

Repetitorium chemie
2016/2017

Metabolické
dráhy

František Škanta

Metabolické dráhy

Primární metabolismus-trávení

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

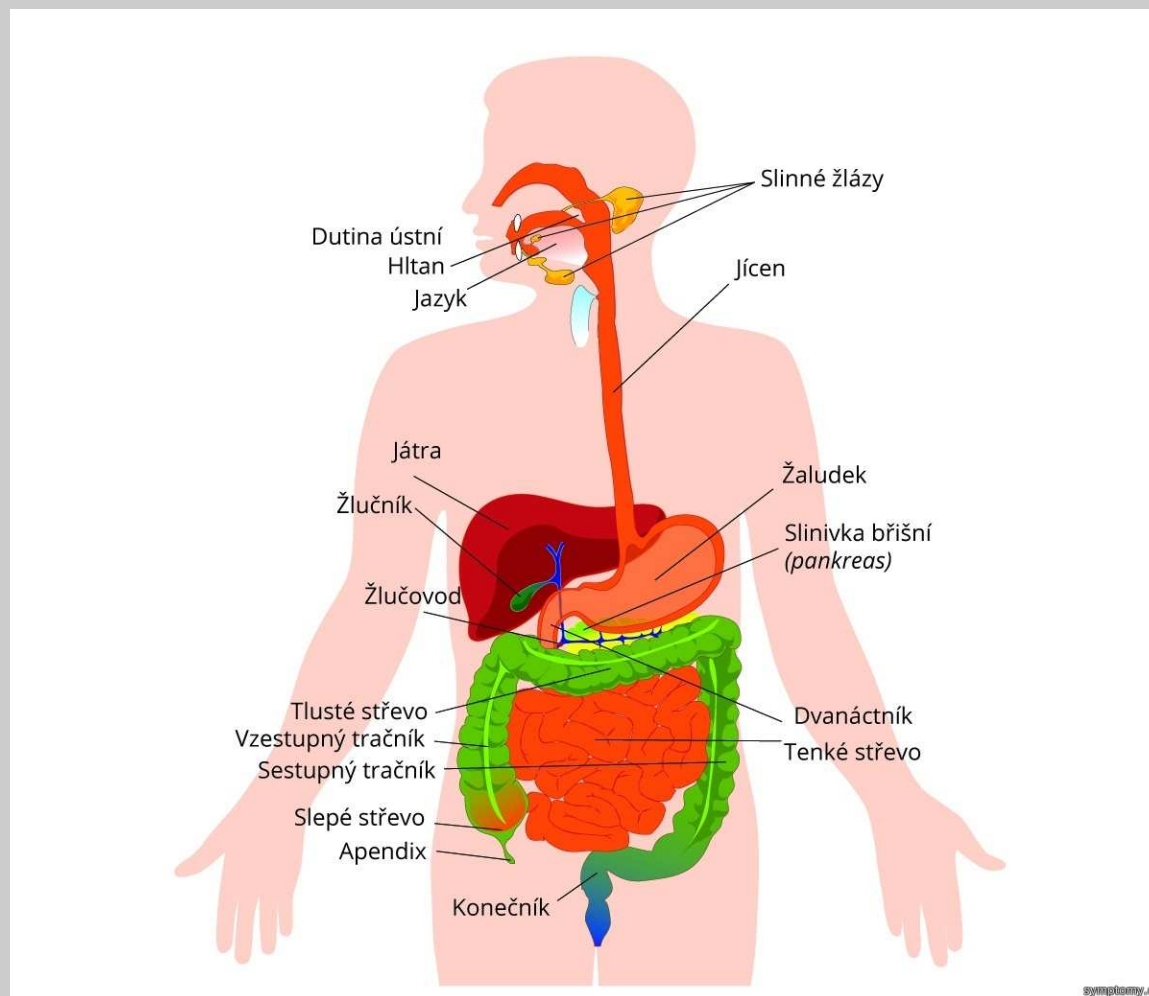
Světelná fáze

Temnostní fáze

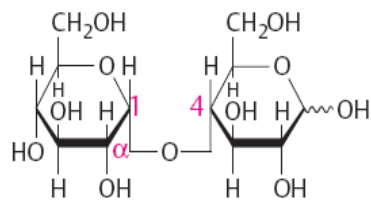
**Jaký osud potká tuto Strasbuskou kachnu
v našem těle?**



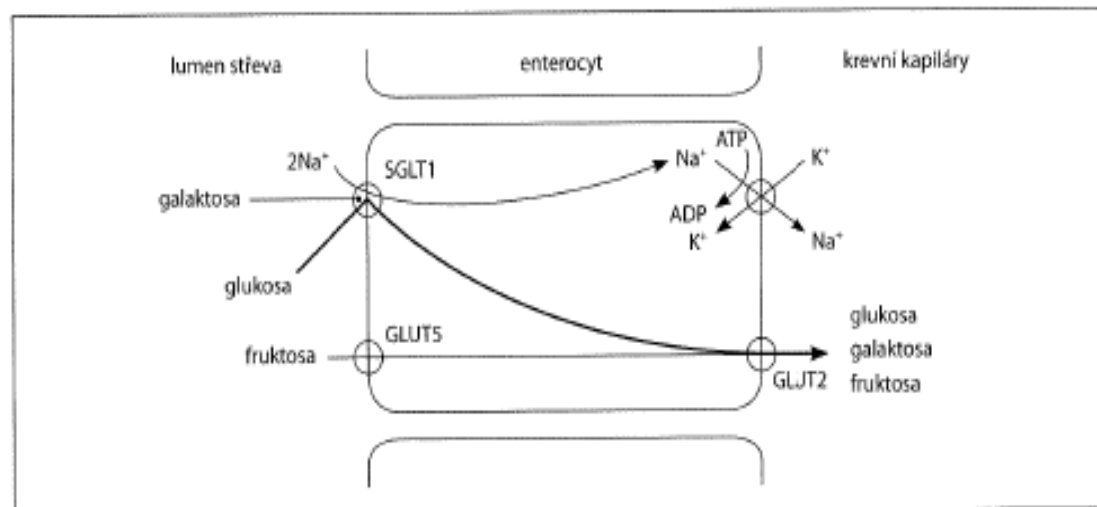
Trávicí soustava člověka



Vstřebávání

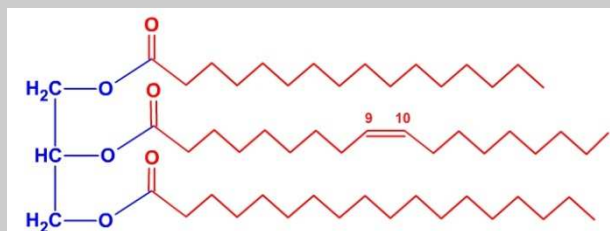


1. Maltose
 α -D-Glucopyranosyl-
(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose

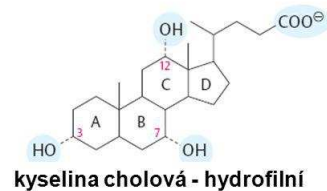
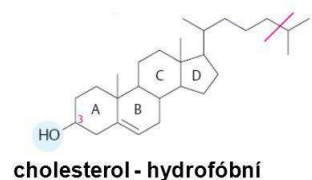


Obr. 8.3. Schéma resorpce monosacharidů v jejunu

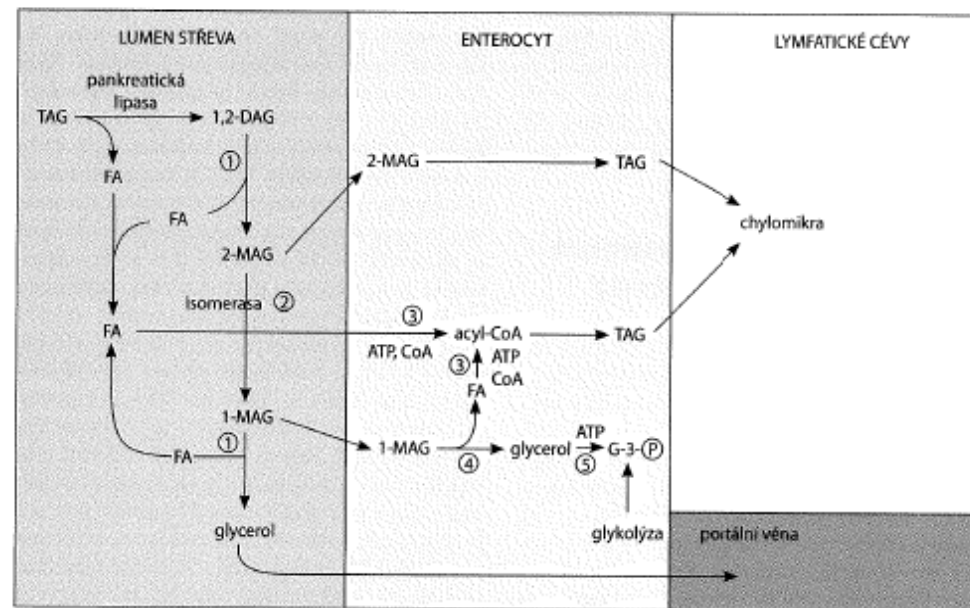
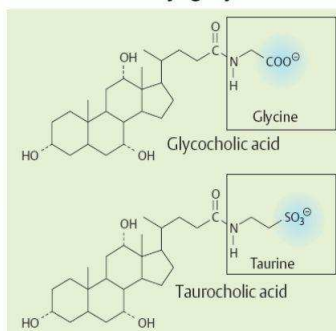
Vstřebávání tuků



Žlučové kyseliny
= cesta, jak vyloučit přebytečný cholesterol



Konjugáty



Obr. 9.2.1. Trávení a resorpce triacylglycerolů (TAG) (upraveno podle Murray K, et al. Harper's Illustrated Biochemistry, 26th ed, New York: McGraw-Hill 2003)

1,2-DAG – 1,2-diacylglycerol; 2-MAG – monoacylglycerol; 1-MAG – 1-monoacylglycerol

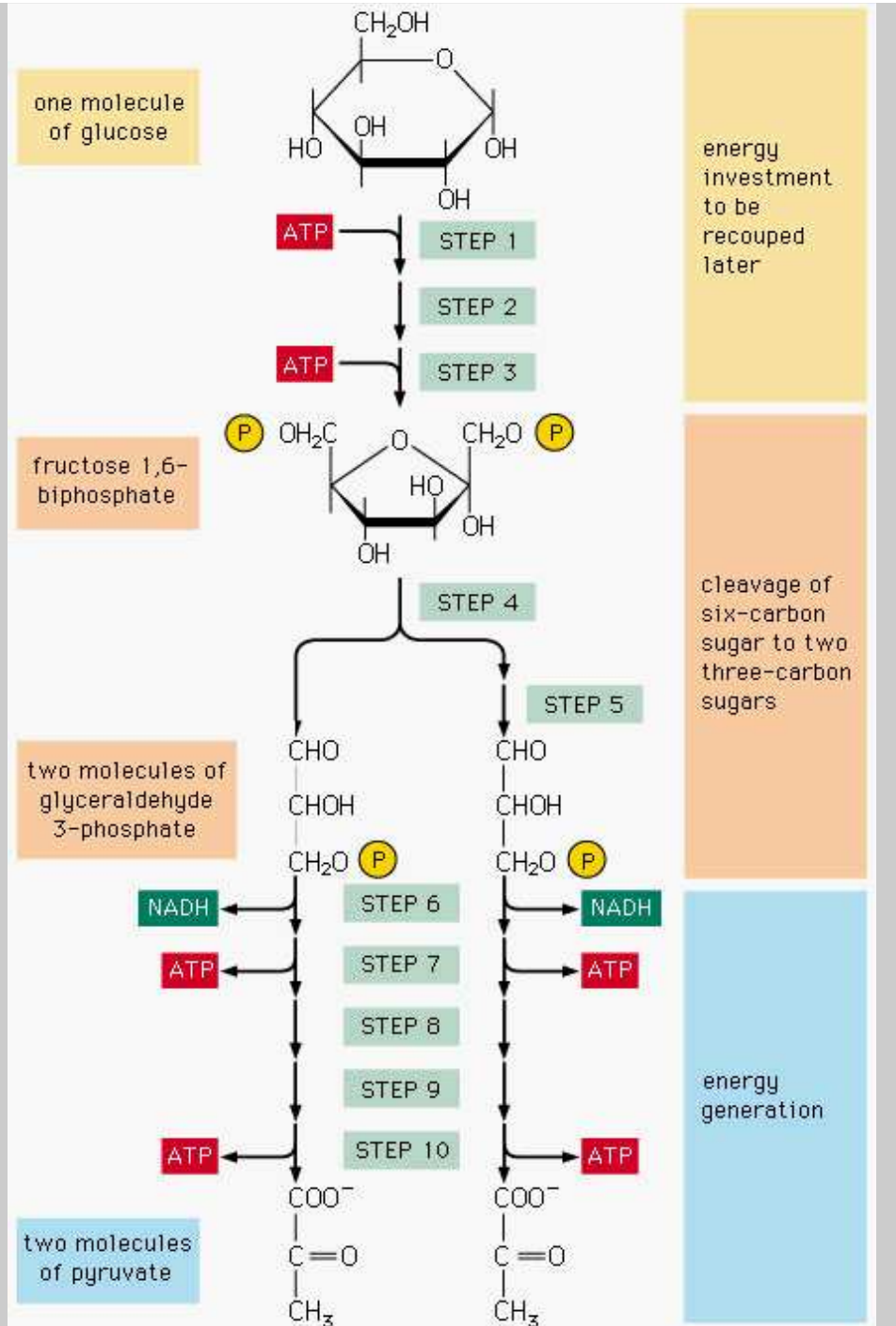
1 – pankreatická lipasa; 2 – isomerasa; 3 – acyl-CoA-synthetasa; 4 – střevní lipasa; 5 – glycerolkinaasa

Glykolýza

Glykolýza

1. fosforylace
2. štěpení hexosy na dvě vzájemně převoditelné triosy
3. vytvoření ATP na úrovni substrátu.

Čistý zisk na 6 uhlíků:
2 ATP
2 NADH



Jaký je osud pyruátu bez přítomnosti kyslíku?

