



**EVROPSKA KOMISIJA, DGI  
PROGRAM PHARE**



**REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSKE DEJAVNOSTI  
Agencija RS za učinkovito rabo energije**

# **PRIROČNIK ZA IZVAJALCE ENERGETSKIH PREGLEDOV**

**oktober 1997**

# **PRIROČNIK ZA IZVAJALCE ENERGETSKIH PREGLEDOV**

## **Projekt PHARE št. SL9404/0103:**

Energetski pregledi in usposabljanje izvajalcev energetskih pregledov v Sloveniji

## **Izdelal:**

March Consulting Group, Velika Britanija

## **Prevod:**

Tehniška pisarna Aleksič & Co.

## **Strokovna obdelava:**

doc. dr. Ivan Bajsić, dipl. inž.

mag. Boris Selan, dipl. inž.

mag. Bogomil Kandus, dipl. inž.

# VSEBINA

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. PRIPRAVA NA FAZO 1 - OBISK LOKACIJE</b>	<b>1</b>
2.1. Prvi obisk lokacije	1
2.2. Ogled lokacije	2
<b>3. FAZA 1 - IZRAČUN PORABE IN STROŠKOV ENERGIJE</b>	<b>2</b>
3.1. Kazalci rabe energije	4
<b>4. FAZA 2 - IZRAČUN PORABE ENERGIJ PO PORABNIKIH</b>	<b>4</b>
4.1. Določitev glavnih porabnikov	5
4.2. Izračuni porab	6
4.3. Podrobna razčlenitev porabe	8
4.4. Povzetek rezultatov	8
<b>5. FAZA 3 - ANALIZA PORAB ENERGIJE</b>	<b>8</b>
5.1. Vrstni red proučevanja	9
5.2. Možnosti prihrankov	10
<b>6. FAZI 4 IN 5 - UGOTOVITEV IN OVREDNOTENJE UKREPOV</b>	<b>17</b>
6.1. Ugotavljanje ukrepov	17
6.2. Ovrednotenje ukrepov	18
<b>7. FAZA 6 - ZAHTEVE GLEDE POROČANJA IN OBLIKA POROČILA</b>	<b>19</b>
<b>PRILOGA I. MERILNA OPREMA</b>	<b>20</b>
I.1. Merjenje temperature	20
I.2. Merjenje pretokov	20
I.3. Merjenje tlakov	21
I.4. Električne meritve	22
I.5. Relativna vlažnost	22
I.6. Analizator dimnih plinov	22
I.7. Merjenje sajavosti	22
I.8. Merilniki osvetljenosti	22
I.9. Registratorji podatkov	23
<b>PRILOGA II. KONTROLNI SEZNAM RABE ENERGIJE</b>	<b>24</b>
II.1. Dobava energije	24
II.2. Kotli	24
II.3. Sistemi razvoda	25
II.4. Ogrevanje prostorov	25
II.5. Klimatizacija in prezračevanje	26

<b>II.6. Sanitarna topla voda</b>	<b>26</b>
<b>II.7. Gretje v procesih</b>	<b>27</b>
<b>II.8. Električna energija</b>	<b>28</b>
<b>II.9. Komprimirani zrak</b>	<b>29</b>
<b>II.10. Hlajenje</b>	<b>30</b>
<b>II.11. Ohlajena in hladilna voda</b>	<b>30</b>
<b>II.12. Razsvetljava</b>	<b>31</b>
<b>II.13. Zgradbe</b>	<b>32</b>
<b>II:14. Kuhinje in bifeji</b>	<b>32</b>
<b>II.15. Odpadki</b>	<b>32</b>
<b>PRILOGA III. POVZETEK NAVODIL ZA IZVEDBO ENERGETSKEGA PREGLEDA</b>	<b>33</b>
<b>III.1. Cilji</b>	<b>33</b>
<b>III.2. Obseg pregleda</b>	<b>33</b>
<b>PRILOGA IV. SEZNAM UPORABNE LITERATURE</b>	<b>36</b>

## 1. UVOD

Energija predstavlja v večini podjetij enega od pomembnejših obvladljivih stroškov. Za zmanjševanje porabe energije in s tem stroškov za energijo obstaja mnogo možnosti. Doseženi prihranki neposredno povečajo dobiček podjetja, poleg tega pa pomeni zmanjšanje rabe energije tudi občutne koristi za okolje.

Energetski pregled je eno od pomembnejših orodij pri poskusih obvladovanja stroškov za energijo. Namen tega priročnika je podati smernice pri izvedbi energetskega pregleda. Priročnik podaja napotke za posamezne faze pregleda, priporočila glede oblike poročila o pregledu in nekaj koristnih tehničnih informacij.

Ta priročnik naj služi kot referenčno gradivo izvajalcem pregledov in energetikom.

Oblika energetskega pregleda je odvisna od panoge, v katero spada podjetje ali ustanova, in od posamezne lokacije. Za vse preglede so značilne naslednje osnovne faze:

- Faza 1 - Izračun porabe in stroškov energije
- Faza 2 - Izračun porabe energije po porabnikih
- Faza 3 - Analiza porabe energije
- Faza 4 - Ugotovitev možnih ukrepov
- Faza 5 - Ovrednotenje ukrepov
- Faza 6 - Zahteve glede poročanja in oblike poročila

Vsaki od teh faz je v priročniku namenjeno posebno poglavje.

## 2. PRIPRAVA NA FAZO 1 - OBISK LOKACIJE

### 2.1. Prvi obisk lokacije

Pred prvim obiskom lokacije je koristno ugotoviti čim več o rabi energije in energetskega managementu na lokaciji. Prvi obisk lokacije naj bo namenjen zbiranju dodatnih informacij o rabi in upravljanju rabe energije ter zbiranju nekaterih osnovnih podatkov na primer računov za energijo, podatkov o proizvodnji, spoznavanju z lokacijo in podobno.

Pred prvim obiskom lokacije ali med njim moramo zbrati naslednje podatke:

#### 2.1.1. Pred prvim obiskom lokacije

- stroške energije, celotne in po vrstah energentov,
- popis energentov in podatke o dobaviteljih,
- podatke o proizvodnji,
- delež stroškov za energijo v celotnih proizvodnih stroških,
- imena oseb, odgovornih za energijo in učinkovito rabe energije,
- opise zgradb in tehnoloških procesov,
- opis vodstvene strukture podjetja,
- število zaposlenih.

### 2.1.2. Med prvim obiskom

- kriterije odločanja o novih projektih in investicijah,
- planirane in že izvedene projekte na področju učinkovite rabe energije,
- seznam vgrajenih merilnikov energije, skupaj s shemami razvoda energije, če obstajajo,
- starost celotne lokacije in posameznih postrojenj,
- diagram poteka procesa (procesov),
- seznam večjih porabnikov toplote in električne energije.

## 2.2. Ogled lokacije

Ogled lokacije izkoristimo za seznanitev s procesi in za skiciranje diagrama poteka procesa. Posebno pozornost je treba posvetiti:

- energijskim tokovom v procese in iz njih,
- tokovom surovin in izdelkov,
- odpadkom in drugim iztokom.

Pomembni so tudi režimi obratovanja, kot so podatki o:

- obratovalnih urnikih,
- šaržni ali zvezni naravi proizvodnih procesov,
- bistvenih parametrov in spremenljivkah procesov.

## 3. FAZA 1 - IZRAČUN PORABE IN STROŠKOV ZA ENERGIJO

Pridobiti je potrebno natančno sliko o obstoječi porabi, o velikosti porabe po posameznih energentih in o cenah energentov, prav tako pa o tem, za kaj se energija porablja, kateri porabniki so bistveni in kateri ne. Te informacije zberemo iz naslednjih virov:

- računi službe energetike za goriva, električno energijo in vodo za najmanj eno leto,
- dnevniki in meritve porabe energije za lokacijo in po posameznih porabnikih,
- podatki o proizvodnji.

Ob zaključku prve faze bomo imeli informacije o:

- celotnih stroškov energentov (vključno s stroški za vodo in kanalščino) za lokacijo,
- razčlenitvi stroškov po vrstah energentov,
- sezonskih profilih stroškov po energentih,
- cenah energentov.

Te informacije nam omogočajo dober vpogled v obstoječe stanje na lokaciji in nam omogočajo določitev prioritete v naslednjih fazah pregleda.

Nato sestavimo pregledno tabelo po energentih in za vodo, s prikazom porabe in stroškov, po zgledu Tabel 1 in 2. Mesečna gibanja porab moramo prikazati tudi v grafični obliki, kakor je prikazano na Sliki 1. To nam omogoča ugotoviti spremembe tekom leta in morebitne trende porabe.

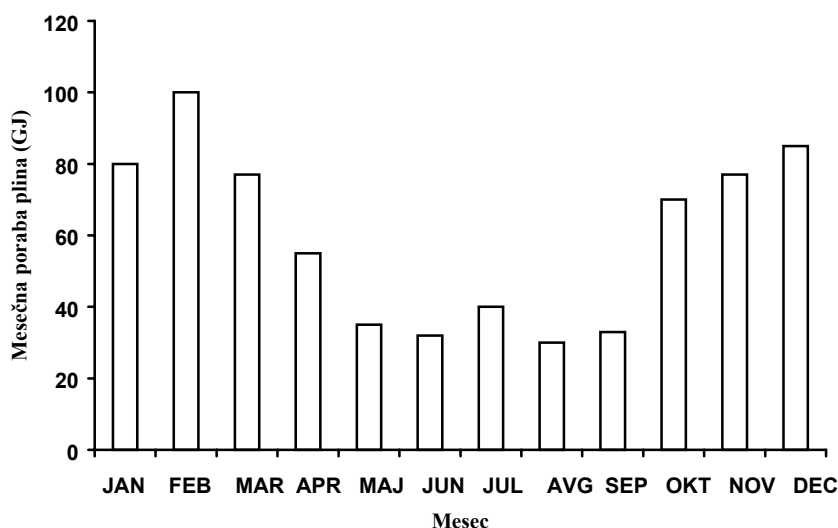
- Sezonski ali ciklični vzorci porabe kažejo na verjetnost večjih sezonskih bremen, na primer porabe za ogrevanje prostorov.
- Splošni naraščajoči ali padajoči trendi lahko kažejo na spremembe v proizvodnji ali učinkovitosti. Lahko pa so razložljivi tudi s spremembami v načinu obratovanja.
- Odsotnost opaznejših trendov v primerih, ko bi pričakovali razlike v porabi, lahko nakazuje ohlapno vodenje procesov.

- Kjer kotlovnica pokriva več bremen, lahko določimo konstantno pasovno obremenitev, ki jo običajno sestavljajo priprava sanitarne vode, izgube praznega teka in morebitna stalna procesna bremena.

Delež posameznih energentov v energetskih in stroškovnih enotah lahko ponazorimo tudi v obliki diagramov.

Lahko prikažemo tudi primerjavo s prejšnjimi leti.

**Slika 1 - Primer mesečnih gibanj porabe plina**



**Tabela 1 - Primer pregledne tabele za plin**

Mesec	Poraba (Sm <sup>3</sup> )	Stroški (mioSIT)
Januar	48.537	1,213
Februar	29.307	0,733
Marec	37.925	0,948
April	27.906	0,698
Maj	25.591	0,640
Junij	27.824	0,696
Julij	24.312	0,608
Avgust	22.764	0,569
September	21.843	0,546
Oktober	39.702	0,993
November	39.659	0,991
December	29.045	0,726
SKUPAJ	374.415	9,361

**Tabela 2 - Primer pregledne tabele  
letnih porab in stroškov po energentih**

<b>Energent</b>	<b>Merska enota</b>	<b>Cena SIT/enoto</b>	<b>Letna poraba</b>	<b>Letni stroški</b>	<b>Letna poraba GJ</b>	<b>% skupne porabe</b>	<b>% skupnih stroškov</b>
Elektrika	kWh						
Zemeljski plin	m <sup>3</sup>						
Kurilno olje	kg						
Para	kg						
Daljinska toplota	kWh						
Voda	m <sup>3</sup>						
<b>SKUPAJ</b>						100	100

### 3.1. Kazalci rabe energije

Rezultati analize v energetske pregledu naj bodo oblikovani tako, da omogočajo medsebojno primerjavo z razpoložljivimi kazalci rabe energije. Če ima podjetje več med seboj podobnih obratov, lahko tudi primerjava med obrati pokaže na možnost prihrankov.

Običajno podatke pretvorimo na skupno osnovo v kJ, MJ ali GJ, da lahko določimo celotno porabo energije na lokaciji. Iz tega rezultata izračunamo kazalce rabe energije za lokacijo:

- za industrijske obrate je ta kazalec običajno izražen v obliki specifične rabe energije,
- za zgradbe je lahko ta kazalec specifična poraba toplote za ogrevanje na površinsko enoto GJ/m<sup>2</sup>, porabo energije pa se korigira še s faktorji vremenskih vplivov in ur zasedenosti zgradbe.

