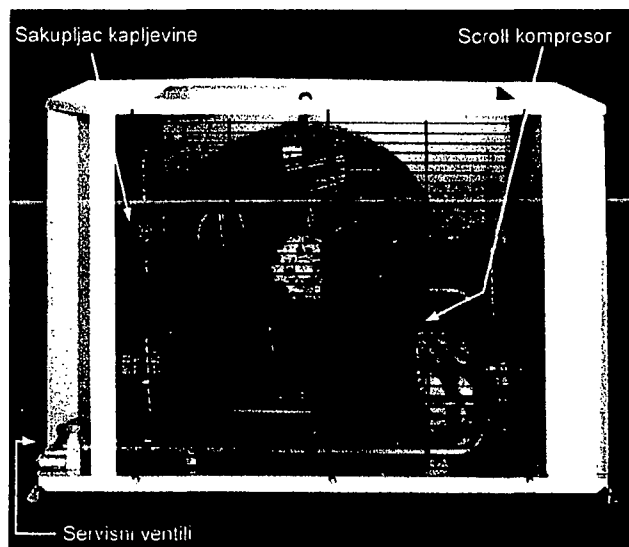
## 4. RASHLADNI UREĐAJI

### 4.1 KOMPRESIJSKI RASHLADNI UREĐAJI

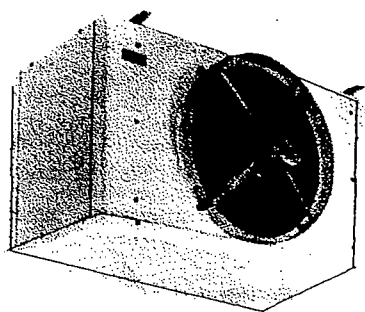
Rashladni uređaji koriste se u različitim granama industrije i tehnike. Nezaobilazna je njihova primjena u prehrambenoj industriji, medicini, farmaceutskoj industriji, kemijskoj industriji...



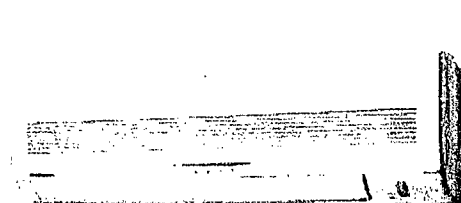
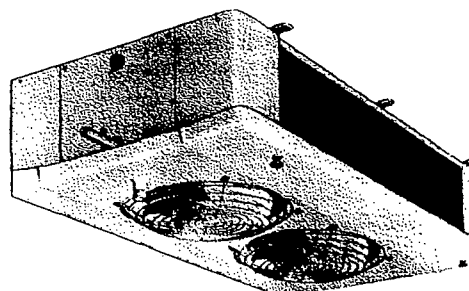
*Slika 4.1 Kućni hladnjak*



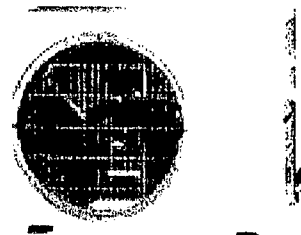
*Slika 4.2 Kondenzacijska (vanjska) jedinica rashladnog uređaja*



*Slika 4.3 Hladnjak zraka - unutarnja jedinica rashladnog uređaja*



*Slika 4.4 Unutarnja jedinica SPLIT rashladnog uređaja*



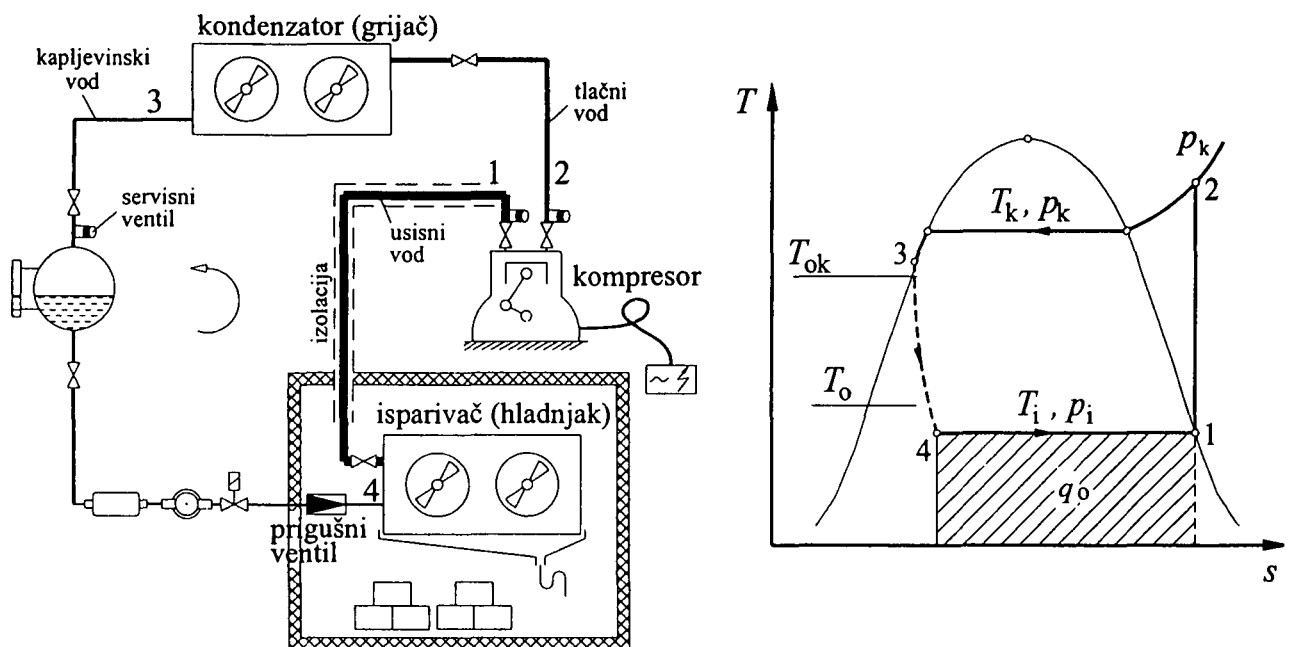
*Slika 4.5 Vanjska jedinica SPLIT RU*

## 4.2 KOMPRESIJSKI RASHLADNI PROCESI - PARNI PROCESI

□ Svaki se kompresijski rashladni uređaj sastoji od četiri osnovna elementa:

- kompresor
- kondenzator (vanjska jedinica)
- prigušni ventil
- isparivač (unutarnja jedinica)

□ Unutar rashladnog ili klima uređaja cirkulira radna tvar, prijenosnik energije. Najčešći prijenosnici energije su freoni ( R22, R134a, R407C ...). Radna tvar također može biti amonijak, izo-butan, CO<sub>2</sub>.