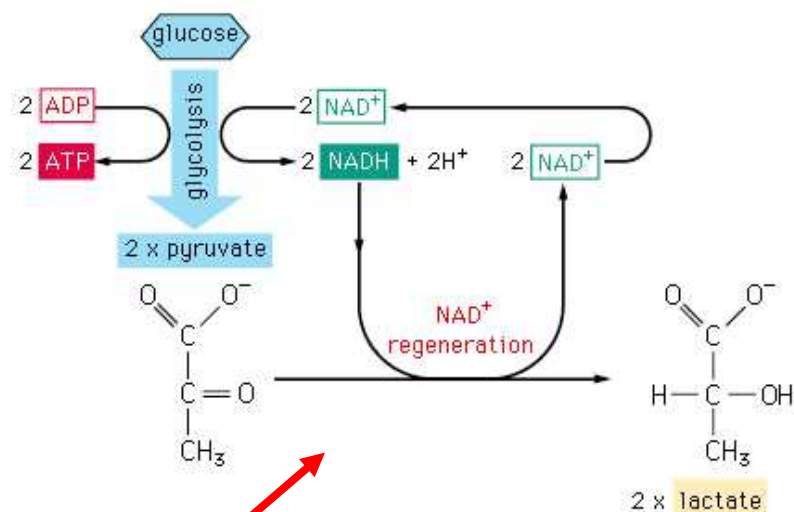
Bez přístupu kyslíku nemůže být mitochondrií využita energie obsažená v NADH

Buňka se proto musí NADH zbavit, jinak se systém inhibuje

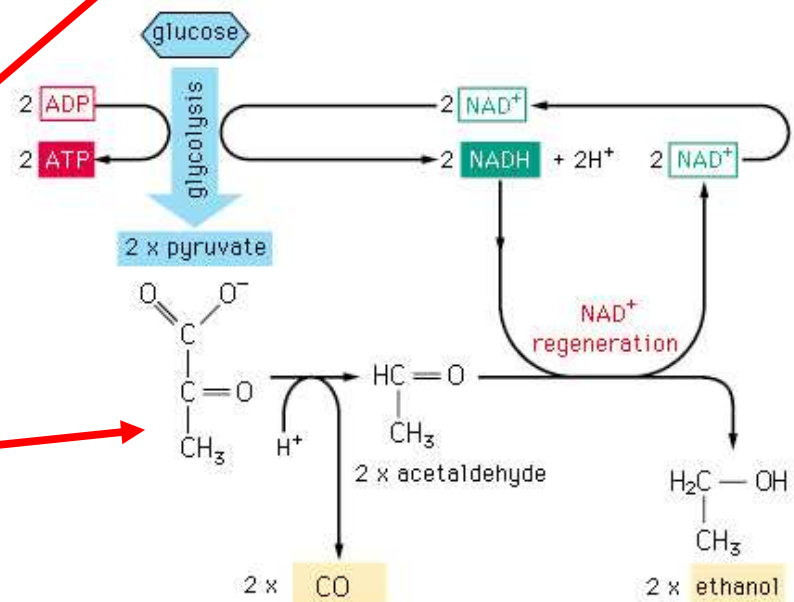
živočichové a bakterie

rostliny a kvasinky

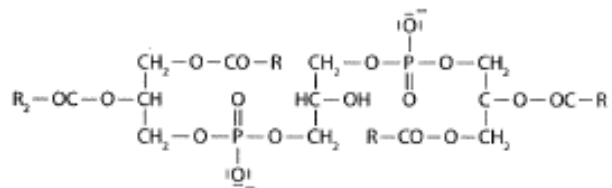
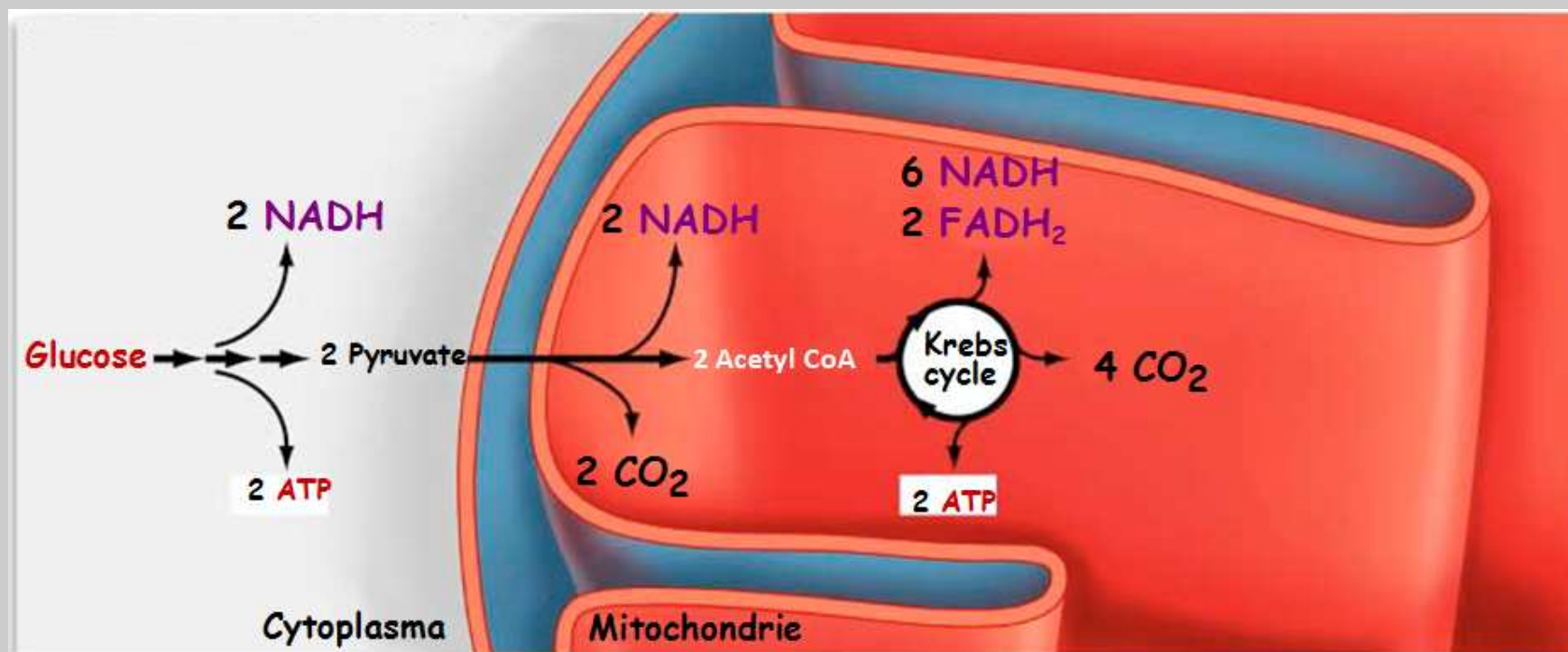
(A) FERMENTATION LEADING TO EXCRETION OF LACTATE



(B) FERMENTATION LEADING TO EXCRETION OF ALCOHOL AND CO



Matrix mitochondrie



Obr. 5.1.2.2.5. Kardiolipin (difosfatidylglycerol)

Jaký je osud pyruátu v přítomnosti kyslíku?

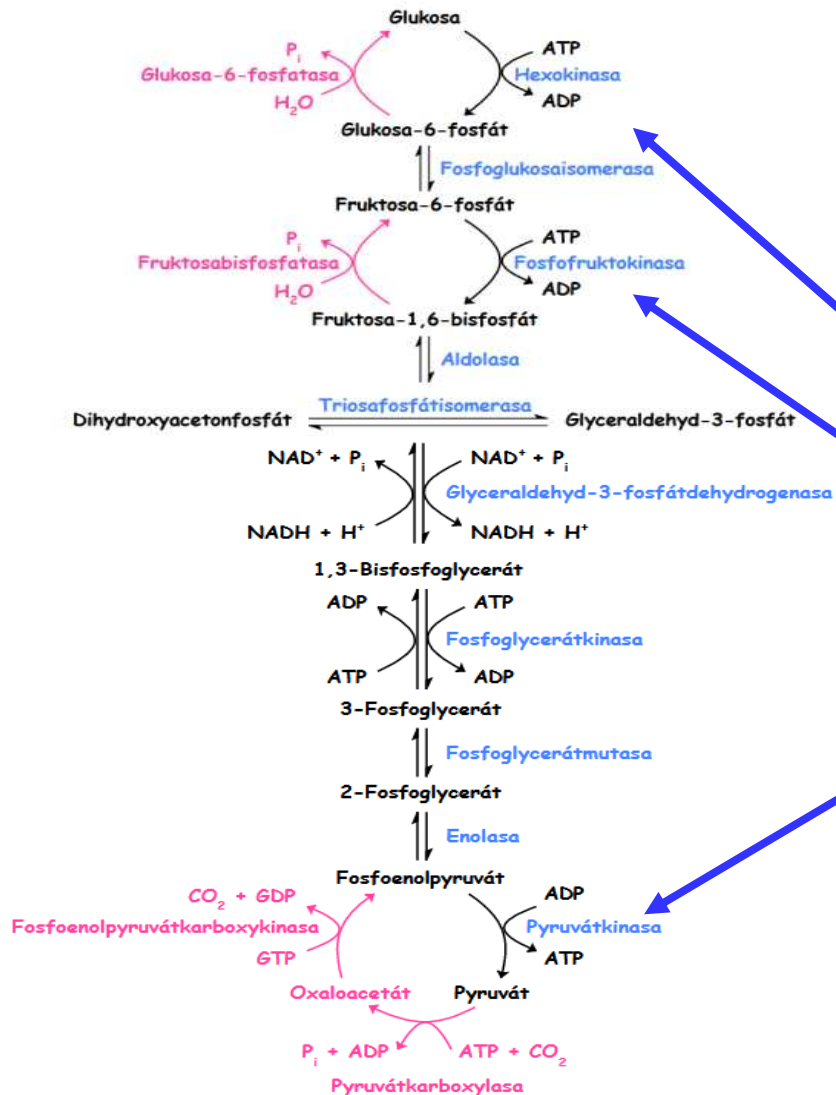
Pyruát vstupuje aktivním transportem (symport s H^+) do matrix mitochondrie, kde je na vnitřní membráně (pyruvátdehydrogenasovým komplexem) přeměněn na acetyl-CoA.

Pyruvátdehydrogenasový komplex katalyzuje sekvencí tří reakcí:



Komplex využívá pěti různých koenzymů: Thiaminpyrofosfát (TPP), koenzym A (CoA- SH), NAD^+ , FAD a lipoamid.

Srovnání glukózy a glukoneogeneze



Ireversibilní kroky glykolýzy

Aktuální ΔG tvorby pyruvátu z glukosy je - 84 kJ/mol.

Tři kroky jsou kritické (ireversibilní):

- a) Hexokinasa ($\Delta G = -33$ kJ/mol)
- b) Fosfofruktokinasa ($\Delta G = -22$ kJ/mol)
- c) Pyruvátkinasa ($\Delta G = -17$ kJ/mol)

Glukoneogeneze

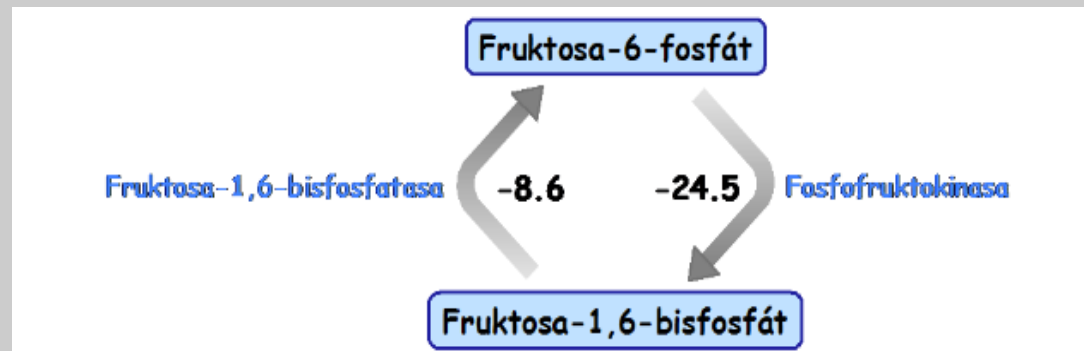
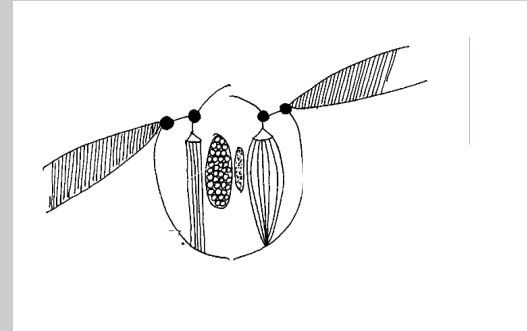
- Syntéza glukosy z **necukerných** prekurzorů:
- Laktát, aminokyseliny (uhlíkatý řetězec glukogenních aminokyselin při hladovění) a glycerol.
- Hlavním místem glukoneogeneze jsou **játra**, malé množství v ledvinách, něco málo v mozku, kosterních svaích a srdečním svalu.
- Denní spotřeba glukosy mozkem u dospělého člověka je 120 g, což je většina spotřeby těla (160g). V tělních tekutinách je 20 g glukosy a zásoba ve formě glykogenu je 190g.
- Celkově je v těle zásoba glukosy asi na jeden den.

Reciproká regulace glykolýzy a glukoneogeneze

Glukoneogeneze a glykolýza jsou dva protichůdné pochody – ideální regulace = jeden pochod aktivní a druhý neaktivní.

- **Insulin**, signál **syty**, stimuluje expresi fosfofruktokinasy, pyruvátkinasy a bifunkčního enzymu, který vede k tvorbě a degradaci fruktosa-2,6-bisfosfátu.
- **Glukagon**, signál **hladovění**, inhibuje expresi těchto enzymů a stimuluje tvorbu fosfoenolpyruvátkarboxykinasy a fruktosa-1,6-bisfosfatasy.

Substrátové cykly



Čmelák může létat za potravou již při 10°C. Je schopen dosáhnout potřebnou teplotu v hrudi současnou vysokou aktivitou **fosfofruktokinasy** a **fruktosa1,6bisfosfatasy**. Hydrolýza ATP vytváří teplo.

U lidí existuje onemocnění **Maligní hypertermie**, kdy dochází ke ztrátě kontroly, oba procesy probíhají současně plně a generují TEPLO.