Kazalce rabe energije lahko najdemo v publikacijah in poročilih EU ter v gradivih proizvajalcev opreme in poročilih izvajalcev energetskih pregledov. Včasih ni umestno neposredno primerjati domače tovarne s tujimi tovarnami iste panoge, saj v teh tovarnah lahko uporabljajo drugačno opremo ali tehnološke procese. Pri industrijskih obratih je torej pogosto potrebno in koristno izračunati kazalce rabe energije za posamezne procese, saj le-ti omogočajo boljšo primerljivost.

Specifične porabe energije kažejo povezavo med porabo energije in obsegom proizvodnje, običajno pa so izražene kot količine energije, porabljene na enoto izdelka. Glede na vrsto energenta in vrsto izdelkov uporabljamo za te kazalce različne enote.

Primerjava energetskih kazalcev z razpoložljivimi standardi ali z drugimi obrati istega podjetja nam omogoča presojo skupne energetske učinkovitosti podjetja ali ustanove in oceno možnosti za izboljšave.

## 4. FAZA 2 - IZRAČUN PORABE ENERGIJ PO PORABNIKIH

Ko smo ugotovili količine in stroške za posamezne porabljene energente na lokaciji, je treba ugotoviti, kje se energija rabi.

Cilj te faze je za vsakega od energentov ugotoviti najpomembnejše porabnike, tako glede stroškov kot količin in kolikor je mogoče razčleniti rabo energije. S tem si pridobimo sliko, na



katera področja in posamezne porabnike je smiselno usmeriti pozornost pri iskanju možnosti povečanja učinkovitosti rabe energije.

#### 4.1. Določitev glavnih porabnikov

Poskusite opredeliti posebna področja rabe energije, kot so:

- pomožni energetske sistemi podjetja (komprimiran zrak, hlajenje, mehanski pogoni in drugi),
- toplotni procesi (kotli, visokotemperaturne in nizkotemperaturne peči),
- raba v zgradbah (ogrevanje prostorov, sanitarna topla voda, razsvetljava, klimatizacija).

Nekaj idej glede pomembnih porabnikov energije je v točkah 4.1.1 in 4.1.2. Pomembne porabnike energije na lokaciji lahko ugotovimo med ogledom, v razgovorih z osebjem podjetja oziroma ustanove, na podlagi lastnega poznavanja vrst porabnikov, ki običajno sodijo med pomembnejše, in na podlagi izkušenj iz prejšnjih pregledov.

##### 4.1.1. Pomembni porabniki električne energije

###### **Industrija**

visokotemperaturne peči  
nizkotemperaturne peči  
zračni kompresorji  
hladilnice  
izdelovalni stroji  
motorji  
grelniki  
vodne in procesne črpalke  
vakuumske črpalke  
hidravlične črpalke  
ogrevanje prostorov  
klimatizacija  
ventilatorji in prezračevalni sistemi  
ogrevanje medijev  
razsvetljava

###### **Zgradbe**

klimatizacija  
mali porabniki (aparati)  
ogrevanje prostorov  
gretje sanitarne vode  
razsvetljava  
računalniki

##### 4.1.2. Pomembni porabniki goriv

###### **Industrija**

parni kotli  
vročevodni kotli  
grelniki termičnih olj  
visokotemperaturne peči  
sežigalne naprave  
nizkotemperaturne peči  
grelniki medijev  
sevalni grelniki  
generatorji

###### **Zgradbe**

sevalni grelniki  
grelniki sanitarne vode

## 4.2. Izračuni porab

Naslednji korak je izračun porab glavnih porabnikov energije, pri čemer uporabimo kombinacijo meritev, ocen in izračunov. Kljub temu, da skušamo biti pri tem čim natančnejši, so v praksi odstopanja med rezultati neizbežna.

### 4.2.1. Meritve porab

Porabe energije lahko merimo z vgrajenimi merilniki ali s prenosnimi merilniki.

V velikih podjetjih ali zgradbah lahko iz dnevnikov energetske službe razberemo podatke porabe po posameznih merilnikih, podatke o gibanju zalog ali o porabi goriv.

- Zberite vse morebitne račune za energijo, ki vam jih niso še predložili za zadnje leto, za ugotovitev morebitnih splošnih trendov pa še za pretekli dve leti.
- Zberite vse dnevnik v zvezi z energijo za zadnje leto. Bolj kot dnevni podatki so uporabni mesečni ali tedenski zbirni podatki, saj pri dnevnikih bolj izstopajo napake zapisovanja, poleg tega pa energetske pregled ni namenjen tako podrobni razčlenitvi porab.
- Preverite razporeditev lokalnih merilnikov glede na glavne merilnike, vključno z lokalnimi merilniki, za katere niso vodeni dnevnik, bi pa z njih lahko pridobili dodatne podatke. Priporočamo vam uporabo razpoložljivih instalacijskih shem vseh sistemov merjenja pri tem preverjanju.
- Preverite, da merilniki delujejo v svojih projektnih merilnih območjih - posebej merilniki pretokov tekočin so pri nizkih pretokih zelo netočni.
- Preverite, ali je potrebno v izračunih uporabiti korekcijske ali pretvorne faktorje. Preverite merske enote merilnikov. Posebej bodite pozorni na morebitne dekadne faktorje za odčitavanje merilnikov. V večini primerov so korekcije merilnikov tako majhne, da jih ni potrebno upoštevati, vendar morate to preveriti. Lokalni števcji pogosto zahtevajo upoštevanje korekcij, posebej merilniki pretokov v sistemih razvoda plina ali pare.
- Kjer so na voljo zanesljivi zapisi odčitkov z lokalnih merilnikov, poskusite ugotoviti porabo nemerjenih porabnikov iz razlike med glavnim merilnikom in vsoto lokalnih merilnikov. Tu je potrebna previdnost, saj zaradi seštevanja napak in pogreškov lahko pride do netočnih rezultatov.
- V primerih, ko so lokalni merilniki instalirani, ni pa zapiskov njihovih odčitkov, organizirajte dnevno ali tedensko zapisovanje skozi določeno obdobje, da boste lahko ugotovili porabo.

Na mestih, kjer ni vgrajenih merilnikov, uporabite prenosno merilno opremo. Odločitev o namestitvi prenosnih merilnikov je odvisna od velikosti in pomembnosti posameznih porabnikov in od števila razpoložljivih prenosnih merilnikov.

Uporabite lahko naslednje vrste prenosnih merilnikov:

registratorje električne moči	-	za porabnike električne energije
registrator električnega toka	-	za porabnike električne energije
merilnik tlačne razlike z zaslonko in registratorjem	-	za porabnike pare, plina in zraka
ultrazvočni ali Dopplerjev merilnik	-	za porabnike vode

### 4.2.2. Ocene porabe

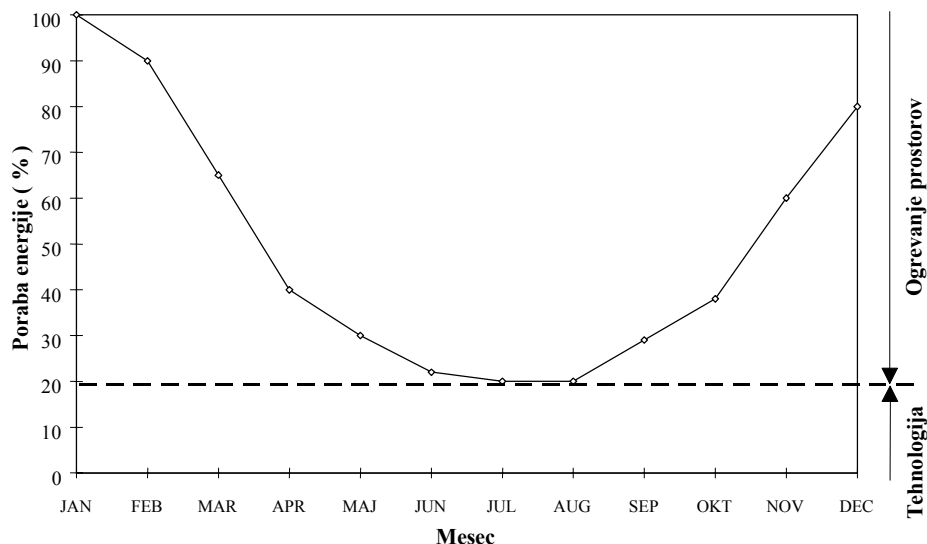
Porabo energije lahko ocenite na vrsto načinov, kakor je opisano v nadaljevanju.

#### *Analiza sezonskih nihanj*

Če določen merjeni dovod napaja dva ali več porabnikov, katerih porabe sezonsko nihajo, lahko porabnike razdelimo na "stalne" pasovne porabnike in sezonsko spremenljive porabnike. Če na primer plin iz določenega dovoda uporabljamo tako za

ogrevanje prostorov kot za stalno tekoč proces ali ogrevanje sanitarne vode, lahko z analizo sezonskih nihanj razčlenimo porabo na dva uporabnika. Tako razčlenitev izpeljemo iz diagrama mesečnih porab, kakor prikazuje Slika 2.

**Slika 2 - Mesečne porabe energije**



#### *Proizvajalčevi projektni podatki o opremi*

Za oceno porabe energije lahko služijo tudi projektni podatki, ki jih je podal proizvajalec, če jih uporabimo v povezavi z urnikom obratovanja (številom ur obratovanja). Previdnost pri uporabi takih podatkov je potrebna v primerih, ko je bila določena oprema predelana ali so bili pri remontih vgrajene nestandardne komponente.

#### *Nazivne moči*

Za oceno porabe energije lahko uporabimo nazivne moči, na primer moč motorja v kW, skupno instalirano moč svetil, toplotno moč gorilnika, skupaj z ocenami verjetne obremenitve in obratovalnimi časi.

Pri elektromotorjih je nazivna moč (kW) običajno označena na samem motorju. Faktor obremenitve lahko okvirno ocenimo s pomočjo instaliranega števca. Če tega ni, uporabimo prenosni merilnik ali pa faktor obremenitve ocenimo.

Red velikosti ocenjenih letnih porab je potrebno preveriti s podatki iz računov za energijo.

#### *Trenutna poraba*

Trenutna poraba, izražena na primer z električnim tokom v amperih (izmerjeno z instaliranim ali prenosnim ampermetrom), lahko skupaj s podatkom o obratovalnih urah prav tako služi kot osnova za oceno porabe električne energije. V določenih primerih je treba izmeriti porabo tako v obremenjenem kot v neobremenjenem stanju in izračunati porabo z upoštevanjem deležev obratovalnih ur v obremenjenem in v neobremenjenem stanju.

#### *Posredna določitev porabe*

V določenih primerih je mogoče izračunati porabo vhodne energije (električne ali goriva) procesa z merjenjem izhodnih veličin, na primer količine proizvedene pare, vroče vode ali vročega zraka. Če lahko toplotni tok izhodnega medija izračunamo iz njegovega pretoka, tlaka, temperature in drugih parametrov, potem lahko porabo

energije v časovni enoti, ki vstopa v proces, ocenimo z upoštevanjem izkoristka procesa.

#### *Teoretični izračun*

Včasih lahko porabo energije izračunamo teoretično. Tak pristop pogosto uporabimo pri ocenjevanju porabe energije za ogrevanje prostorov. Toplotne izgube prostorov lahko izračunamo iz toplotnih prehodnosti in površin po vrstah ovojnih ploskev. Pri izračunu upoštevamo še obratovalni urnik ogrevanja in dolžino kurilne sezone.

### **4.3. Podrobna razčlenitev porabe**

Pri posebej velikih ali kompleksnejših porabnikih je za boljšo preglednost potrebna še nadaljnja razčlenitev porabe. Med porabnike, pri katerih je taka razčlenitev lahko potrebna, lahko uvrstimo:

- parne in vročevodne sisteme,
- sisteme hlajenja,
- visokotemperaturne peči,
- nizkotemperaturne peči.

### **4.4. Povzetek rezultatov**

Ko smo izračunali porabe energije po večjih porabnikih in ko smo po potrebi izvedli njihove preglede, moramo povzeti rezultate v lahko razumljivi obliki. Povzetek ima lahko obliko tabele, diagrama ali Sankeyevega diagrama.

## **5. FAZA 3 - ANALIZA PORAB ENERGIJE**

Ko smo ugotovili, kje je energija porabljena, je naslednja faza določitev področij, kjer lahko rabo energije izboljšamo. V splošnem lahko področja možnosti izboljšav razvrstimo v tri kategorije:

- področja neustrezne rabe energije,
- področja tratenja energije,
- slabi izkoristki pretvorb energije.