Slika 4.6 Shematski prikaz rashladnog uređaja s prikazom u  $T,s$  - dijagramu ( $T$  - temperatura,  $s$  - entropija)

□ **Procesi u rashladnom uređaju:**

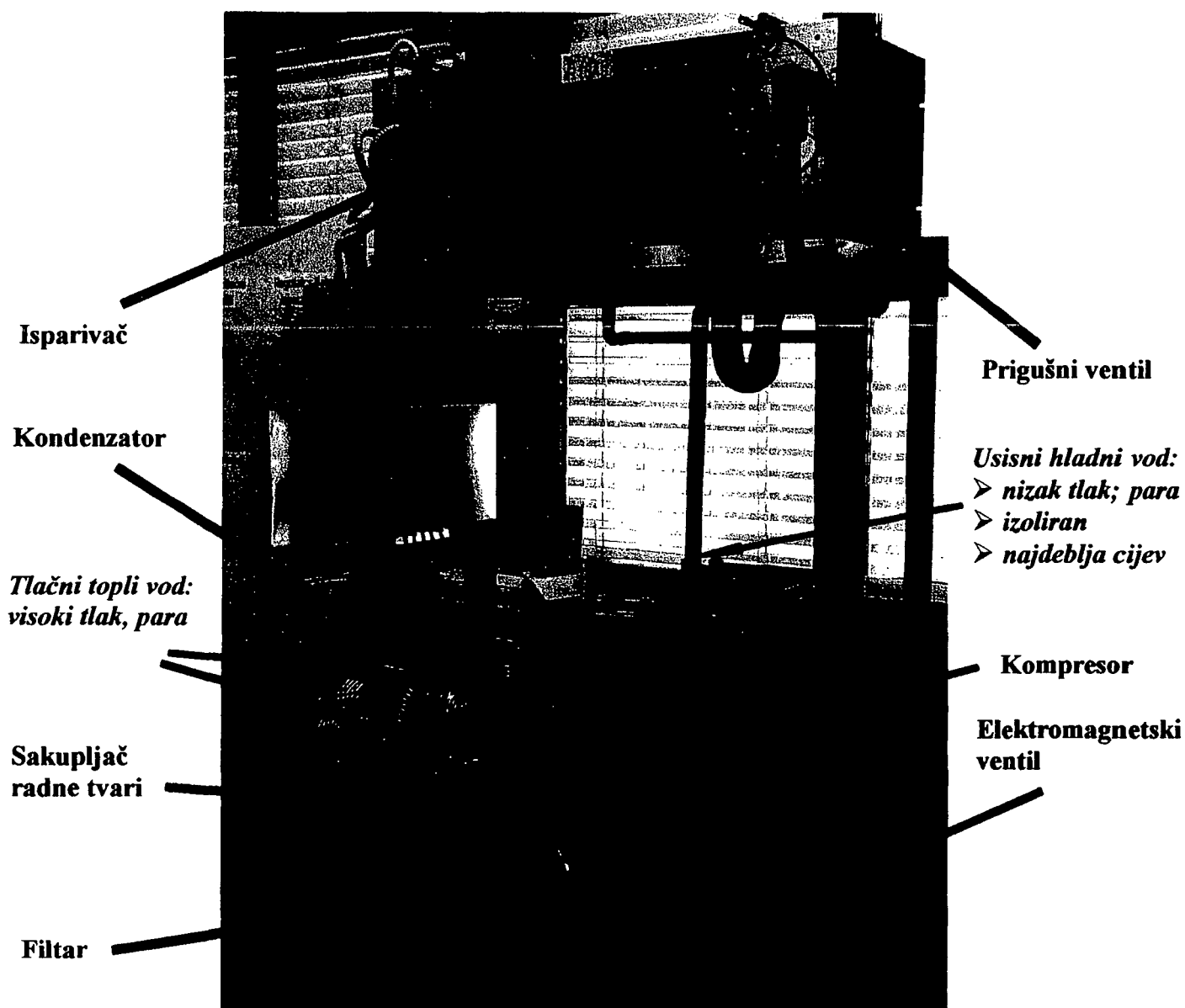
*isparavanje* – proces 4-1 odvija se u isparivaču **pri niskom tlaku**, radna tvar isparava preuzimajući toplinu s medija (zraka) kojeg hladi

*kompresija* – proces 1-2 odvija se u kompresoru, radnu tvar se komprimira od tlaka isparavanja do tlaka kondenzacije (s niskog na visoki tlak)

*kondenzacija* – proces 2-3 odvija se u kondenzatoru **pri visokom tlaku**; radna tvar kondenzira (ukapljuje se) predajući toplinu okolišnjem zraku

*prigušenje* – proces 3-4 odvija se u prigušnom ventilu; radna tvar se prigušuje s tlaka kondenzacije na tlak isparavanja (s visokog na niski tlak)

### 4.3 DEMONSTRACIJSKI RASHLADNI UREĐAJ



*Slika 4.7 Demonstracijski rashladni uređaj za hlađenje zraka*

Demonstracijski rashladni uređaj nije u mogućnosti hladiti prostoriju u kojoj je smješten, budući se u istom prostoru nalaze isparivač i kondenzator. Da bi se ostvario efekt hlađenja zraka u prostoriji, kondenzator treba postaviti u slobodnu okolinu (izvan prostorije koju treba hladiti).

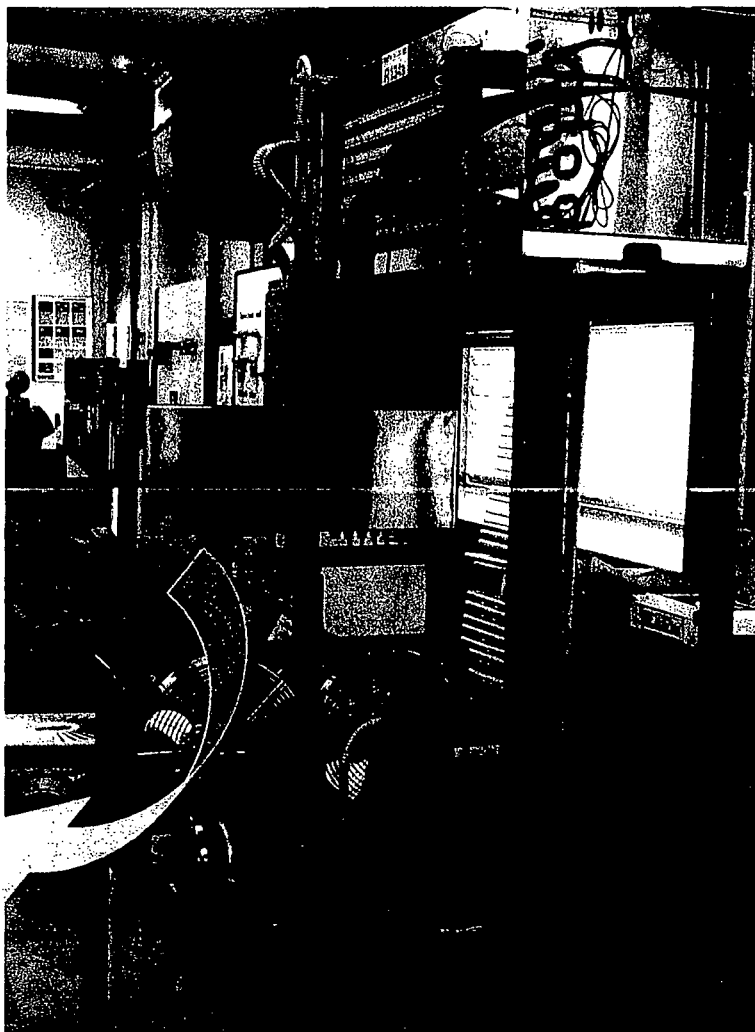
Učink rashladnog uređaja:

$$\Phi_K = \Phi_o + P$$

$\Phi_K$  - učinak kondenzatora, W

$\Phi_o$  - učinak isparivača, W

$P$  - snaga kompresora, W



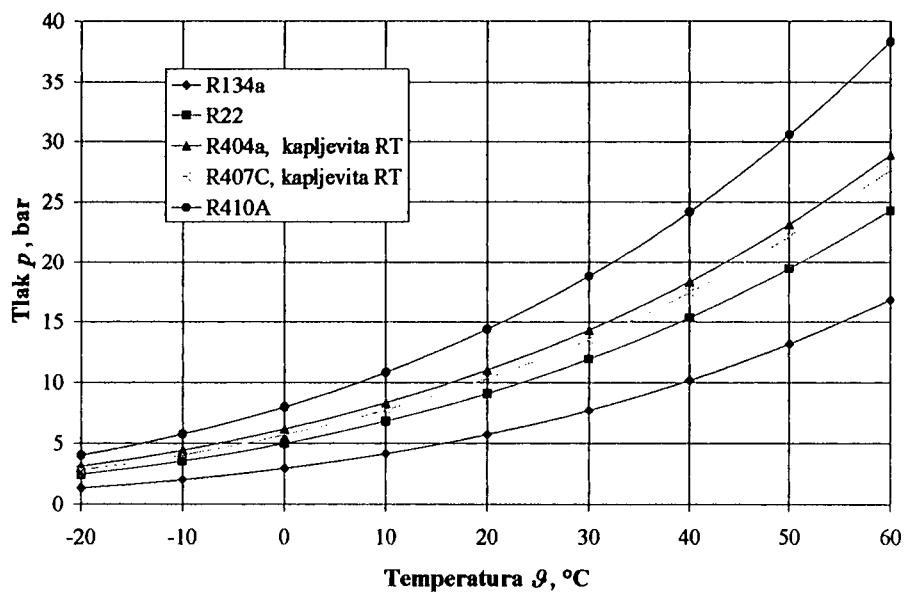
Strujom ohlađenog zraka hladi se roba ili zrak u prostoriji

Kondenzator se hladi, toplina se predaje okolini; struja toplog zraka napušta kondenzator

Za pogon kompresora troši se električna energija

Slika 4.8 Tok hlađenog zraka na isparivaču i struje zraka za hlađenje kondenzatora

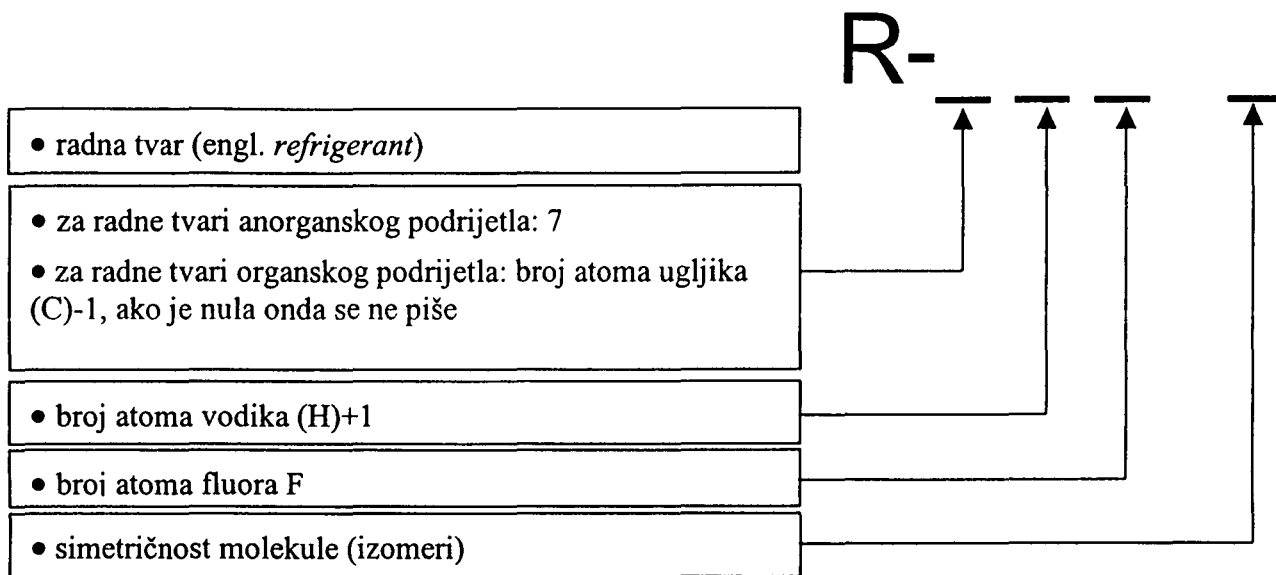
Za svaku se radnu tvar pomoću pripadne krivulje napetosti (slika 4.9) može odrediti pripadni tlak u kondenzatoru  $p_k$  za određenu temperaturu kondenzacije  $\vartheta_k$ , te tlak isparavanja  $p_i$  za temperaturu isparavanja u isparivaču  $\vartheta_i$ .



Slika 4.9 Krivulja napetosti radnih tvari

## 5. RADNE TVARI

### 5.1 OZNAČAVANJE RADNIH TVARI – ASHRAE OZNAKE



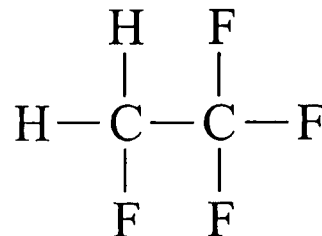
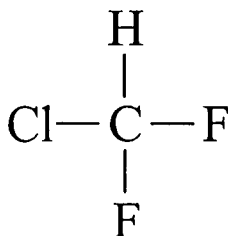
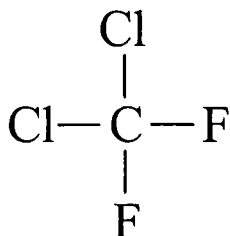
Radne tvare reda 400 su zeotropske smjese.  
Radne tvare reda 500 su azeotropske smjese.

Freoni su halogenirani derivati metana i etana, a dobiju se zamjenom atoma vodika u molekulama metana ili etana s atomima fluora, klora i broma (halogeni elementi).

Već je u *poglavlju 2.* rečeno da se halokarbonati dijele na CFC, HCFC i HFC skupine.

#### *Primjer:*

Skupina RT:	CFC	HCFC	HFC
ASHRAE oznaka:	R12	R22	R134a
Kemijska formula:	$\text{CF}_2\text{Cl}_2$	$\text{CHF}_2\text{Cl}$	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$



Radne tvare štetne za ozonski omotač (R-11, R-12, R-502, ...).

Od 2000. godine zabranjen uvoz uređaja i spremnika s tim radnim tvarima.