Metabolické dráhy

Primární metabolismus-trávení

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

Světelná fáze

Temnostní fáze

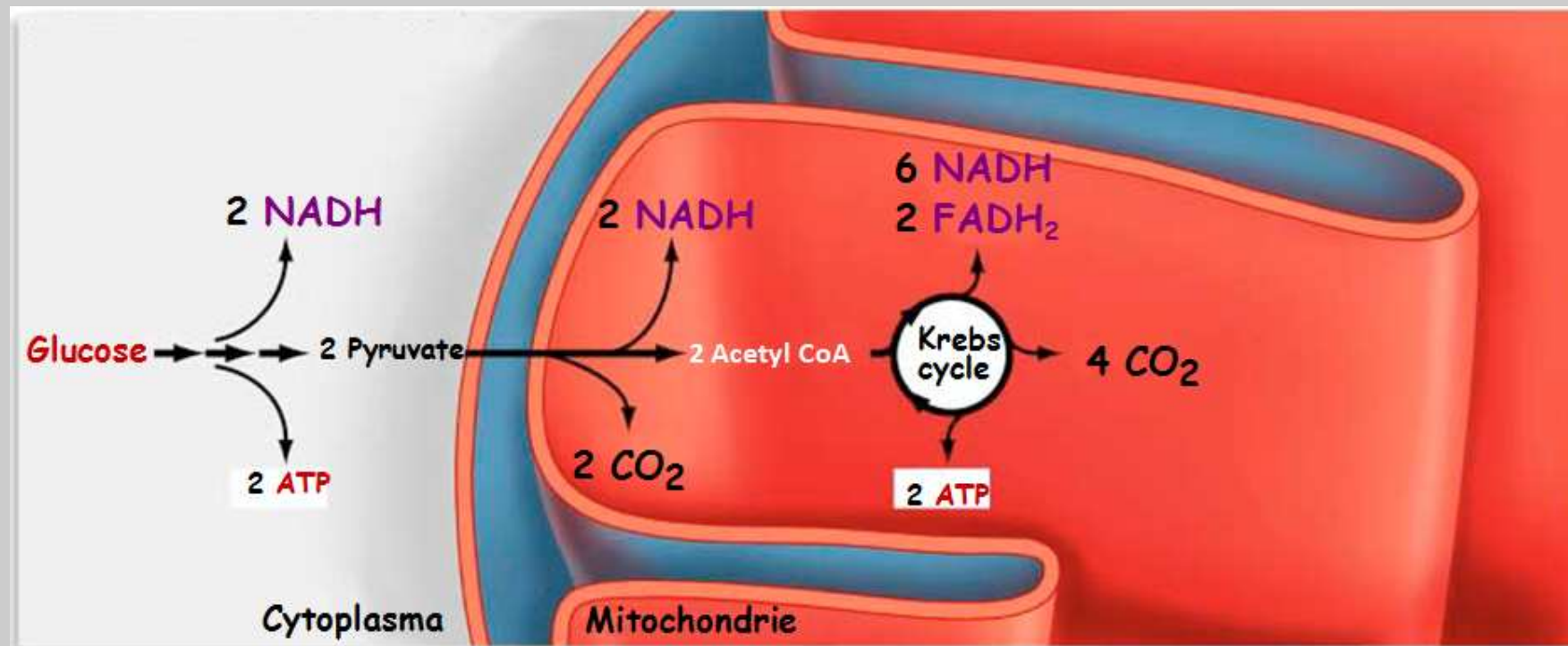
Krebsův cyklus (1937)



Sled 8 reakcí

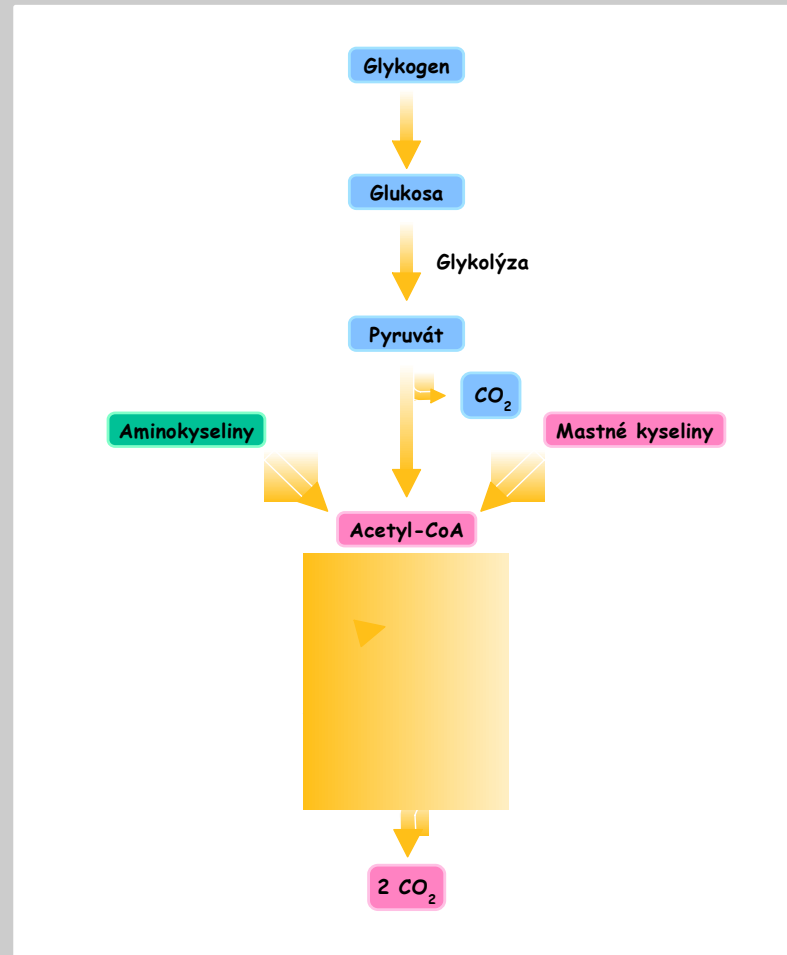
Jak probíhá?

Oxidace acetyl-CoA za vzniku 2 CO_2 a energie uvolněná touto reakcí je „uložena“ do koenzymů (3 NADH, 1 FADH) a 1 GTP (živočichové) nebo 1 ATP (rostliny a bakterie)



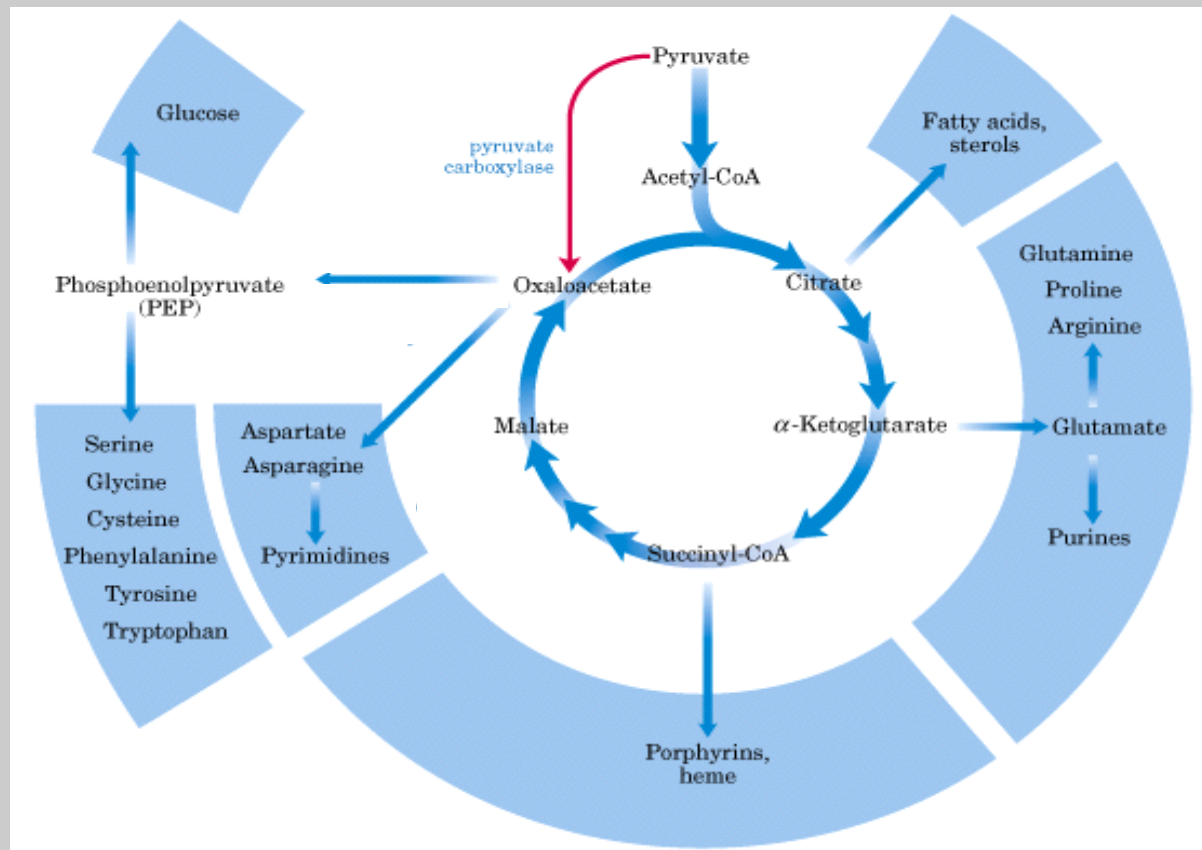
Centrální cyklus

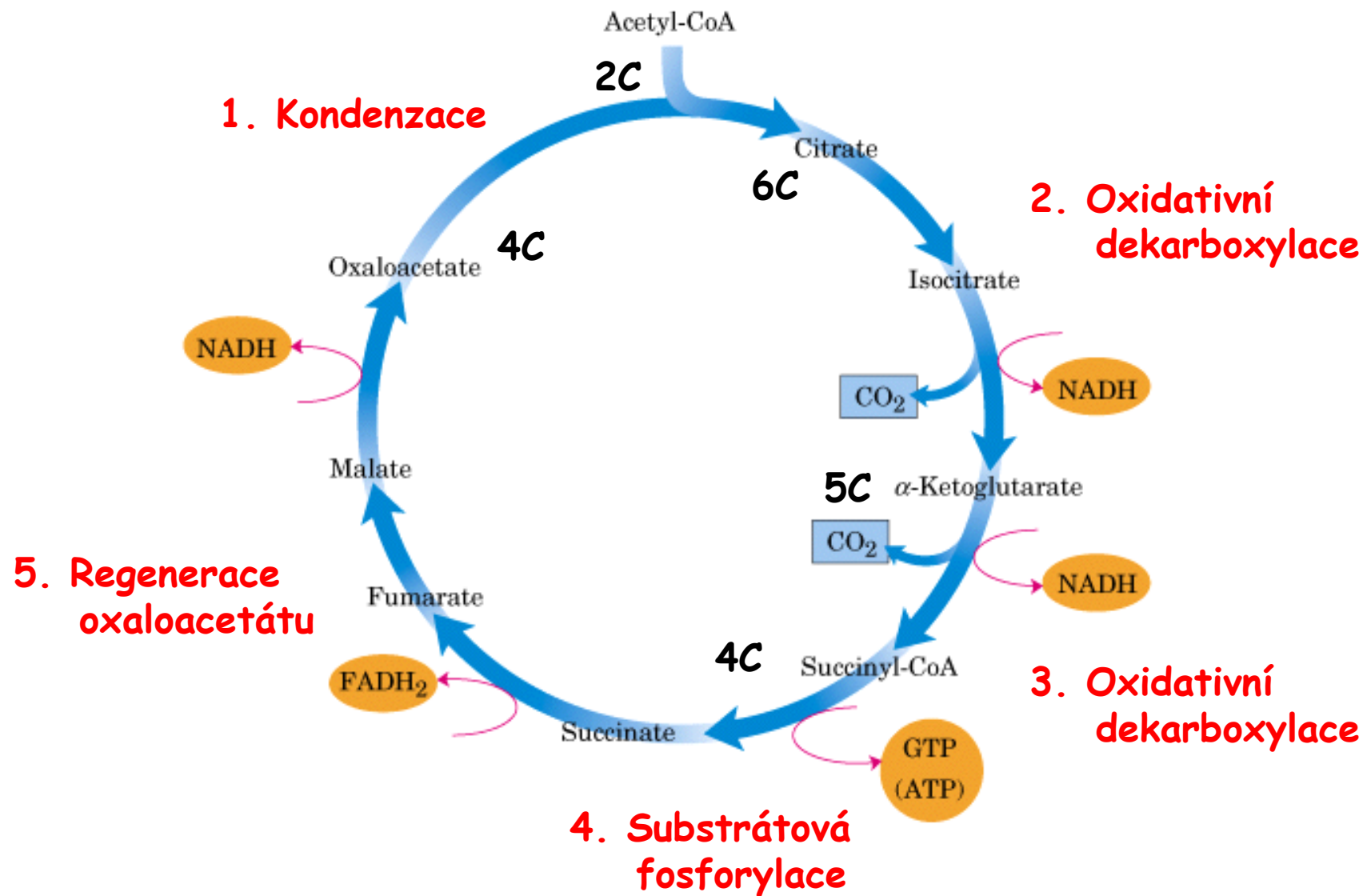
Má dvě části: **katabolickou**, kde se odbourává acetyl-CoA



Centrální cyklus

anabolickou, která je zdrojem substrátů pro jiné dráhy





Metabolické dráhy

Primární metabolismus

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

Světelná fáze

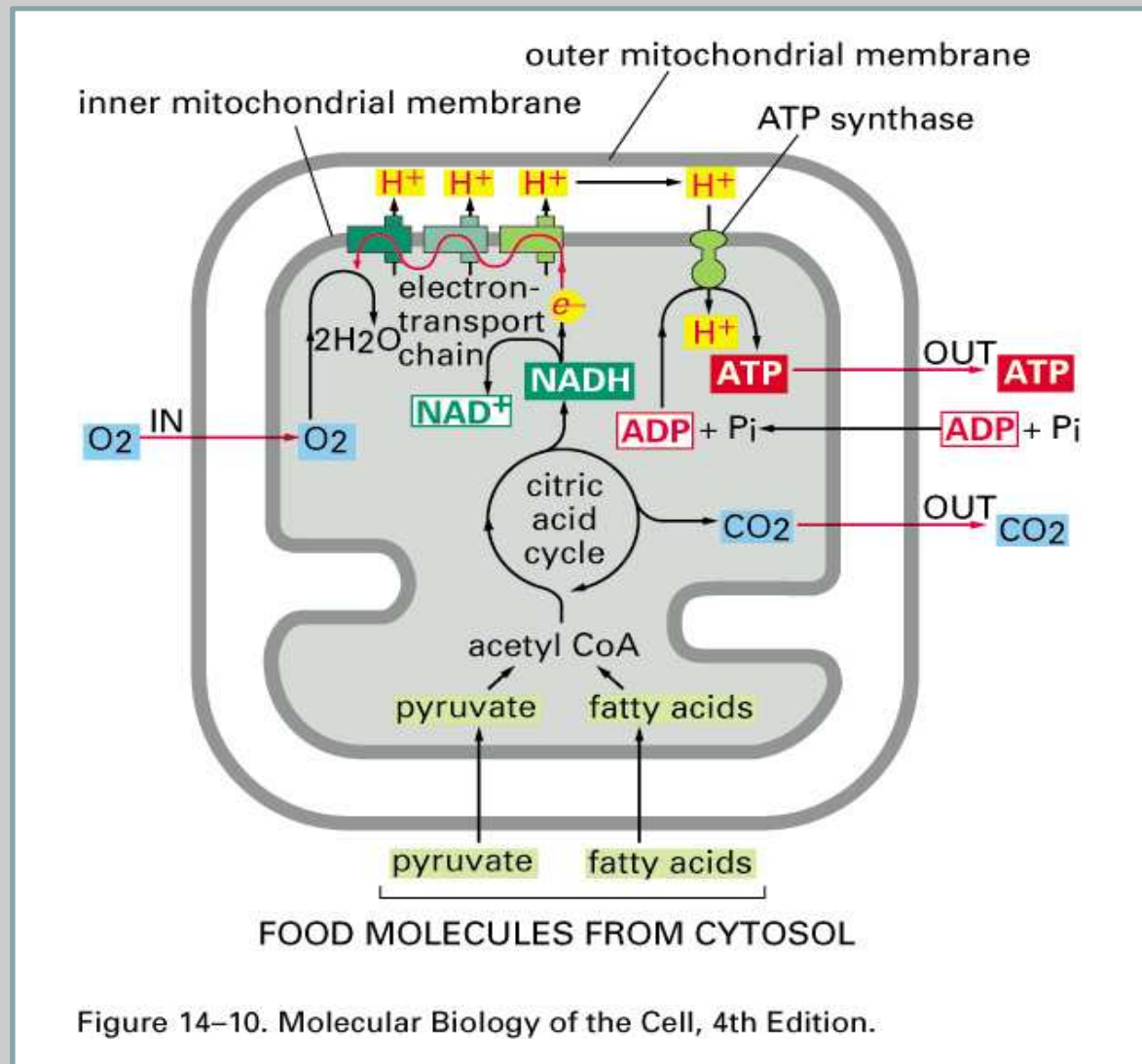
Temnostní fáze

Co znamená?