V analizi rabe energije na lokaciji obravnavajte vse pomembne porabnike in za vsakega ugotovite:

- ali je raba energije v razumnih mejah,
- ali je mogoče energijo rabiti bolje.

Pri presoji, ali je raba energije v razumnih mejah, je treba upoštevati podatke proizvajalca opreme, primerjalne panožne podatke, razpoložljive smernice za specifično rabo energije, pa tudi vaše dosedanje izkušnje.

Pri ugotavljanju možnosti izboljšav rabe je nujno razumevanje procesov in poznavanje razpoložljivih tehnologij.

Pomembno je, da nobenega obstoječega stanja ne sprejmemo kot nespremenljivega, ne da bi proučili možnosti sprememb.

## 5.1. Vrstni red proučevanja

Rabo energije proučujemo v naslednjem vrstnem redu:

1. končni porabnik,
2. izkoristek sistema razvoda,
3. izkoristek pretvorbe energije.

Najprej usmerimo pozornost na možnosti zmanjšanja končne rabe energije na minimum na tistih mestih, kjer je raba energije nesmotrna, kot je na primer v določenih primerih uporaba komprimiranega zraka za čiščenje ali odprta vrata in okna v času kurilne sezone.

Porabo na razvodu energije je moč zmanjšati z zmanjšanjem puščanj ali izboljšavami toplotne izolacije.

### 5.1.2. Analiza končne rabe energije

Cilj analize procesa ali večjega porabnika je odgovoriti na vrsto vprašanj.

- Zakaj je energija potrebna? Kaj proces oziroma naprava sploh dela?

V primeru črpalke se električna energija rabi za zagotavljanje pretoka kapljevine skozi cevovod.

- Ali je raba energije potrebna?
- Ali je kapljevino sploh potrebno črpati?
- Ali je breme možno zmanjšati?

Ali je potrebno celotni pretok kapljevine vzdrževati neprekinjeno? Ali je mogoče z izboljšavo regulacije črpalke še vedno zadovoljevati potrebe, hkrati pa zmanjšati porabo energije? Ali je črpalka pravilno dimenzionirana za dejanske potrebe?

- Ali lahko naše potrebe zadovoljimo na kak alternativni način?

Ali je kapljevino sploh potrebno črpati? Ali pa bi morda lahko uporabili gravitacijski rezervoar? Ali obstaja kak drug način za zadovoljitev naše potrebe?

### 5.1.3. Analiza sistema razvoda

Ko opravimo analizo končnih porabnikov, se lahko lotimo morebitnih racionalizacij na sistemih razvoda. Ali bi bilo ekonomično urediti lokalno oskrbo določenih porabnikov energije? Ali lahko izločimo odvečne cevovode? Ali lahko dolžino cevovodov skrajšamo?

V nadaljevanju je navedenih nekaj vprašanj, ki jih moramo proučiti.

- Primerjava koristnih oziroma škodljivih parazitskih bremen

Koliko energije sploh zahteva končni izdelek? Kolikšen delež celotne porabe energije predstavljajo parazitska bremena, na primer padci tlaka v cevovodih ali ustvarjanje statične tlačne višine?

- Cevovodi

Pomembno je pravilno dimenzioniranje cevovodov. Z nadgrajevanjem sistema skozi življenjsko dobo je morda presežena kapaciteta prvotnega sistema, to pa povečuje tlačne izgube.

- Črpanje

Poraba električne energije za črpanje se spreminja s tretjo potenco pretoka medija. Vgradnja pogona s frekvenčno regulacijo za spreminjanje hitrosti vrtenja elektromotorja, ki poganja črpalko, lahko v določenih primerih prinese bistvene prihranke.

- Tlaki

Čim višji je tlak v sistemu, tem večje so izgube puščanja in če gre za vroč medij, toplotne izgube iz sistema. Večje so tudi morebitne izgube ob uparjanju kondenzata in tlačni padci v ceveh.

- Povratek kondenzata

Koliko kondenzata se vrača v kotlovnico? Ali je ta količina merjena? Ali je mogoče povratek kondenzata povečati?

#### **5.1.4. Analiza izkoristkov pretvorb**

Analiza izkoristkov pretvorb pride v poštev pri kotlih, hladilnih postrojenjih in zračnih kompresorjih. Za doseg prihrankov na teh področjih je nujno poznavanje ustreznih tehnologij ter podatkov sodobne dobre in najboljše prakse. Projektna področja naprav, ki jih obravnavamo, je verjetno mogoče pridobiti iz dokumentacije na sami lokaciji ali od dobaviteljev. Izmerjeno učinkovitost nato primerjamo s kazalci najboljše prakse, s projektnimi podatki ali podatki iz merenj v preteklosti.

## **5.2. Možnosti prihrankov**

V tej točki so opisana tipična področja kjer boste verjetno odkrili možnosti prihrankov. Namen tega priročnika ni določitev vseh možnosti. Smiselno je, da s svojimi izkušnjami seznam možnosti dopolnjujete. Upoštevajte tudi, da na vsaki od lokacij ne boste imeli opravka z vsemi naštetimi področji, nekatera od področij pa na posameznih lokacijah ne bodo toliko pomembna, da bi jih bilo vredno podrobno proučevati.

Ob branju spodnjega seznama upoštevajte tudi kontrolni seznam rabe energije v Prilogi II.

### **5.2.1. Motorji in pogoni**

Motorji in pogoni običajno porabijo največji delež električne energije v industrijskih podjetjih. Običajno gre za veliko število relativno majhnih enot, raztresenih po vsej lokaciji. Zato ocenjevanje učinkovitosti in porabe energije teh enot zahteva dosti časa. Verjetno pa so potenciali prihrankov tako veliki, da se trud izplača.

Možnosti prihrankov energije lahko v grobem razdelimo na naslednje kategorije:

- Varčna obratovalna praksa, to je izklapljanje motorjev, kadar njihov tek ni potreben.

- Zagotovitev čim boljšega izkoristka motorja, to je njegovo pravilno dimenzioniranje. Kadar ima pogon veliko obratovalnih ur, je smiselno vgraditi motor z visokim izkoristkom.
- Kjer je primerno, uporaba frekvenčne regulacije za spreminjanje hitrosti vrtenja elektromotorjev. S tako rešitvijo lahko dosežemo bistvene prihranke pri ventilatorjih in črpalkah s spremenljivimi režimi obremenitve.

Na izkoristek dobro vzdrževanega elektromotorja najbolj vplivata obremenitev in izvedba samega motorja. Izkoristek motorja se zniža z znižanjem obremenitve; največji izkoristek ima v območju od 75 % do polne obremenitve. Za oceno obremenitve motorja potrebujemo podatek o njegovi dejanski porabi električne energije. Nazivno moč motorja lahko običajno preberemo z napisne ploščice na motorju. Ta moč pomeni največjo možno moč. Motorji so večinoma dimenzionirani tako, da delujejo pri približno 65-odstotni obremenitvi. Izkoristke motorja pri različnih obremenitvah lahko poiščemo v dokumentaciji izdelovalca.

Kjer se med obratovanjem močno spreminjajo obremenitev ali vrtilna frekvenca, je treba ugotoviti delovni cikel motorja. Za to je najbolje zvezno meriti porabo električne energije, lahko pa si pomagamo tudi samo z več trenutnimi meritvami pod pogojem, da poznamo diagram delovnega cikla enote.

Meritve porabe električne energije na motorjih skupaj z odčitki števecv porabe energije običajno zadoščajo za izračun celotne porabe električne energije za pogone. Če elektromotor poganja ventilator ali črpalko s spremenljivo obremenitvijo, lahko z vgradnjo frekvenčne regulacije za spreminjanje hitrosti vrtenja elektromotorja dosežemo do 80 % prihrankov v primerjavi z mehansko dušilno regulacijo pretoka.

### 5.2.2. Komprimirani zrak

Raba komprimiranega zraka v industriji je zelo razširjena, je pa ta oblika energije zelo draga in je zato pomembno, da se smotno izkorišča. Porabo električne energije za pridobivanje komprimiranega zraka lahko ugotovimo s števca kilovatnih ur, lahko pa tudi z ampermetra, ob upoštevanju obratovalnih ur. Večina kompresorjev ima regulacijo obratovanja v odvisnosti od porabe komprimiranega zraka, zato ne smemo pozabiti, da kompresorska postaja obratuje velik del časa na delni obremenitvi (v razbremenjenem stanju). Obratovanje pri delni obremenitvi predstavlja dodatno porabo električne energije, katere delež je treba določiti.

Učinkovitost sistema komprimiranega zraka je močno odvisna od puščanj zraka iz sistema. Puščanje lahko ocenimo z meritvijo porabe električne energije v času, ko v podjetju ni porabe zraka, običajno ob koncu tedna ali ob menjavah izmen. Brez večjih investicij, samo z zatesnitvijo puščanj, so običajno dosegljivi prihranki 10-20 % celotnih stroškov energije sistema komprimiranega zraka. Običajno tlak zraka v sistemu določa eden ali morda dva porabnika v podjetju. Čim nižji je tlak v sistemu, tem manjša sta poraba energije na kompresorju in puščanje zraka iz sistema.

### 5.2.3. Hlajenje

Tudi hladilni sistemi so v industriji precej razširjeni, vendar pa je ocenjevanje njihove učinkovitosti za nestrokovnjaka zelo zapleteno. Zato hladilni sistemi precej pogosto obratujejo s slabšim izkoristkom od dosegljivega.

Za točno ugotovitev učinkovitosti hladilnega sistema je bistvenega pomena, da na sistem priključimo zadostno število merilnikov za spremljanje njegovega delovanja.

Izkoristek hlajenja običajno izrazimo v obliki hladilnega števila  $COP_H$  (coefficient of performance), ki je definiran kot:

$$COP_H = \frac{Q_{od}}{P_{do}}$$

in je

$Q_{od}$  - odvedeni toplotni tok (kW) in

$P_{do}$  - električna moč kompresorja (kW).

Pri električni moči kompresorja moramo upoštevati kompresor in vso pomožno opremo kot so črpalke, ventilatorji in drugo.

Ko ugotovimo celotni izkoristek sistema, je koristno ugotoviti še deleže posameznih komponent sistema v celotni porabi energije. Za ta namen lahko na posamezne porabnike priključimo ustrezne merilnike električne energije. Glavni porabniki v hladilni postaji so ponavadi:

- kompresorji (povprečno 65 %),
- črpalke kondenzatorja (povprečno 5 %),
- ventilatorji kondenzatorja (povprečno 10 %),
- črpalke uparjalnika (povprečno 15 %),
- razsvetljava (povprečno 5 %).

Naslednja faza je razčlenitev celotnega hladilnega toka na posamezne procese v podjetju. Taka razčlenitev je potrebna za to, da lahko kasneje svojo pozornost posvetimo tistim bremenom, ki najbolj vplivajo na stroške obratovanja hladilnega sistema.

#### 5.2.4. Ohlajena in hladilna voda

Hladilne naprave v centralnih sistemih priprave ohlajene vode so veliki porabniki energije. Tudi v sistemu razvoda ohlajene vode najdemo obtočne črpalke, ki so porabniki električne energije. Njihovo porabo lahko ugotovimo iz meritev ampermetrov in podatkov o obratovalnih časih celotnega sistema.

Celotna poraba energije bi morala biti v neposredni odvisnosti od hladilne porabe, vendar je v hladilnih sistemih velik del porabe vhodne energije pasovne

narave. Tako kot pri vseh drugih postrojenjih je tudi tukaj pomembno zagotavljati izklapljanje, kadar ni potrebe po hladu. Pri bremenih s spremenljivo obremenitvijo velja proučiti smiselnost vgradnje pogonov s spremenljivimi vrtilnimi frekvencami.

#### 5.2.5. Razsvetljava

Razsvetljava je verjetno najočitnejši primer neučinkovite rabe energije v mnogih podjetjih in nudi resnično obilne možnosti zmanjšanja stroškov energije.

Obstajajo raznovrstni tipi žarnic, ki se med seboj močno razlikujejo po svetlobnem izkoristku (razmerje med svetilnostjo in vhodno električno močjo). V splošnem moramo izbrati žarnice z največjim svetlobnim izkoristkom, pri tem pa je potrebno upoštevati tudi zahtevano kakovost svetlobe (predvsem barvo svetlobe).

Porabo energije za razsvetljava lahko ocenimo tako, da pomnožimo instalirano električno moč svetil v kW z obratovalnim časom razsvetljave, rezultat je poraba v



kWh. Instalirano moč lahko ocenimo iz števila svetil in njihovih nazivnih električnih moči. Karakteristična priključna moč glede na talno površino, ki se osvetljuje, je za fluorescentne sijalke v razponu med 10 in 20 W/m<sup>2</sup>. Pomembno je zagotoviti skladnost stopenj osvetljenosti in tipov svetilk glede na prostor, ki ga osvetljujemo. Zavedajte se, da pri fluorescentni sijalki dušilka pomeni dodatnih 10 do 15 % moči nazivne moči svetilke.