Radne tvare (R-22, R-141b) manje štetne za ozonski omotač u odnosu na CFC skupinu. U RH dozvoljena uporaba do 2030. godine.

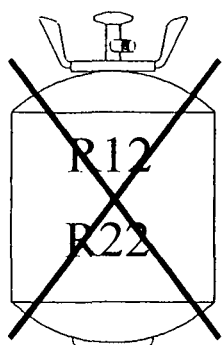
Novo ekološki prihvatljive radne tvare bez utjecaja na ozonski omotač (R-134a, R-404a, R-407C).

## 5.2 RADNE TVARI I NJIHOVE ZAMJENE

U tablici 5.1 su navedene najčešće zamjenske radne tvari za CFC i HCFC skupine freona. Zamjenske radne tvari su freoni iz skupine HFC-a (R134a, R404a ...) ili ugljikovodici (R600a, R227a).

Tablica 5.1 Zamjenske radne tvari

R12 (CFC)	R22 (HCFC)	R502 (CFC/HCFC)	R13, R 13B1 (niske temperature)	R 114 (visoke temperature)
R134a R413A R600a	R407A, B, C R410A R404a R417A	R404a R507 R407A, B, C R403B	R23 R410A R508a R508b	R227ea



CFC  
(HCFC)

Montrealški protokol



HFC



## 5.3 KRITERIJI ZA VREDNOVANJE RADNIH TVARI

### Potencijal razgradnje ozona

Potencijal razgradnje ozona, **ODP** (engl. *Ozone Depletion Potential*) je funkcija sposobnosti oslobađanja klora (Cl) i broma (Br), te vremenske postojanosti u atmosferi.

Kao referentna vrijednost uzeto je djelovanje freona R-11.

Ovaj je faktor posljedica svih potencijalnih djelovanja na ozon, koja traju do potpune razgradnje (vrijeme raspada) ozonu štetne tvari. Vodik u molekulama spojeva HCFC smanjuje njihovu postojanost u atmosferi na 2 do 20 godina.

Fluorirani ugljikovodici (HFC) ne sadrže klor, te stoga ne razaraju ozon, njihov ODP=0.

Radna tvar	ODP
R-11	1
R-12	1
R-502	0,34
R-22	0,055
R-134a	0
R-404a	0
R-407c	0
R-717 (amonijak)	0

### Potencijal globalnog zagrijavanja

Atmosfera poput stakla uglavnom propušta kratkovalno Sunčevo zračenje, ali je slabo propusna za dugovalno zračenje Zemljine površine. Zato dio energije koja je ušla u sustav Zemlja-atmosfera ostaje u njemu kao u stakleniku i pretvara se u toplinu. Uobičajilo se grijanje koje je posljedica tog selektivnog upijanja zračenja u atmosferi nazivati *efektom staklenika*.

Potencijal globalnog zagrijavanja, **GWP** (engl. *Global Warming Potential*!) neke tvari oslobođene u atmosferu je broj koji govori koliki je relativni utjecaj te tvari na stvaranje efekta staklenika u odnosu na utjecaj CO<sub>2</sub>. Kao referentna vrijednost uzeto je djelovanje CO<sub>2</sub>, koji se stvara u najvećim količinama.

CO<sub>2</sub> trajno ostaje u atmosferi, te je stoga uvijek potrebno navesti za koji je vremenski period GWP izražen (20, 100 ili 500 godina).

Radna tvar	GWP		
	20 g.	100 g.	500 g.
R-11	4500	3400	1400
R-12	7100	7100	4100
R-502	-	4300	-
R-22	4200	1700	540
R-134a	3100	1300	-
R-404a	-	3800	-
R-407C	-	1600	-
R-717 (amonijak)	0	0	0

Drugim riječima, utjecaj 1 kg R-134a odgovara utjecaju 1300 kg CO<sub>2</sub>, 1 kg R-12 odgovara utjecaju 7100 kg CO<sub>2</sub> u 100 godina.

## 6. PUŠTANJE RASHLADNOG UREĐAJA U POGON

Nakon montaže svih komponenti rashladnog sustava potrebno je provjeriti nepropusnost sustava. Provjera nepropusnosti sustava najčešće se provodi **tlačnom probom**, pri čemu se sustav puni s inernim plinom dušikom te se prati promjena tlaka plina u sustavu. Provjera nepropusnosti sustava može se provoditi i vakuum probom. Vakuumiranje sustava provodi se prije svakog punjenja sustava.

### 6.1 PRAŽNENJE (VAKUUMIRANJE) SUSTAVA

Prije svakog punjenja sustav je potrebno evakuirati do dubokog vakuuma, kako bi se uklonili nekondenzirajući plinovi i vlaga iz sustava. Za vakuumiranje treba koristiti dvostupanjske vakuumske pumpe odgovarajućeg kapaciteta.

Oprema potrebna za provođenje vakuum probe je:

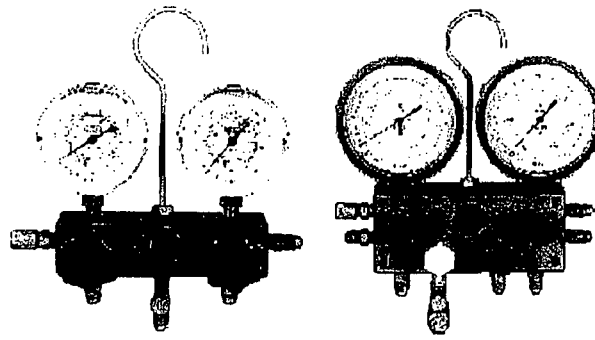
- a) dvostupanjska vakuum pumpa (*slika 6.1*)
- b) servisna crijeva (*slika 6.2*)
- c) manometarska baterija (*slika 6.3*)
- d) vakuumetar (manometarska baterija sadrži vakuumetre na kojima se može očitavati dostignuti vakuum)