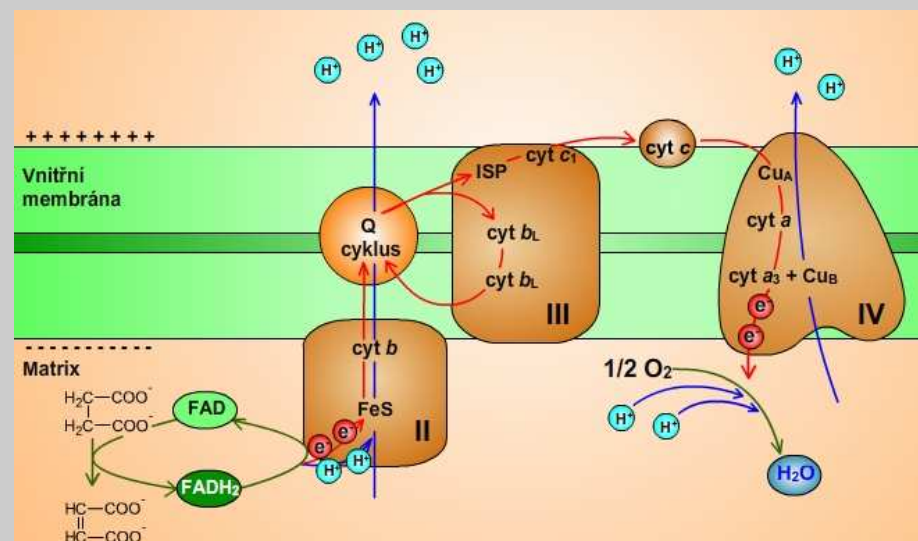
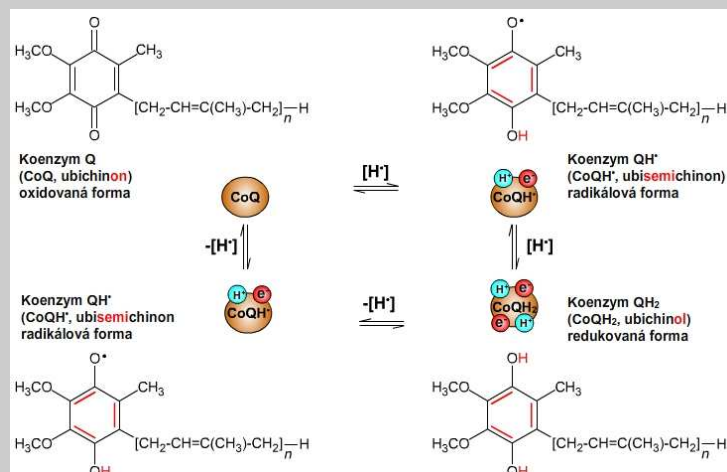
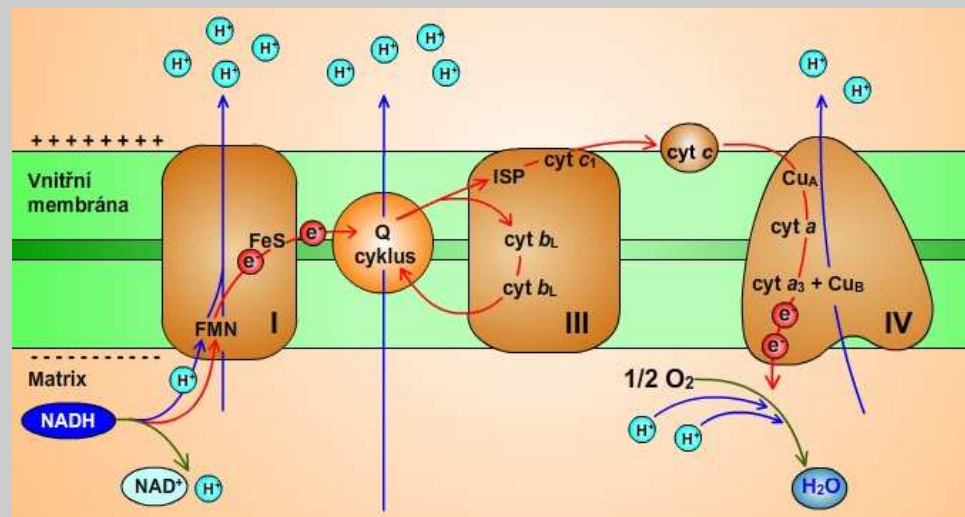
Oxidativní fosforylace

Oxidace redukováných koenzymů
a přeměna ADP na ATP.

Jak mitochondrie generuje chemickou energii z živin?



Mitochondriální elektronový transport

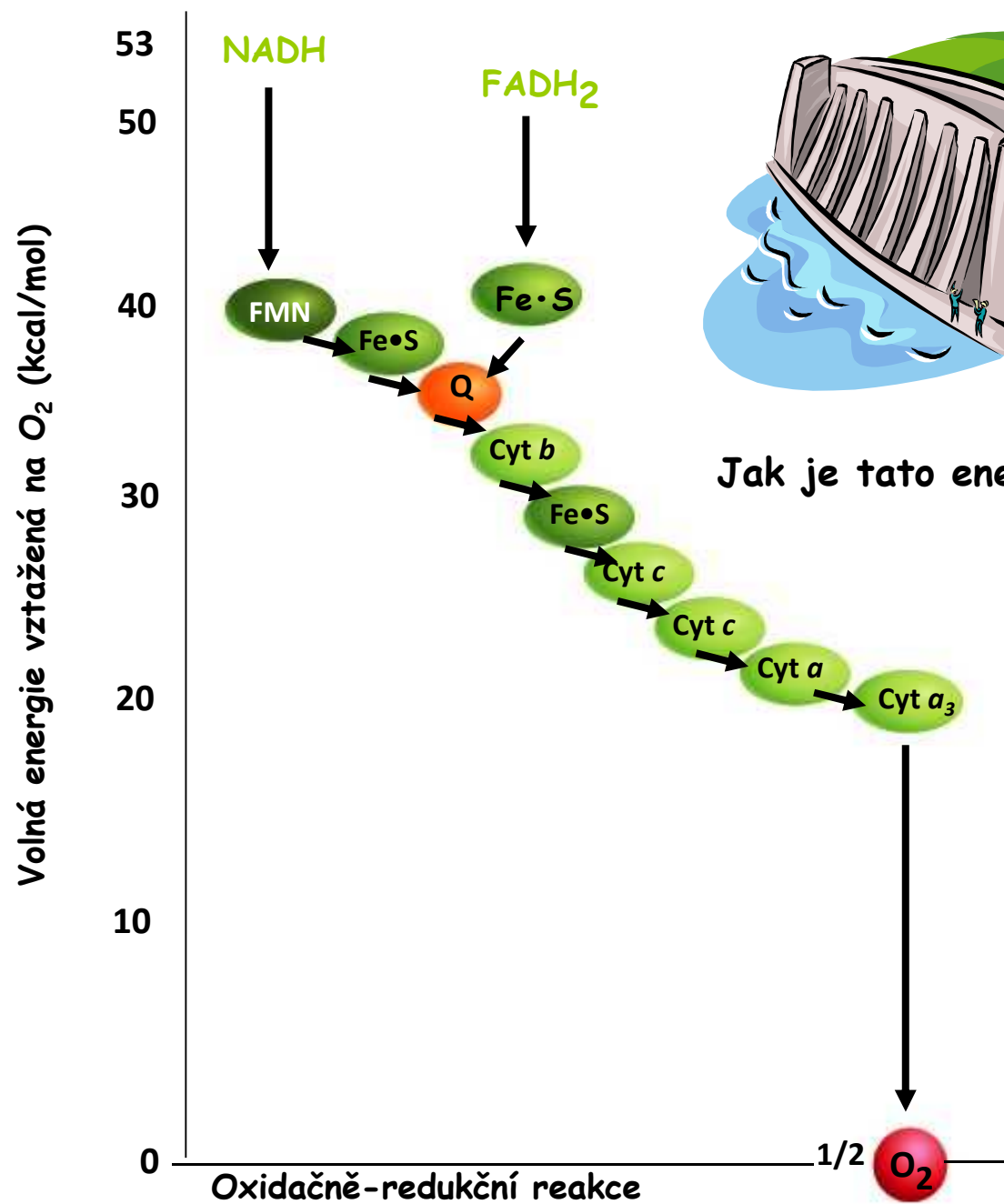


Chemiosmotická hypotéza oxidativní fosforylace

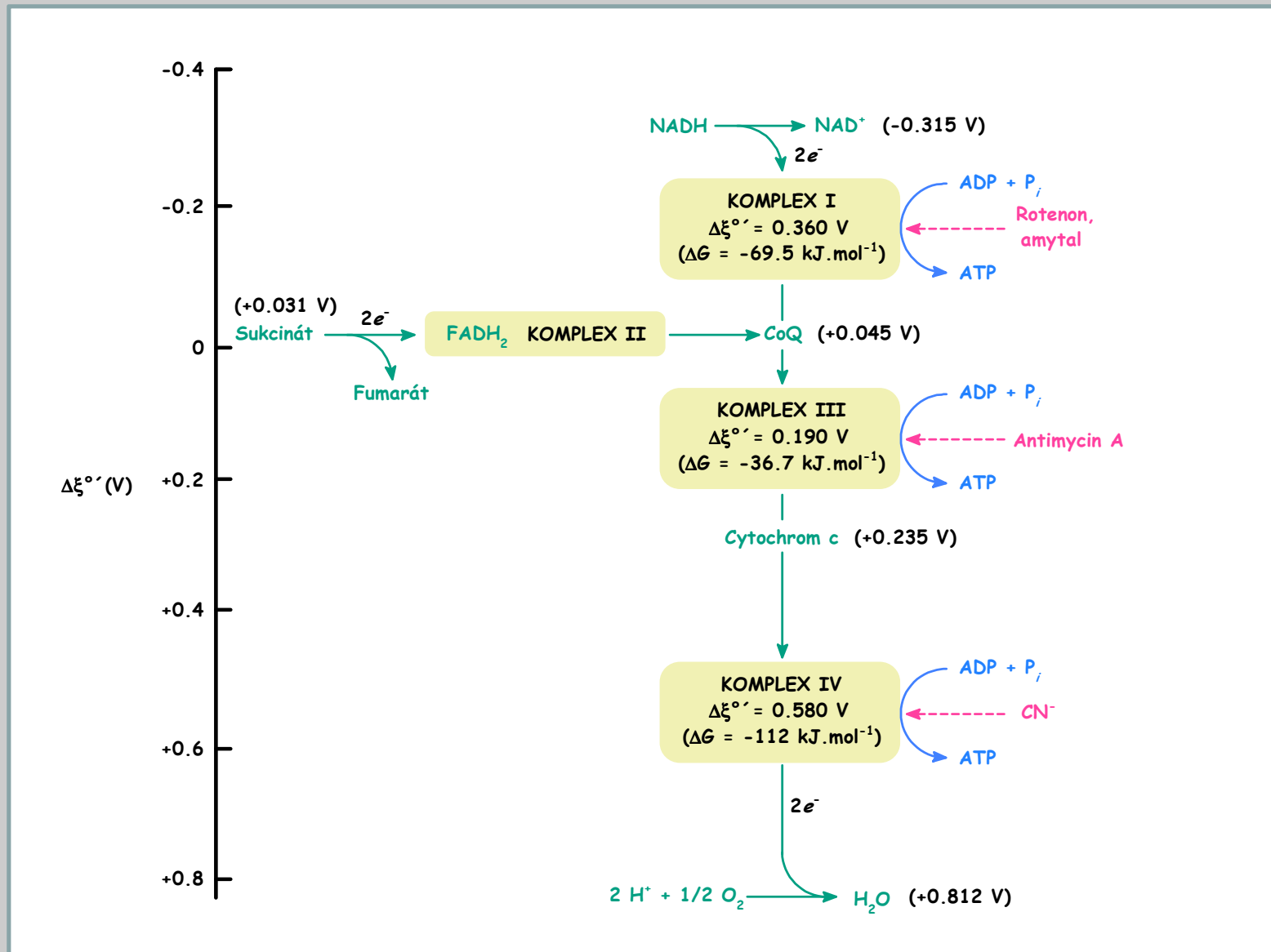
Mitchell, P., Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism.

Nature 191, 144-148 (1961).

Volná energie elektronového transportu je realizována pumpováním H^+ z mitochondriální matrix do mezimembránového prostoru za tvorby **elektrochemického H^+ gradientu** přes membránu. Elektrochemický gradient je posléze uplatněn při **syntéze ATP**. Tato volná energie se nazývá **protonmotivní síla**.



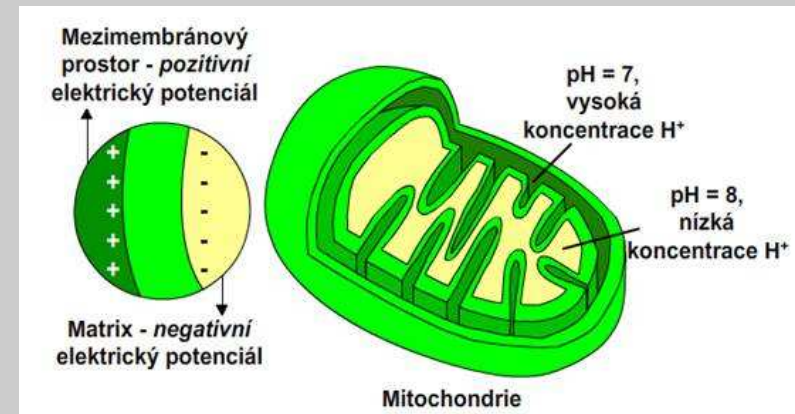
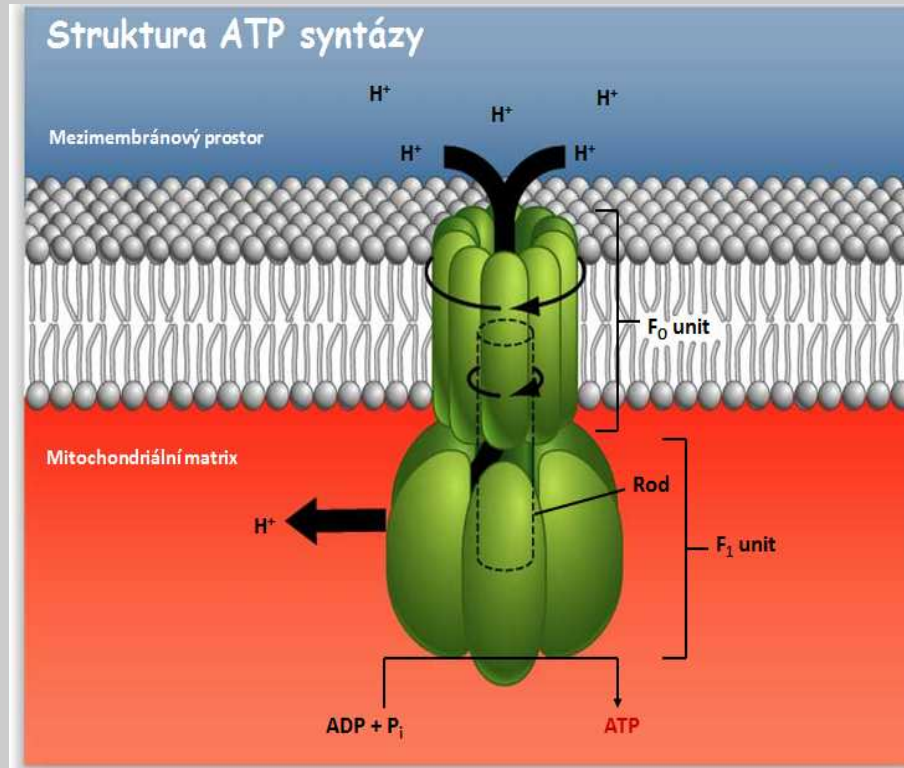
Přehled elektronového transportu mitochondrie