### 5.2.6. Kotli in obratovanje kotlovnice

Kotlovnica je pogosto največji posamični porabnik energije na lokaciji, zato je pomembno neprestano spremljati njeno obratovanje. V kotlovnici bi moral biti voden izčrpen obratovalni dnevnik, v katerem naj bodo beleženi naslednji parametri:

- poraba goriva,
- oddana toplotna energija,
- stanje dimnih plinov,
- poraba napajalne vode,
- poraba električne energije za pomožne sisteme.

Pogostost preverjanja delovanja je odvisna od samega postrojenja in od razpoložljivih kadrov, v vsakem primeru pa naj bo preverjanje tedensko, ali še bolje, dnevno. Pomemben kazalec kakovosti delovanja kotlovnice je izkoristek kotla v ožjem smislu. To je razmerje med koristno proizvedeno toploto in porabljeno vhodno energijo, to je:

$$\eta = \frac{Q_{od}}{Q_{do}} \quad Q_{od} - \text{toplota, predana gretemu mediju,}$$

$$Q_{do} - \text{energija, dovedena z gorivom,}$$

V kotlovnici je velik delež energije porabljen za obtočne črpalke, ventilatorje za kurišče in podobne porabnike. Če ima kotlovnica lasten števec električne energije, bi ga morali redno odčitavati, če ne gre drugače, pa je mogoče porabo električne energije oceniti tudi iz moči motorjev, obremenitve in obratovalnih ur.

Treba je spremljati porabo dodatne vode, saj na ta način lahko takoj odkrijemo morebitna puščanja v sistemu.

Pri parnih sistemih je važno doseči kar največji povratek neonesnaženega kondenzata, saj to pomeni prihranke pri energiji, vodi in dodatkih za kemično pripravo vode.

Na lokacijah, kjer je skozi vse leto velika poraba toplote za procese (vsaj 5000 obratovalnih ur na leto) je smiselno proučiti možnost uvedbe soprodukcije toplote in električne energije (kogeneracije).

### 5.2.7. Industrijske panoge z visokotemperaturnimi procesi

V številnih panogah procesne industrije so v rabi visokotemperaturne procesne naprave kot so visokotemperaturne peči ali sušilnice. Tipi teh naprav so raznovrstni, procesi v njih lahko potekajo zvezno ali šaržno. Pristopi pri izvedbi energetskih pregledov vseh vrst visokotemperaturnih procesov pa so si zelo podobni.

Podobno kot pri kotlih lahko izračunamo izkoristek procesne naprave, bolj uveljavljen pa je izračun specifične porabe energije:

$$\xi = \frac{E_{po}}{K} \quad \xi - \text{specifična poraba energije,}$$

$E_{po}$  - poraba energije,

$K$  - količina izdelka.

To je uporaben kazalec relativne učinkovitosti naprave. Za določitev potrebujemo le dobre podatke o proizvodnji in o porabljeni energiji. Poleg tega lahko podatke uporabimo za primerjavo porab energije pri različnih obsegi proizvodnje.

Znak dobro upravljanega procesa je tesna odvisnost med porabo energije in obsegom proizvodnje. Ujemanje lahko prikažemo tudi v diagramu. Čim večji je raztros točk na diagramu, tem slabše je upravljanje procesa. Presečišče regresijske premice z ordinato, ki določa porabo energije v praznem teku naprave (pri ničti proizvodnji), pomeni izgube praznega teka naprave. Te izgube tipično sestavljajo:

- izgube z dimnimi plini (razen pri električno gretih napravah),
- izgube toplote skozi stene,
- sevalne izgube skozi odprtine,
- puščanje plinov iz peči skozi odprtine,
- toplotne izgube preko transportnih trakov, valjčnih prog in podobno,
- toplotne izgube preko polnilne opreme in mehanizmov,
- toplota, ki jo odvajajo hladilni krogotoki.

Izplača se izmeriti ali izračunati približno velikost teh toplotnih izgub, saj na ta način lahko ugotovimo, kolikšne so možnosti za izboljšave.

### **5.2.8. Industrijske panoge z nizektemperaturnimi procesi**

Za nizektemperaturne veljajo procesi, ki uporabljajo procesno toploto pri temperaturah, v glavnem nižjih od 400-500 °C. Med te procese sodijo kemične reakcije in obdelave snovi in mešanic v vodi ali organskih topilih. Običajno je kot medij za dovod toplote uporabljena para, toplota pa je v procesu uporabljena kaskadno, kar pomeni velike količine nizektemperaturne odpadne toplote. V mnogih podjetjih je poraba procesne toplote v bistvu konstantna skozi vse leto, torej bi bila lahko kogeneracija ekonomsko utemeljena.

V industriji srečamo najraznovrstnejše nizektemperaturne procese. Pristopi za ocenjevanje učinkovitosti in porabe energije pri teh procesih so podobni kot pri visokotemperaturnih procesih.

### **5.2.9. Sistemi ogrevanja prostorov**

Proučiti je treba vse komponente sistema ogrevanja prostorov: kotel, sistem razvoda in grelna telesa.

Energetski management sistemov ogrevanja prostorov se nanaša na naslednja glavna vprašanja:

- obratovanje sistema z optimalnim izkoristkom,
- zagotavljanje ustreznega lokalnega in centralnega upravljanja, da ne pride do pregrevanja bivalnih prostorov,
- zagotavljanje dovoda ogrevalne toplote le na tista mesta oziroma ob takih časih, kjer oziroma ko je potrebna,

- zagotovitev dobre toplotne izolacije cevovodov, da je čim manj toplotnih izgub.

V kurilnici mora biti kot regulator vgrajen najmanj tedenski časovni preklopnik z možnostjo nastavitve temperatur za vsak dan v tednu posebej in z možnostjo ročne premostitve nastavitve za morebitno ogrevanje izven obratovalnega časa. Če je zmogljivost sistema 60 kW ali več, bi morala regulacija upoštevati tudi zunanjo temperaturo, regulator pa naj bi imel vgrajeno optimizacijo obratovalnega časa in uravnavanje temperatur medija v sistemu ogrevanja.

Velikokrat lahko dosežemo prihranke že s tem, da nastavimo regulator tako, da izklopimo nepotrebno ogrevanje izven časa zasedenosti zgradbe. Dodatne prihranke lahko dosežemo, če odkrijemo, da so določeni prostori med kurilno sezono preveč ogreti. Za izbrane prostore določimo časovne poteke temperature, s tračnimi regulatorji ali sistemi za zbiranje podatkov. Ti poteki lahko odkrijejo neustrezne temperaturne ravni, neustrezne kurilne urnike ali slabo regulacijo temperature.

Za večje zgradbe je priporočljiva vgradnja sistema za energetske management zgradbe. Pri izbiri sistema moramo upoštevati dejanske zahteve, hkrati pa tudi predpise za zgradbe. S časom se je morda spremenila dejavnost ali zasedenost posamezne zgradbe. V določenih primerih dosežemo bistvene prihranke z lokalnimi sistemi ogrevanja ali s prehodom na drugo gorivo.

V določenih primerih je smiselno proučiti, ali ni morda zaradi dosedanjih sprememb v zasedenosti zgradbe, izboljšav ovoja zgradbe ali vgradnje lokalnih grelnikov vode postal obstoječi sistem centralnega ogrevanja predimenzioniran in zato neučinkovit. Izboljšave regulacije same morda ne bodo zadostovale za zmanjšanje porabe goriva. Pravilno dimenzionirani kotli so bistveni dejavnik za učinkovito rabo energije.

#### **5.2.10. Klimatizacija in prezračevanje**

Sistemi klimatizacije so velik porabnik energije.

Upoštevati velja, da gre v klimatiziranih zgradbah večinoma več energije za pogon ventilatorjev kot za dejansko hlajenje. Seveda morajo hladilni sistemi delovati s kar najboljšim izkoristkom, vendar pa je večinoma mogoče doseči največje prihranke z zmanjšanjem rabe energije za ventilatorje. Posebno pozornost je potrebno torej posvetiti urniku delovanja sistema klimatizacije.

Sistemi regulacije sistemov klimatizacije so večinoma kompleksnejši kot regulacije sistemov ogrevanja prostorov. Skrbno je treba pregledati način delovanja sistema, izrabiti prosto hlajenje v časih, ko so okoliške temperature nižje od temperatur v prostorih, in zagotoviti, da pretoki krožečega zraka ne presegajo dejansko potrebnih.

Nastavitve regulacije lahko preverimo z zapisovanjem temperatur v obdobju 24-ih ur, bodisi s sistemom za zbiranje podatkov ali s sistemom za energetske management zgradbe, če je tak sistem vgrajen. Pred meritvijo je potrebno preveriti pravilno kalibracijo samega sistema.

Neredko naletimo na primere, ko regulacija dopušča hkratno ogrevanje in hlajenje. To bistveno povečuje stroške energije. Prebivalci zgradbe sami takega pojava verjetno niti ne opazijo, zato je bistveno vzpostaviti učinkovit sistem preventivnega vzdrževanja, pri katerem lahko vzdrževalec tako napako opazi.

#### **5.2.11. Sanitarna topla voda (STV)**

Pri obravnavi STV je najvažneje proučiti vprašanji količine porabe in učinkovitosti njene priprave.

Velik del energije, vložene v pripravo sanitarne tople vode, se morda izgublja skozi stene cevi in rezervoarjev, tudi kadar ni porabe. Te izgube lahko zmanjšamo z zmanjšanjem površin sistema, ki so v stiku z okolico. Kjer so stalne izgube sistema

velike, posebej pri razsežnih centralnih sistemih z nizko porabo vode, se lahko izkaže za ekonomično vgraditi lokalne grelnike vode.

Proučite možnosti zmanjšanja mase hranjene vroče vode in možnosti skrajšanja cevi razvoda. Prihranke lahko dosežemo tudi s toplotno izolacijo hranilnikov vode in cevovodov. Večina vročevodnih sistemov deluje na prisilni obtok. Pri teh je treba krmiljenje črpalk urediti tako, da dovajajo vročo vodo le v času, ko je zgradba zasedena. Krmiljenje črpalk mora biti ločeno od krmiljenja kotlov, zato da lahko njihov urnik delovanja nastavljamo po potrebah.

Zagotovite, da voda v hranilnikih nima previsoke temperature. Normalno naj ima voda temperaturo 60 °C, da se ne razvijejo alge. Zmanjšanje potrebne količine vode v hranilnikih lahko dosežemo z omejevalniki pretoka skozi pipe, avtomati za doziranje vode iz pip, z odpravo puščanj pip in z zapiranjem pip.

#### **5.2.12. Oskrba z vodo**

Poraba vode resda ni energetski strošek v ožjem smislu, je pa ta strošek obvladljiv in ga je torej mogoče zmanjšati. Večina sistemov oskrbe zgradb z vodo ima v tok vgrajene prehodne vodne rezervoarje. Pri pisoarjih gre na primer za majhen rezervoar, v katerega doteka stalni dotok vode, vsebina rezervoarja pa se od časa do časa sprazni - za splaknitev pisoarja. Pri pisoarjih je mogoče doseči prihranke porabe vode z vgradnjo avtomatskega splakovanja, ki se sproži bodisi na tlačno razliko ali ob zaznavi uporabnika. Umivalnike za roke lahko opremimo z omejevalniki količine vode iz pipe pri vsakem splakovanju rok.

Na tržišču so na voljo razne naprave za varčevanje z vodo, ekonomičnost vgradnje pa določajo okoliščine v vsakem primeru posebej. Med take naprave spadajo omejevalniki pretoka vode iz pip ali baterij za prhanje. Pri merjenem odjemu vode je pomemben nadzor nad puščanjem iz pip. Puščanje je mogoče odkriti z opazovanjem števca za vodo v času, ko v zgradbi ni uporabnikov.

#### **5.2.13. Manjši porabniki energije**

Manjši porabniki energije pomenijo majhen, a rastoč delež celotne porabe energije v zgradbah. V resnici je delež manjših porabnikov v celotni porabi energije pogosto precenjen. Tako je na primer dejanska poraba pisarniških naprav običajno precej nižja od deklarirane nazivne porabe. Porabo energije s pisarniški aparati in napravami lahko omejimo na številne načine:

- Uporabo kuhalnikov, električnih grelnikov, namiznih ventilatorjev in drugih podobnih naprav je potrebno preprečiti, saj je lahko njihova poraba energije precej velika. Lokalni čajniki ali kavni avtomati, ustrezno ogrevanje in prezračevanje prostorov posredno preprečujejo potratno rabo energije.
- Poskrbimo, da oprema ne ostaja vključena dalj, kot je dejansko potrebno. Delavce vzpodbujajmo k izključevanju aparatov, kadar jih ne uporabljajo. Vpeljimo redno izklapljanje vseh nebitvenih porabnikov izven delovnega časa.
- Pri nakupu oziroma izbiranju opreme upoštevajmo tudi njihovo porabo energije.