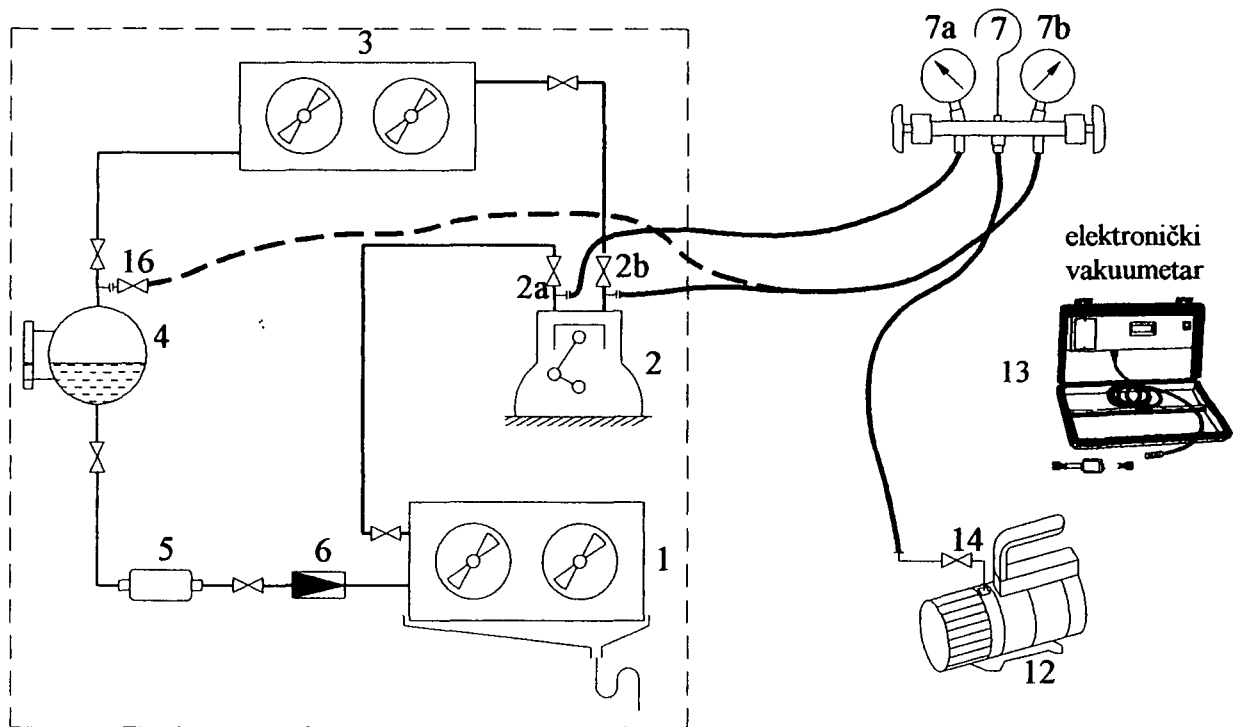
*Slika 6.1 Vakuum pumpa malog kapaciteta (~2.5 m<sup>3</sup>/h)*



*Slika 6.2 Servisna crijeva za radnu tvar*



*Slika 6.3 Manometarska baterija*



*Slika 6.4 Shematski prikaz vakuumiranja rashladnog sustava*

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1 - Isparivač                | 7 - Manometarska baterija               |
| 2 - Kompresor                | 7a - manometar NT                       |
| 2a – usisni priključak       | 7b - manometar VT                       |
| 2b – tlačni priključak       | 12 - Vakum pumpa                        |
| 3 - Kondenzator              | 13 – Vakuummeter                        |
| 4 - Skupljač kapljevine      | 14 - Zaporni ventil                     |
| 5 - Filtar                   | 16 - Priključak na skupljaču kapljevine |
| 6 - Termoekspanzijski ventil |   |

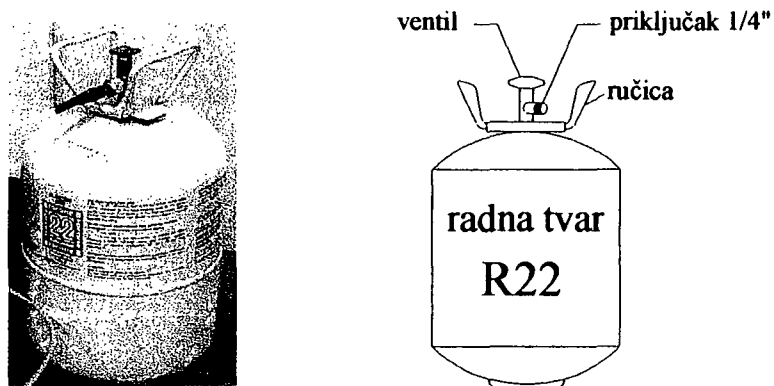
## 6.2 PUNJENJE SUSTAVA

Nakon uspješno izvršene tlačne i vakuumske probe pristupa se punjenju sustava.

Sustav se može puniti parovitom radnom tvari (slika 6.6) ili kapljevitom radnom tvari (slika 6.7).

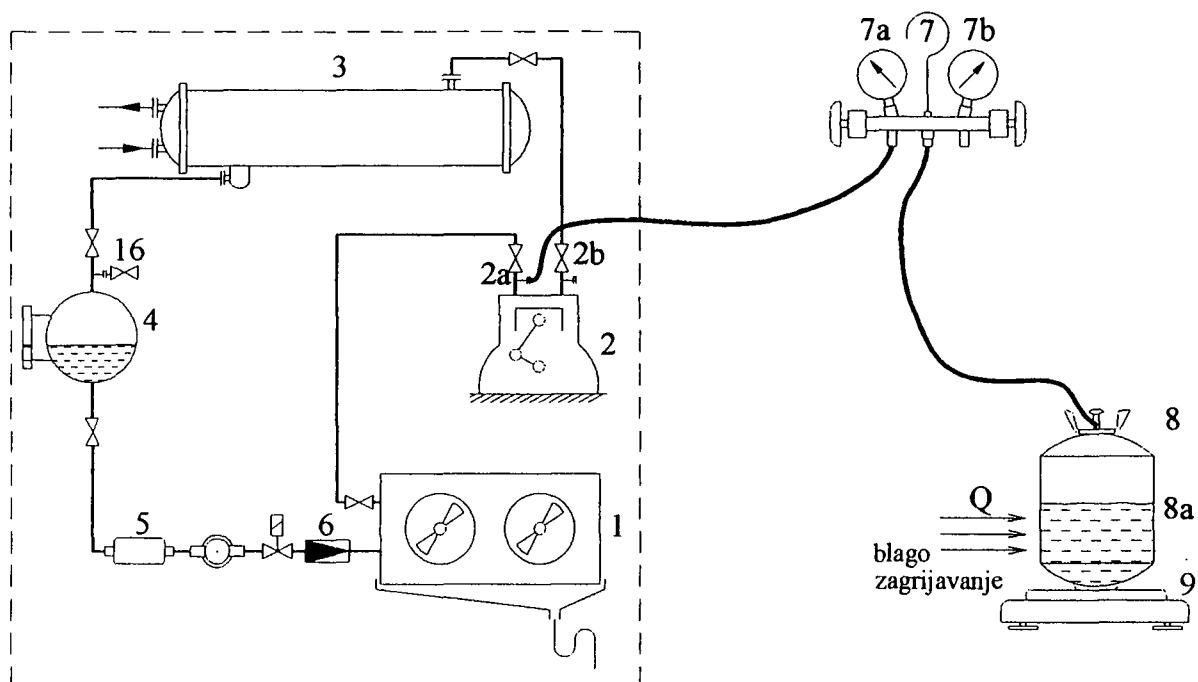
Oprema potrebna za punjenje sustava sadrži:

- bocu (spremnik) s radnom tvari kojom se puni sustav (slika 6.5)
- servisna crijeva (slika 6.2)
- manometarsku bateriju, nije nužna (slika 6.3)
- vagu (slika 6.8)