Komplexy sekvence elektronového transportu

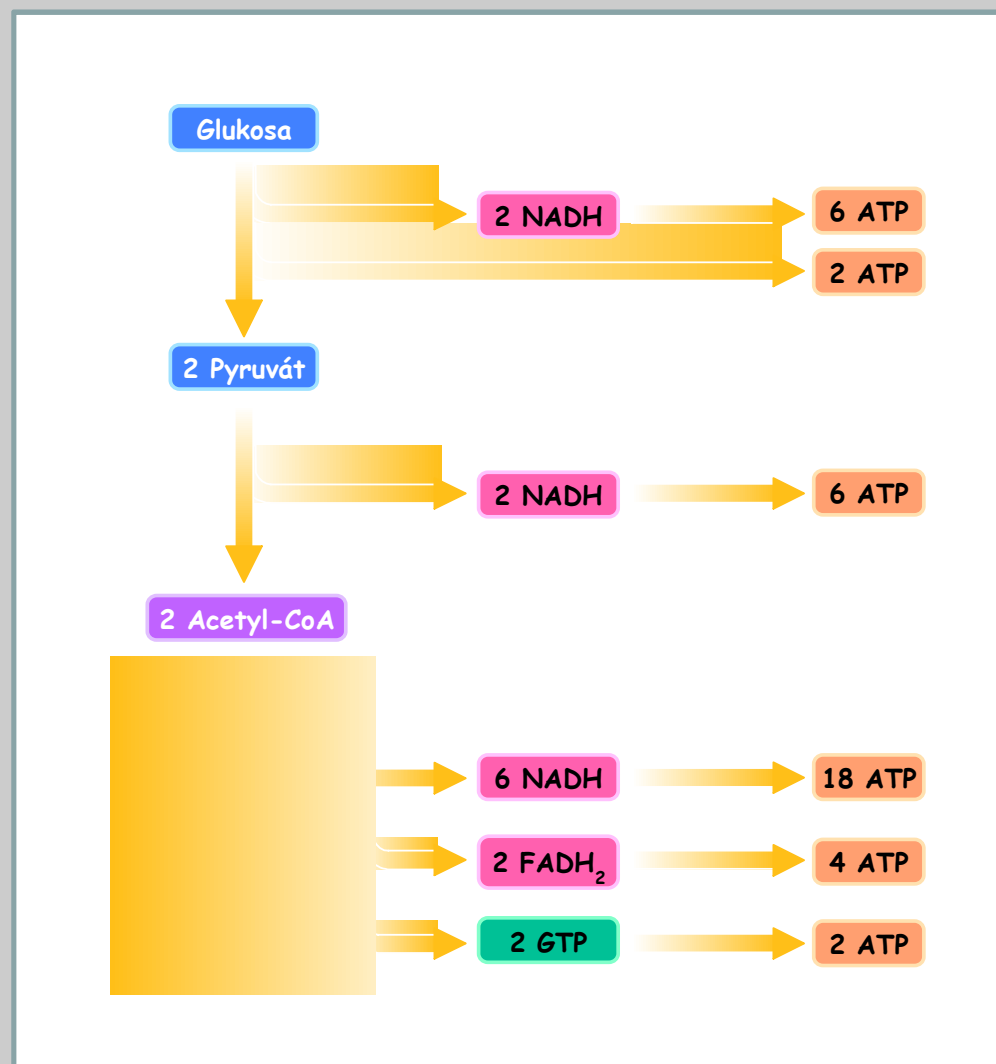
- Komplexy jsou řazeny podle vzrůstajícího redukčního potenciálu.
- **Komplex I:** Katalyzuje oxidaci NADH koenzymem Q (CoQ).
$$\text{NADH} + \text{CoQ (oxidovaný)} \rightarrow \text{NAD}^+ + \text{CoQ (redukovaný)}$$
- **Komplex III:** Katalyzuje oxidaci CoQ (red.) cytochromem c.
$$\text{CoQ (redukovaný)} + 2 \text{ cytochrom c (oxidovaný)} \rightarrow$$
$$\rightarrow \text{CoQ (oxidovaný)} + 2 \text{ cytochrom c (redukovaný)}$$
- **Komplex IV:** Katalyzuje oxidaci redukovaného cytochromu c kyslíkem - terminálním akceptorem elektronů.
$$2 \text{ cytochrom c (red.)} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ cytochrom c (oxid.)} + \text{H}_2\text{O}$$

Syntéza ATP



Předpokládá se, že na vznik **jedné molekuly ATP** je zapotřebí zpětného přenosu **tří až čtyř** protonů. Tato syntéza ATP se nazývá oxidační fosforylace.

Aerobní zisk ATP z glukosy



Metabolické dráhy

Primární metabolismus

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

Světelná fáze

Temnostní fáze

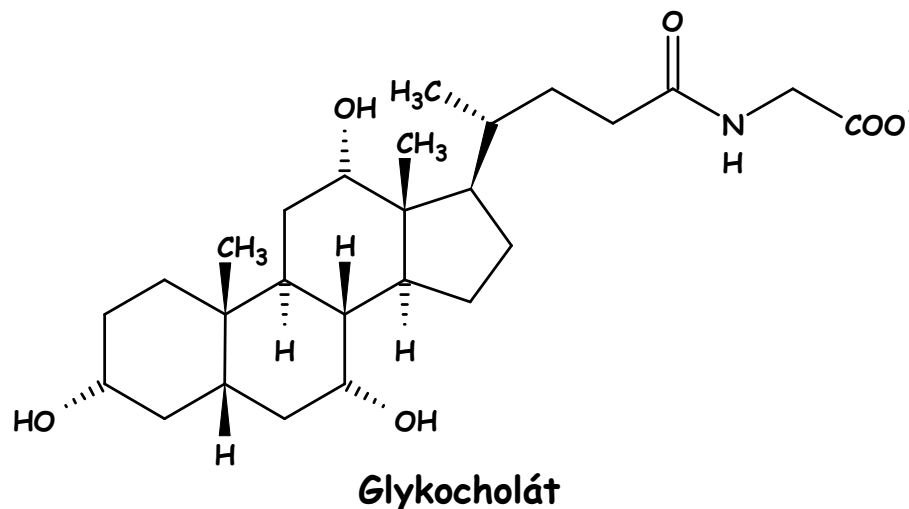
Metabolismus lipidů

Triacylglyceroly

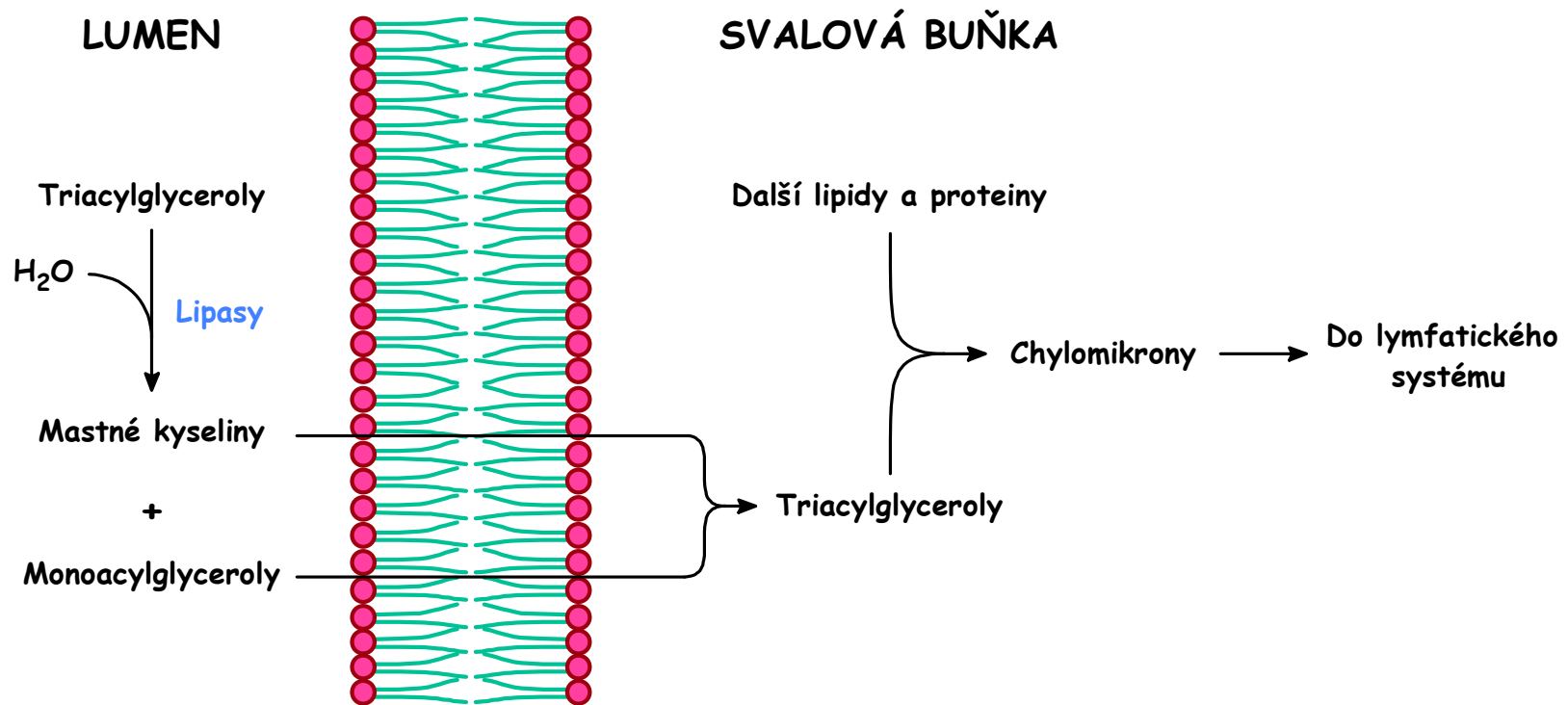
- Skladují velké množství metabolické energie.
- Kompletní oxidací **1g mastné kyseliny 38 kJ** energie
1g sacharidů nebo proteinů pouze 17 kJ.
- 1g tuku skladuje 6 x více energie než 1 g hydratovaného glykogenu.
- Zásoby glykogenu a glukosy vystačí zásobovat organismus energií jeden den, proti tomu zásoby triacylglyceroly vystačí na týdny.
- **U savců** je hlavním místem akumulace triacylglycerolů **cytoplasma adiposních buněk** (tukových buněk).

Triacylglyceroly z potravy

- Triacylglyceroly ze střevní sliznice jsou z důvodu **nerozpustnosti** převáděny na **micely** za účasti **žlučových kyselin**. Žlučové kyseliny jsou amfipatické (obsahují polární i nepolární části), jsou syntetizovány v játrech a uvolňovány ze žlučníku.
- Žlučové kyseliny obalí triacylglyceroly a usnadní tak funkci hydrolytickým lipasám.