#### **5.2.14. Oprema v kuhinjah in bifejih**

Pogosto je smiselno vgraditi posebne merilnike energije za kuhinje in bifeje, saj so le ti lahko veliki porabniki energije. V kuhinjah dostikrat razsipajo z energijo enostavno zato, ker ni nihče zadolžen za izklapljanje aparatov po koncu uporabe. Kuhinjsko osebje bi morali spodbujati k takem načrtovanju priprave hrane, s katerim bi zagotovili učinkovito delovanje aparatov, kar večinoma pomeni čimkrajše delovanje pri polni moči.

### 5.2.15. Ovoj zgradbe

Ovoj zgradbe moramo pregledati zaradi morebitne napake v toplotni izolaciji in puščanja, pri čemer lahko prihaja do prevelikega vdiranja hladnega zraka v zgradbo. Večinoma se izkaže, da nimamo dosti možnosti izboljšav, ki bi bile ekonomsko upravičene, če se ne lotevamo obnove zgradbe že iz drugih razlogov. Če pa že potekajo obnovitvena dela na ovoju zgradbe, je treba izkoristiti priložnost tudi za izboljšanje izolacije in odpravo puščanj, najbolje do take stopnje, da dosežemo skladnost z veljavnimi gradbenimi predpisi, saj so dodatni stroški takih izboljšav relativno majhni.

Največji delež konvekcijskih izgub pri zgradbah odpade na okna in vrata. Zato je potrebno in ekonomično tesnenje starih oken ali celo njihova zamenjava.

Dvojno zasteklitev je ekonomsko upravičeno vgrajevati predvsem, kadar menjamo okna zaradi njihove dotrajanosti ali poškodb. Potrebno je tudi proučiti različne vrste zasteklitev.

Mesta, kjer bi bilo smiselno zmanjšali izgube prepriha, je mogoče pogosto ugotoviti že iz pritožb uporabnikov o prepihu ali da razpoložljive ogrevalne naprave ne zagotavljajo primerne temperature v prostoru.

## 6. FAZI 4 IN 5 - UGOTOVITEV IN OVREDNOTENJE UKREPOV

Po zaključku faz zbiranja in analize podatkov preidemo na ugotavljanje in stroškovno ovrednotenje potencialnih ukrepov. V tej fazi kritično pregledamo svoje dosedanje zamisli in sestavimo prioritetni seznam možnih ukrepov.

### 6.1. Ugotavljanje ukrepov

Med izvajanjem pregleda so se nam verjetno porodile številne zamisli glede varčevanja energije. Zavedajte se, da ni treba, da bi vi sami kot izvajalec pregleda ugotovili prav vse možne ukrepe. Lahko pa vzpodbujate osebje podjetja ali ustanove k predlaganju projektov in k proučitvi razpoložljivih gradiv in publikacij. Do te točke pregleda je seznam predlogov že precej dolg, seveda pa vsi od njih ne bodo šli naprej v fazo ovrednotenja.

Pri tehtanju možnih ukrepov je na vsakem koraku pomembno pretresati svoje zamisli z vodstvom podjetja oziroma ustanove, saj v takih razgovorih lahko ugotovimo, da so posamezne ideje poskusili izvesti že kdaj prej, pa so spodletele, ali pa so o njih že razmišljali pa so jih zavrnilo zaradi neskladnosti s proizvodnimi procesi ali zaradi drugih omejitev. Važno je tudi ugotoviti, katere ukrepe varčevanja energije so na lokaciji že izvedli, kateri projekti so v teku in katere načrtujejo ter katere omejitve in oziri so po mnenju vodstva najpomembnejši pri snovanju energetskega managementa in varčevanja energije.

### 6.2. Ovrednotenje ukrepov

Ko smo seznam ukrepov skrajšali po načelih, opisanih v točki 6.1, se lahko prične faza ovrednotenja ukrepov. Cilji faze ovrednotenja projektov so:

1. Preveriti, kateri od ukrepov so tehnično izvedljivi,
2. Preveriti, kateri od ukrepov so ustrezni,
3. preučiti medsebojno učinkovanje ukrepov,
4. ugotoviti stroške ukrepov,
5. izračunati finančne koristi ukrepov,

6. primerjati med seboj konkurenčne ukrepe in jih razvrstiti po prioritetah,
7. podati zaključke.

Ti cilji so v nadaljevanju opisani podrobneje.

#### **6.2.1. Preverjanje ukrepov s tehnične plati**

Vsak potencialni ukrep je treba preveriti s stališča tehnične sprejemljivosti. Vprašanja, ki si jih zastavljamo pri tem preverjanju, so naslednje vrste:

- ali bo oprema sploh delovala?
- ali je oprema pravilno dimenzionirana?
- ali smo upoštevali onesnaženje površin prenosnikov toplote?
- ali bodo nastopili kakšni problemi glede korozije?
- ali bo prišlo do kakšnih neugodnih stranskih učinkov kot so onesnaženje napajalne vode kotla, neželjeni učinki na izdelke, povečanje potreb po vzdrževanju, zmanjšanje obratovalne zanesljivosti.

#### **6.2.2. Preverjanje ustreznosti ukrepov**

Po tehničnem preverjanju je treba preveriti ustreznost ukrepov, če so sprejemljivi s stališča varstva okolja (ali imajo kakšne stranske učinke, ali ustrezajo veljavnim in morebitnim napovedanim predpisom), ali so rešitve tudi dolgoročno, ne le kratkoročno, optimalne, ali so ukrepi morda nesprejemljivi za podjetje iz kakih drugih razlogov.

#### **6.2.3. Medsebojno učinkovanje ukrepov**

Če načrtujemo več ukrepov na enem samem sistemu, potencialnih prihrankov, izhajajočih iz enega ukrepa, ne smemo računati posamično, brez upoštevanja drugih ukrepov.

Če smo ugotovili možne prihranke pare pri končnem porabniku 30 %, prihranke na sistemu razvoda pare 25 % in prihranke v kotlovnici 25 %, bi bilo napačno sklepati, da so celotni prihranki 80 % sedanje porabe.

Ob upoštevanju medsebojnih učinkov pravilno ugotovimo, da so celotni prihranki približno 61 %. Upoštevati velja tudi, da prihranki na enem mestu lahko precej vplivajo na prihranke drugod.

#### **6.2.4. Stroški ukrepov**

Verjetne stroške ukrepov moramo oceniti realistično. Ocene lahko dobimo od dobaviteljev opreme ali svojih kolegov, lahko pa jih črpamo iz svojih dosedanjih izkušenj s podobnimi ukrepi.

#### **6.2.5. Finančne koristi ukrepov**

Pri ocenjevanju ukrepov moramo upoštevati finančne prilive in druge verjetne koristi od njih. Finančni priliv je v splošnem enak zmanjšanju obratovalnih stroškov. Pri izračunu tega zneska moramo biti pozorni na vplive morebitnih sprememb cen in na finančna tveganja. Paziti se moramo tudi računskih napak, ki jih povzroči na primer odštevanje dveh velikih števil - relativno majhna napaka v katerem od odštevancev lahko privede do velike napake v izračunani razliki. Vse izračune finančnih prilivov moramo skrbno preveriti, tako s stališča same aritmetike kot s stališča osnovnih predpostavk.

Druge koristi od ukrepa so lahko izboljšanje varovanja okolja, zmanjšanje hrupa, povečanje zanesljivosti delovanja, zmanjšanje potrebne posluževalske ekipe in druge.

### **6.2.6. Razvrstitev ukrepov po prioritetah**

Med seboj konkurenčne ukrepe moramo primerjati, vse ukrepe pa moramo razvrstiti po prioritetah - po kriterijih vračilne dobe, finančnih prihrankov in enostavnosti izvedbe.

### **6.2.7. Sklepi**

Na koncu je potrebno podati sklepe, katere ukrepe priporočamo za izvedbo.

## **8. FAZA 6 - ZAHTEVE GLEDE POROČANJA IN OBLIKA POROČILA**

Kakovosti energetskega pregleda ne ocenjujemo le po točnosti podatkov in poglobljenosti analize, ampak tudi po kakovosti končnega poročila. Namen poročila je kvalitativno predstaviti predlagane organizacijske ukrepe in zamisli za investicije v ukrepe učinkovite rabe energije, da bodo konkurenčne drugim investicijskim odločitvam, ki se ponujajo podjetju oziroma ustanovi. Poročilo naj bo kratko, jedrnat in prepričljivo.

Končno poročilo bomo predali naročniku v vednost in v pomoč pri izvajanju predlaganih ukrepov. Končno poročilo ne bi smelo daljše, kot ga je mogoče prebrati naenkrat, v največ dveh urah. Pri pisanju osrednjega besedila poročila lahko predpostavimo tehnično podkovanost bralca, povzetek pa mora biti napisan tako, da bo razumljiv tudi ljudem brez vsakega tehničnega znanja.

Podrobnejša navodila glede poročanja in izdelave poročila so podana v "Metodologiji izdelave energetskega pregleda", Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije, 1997.

## PRILOGA I. MERILNA OPREMA

Merilno opremo potrebujemo v okviru energetskih pregledov za dva glavna namena:

- (i) za razčlenitev porab energije po glavnih porabnikih,
- (ii) za izpeljavo podrobnih energijskih in masnih bilanc.

V splošnem naletimo na terenu na merilno opremo, nezadostno za izvedbo energetskega pregleda, vgrajeni merilniki pa tudi niso nujno točni. Zato je v energetskem pregledu pomembna uporaba prenosne merilne opreme, tako za zbiranje potrebnih podatkov kot za preverjanje trajno vgrajene merilne opreme.

Najpogosteje so potrebne naslednje meritve:

temperatura	-	za temperature izpušnih plinov, zraka, plinov, vročih kapljev, hladnih kapljev, vročih ali hladnih površin, ogrevanih prostorov in drugo. Včasih je treba izmeriti tako vstopno kot izstopno temperaturo.
tlak	-	za tokove plinov, v pečeh, sesalne in tlačne kanale črpalk, oceno pretokov in drugo.
sestava dimnih plinov (CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO, sajavost)	-	za dimne pline.
pretoki plinov in kapljev	-	za pretoke dimnih plinov, zraka, zemeljskega plina, vročih ali hladnih kapljev in drugo.
relativna vlažnost ali temperatura rosišča	-	za pretoke dimnih plinov ali zraka
električna moč in $\cos \varphi$ -za porabnike električne energije		
osvetljenost	-	za umetno osvetljene prostore.

### I.1. Merjenje temperature

- Za temperature do 300 °C so uporabni živosrebrni stekleni termometri, če jih je mogoče vstaviti v telo merjenca (trdno ali kapljevinsko). Ti termometri niso primerni za merjenje temperature površin.
- Digitalne termometre lahko uporabljamo za meritve temperatur do 1100 °C, termometre posebnih izvedb pa do 1500 °C. Glede na izvedbo tipala jih lahko uporabljamo za merjenje temperatur tekočin ali trdnih snovi.
- Infrardeči termometri omogočajo brezdotikalno merjenje temperatur. To je posebej uporabno za merjenje temperatur premikajočih se objektov in za merjenje temperatur površin velikih naprav kot so kotli ali peči. Ti merilniki zaznavajo in merijo infrardeče sevanje teles. Uporabni so za temperature do 2000 °C.

### I.2 Merjenje pretokov

#### I.2.1. Pretoki plinov pri nizkih tlakih

##### *Pitotova cevka*

Pitotovo cevko pogosto uporabljamo za merjenje pretokov ali lokalne hitrosti nizekotlačnega zraka ali plinov. Pitotova cevka meri dinamični tlak, ki ga lahko pretvorimo v pretok s standardnim obrazcem. Za meritev dinamičnega ali statičnega



tlaka moramo Pitotovo cevko povezati z manometrom. Danes imamo na voljo elektronske prenosne manometre, primerne za uporabo pri energetskih pregledih. Za natančno meritev pretoka moramo dinamični tlak izmeriti v več točkah po prerezu cevi ali kanala. Lokacije meritev so za krožne in kvadratne prereze standardizirane, podane pa so glede na premer ali stranico pretočnega kanala.

#### *Krilni anemometer*

Kot alternativo Pitotovi cevki lahko uporabimo krilni anemometer. Ta merilnik uporabljamo predvsem pri meritvah pretokov zraka v sistemih ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije. Merimo lahko pretoke pri hitrostih od 0,12 m/s do 25 m/s, točnost meritve pa je boljša od 3 % merilnega območja merilnika, razen pri zelo nizkih hitrostih. Če želimo ugotoviti pretočni profil, moramo dovodni in odvodni kanal razdeliti na več sekcij in izmeriti hitrosti v vseh sekcijah.