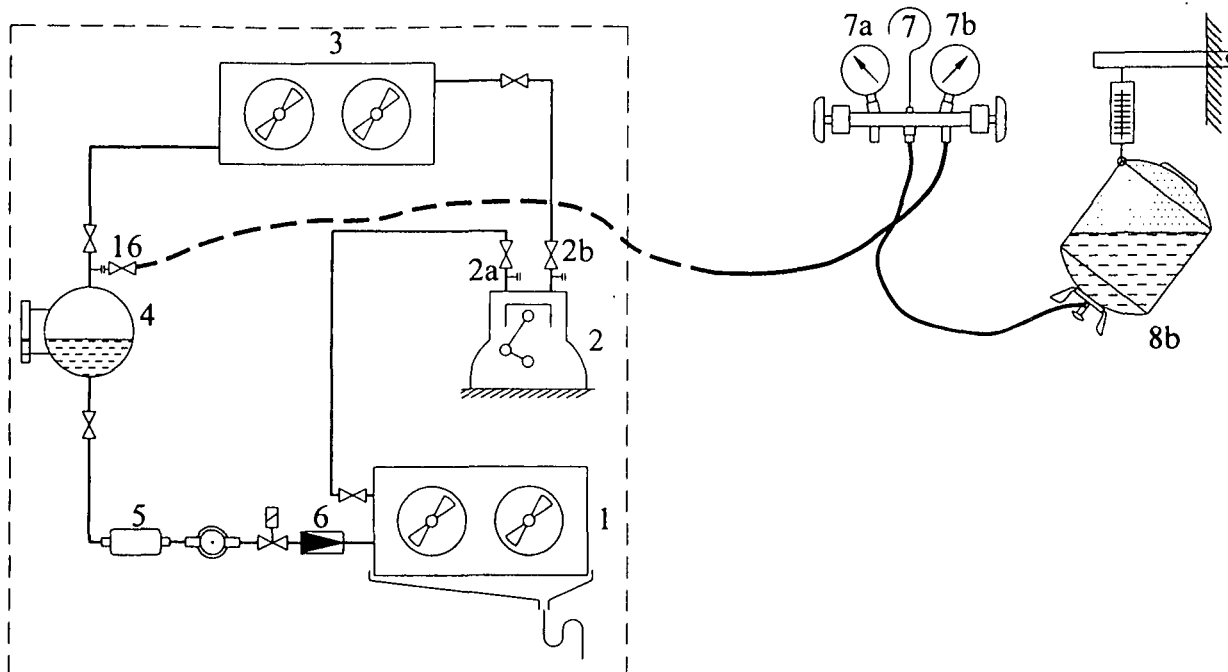
Slika 6.5 Boca s radnom tvari R22 pod tlakom

Parovitom radnom tvari sustav se puni na usisu u kompresor, pri čemu je kompresor u pogonu (uključen). Da bi se proces punjenja sustava ubrzao, boca se za vrijeme punjenja može zagrijavati specijalnim električnim grijačima. Nikada se za zagrijavanje boce ne smije koristiti otvoreni plamen, jer bi boca mogla eksplodirati zbog naglog povećanja tlaka.

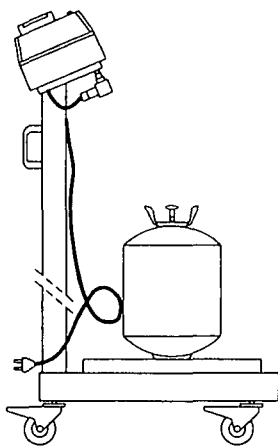


Slika 6.6 Shematski prikaz punjenja rashladnog sustava parovitom radnom tvari

Kapljevitom se radnom tvari sustav puni u spremnik radne tvari (engl. receiver). Ako rashladni uređaj sadrži spremnik preporuča se punjenje sustava kapljevito radnom tvari. Pri punjenju sustava kapljevito radnom tvari rashladni je uređaj izvan pogona (isključen).



*Slika 6.7 Shematski prikaz punjenja rashladnog sustava kapljevito radnom tvari*



*Slika 6.8 Vaga za točno punjenje sustava*

**Zeotropske mješavine pune se isključivo kapljevito fazom:  
R407C, R410A !**

**Jednokomponentne tvari i azeotropske mješavine  
mogu se puniti kapljevito i parovito fazom: R134a, R507.**

## 7. POSTUPCI S POSTOJEĆIM INSTALACIJAMA

### 7.1 PRIKUPLJANJE RADNIH TVARI (engl. RECOVERY)

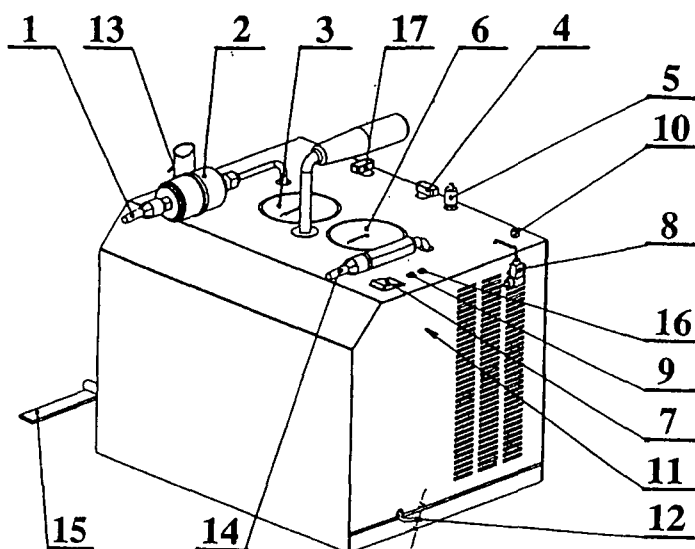
Postupak podrazumijeva odstranjivanje radne tvari iz rashladnog sustava i njezino spremanje u bocu. Pare radne tvari iz rashladnog sustava koje usisava i komprimira kompresor uređaja za prikupljanje radne tvari ukapljuju se u kondenzatoru uređaja i spremaju u bocu. Ako radna tvar nije onečišćena, ukapljena se radna tvar, nakon popravka, može ponovo ugraditi u taj rashladni sustav.

Na boce s radnom tvari potrebno je vidno istaknuti oznake koje ukazuju koja je RT u boci, te ih držati van dometa Sunčevog zračenja i drugih izvora topline.

Onečišćena ili nepotrebna radna tvar se otprema na recikliranje ili zbrinjavanje.