Tvorba chylomikronů



Metabolické dráhy

Primární metabolismus

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

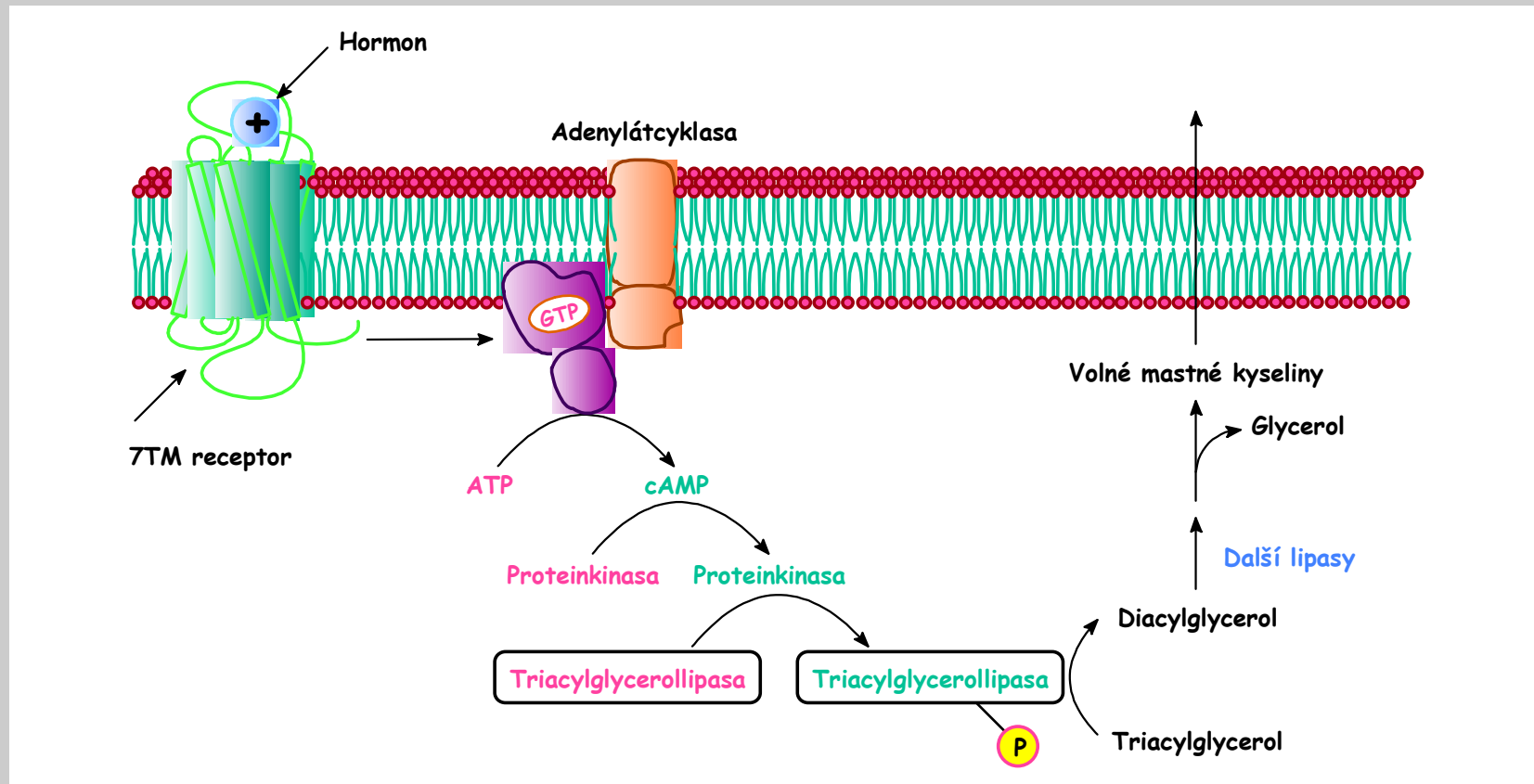
Světelná fáze

Temnostní fáze

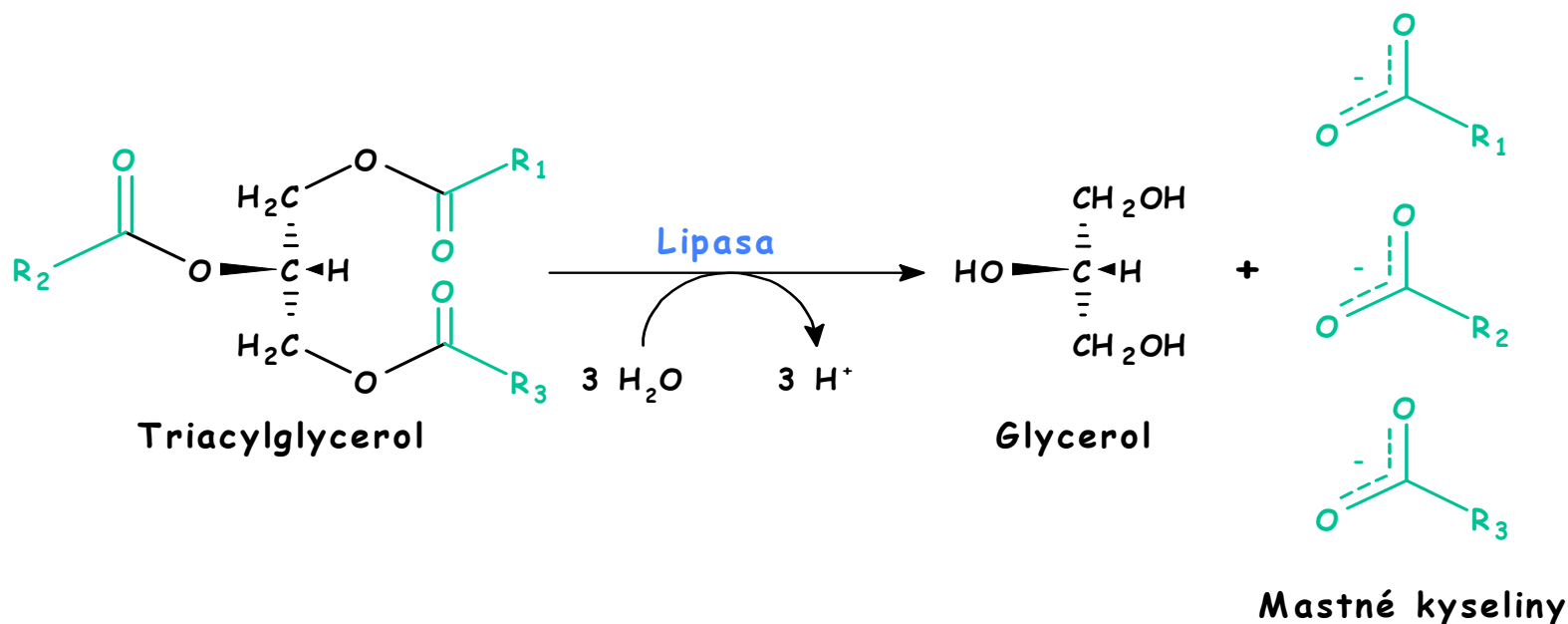
Katabolismus lipidů

Hormonální regulace hydrolýzy triacylglycerolů

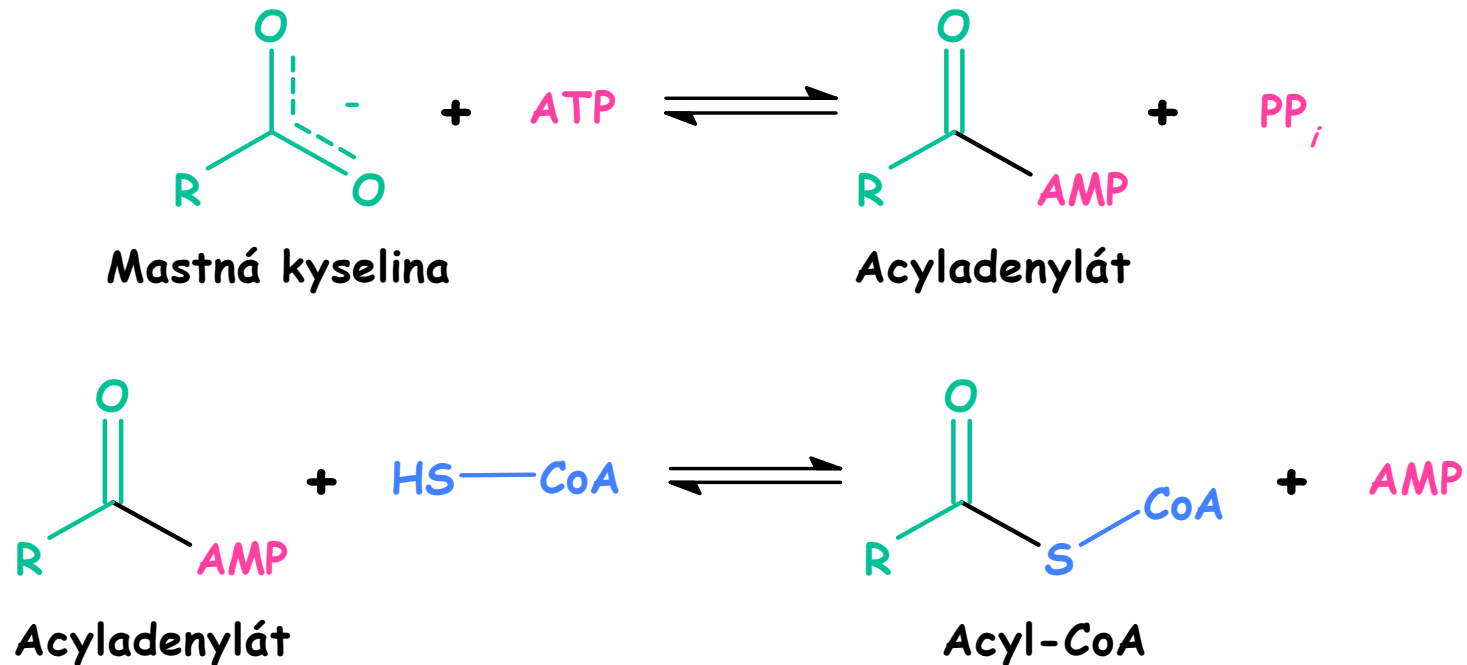
Lipasy adiposních buněk jsou aktivovány **adrenalinem**, (nor...), **glukagonem** a **ACTH**. **Insulin** má inhibiční efekt na hydrolýzu triacylglycerolů.



Lipolýzou uvolněné mastné kyseliny se váží na sérový **albumin**, který slouží jako jejich nosič do tkání. **Glycerol** se absorbuje v **játrech**.



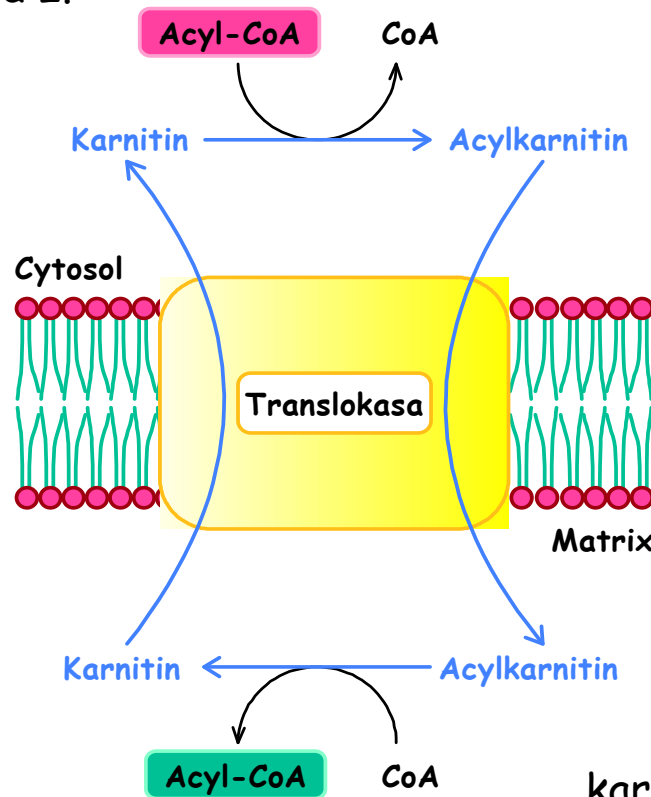
Aktivace mastných kyselin



Na vnější membráně mitochondrie jsou mastné kyseliny aktivovány za katalýzy **acylCoA synthetasy**.

Transport aktivované mastné kyseliny do matrix mitochondrie

karnitinacyltransferasa I.

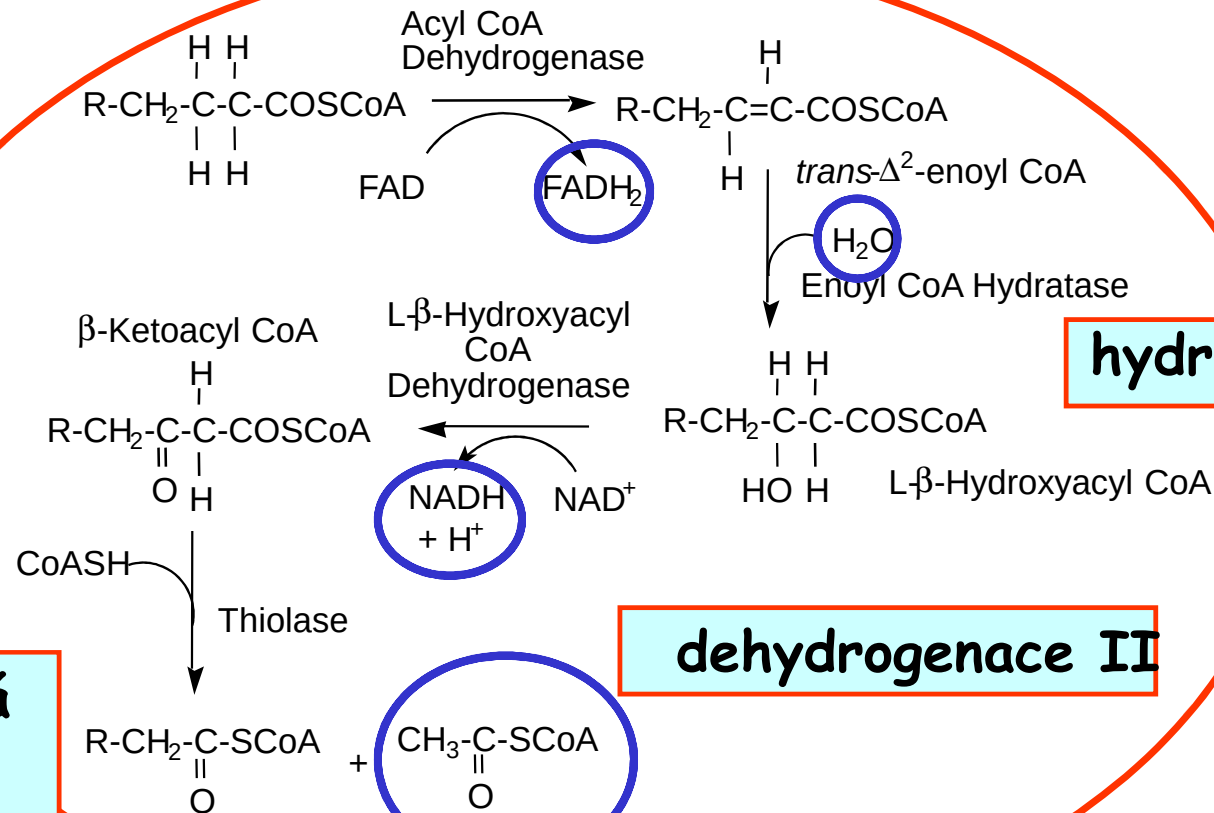


karnitinacyltransferasa II

Reakční sekvence beta-oxidace

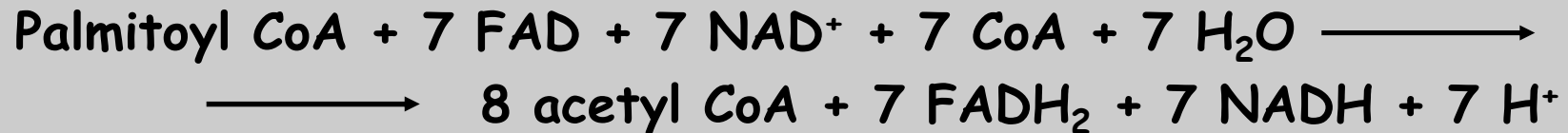
Matrix
mitochondrií

dehydrogenace I



Opakuje se

Výtěžek kompletní oxidace palmitátu



V dýchacím řetězci se získá z jednoho NADH asi 3 ATP
a z jednoho FADH₂ asi 2 ATP.

Sečteno:

7 x FADH₂ = 14 ATP

7 x NADH = 21 ATP

Oxidace 8 acetyl CoA v citrátovém cyklu = 88 ATP

Součet : 118 ATP

Spotřeba na aktivaci mastné kyseliny: 2 ATP

Konečný součet : 116 ATP

Metabolické dráhy

Primární metabolismus

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

Světelná fáze

Temnostní fáze

Anabolismus lipidů

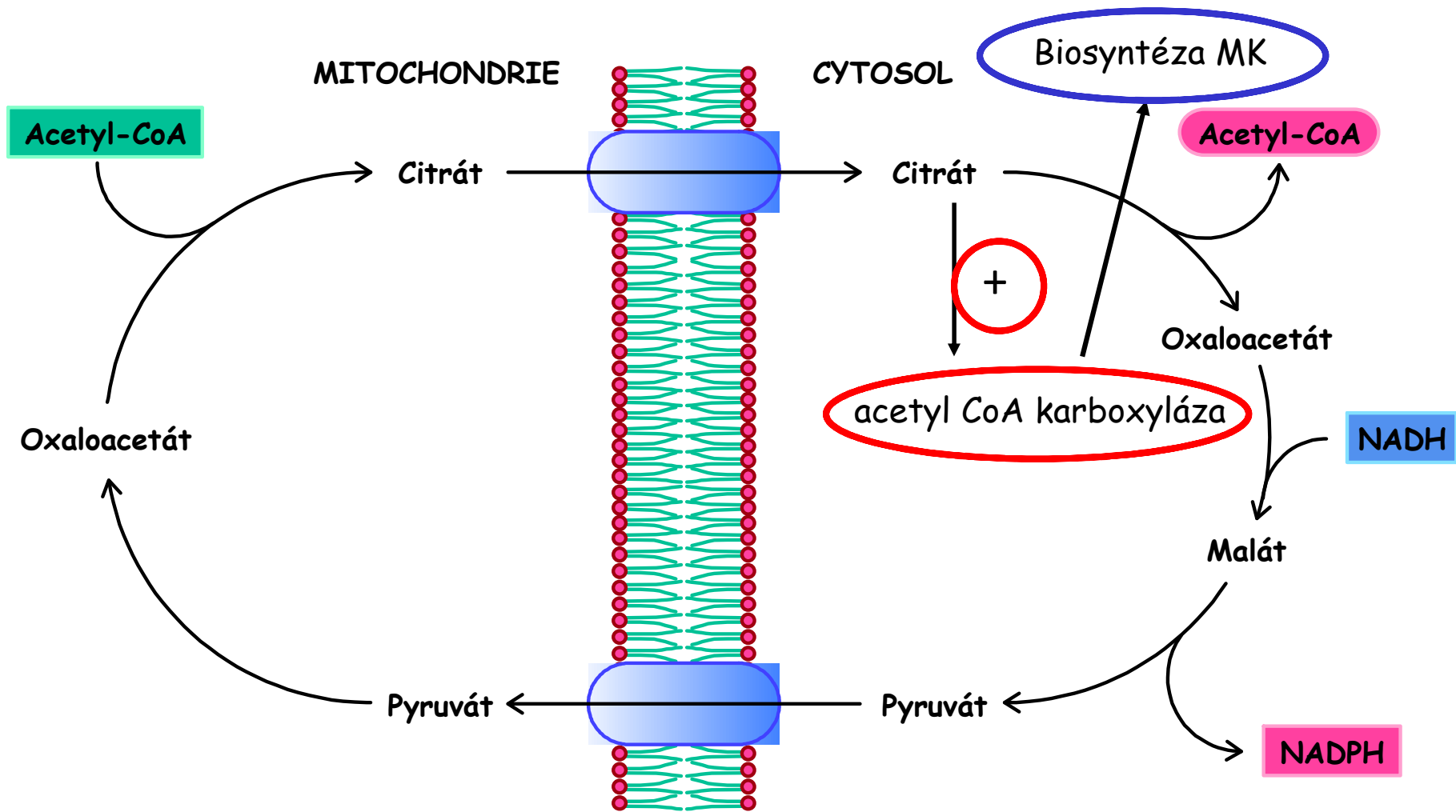
Klíčovým krokem syntézy mastných kyselin je tvorba malonyl CoA