#### *Anemometer z greto žičko*

Anemometer z greto žičko lahko uporabljamo za meritve pretokov pri hitrostih od 0,1 m/s do 30 m/s ob 5 % točnosti v srednjem delu merilnega območja merilnika. Tipalo običajno nudi avtomatsko kompenzacijo temperature v območju med 0 °C in 40 °C, lahko pa ga uporabimo pri temperaturah do 150°C. Merilnik ni priporočljiv za merjenje pretokov vnetljivih ali korozivnih plinov.

### **I.2.2 Pretoki plinov pri visokih tlakih**

Kadar so tlaki previsoki za uporabo Pitotove cevke je običajno potrebno za meritev pretokov kapljev in ali plinov namestiti merilnike pretoka.

#### *Merilnik z zaslonko*

Merilnik z zaslonko je uporaben za merjenje pretokov pri večini kapljev in plinov. Ob pravilni vgraditvi in kalibraciji lahko merilnik z zaslonko zagotavlja točnost 2 % v območju pretokov 4:1. Za natančnost meritve je pomemben način vgraditve zaslonke v cevovodu. Običajno mora biti pred zaslonko vsaj za 10 premerov ravnega odseka cevi, za zaslonko pa vsaj za 5 premerov.

#### *Venturijeva cevka*

Venturijeva cevka deluje na istem principu kot merilnik z zaslonko, njena prednost pa je, da povzroča nizek lasten tlačni padec.

### **I.2.3 Pretok kapljev**

Za merjenje pretokov kapljev lahko uporabljamo ultrazvočne merilnike pretoka. V zadnjih letih sta se uveljavila dva tipa merilnikov pretoka, Dopplerjev in pulzni.

Bistvena prednost ultrazvočnih merilnikov pretoka je možnost njihove uporabe na površini cevi, vendar taki "kontaktni - suhi" merilniki niso posebej točni ( $\pm 5$  % merilnega območja), razen zelo drage izvedbe.

## **I.3 Merjenje tlakov**

Kot smo že omenili, so za meritve nizkih tlakov ali podtlakov, ki nastopajo v zračnih kanalih ali kuriščih peči, uporabni manometri z U cevko ali prenosni elektronski manometri. Na ta način lahko merimo tlake do 500 Pa. Za meritve višjih tlakov, recimo tlakov v parnih sistemih, je običajno potrebna trajno vgrajena merilna oprema.

## **I.4 Električne meritve**

Na voljo so prenosni merilniki za naslednje veličine:

napetosti (V),  
toka (A),  
moči (kW),  
 $\cos \varphi$ .

Napetost in tok lahko izmerimo z voltmetrom oziroma ampermetrom ali z univerzalnim merilnikom. Enostavni objemni ampermeter lahko služi za merjenje trenutnega toka v eni fazi. Pri taki meritvi ni potreben noben poseg v električne krogotoke. Z merilnikom enostavno objamemo dovodni vodnik, deluje pa na principu merjenja magnetnega polja, ki ga inducira tok skozi vodnik. Uporaben je le za enofazne električne vode. Za meritev napetosti ali  $\cos \varphi$  je potreben poseg neposredno v sistem dovoda. Te meritve naj vedno nadzira pooblaščen električar.

Porabo električne energije (kWh) ali moč (kW oziroma kVA) lahko beležimo z objemnimi tokovnimi pretvorniki, če je napetost dovoda konstantna.

### **I.5 Relativna vlažnost**

Za meritev relativne vlažnosti običajno uporabimo psihrometer, ki ima termometer z omočeno bučko, v povezavi z meritvijo temperature suhe bučke in ob uporabi diagrama vlažnega zraka. Na voljo so tudi elektronski merilniki relativne vlažnosti (uporabni za temperature pod 70 °C).

### **I.6 Analizator dimnih plinov**

Za oceno izkoristka kurišča moramo poznati temperaturo ter vsebnost kisika in ogljikovega dioksida v dimnih plinih. Vsebnost kisika je pomembna tudi za optimizacijo zgorevanja, to je za uravnavanje presežka zraka. Vsebnost CO v dimnih plinih, ki presega 100-200 ppm, kaže na nepopolno zgorevanje goriva.

Elektronski analizator dimnih plinov običajno prikazuje vsebnost kisika (%), ogljikovega monoksida (ppm) in temperaturo plinov (°C).

Analizator ima sondo, ki jo umestimo v dimniški kanal, in električno gnano črpalko, ki sesa dimne pline skozi sondo v merilnik, ki analizira vsebnost O<sub>2</sub> in CO. V sondo je vgrajen tudi termoelement za meritev temperature. Analizator dimnih plinov izračuna odstotek izgub z dimnimi plini in izkoristek zgorevanja. Pred uporabo teh rezultatov v nadaljnji analizi moramo preveriti, ali v obrazcu izračuna uporabljene predpostavke veljajo tudi za konkretne okoliščine.

Kemična analiza dimnih plinov je hitra, točna in enostavna. Ni tako pripravna kot meritev z elektronskim analizatorjem, je pa mnogo bolj robustna in zanesljiva.

### **I.7 Merjenje sajavosti**

Prisotnost saj kaže na nepopolno zgorevanje in torej na slabo izrabo goriva. Kvantitativno merjenje sajavosti dimnih plinov je koristno za ocenitev pogojev zgorevanja in za ugotovitev morebitnih škodljivih učinkov na okolje. Sajavost lahko merimo s fotoelektričnimi merilniki ali s posebno črpalko za saje.

### **I.8 Merilniki osvetljenosti**

V večini primerov zadošča merilnik osvetljenosti z merilnim območjem 0-5000 lux. Razsvetljava je lahko eden od glavnih porabnikov električne energije v zgradbah, v lahki industriji, elektronski industriji in podobnih panogah. Pred meritvami razdelimo podjetje na območja po delovnih operacijah, ki potekajo na vsakem od njih. Za vsako območje moramo ugotoviti:

- dejansko osvetljenost,

- priporočeno osvetljenost (po domačih ali mednarodnih standardih).

### **I.9 Registratorji podatkov**

Za beleženje izhodov vgrajenih merilnikov skozi določeno obdobje lahko uporabimo elektronski sistem zbiranja podatkov ali večkanalni peresni zapisovalnik. Če uporabljamo sistem zbiranja podatkov, lahko rezultate prenesemo na računalnik za nadaljnjo analizo.

## **PRILOGA II. KONTROLNI SEZNAM RABE ENERGIJE**

Kontrolni seznam v tej prilogi lahko služi za določitev potrebnih aktivnosti pri analizi rabe energije v okviru energetskega pregleda. Obseg, v katerem naj bodo posamezne aktivnosti izpeljane, je odvisen od značilnosti lokacije in od zahtevane podrobnosti pregleda. Kontrolni seznam ni mišljen kot obvezen recept za izvedbo pregleda, prav tako pa ne obsega vseh postavk, ki lahko pridejo v poštev. Izvajalci energetskih pregledov lahko razvijejo svoje lastne potopke in formularje za zbiranje podatkov in analizo.

### **II.1. Dobava energije**

- popišite porabo, stroške, skladiščne kapacitete za tekoča goriva, plin in trdna goriva,
- preverite možnosti sprememb pogodb z dobavitelji energije,
- preverite možnosti prehoda na druga goriva,
- popišite oskrbo z električno energijo in izdelajte diagram obremenitve,
- preverite možnosti sprememb tarifnih postavk v pogodbah o dobavi,
- preverite možnosti izravnave konice in kompenzacije jalove energije.

### **II.2. Kotli**

- popišite izdelovalce, tipe, nazivne kapacitete in starost posameznih kotlov in gorilnikov,
- popišite dejansko stanje in preglejte dnevnik vzdrževanja,
- popišite porabo goriva za posamezna postrojenja,
- preglejte obratovalne režime, obremenitve, regulacije,
- preverite izkoristek zgorevanja v celotnem območju obremenitve,
- preverite celoletne izkoristke,
- preverite stanje izolacije in njeno ustreznost glede na standard,
- preverite možnosti skrajšanja zagonskih časov,
- preverite možnosti zamenjave kotlov in izboljšav regulacije.

#### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ zagotavljanje učinkovitosti zgorevanja,
- ◆ zagotavljanje pravilne priprave vode,
- ◆ odprava puščanj vode in pare,
- ◆ optimalno izkoriščanje toplote dimnih plinov in kalužne vode,
- ◆ ustrezna regulacija delovanja in sekvenčno krmiljenje pri kotlovnica z več enotami,
- ◆ čim boljše dimenzioniranje kotlov glede na dejanske potrebe po toplotni energiji. Izolacija neaktivnih kotlov za odpravo sevalnih izgub,
- ◆ uporaba loput za dimne pline za zmanjšanje dimničnih izgub v praznem teku,
- ◆ zagotovitev ustrezne izolacije kotlov in sistemov razvoda toplote,
- ◆ kaluženje kotlov le po dejanskih potrebah,
- ◆ zagotovitev kar največjega povratka kondenzata v parnih sistemih,

- ◆ toplotna izolacija rezervoarjev tekočih goriv in čim manjše predgrevanje s paro ali elektriko,
- ◆ proučitev možnosti uvedbe kogeneracije, če so profili bremen ustrezni.

### **II.3. Sistemi razvoda**

- preglejte puščanja in toplotne izgube v vročevodnih razvodnih sistemih,
- preglejte puščanja in izgube v parovodnih sistemih,
- preglejte puščanja in izgube v sistemih razvoda termičnih medijev,
- preverite neskladnosti med dobavo in končno porabo, na primer zaradi napak merilnikov,
- preverite stanje izolacije in njeno ustreznost glede na standard,
- preverite možnosti zmanjšanja pretokov v cevovodih in kanalih,
- preverite možnosti racionalizacij sistemov cevovodov in kanalov,
- preglejte delovanje odvajalnikov kondenzata,
- preglejte vračanje kondenzata in možnosti večjega izkoriščanja toplote pri tem,
- preglejte uparjanje kondenzata in možnosti večjega izkoriščanja toplote pri tem,
- preverite možnosti racionalizacij v sistemu razvoda električne energije,
- preglejte obremenitve in izkoristke transformatorjev,
- preverite možnosti decentralizacije sistemov ogrevanja in hlajenja.

### **II.4. Ogrevanje prostorov**

- popišite vrsto vgrajenega sistema ogrevanja,
- preverite skladnost obratovalnega urnika z zasedenostjo zgradb,
- preverite skladnost režima ogrevanja z zasedenostjo zgradb,
- preverite skladnost dejanskih temperatur s projektnimi pogoji ugodja,
- preglejte porabo energije za ogrevanje,
- popišite namestitve, delovanje in stanja grelnih teles,
- popišite namestitev, delovanje, nastavitve in stanje vgrajenih regulatorjev,
- preverite morebitno potrebo po dodatnih regulacijah, časovnih, temperaturnih, conskih in drugih.

#### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ zmanjšanje izgub sistema v praznem teku,
- ◆ zagotavljanje rednega vzdrževanja kotlovnice centralnega ogrevanja,
- ◆ zagotovitev pravilne nastavitve termostata,
- ◆ nastavitve časovnikov na tak način, da ni odvečnega ogrevanja,
- ◆ optimizacija zagona sistema tako, da časi ogrevanja sistema niso predolgi,

- ◆ vgradnja conskih regulacij za prostore z drugačnimi urniki uporabe, oziroma za prostore, kjer je zahtevana drugačna temperatura od običajne ali kjer so opazni prispevki od sonca, računalnikov ali uporabnikov,
- ◆ vgradnja merilnih zaznaval zunanje temperature,
- ◆ proučitev možnosti uvedbe sistema energetskega managementa zgradbe,
- ◆ vgradnja ventilatorjev za kroženje zraka v visokih zgradbah za odpravo gradientov temperature po višini,
- ◆ vgradnja avtomatskih vrat na vhodih za tovor ali vozila,
- ◆ proučitev možnosti izkoriščanja odpadne toplote.

## II.5. Klimatizacija in prezračevanje

- popišite vrste vgrajenih sistemov,
- popišite bremena ogrevanja in hlajenja,
- preglejte razmestitev, delovanje in stanje opreme,
- preglejte razmestitev, delovanje, nastavitve in stanje obstoječih regulacij,
- preverite potrebe po dodatnih regulacijah,
- preverite puščanja in izgube v sistemih razvoda klimatiziranega zraka.

### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ◆ vgraditev ustreznih regulatorjev,
- ◆ zmanjšanje količine zraka skozi sistem, ob zagotovitvi zadostnega dovoda svežega zraka,
- ◆ nastavitve sobnih termostatov za klimatizacijo v zimskem času na temperaturo 22<sup>0</sup>C oziroma nižjo,
- ◆ zagotovitev, da sistem dnevno ne deluje več časa, kot je potrebno,
- ◆ proučitev možnosti, da bi določeni deli zgradbe bili brez klimatizacije ali prisilnega prezračevanja vsaj v določenih letnih sezonah,
- ◆ preprečitev možnosti hkratnega gretja in hlajenja,
- ◆ vzpostavitev uvajanja svežega zraka brez recirkulacije, kadar so zunanje temperature nižje od temperatur v prostorih in je zahtevano hlajenje prostorov,
- ◆ zagotovitev čim večje recirkulacije zraka v mejah zahtev po minimalnem prezračevanju prostorov, kadar je zahtevano ogrevanje prostorov,
- ◆ vgradnja frekvenčne regulacije za spreminjanje hitrosti vrtenja elektromotorjev za pogone črpalke in ventilatorjev sistema hlajenja,
- ◆ vgradnja kanala mimo hladilne naprave, ko je mogoče izkoriščati nizko temperaturo okolice za hlajenje prostorov,
- ◆ zagotavljanje čistoče površin v kanalih in hladilnih stolpih, zagotavljanje redne menjave vložkov filtrov v okviru rednega vzdrževanja,
- ◆ redno preverjanje nastavitve regulacij in obratovanje sistema v skladu z zasedenostjo zgradbe.

## II.6. Sanitarna topla voda

- popišite izvedbo, vrsto in kapaciteto rezervoarjev grelnikov vode,
- preverite temperature vode na strani dovoda in njeno regulacijo,
- preglejte pretoke vode in regulacije pretokov pri odjemalcih,
- preglejte stanje izolacije po projektu in dejansko stanje,
- preverite možnosti uporabo cenejših alternativnih načinov segrevanja.

### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ◆ toplotna izolacija rezervoarjev tople vode in cevovodov,
- ◆ zagotovitev pravilne nastavitve vodnih termostатов; priporočena je nastavitev na 60<sup>0</sup>C, da ne pride do razvoja alg,
- ◆ preveritev, da deluje dobava tople vode le v času zasedenosti zgradbe,
- ◆ uporaba lokalnih grelnikov vode v poletni sezoni ali decentralizacija gretja vode, če so stalne izgube sistema velike,
- ◆ vgradnja omejilnikov pretoka iz pip,
- ◆ če je v zgradbi bife, poskrbite, da osebje bifeja varčuje z vodo, in nabavite opremo, ki zagotavlja majhno porabo vode.

## II.7. Gretje v procesih

- preglejte vgrajeni sistem (sisteme),
- preverite skladnost dejanskih parametrov s projektnimi,
- preglejte porabo za ogrevanje in hlajenje,
- preglejte stanje in delovanje opreme,
- preglejte namestitvev, delovanje, nastavitve in stanje vgrajenih regulacij,
- preverite potrebo po dodatnih regulacijah.

### II.7.1. Nizkotemperaturni procesi

#### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ◆ zmanjšanje toplotnih izgub z gladin kapljev in v ogrevanih rezervoarjih,
- ◆ zagotovitev ustrezne toplotne izolacije procesnih naprav in sistemov oskrbe z energijo,
- ◆ izraba čimveč toplote iz dimnih plinov, odtokov iz procesov in hladilnih medijev. Izplača se preučiti možnosti izrabe teh toplot za predgrevanje zraka za kurišča ali za ogrevanje prostorov,
- ◆ pregled časovnega sovpadanja različnih procesov, proučitev možnosti združitve v šaržno delovanje celotnega podjetja,
- ◆ zagotovitev učinkovitega zgorevanja goriv v vseh kuriščih,
- ◆ proučitev morebitnih izboljšav ob neposrednem kurjenju,
- ◆ vzdrževanje regulacij procesov v dobrem stanju, vključno z regulacijo vlažnosti v sušilnicah,
- ◆ povečanje izločanja kapljev in z mehanskimi postopki pred sušenjem s toploto,

- ◆ preprečevanje prekomernega sušenja,
- ◆ nadzor porabe vode, posebej tiste za pranje,
- ◆ presoja možnosti za združevanje procesov in za sproizvodnjo toplote in električne energije.

## **II.7.2. Visokotemperaturni procesi**

### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ zmanjšanje toplotnih izgub skozi odprtine, na primer skozi vrata pri toplotno izoliranih napravah,
- ◆ uporaba učinkovitih izolacijskih materialov na zunanjih ploskvah naprav,
- ◆ izraba čim več toplote iz dimnih plinov, odtokov iz procesov in hladilnih medijev. Izplača se preučiti možnosti izrabe teh toplot za predgrevanje zraka za kurišča ali za ogrevanje prostorov,
- ◆ zmanjšanje časa zadrževanja šarž na najmanjši možni čas, da kolikor mogoče zmanjšamo čase vzdrževanja temperature,
- ◆ zagotovitev učinkovitega zgorevanja goriv v vseh kuriščih,
- ◆ zmanjšanje nepotrebno visokih tlakov v napravah z nadzorovano atmosfero,
- ◆ proučitev uvedbe posebnih vzdrževalnih peči, kadar je potrebno daljše zadrževanje šarž na visoki temperaturi,
- ◆ zagotovitev pravilnega obratovanja opreme za prisilno hlajenje peči,
- ◆ zagotovitev uporabe kolikor mogoče malo pomožnih nosilnih konstrukcij za šarže, ki gredo skozi toplotno obdelavo,
- ◆ zagotovitev učinkovite regulacije obratovalnih parametrov peči. Pri večjih enotah je treba preučiti vgradnjo računalniškega upravljanja.

## **II.8. Električna energija**

- popišite nazivne moči in obremenitve posameznih motorjev,
- popišite nazivne moči in obremenitve nepogonske električne opreme (na primer procesne in proizvodne opreme),
- popišite obratovalne čase,
- preverite možnosti izboljšav skladnosti instalirane moči z bremenom pri ventilatorjih in črpalkah in drugje,
- preverite možnosti zmanjšanja bremen,
- preverite možnosti zmanjšanja zagonskih tokov,
- preverite možnosti prenosa bremen v nočno izmeno,
- preverite morebitno nepotrebno delovanje naprav čez konec tedna.

### **II.8.1. Motorji in pogoni**

#### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ zagotovite kakovostno vzdrževanje vseh pogonskih sistemov,



- ◆ z uporabo zaznaval obremenitve zagotovite, da motorji ne tečejo daljši čas v praznem teku,
- ◆ preverite morebitno predimenzioniranost motorjev,
- ◆ preverite možnosti vgradnje (napetostnih) regulatorjev ali trajnega teka v zvezdni vezavi pri motorjih, ki dalj časa delujejo pri delni obremenitvi,
- ◆ proučite možnost vgradnje frekvenčne regulacije za spreminjanje hitrosti vrtenja elektromotorja pri sistemih s spremenljivo obremenitvijo, še posebej pri črpalkah in ventilatorjih,
- ◆ proučite možnosti vgradnje motorjev z visokim izkoristkom pri napravah, kjer motorji delujejo daljši čas pod visoko obremenitvijo.

## **II.8.2. Manjši porabniki električne energije**

### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ zagotovite izklapljanje aparatov, kadar niso v uporabi,
- ◆ zagotovite, da varnostniki preverjajo izklopljenost porabnikov zunaj delovnega časa,
- ◆ proučite možnost vgradnje naprav, kot so lokalni grelniki vode za kavo ali čaj s časovnimi stikali za izklop zunaj delovnega časa,
- ◆ vpeljite preverjanje porabe energije pri odločanju o nabavi nove opreme, če tako preverjanje še ni vpeljano,
- ◆ zagotovite, da pri opremi, ki lahko deluje v načinu pripravljenosti, tak način delovanja ni blokiran.

## **II.9. Komprimirani zrak**

- popišite izdelovalce, tipe, nazivne moči in starost opreme v sistemu,
- popišite dejansko stanje in dnevnik vzdrževanja,
- pregledjte urnik rabe in regulacijo sledenja obremenitvi,
- pregledjte stanje sesalnih vodov in filtrov.

### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ Racionalizirajte sistem z odstranitvijo ali zaprtjem nepotrebnih vodov in zmanjšanjem padcev tlaka,
- ◆ zagotovite ustrezno vzdrževanje sistema po specifikacijah izdelovalca,
- ◆ zmanjšajte puščanje zraka. Koristno je vzpostaviti program rednega vzdrževanja sistema razvoda komprimiranega zraka,
- ◆ kjer je le mogoče, zagotovite dovod hladnega in čistega zraka. Kjer je le mogoče, naj kompresor zajema zunanji zrak,
- ◆ komprimirani zrak naj ima čim nižji tlak - najnižji, ki ga dopuščajo zahteve porabnikov,
- ◆ zagotovite, da zaradi oblike sistema razvoda zraka ne prihaja do prevelikih padcev tlaka med kompresorsko postajo in porabniki,
- ◆ kjer je le mogoče, vpeljite izrabo odpadne toplote kompresorjev,
- ◆ zagotovite, da vgrajeni sistemi regulacije delujejo učinkovito. Proučite možnosti sekvenčnega krmiljenja kompresorskih postaj z več kompresorji,

- ♦ vzdržujte čim skromnejšo možno pripravo zraka. Če samo en porabnik na lokaciji zahteva visoko kakovost komprimiranega zraka, proučite možnost vgradnje lokalne postaje za pripravo zraka.

## II.10. Hlajenje

- popišite izdelovalce, tipe, nazivne moči in starost opreme,
- preglejte dejansko stanje in dnevnik vzdrževanja,
- preverite razmerje med porabo in hladilno močjo,
- preglejte urnik rabe, obremenitev in regulacije,
- preglejte izolacijo po projektu, njeno dejansko stanje in ustreznost,
- preverite možnost zmanjšanja obremenitve hlajenja,
- preverite možnosti izrabe odpadne toplote.

### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ♦ zagotovite dobro in redno vzdrževanje vse opreme,
- ♦ odpravite ovire zračnega toka skozi prenosnik toplote in okoli njih (na primer pri uparjalnikih in kondenzatorjih),
- ♦ zagotovite kar najmanjšo onesnaženost površin primarnih in sekundarnih toplotnih tokokrogov,
- ♦ zagotovite stanje izolacije po projektih zahtevah,
- ♦ kolikor mogoče skrajšajte urnik delovanja sistemov,
- ♦ zagotovite kar najmanjšo obremenitev hladilnega sistema,
- ♦ izogibajte se delovanju sistema hlajenja pri delnih obremenitvah,
- ♦ raziščite možnosti izboljšav regulacij,
- ♦ kjer je možno, izrabite odpadno toploto,
- ♦ kjer je možno, zamenjajte obstoječe naprave z energetsko bolj učinkovitimi napravami,
- ♦ ob menjavi naprav na osnovi CFC z napravami, ki uporabljajo ozonu neškodljiv hladilni medij preverite tudi energetsko učinkovitost novih naprav.

### II.10.1. Vzdrževanje hladilnic

#### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ♦ zmanjšajte cikle odtaljevanja,
- ♦ izrabljajte toplotno kapaciteto za zmanjšanje obratovalnih stroškov s tem da prenašate aktivno delovanje sistemov na čase nizkih tarife (ponoči) in ob koncu tedna,
- ♦ preverite nastavitve termostatov,
- ♦ vgradite avtomate za zapiranje vrat in zmanjšajte čase odpiranja vrat,
- ♦ izboljšajte toplotno izolacijo.

## II.11. Ohlajena in hladilna voda

### II.11.1. Ohlajena voda

#### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ◆ preglejte puščanja vode iz sistema,
- ◆ preverite ali je temperatura ohlajene vode primerna, to je ali ni prenizka,
- ◆ zaprite dotok ohlajene vode v opremo, kadar ni v uporabi,
- ◆ zagotovite učinkovito delovanje črpalk, zmanjšajte uporabo dušilnih ventilov z vgradnjo pogonov s spremenljivo vrtilno frekvenco,
- ◆ preprečite delovanje sistema v prazno,
- ◆ vgradite kakovostno toplotno izolacijo sistema razvoda.

### II.11.2. Hladilna voda

#### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ◆ preglejte puščanja vode iz sistema,
- ◆ vedno uporabljajte zaprte krogotoke,
- ◆ za krmiljenje ventilatorjev v hladilnih stolpih uporabljajte termostate,
- ◆ preverite, da sistem ni predimenzioniran,
- ◆ zagotovite učinkovito regulacijo črpalk, zmanjšajte uporabo dušilnih ventilov z vgradnjo pogonov s spremenljivo vrtilno frekvenco,
- ◆ preprečite delovanje sistema v prazno.

## II.12. Razsvetljava

- popišite tipe svetil,
- popišite priključne moči in osvetljenosti,
- preglejte stanje in stikala obstoječih svetil,
- proučite potrebe po dodatnih stikalih,
- preglejte postopke zamenjave svetil,
- proučite možnosti večje izrabe dnevne svetlobe.