Oprema potrebna za prikupljanje radne tvari:

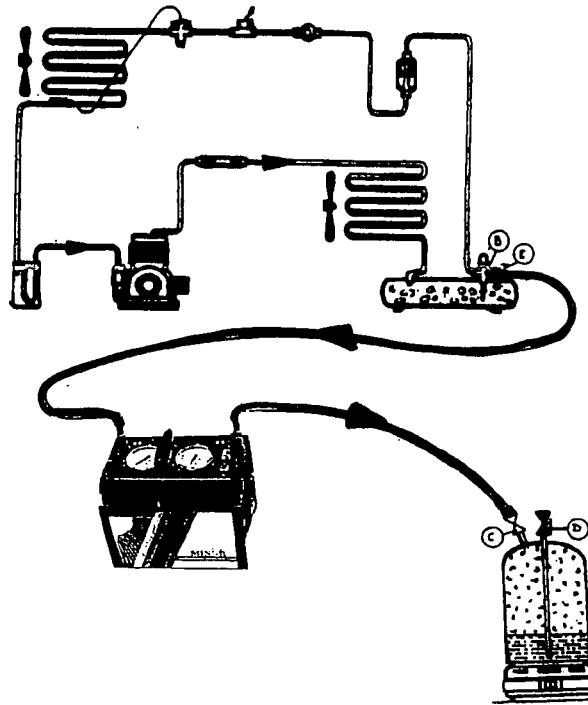
- a) uređaj za prikupljanje radne tvari (*slika 7.1*)
- b) vakuumirana (prazna) boca za spremanje radne tvari
- c) servisna crijeva (*slika 6.2*)



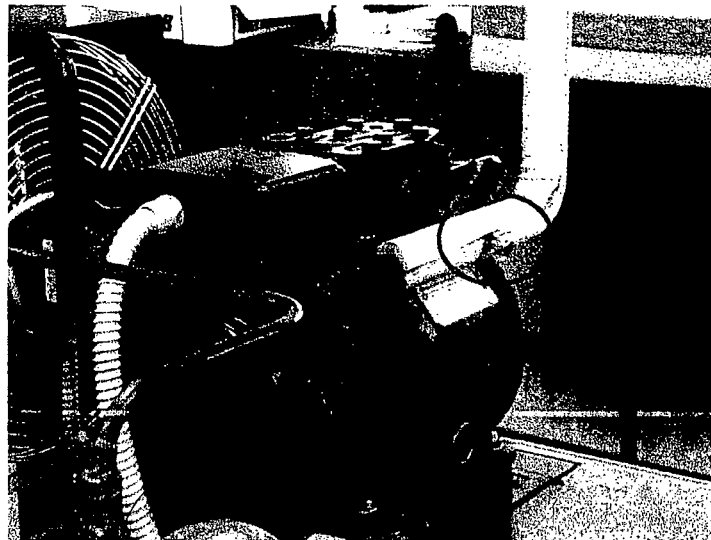
*Slika 7.1 Uređaj za prikupljanje radnih tvari*

- 1 – ulazni priključak (plavo crijevo)
- 2 – filter
- 3 – niskotlačni manometar
- 4, 17 – kuglasti ventil A – normalni rad  
B – pražnjenje
- 5 – priključak za pražnjenje uređaja
- 6 – visokotlačni manometar
- 7 – glavni prekidač
- 8 – konektor
- 9 – svjetleća dioda – normalan rad
- 10 – konektor
- 11 – električna kutija
- 12 – električni kabel
- 13 – stalak – ovješeno vage
- 14 – izlazni priključak (crveno crijevo)
- 15 – poluga ravnotežnog stanja
- 16 – svjetleća dioda – maksimalni tlak

Radnu tvar iz sustava zabranjeno je ispuštati u atmosferu. Radnu tvar treba pomoću uređaja za prikupljanje radne tvari spremi u bocu (slika 7.2). Radna tvar koja je spremljena u boci može se pročistiti na uređaju za pročišćavanje i ponovno vratiti u sustav, ili odložiti na reciklažno dvorište.



*Slika 7.2 Shematski prikaz prikupljanja radne tvari*



**Igličasti ventil:  
na niskotlačnoj  
strani uređaja –  
usisni parni vod**

*Slika 7.3 Prikaz servisnog (igličastog ventila) na usisnom cjevovodu kompresora*

**Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Sveučilišta u Zagrebu**

izdaje

**U V J E R E N J E**

*Mirjana Škugor*

pohađao je i s uspjehom završio program obuke rukovanja rashladnim i klima uređajima za nastavnike u srednjim strukovnim školama

**“Upravljanje potpunim ukidanjem potrošnje CFC-a u RH”**

koji prema planu međunarodnog projekta  
**“Therminal Phase Out Management Plan for CFC-s”  
MP/CRO/03/033**  
u Republici Hrvatskoj provodi  
**Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i  
graditeljstva**  
u suradnji s  
**Organizacijom Ujedinjenih naroda  
za industrijski razvoj - UNIDO**

Broj: 1Z/VS16

Zagreb, 14. rujna 2005.