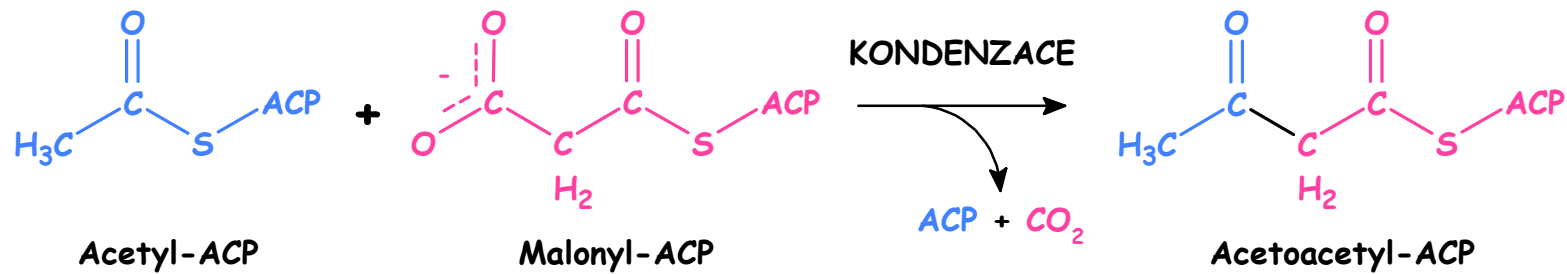
Katalyzuje **acetyl CoA karboxylasa** (obsahuje biotin) a je allostericky **aktivována** nadbytkem **citrátu**, naopak je **inhibována** nadbytkem **Acetyl CoA**, které nejsou dostatečně rychle esterifikovány.
Dva kroky katalýzy.

Multienzymový komplex - acetyl CoA karboxyláza
Acyl přenášející protein ACP-SH

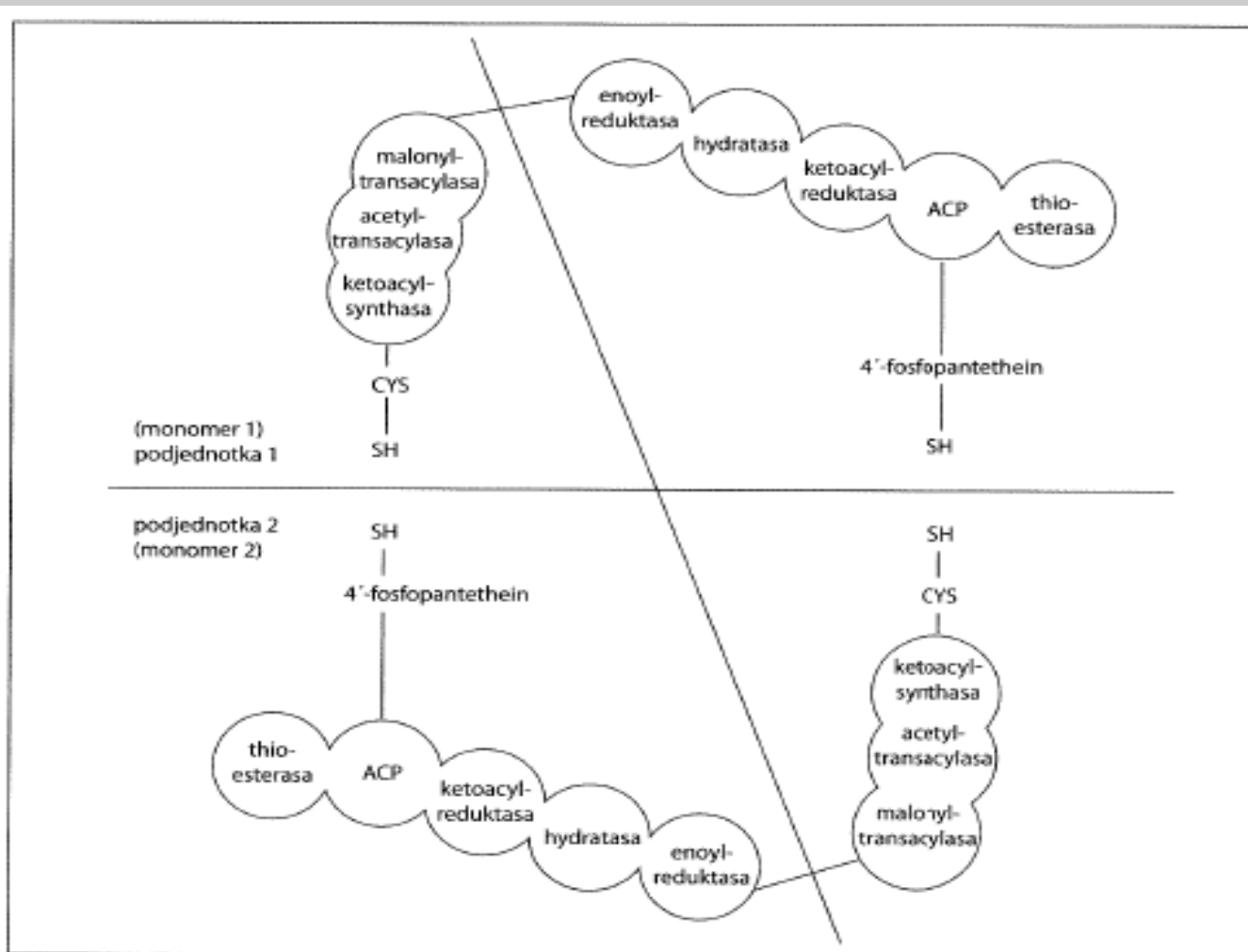
Transfer acetylCoA do cytosolu



Kondenzace - zjednodušeně

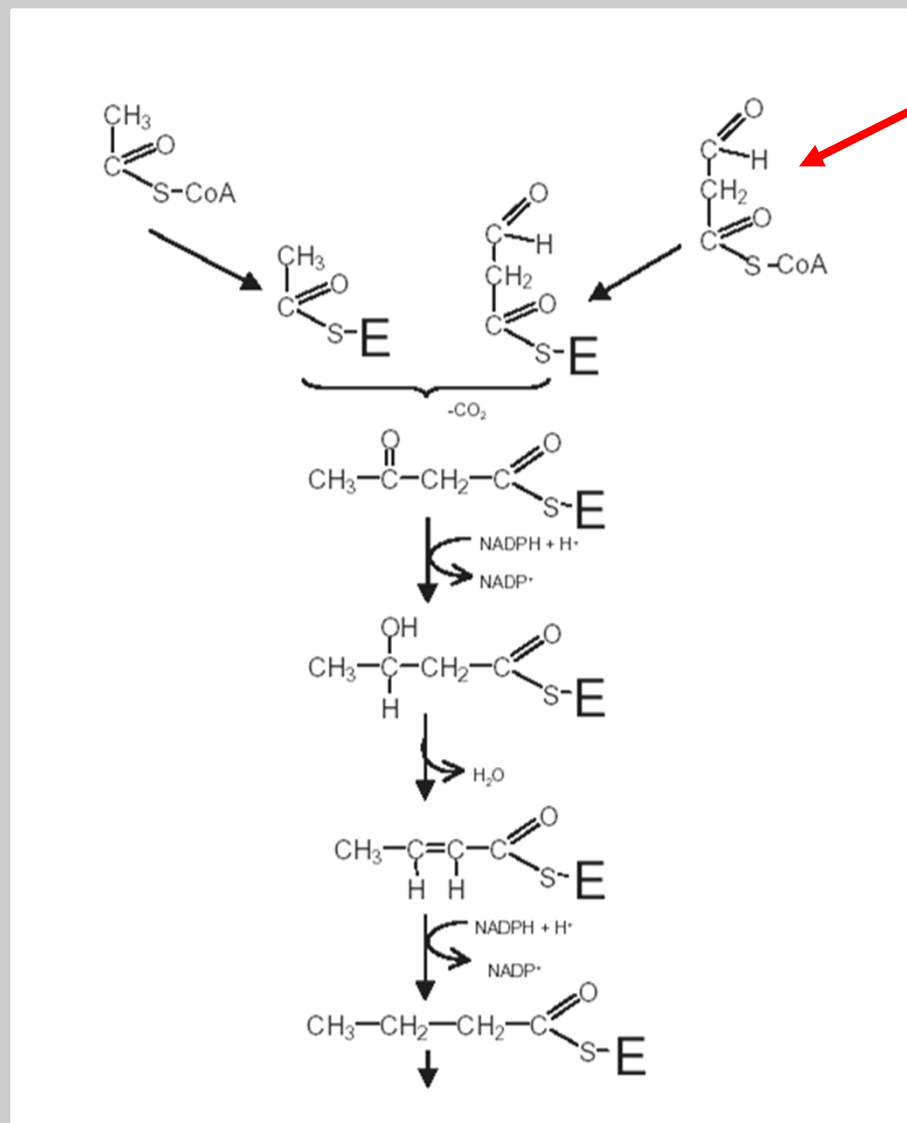


Synthasa MK

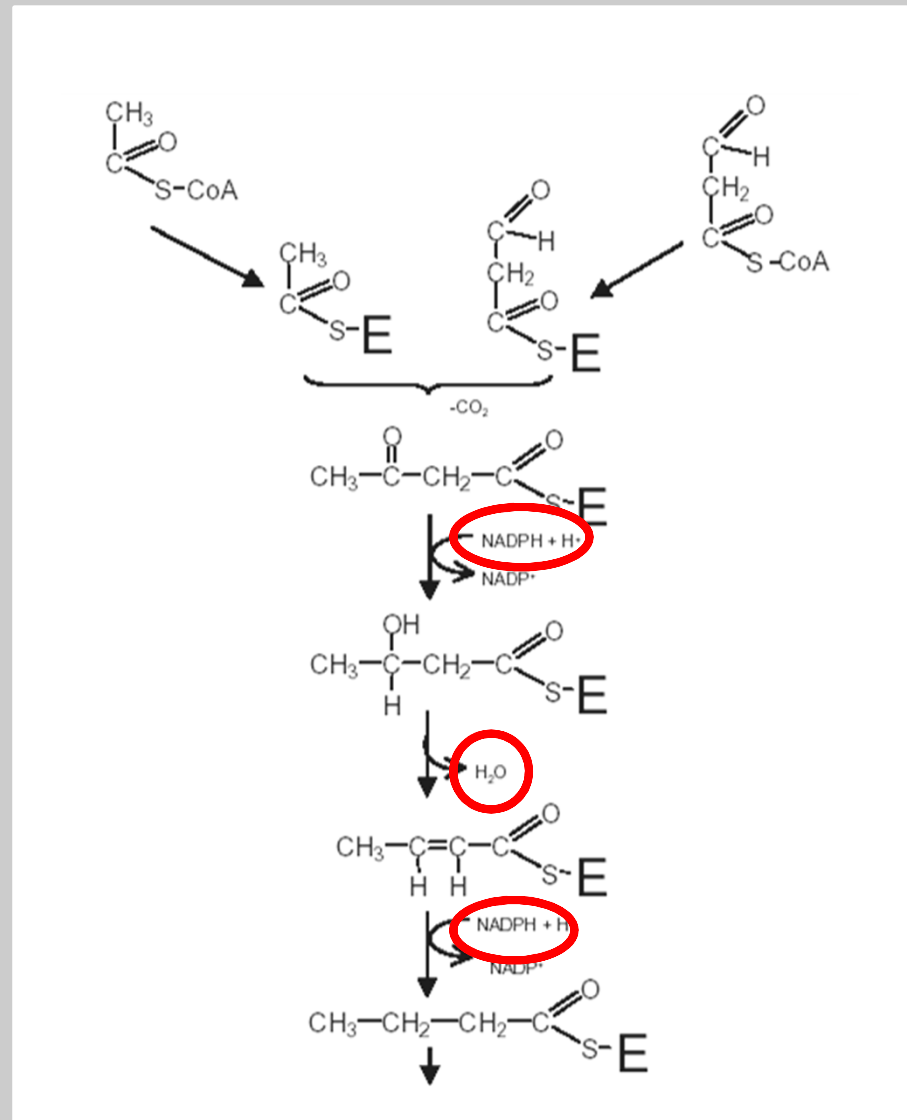


Obr. 9.4.1.2. Synthasa mastných kyselín (upraveno podľa Murray K, et al. Harper's Illustrated Biochemistry. 26th ed. New York: McGraw-Hill 2003)

Biosyntéza mastných kyselin



Biosyntéza mastných kyselin



Kondenzace

Redukce I.

Dehydratace

Redukce II.

Rozdíly mezi odbouráváním a syntézou mastných kyselin

1. Syntéza mastných kyselin probíhá v cytoplasmě, odbourávání v matrix mitochondrií.
2. Meziprodukty syntézy mastných kyselin jsou kovalentně vázány na sulfhydrylové skupiny ACP (acyl carrier protein), kdežto meziprodukty degradace jsou vázány na SH skupinu CoA.
3. Enzymy syntézy vytvářejí polypeptidový řetězec (synthasa mastných kyselin). Enzymy degradace jsou umístěny volně v matrix.
4. Řetězec mastných kyselin se prodlužuje o dva uhlíky z acetyl CoA. Aktivovaným donorem dvou uhlíků je malonyl CoA a prodlužování řetězce je poháněno odštěpováním CO_2 .
5. Redukčním činidlem při syntéze je NADPH, oxidačními činidly při degradaci jsou FAD^+ a NAD^+ .
6. Prodlužování řetězce na synthase mastných kyselin končí tvorbou palmitátu (C_{16}). Další prodlužování řetězce a tvorba nenasycených kyselin probíhá na jiných enzymech.

Živočichové nedokáží převést mastné kyseliny na glukosu !!!

- Proč ?
- Acetyl-CoA nemůže být převeden na pyruvát nebo oxaloacetát, neboť vstupuje do citrátového cyklu a oba uhlíky se v jeho průběhu odštěpí jako CO_2 .
- Rostliny mají další dva enzymy v tzv. glyoxylátovém cyklu a jsou schopné převést acetyl CoA na oxaloacetát.