#### Ukrepi učinkovite rabe energije:

- ◆ izklaplajte nepotrebne svetilke,
- ◆ vgradite avtomatska stikala za razsvetljava - časovna, na dnevno svetlobo, na zaznavo oseb v prostoru, na zaznavo gibanja oseb,
- ◆ uporabljajte energetske učinkovite fluorescentne cevi malega premera z elektronskimi (visokofrekvenčnimi) dušilkami,
- ◆ zamenjajte svetila z dvojnimi fluorescentnimi cevmi s svetili z enojnimi cevmi in visokoodbojnimi reflektorji,
- ◆ kjer je mogoče, preidite na sistem razsvetljave z večjim izkoristkom, na primer na fluorescentne ali halogenske žarnice. Kjer je le mogoče, zamenjajte žarnice z žarilno nitko,
- ◆ instalacije predelajte tako, da je mogoče lokalno vklapljanje in izklapljanje razsvetljave,

- ◆ preprečite pretirano osvetlitev posameznih prostorov, proučite možnosti lokalne osvetlitve delovnih mest,
- ◆ zagotovite redno čiščenje svetil in zamenjavo starih fluorescentnih svetilk ob izteku življenjske dobe.

### **II.13. Zgradbe**

- popišite lokacije, usmeritve, izpostavljenost vremenu, velikosti, oblike in starosti posameznih zgradb,
- popišite površine in tlorise,
- popišite uporabo posameznih zgradb, urnike in število oseb v posameznih zgradbah.

#### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ ocenite toplotno izolacijo streh, sten in tal zgradb,
- ◆ preverite zasteklitev in ocenite smotrnost vgradnje dvojne zasteklitve,
- ◆ ocenite puščanje zraka skozi špranje okoli oken in vrat,
- ◆ preverite morebitna druga puščanja na ovojih zgradb,
- ◆ proučite možnosti večje izrabe sončne energije in svetlobe z izboljšavami na zasteklitvi, vendar ne na račun pregrevanja ali pretirane osvetlitve poleti,
- ◆ vgradite avtomatska vrata na vhodih v skladišča in v garaže.

### **II:14. Kuhinje in bifeji**

#### **Ukrepi učinkovite rabe energije:**

- ◆ izbirajte energetske učinkovite opreme za kuhinje in bifeje, ob upoštevanju cen različnih goriv,
- ◆ prostore kuhinje opremite z lokalnim ogrevanjem in prezračevanjem,
- ◆ zagotovite, da ima sistem prezračevanja kuhinje svojo lokalno regulacijo, ki jo osebje uporablja,
- ◆ proučite možnost lokalnega gretja sanitarne vode.

### **II.15. Odpadki**

- preverite možnosti izrabe toplote iz tekočih odtokov,
- preverite možnosti izrabe toplote iz emisij v ozračje,
- preverite možnosti izrabe toplote iz trdnih odpadkov ali njihovo izrabo za gorivo.

## **PRILOGA III: POVZETEK NAVODIL ZA IZVEDBO ENERGETSKEGA PREGLEDA**

V tej prilogi so orisani cilji energetskega pregleda in navedena področja, ki jih je treba proučiti.

### **III.1. Cilji**

Cilji energetskega pregleda so:

- vzpostaviti pregled nad rabo vstopne energije,
- ugotoviti področja, kjer so možni prihranki energije,
- podati oceno možnih letnih prihrankov, ocene stroškov izvedb ukrepov in vračilnih dob,
- ugotoviti, kako naj bi razvijali metode energetskega managementa, da bi dosegli in vzdrževali te prihranke in lahko iskali še nadaljnje možnosti prihrankov.

Postopek za uresničitev teh ciljev pregleda je naslednji:

- analiza porabe goriv na osnovi računov za energijo in merjenj,
- opazovanje in merjenje delovanja energetske porabnikov v času energetskega pregleda, da ugotovimo njihovo energetske učinkovitost in morebitne neučinkovitosti v rabi energije,
- proučitev obratovalnih postopkov in načinov upravljanja,
- vzpostavitev podlag za trajni nadzor rab energije in za zastavljanje dosegljivih ciljev,
- ob zaključku pregleda sestava poročila v obliki, podani v nadaljevanju, s priporočili ukrepov, podprtimi s podatki, katerih izvedba obeta zmanjšanje stroškov za energijo,
- predstavitev poročila vodstvu podjetja ali ustanove.

### **III.2. Obseg pregleda**

Pregled in poročilo naj pokrivata naslednje postavke.

#### **III.2.1. Podatki o lokaciji**

V tej točki naj bo opisana lokacija, proizvodni program in dejavnosti. Vključite tudi tloris zgradbe oziroma podjetja.

#### **III.2.2. Pregled rabe energije**

Na podlagi podatkov iz računov za energijo, iz merjenj, opazovanj in izračunov predstavite naslednje:

- tabelo s prikazom porab, cen in celotnih stroškov za vsako od vhodnih goriv v zadnjih 12 mesecih,
- tabelo s prikazom gibanja deleža energetske stroškov v zadnjih 3 letih,
- povzetek opisa sistema odjema energije, to je opise števec porabe in tarif,
- eno ali več tabel in diagramov z razčlenitvijo porab in stroškov po vrstah goriv za vsa glavna goriva za zadnjih 12 mesecev.

Izračunajte in komentirajte kazalce rabe energije za podjetje oziroma zgradbo.

### III.2.3. Raba energije

#### *Kotlovnica*

- Izvedite meritve izkoristka zgorevanja na vseh kotlih pri polni, srednji in nizki obremenitvi (kjer ti režimi delovanja nastopajo). Po potrebi podajte priporočila za izboljšanje izkoristkov zgorevanja.
- Ocenite letni izkoristek kotlov na podlagi opaženih režimov delovanja in dnevnikov. Če kotle poleti uporabljajo samo za gretje vode, ocenite vplive tega režima na letni izkoristek.
- Če ugotovite nizke letne izkoristke, priporočite izboljšave z vgradnjo pomožnih kotlov, vgradnjo lokalnih grelnikov vode in druge opreme za povečanje letnih izkoristkov.
- Ocenite splošno stanje kotlov, posebej glede toplotne izolacije in vdiranja zraka ter podajte ustrezna priporočila za izboljšave.
- Ocenite stanje in debeline toplotnih izolacij na cevovodih, ventilih in prirobnicah ter podajte ustrezna priporočila za izboljšave.
- Ocenite ustreznost in pravilnost nastavitvev časovnih, temperaturnih in tlačnih regulacij ter podajte ustrezna priporočila za izboljšave.
- Ovrednotite možnosti izrabe odpadne toplote iz kaluže pri parnih kotlih, uporabe predgrelnikov vode pri plinskih kotlih ter podajte ustrezna priporočila za izvedljive izboljšave.
- Proučite možnost uporabe cenejših ali alternativnih goriv;
- Če pogoji dopuščajo sežiganje odpadkov, proučite možnosti vgradnje sežigalnih naprav.

#### *Ogrevanje prostorov*

Preglejte sisteme ogrevanja prostorov in podajte priporočila glede:

- skladnosti urnikov ogrevanja in urnikov zasedenosti zgradb,
- tipov vgrajenih sistemov ogrevanja prostorov,
- stanja, nastavitvev, razmestitve in delovanja obstoječih regulatorjev in merilnih zaznaval,
- potreb po dodatnih regulatorjih,
- stanja in debeline izolacij na cevovodih, ventilih in prirobnicah,
- stanja, razmestitve in morebitnih fizičnih preprek pred grelnimi telesi,
- 7 dni beležite temperature v izbranih prostorih, da dobite reprezentativne temperaturne profile ter ocenite ustreznost režima ogrevanja.

#### *Sanitarna topla voda*

Preglejte sisteme gretja sanitarne vode in podajte priporočila glede:

- načinov hranjenja tople vode, temperatur vode in sistemov regulacije,
- stanja in debeline toplotnih izolacij,
- skladnosti kapacitet hranilnikov tople vode s porabo,
- temperatur vode na pipah in omejevalnikov pretokov iz pip.

### *Električna energija in razsvetljava*

Izvedite meritve in opazovanja, ki vam omogočijo določiti:

- konico porabe za obdobje 7 dni,
- najekonomičnejšo tarifo za nakup električne energije, na podlagi opažene konice in računov za elektriko v preteklem obdobju,
- potrebo po kompenzaciji jalove energije, če je le ta posebej zaračunana,
- morebitne nizke izkoristke transformatorjev zaradi delovanja pri nizki obremenitvi,
- oceno dejanske instalirane moči in porabe energije za razsvetljava,
- vrste, stanje, razmestitev in režime uporabe stikal obstoječe razsvetljave, ter možnosti nadomestitve s svetili z visokim izkoristkom,
- morebitne nepotrebne rabe razsvetljave in drugih električnih porabnikov, predvsem električnih grelnikov,
- regulacijo električnih sistemov ogrevanja, možnosti zamenjave z drugačnimi sistemi ogrevanja,
- učinkovitosti in obremenitve zračnih kompresorjev, možnosti izrabe odpadne toplote kompresorjev,
- učinkovitosti sistemov razvoda in smotrnosti rabe komprimiranega zraka,
- skladnosti motorjev z njihovimi nalogami po vrstah, velikostih in obremenitvah,
- možnosti sproizvodnje toplote in električne energije (KPTE).

Priporočila naj temeljijo na izsledkih gornjih opazovanj in meritev.

### *Sistemi prezračevanja in klimatizacije*

- izmerite pretoke zraka in ocenite grelne in hladilne obremenitve,
- preglejte regulatorje glede puščanja in pravilnosti delovanja dušilnih loput,
- preučite delovanje in obremenitve hladilnih kompresorjev ter možnosti izrabe odpadne toplote,
- preglejte stanje toplotnih izolacij sistemov hlajenja po projektu in njihovo dejansko stanje,
- ocenite porabe glavnih ventilatorjev, hladilnikov in črpalk v sistemu, da boste lahko sestavili bilanco porabe.

### *Raba energije v kuhinjah in podobnih pomožnih prostorih*

- proučite možnosti uporabe najcenejših goriv in izrabe odpadnih toplot,
- ugotovite vse morebitne primere delovanja opreme v prazno.

### *Ovoji zgradb*

Preučite in podajte ustrezna priporočila glede:

- stanja izolacij streh, sten in podov,
- stanja zasteklenih površin,
- prekomerne menjave zraka skozi trajno odprta vrata in okna.

### III.2.4. Energetski management

Ocenite obstoječe postopke, razpoložljive informacije in meritve na področju energetskega managementa. Podajte priporočila za morebitne izpopolnitve, možne na obstoječem sistemu. Pri tem upoštevajte razpoložljive kadre in stroške uvedbe izpopolnjenega sistema energetskega managementa.

Sistem energetskega managementa naj temelji na kvantificiranih ocenah delovanja kot so:

- (a) izračun kazalcev rabe energije ob določenem stanju,  
ali
- (b) ciljnega spremljanja rabe energije ob povezavi rabe energije z spremenljivkami, ki določajo proizvodnjo ali storitev.

Kateri način spremljanja je primernejši, ugotovite na podlagi nabora razpoložljivih informacij, stroškov uvedbe sistema, možnosti meritev in ustreznosti možnih neodvisnih spremenljivk, s katerimi naj bo primerjana poraba energije.

Podajte opis zbiranja in obdelave podatkov ter ukrepov za odzivanje glede na ugotovitve iz podatkov.

## PRILOGA IV: SEZNAM UPORABNE LITERATURE

1. COWI, MARCH, Center za energetske učinkovitost, Institut "Jožef Stefan", Gradbeni Inštitut ZRMK, "**Razširjeni energetski pregledi v industriji**", Projekt PHARE, Gradivo za šolanje izvajalcev energetskih pregledov, september 1996.
2. COWI, MARCH, Center za energetske učinkovitost, Institut "Jožef Stefan", Gradbeni Inštitut ZRMK, "**Razširjeni energetski pregledi za zgradbe**", Projekt PHARE, Gradivo za šolanje izvajalcev energetskih pregledov, september 1996.
3. COWI, MARCH, Center za energetske učinkovitost, Institut "Jožef Stefan", Gradbeni Inštitut-ZRMK, "**Seminar za usposabljanje energetskih managerjev**", Projekt PHARE, Gradivo za šolanje izvajalcev energetskih pregledov, november 1996.
4. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije, Center za energetske učinkovitost, Institut "Jožef Stefan", Gradbeni Inštitut ZRMK, "**Metodologija izdelave energetskega pregleda**", oktober 1997.
5. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije, Gradbeni Inštitut ZRMK, "**PRIROČNIK za energetske svetovalce**", 1996.
6. Miran Oprešnik, Mirko Opara, "**TERMODINAMIČNE TABELE IN DIAGRAMI**", Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana 1997.