Voditelj projekta (pr)  
Fakultetu strojarstva i brodogradnje

Prof.dr.sc. Tonko Curko



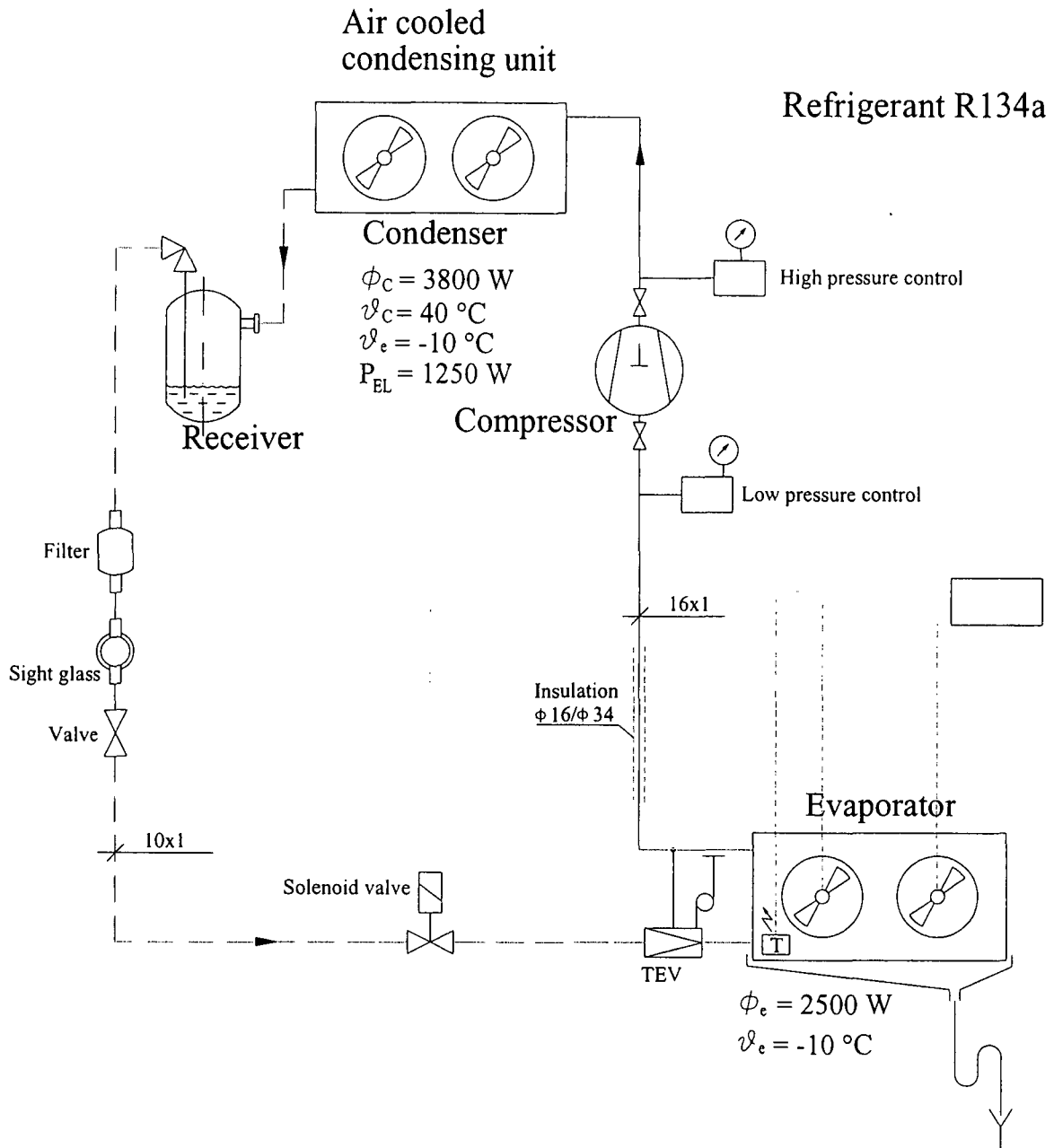
Prodekan

Prof.dr.sc. Sanjin Mahović

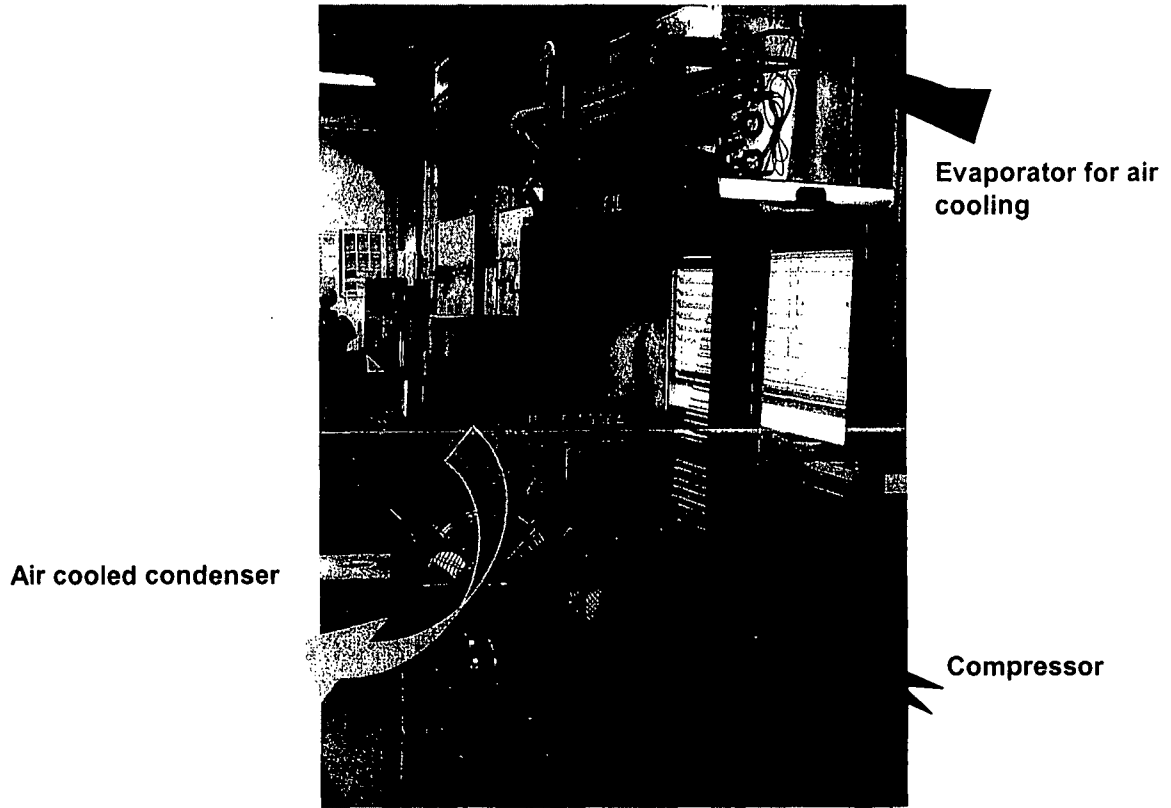


## SPECIFICATION OF EQUIPMENT - For one centre

1. EDUCATIONAL REFRIGERATION UNIT (Figure 1 and 2)
  - 1.1 Air cooled condensing unit, heating capacity 3800 W at condensing temperature 40 °C and evaporating temperature -10 °C, electric power of compressor 1250 W, as or equal to product Dorin UA-K 100 CS.  
Condensing unit consists of compressor (with lubrication oil for refrigerant R134a), condenser and receiver.
  - 1.2 Evaporator with cooling capacity 2500 W at evaporating temperature – 10 °C, as or equal to product ECO CTE 29-8 ED
  - 1.3 Thermoexpansion valve, as or equal to product Danfoss TEN-1, orifice assembly 01
  - 1.4 Solenoid valve, as or equal to product Danfoss EVR 6s
  - 1.5 Digital thermostat with temperature sensor, as or equal to product EWPC 901
  - 1.6 Low pressure control, as or equal to product Danfoss KP 1
  - 1.7 High pressure control, as or equal to product Danfoss KP 5
  - 1.8 Filter – drier, as or equal to product Danfoss DML 10
  - 1.9 Sight glass, as or equal to product Danfoss SGI 10s
  - 1.10 Pressure gauge for low and high pressure
  - 1.11 Valve, as or equal to product Danfoss BML 10s
  - 1.12 Cu tube ø16x1 mm, 3m
  - 1.13 Cu tube ø10x1 mm, 3 m
  - 1.14 Insulation ø16/34 mm, 3m
  - 1.15 Refrigerant R134a, 2 kg
  - 1.16 Mounting frame, 120 kg
  - 1.17 Electrical network
  - 1.18 Assembling of the specified equipment according to enclosed diagrams Unit 1
2. Portable refrigerant RECOVERY MACHINE for recovering commonly used CFCs, HCFCs, or HFCs including blends such as R404A and R410A, oil less, as or equal to product INFICON type VORTEX Unit 1
3. Two stage rotary VACUUM PUMP, as or equal to product FRIGO-ALATI type FA Unit 1
4. REFRIGERANT CYLINDER with relief valves, as or equal to product WIGAM W2/WR10K-1/4", size 10 kg Pcs 2
5. REFRIGERANT CYLINDER with relief valve, as or equal to product WIGAM W2/WR10K-3/8", size 10 kg Pcs 1
6. REFRIGERANT FLEXIBLE HOSES with ¼" (6 mm) flare fittings with synthetic rubber gaskets, as or equal to product WIGAM V/WSS/4-4/36R, (B), (Y) Pcs 3
7. Four way GAUGE MANIFOLD, ¼" (6 mm) male flare, as or equal to product WIGAM W4PF80/A 1/4 Pcs 1
8. ELECTRONIC LEAK DETECTOR with an extra sensor and a reference leak of refrigerant for testing, as or equal to Inficon Tek Mate. The reference leak should be specified as well by type (for example Inficon 000308)
9. CHARGING SCALE, as or equal to TIF-9010-A



*Figure 1 Schematic diagram of educational refrigeration unit*



*Figure 2 Photograph of educational refrigeration unit*