Regulace metabolismu mastných kyselin

- Syntéza mastných kyselin probíhá za situace, kdy je dostatek sacharidů a energie a nedostatek mastných kyselin.
- Ústřední klíčovou roli hraje acetyl CoA karboxylasa.
- Karboxylasa je pod kontrolou adrenalinu, glukagonu a insulinu.
- **Insulin** stimuluje syntézu mastných kyselin aktivací karboxylasy, **glukagon** a **adrenalin** mají opačný účinek.
- **Citrát**, znak dostatku stavebních jednotek a energie, aktivuje karboxylasu.
- **Palmitoyl CoA** a **AMP**, naopak, inhibují karboxylasu.

Metabolické dráhy

Primární metabolismus

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

Světelná fáze

Temnostní fáze

Metabolické dráhy

Primární metabolismus

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Krebsův cyklus

Oxidativní fosforylace

Metabolismus lipidů

Oxidace mastných kyselin

Syntéza mastných kyselin

Fotosyntéza

Světelná fáze

Temnostní fáze

Fotosyntéza

Chloroplasty

Světlo absorbující pigmenty

Světelná reakce

C_3 rostliny (Calvinův - Bensonův cyklus)

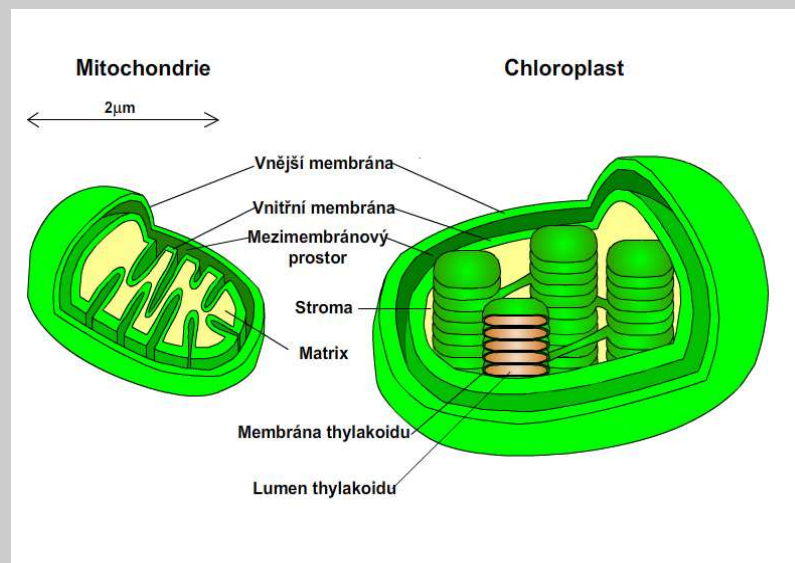
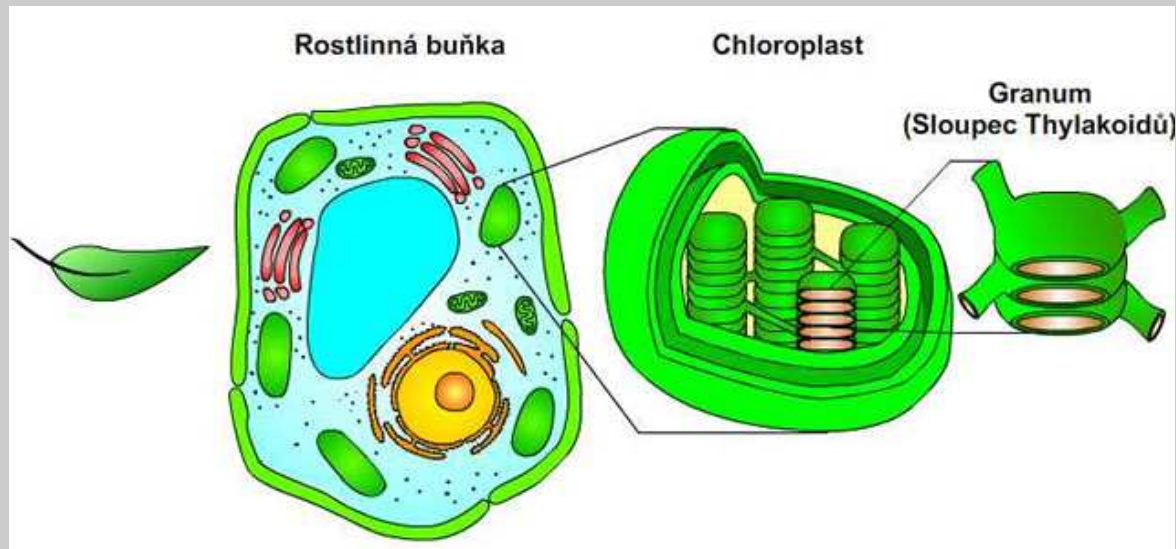
Fotorespirace

C_4 rostliny (Hatch-Slackův cyklus)

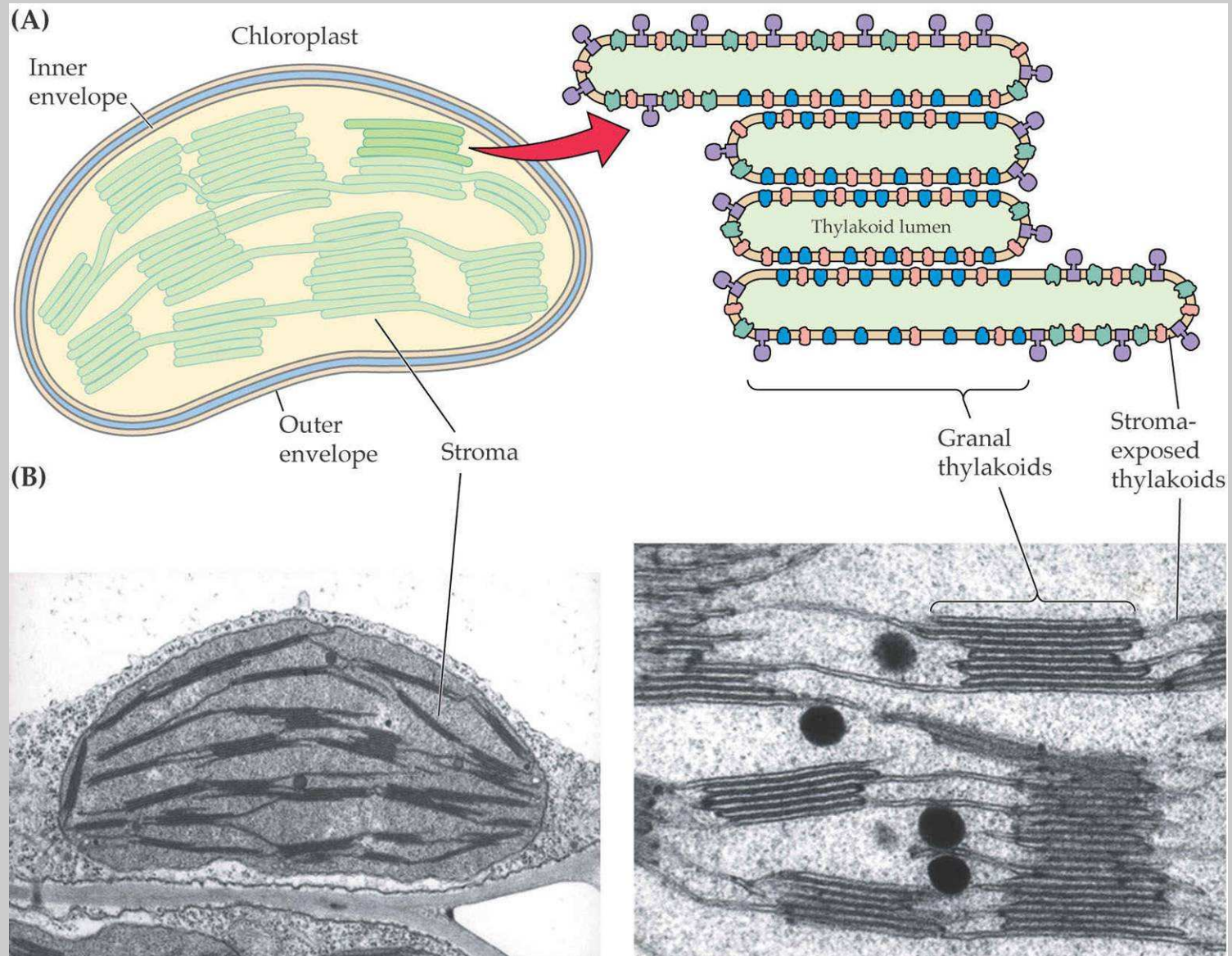
CAM rostliny

Chloroplast

Složení chloroplastu a mitochondrie

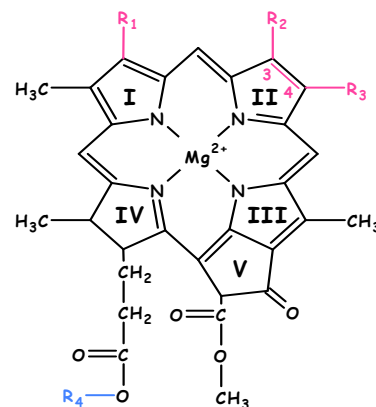


Chloroplast - fotosyntetická organela eukaryot

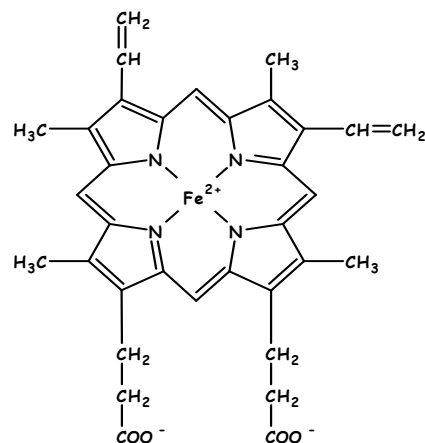


Pigmenty a antény

Struktury chlorofylů, xantofylů a karotenoidů



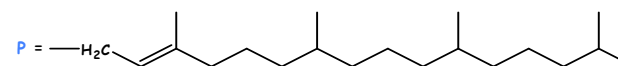
Chlorofyl



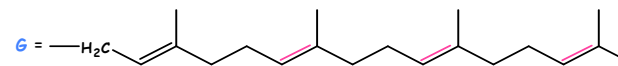
(Fe-protoporphyrin IX)

	R_1	R_2	R_3	R_4
Chlorofyl <i>a</i>	$-\text{CH}=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	P
Chlorofyl <i>b</i>	$-\text{CH}=\text{CH}_2$	$-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	P
Bakteriochlorofyl <i>a</i>	$-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_3^a$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3^a$	P nebo G
Bakteriochlorofyl <i>b</i>	$-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_3^a$	$=\text{CH}-\text{CH}_3^a$	P

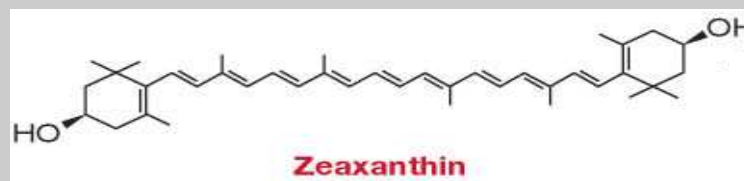
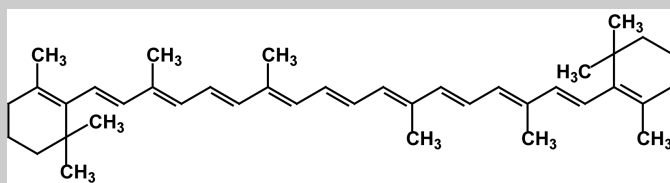
^a značí, že mezi C3 a C4 se nevyskytuje dvojná vazba.



Fytylový postranní řetězec

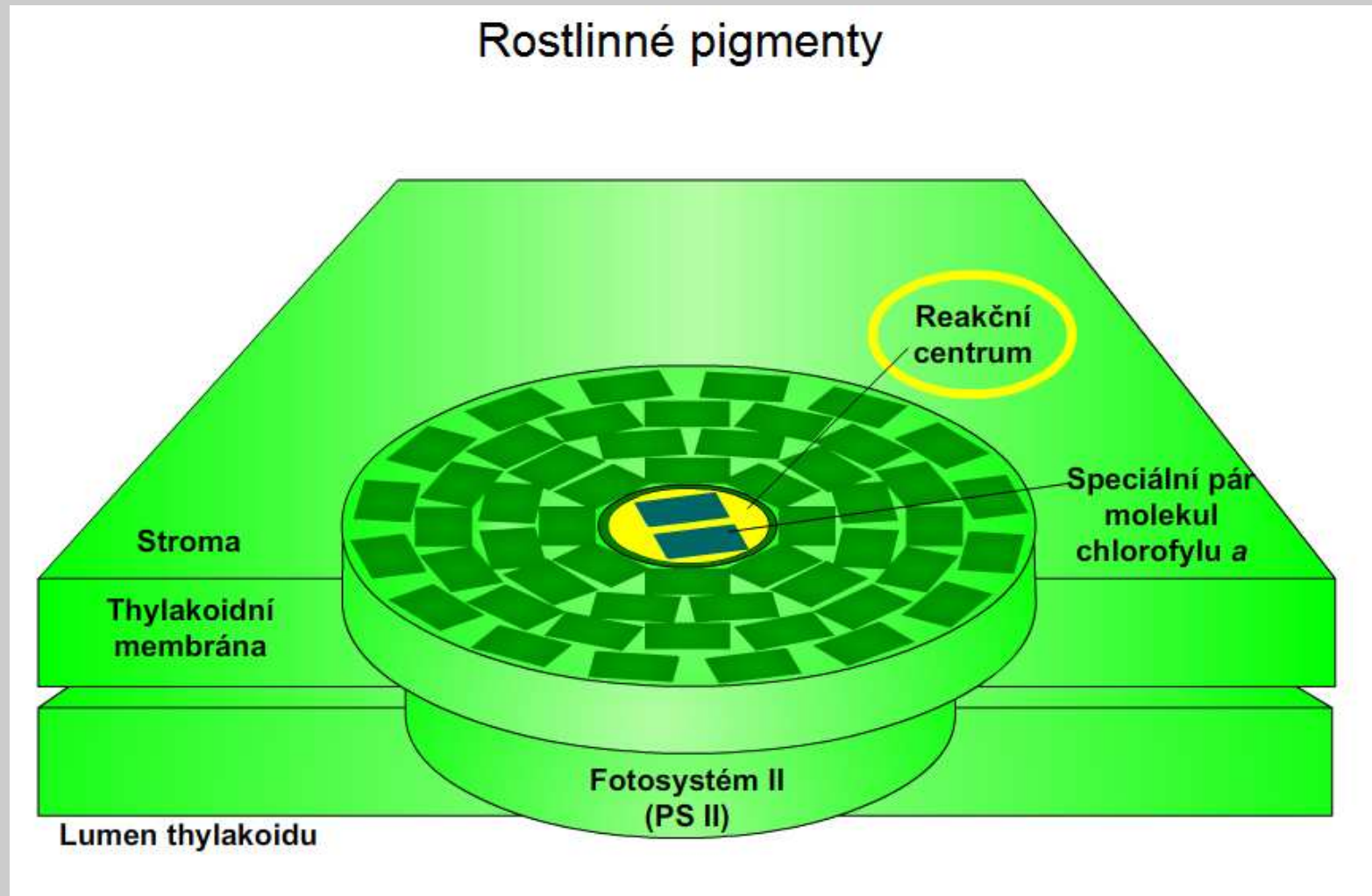


Geranylový postranní řetězec



Zeaxanthin

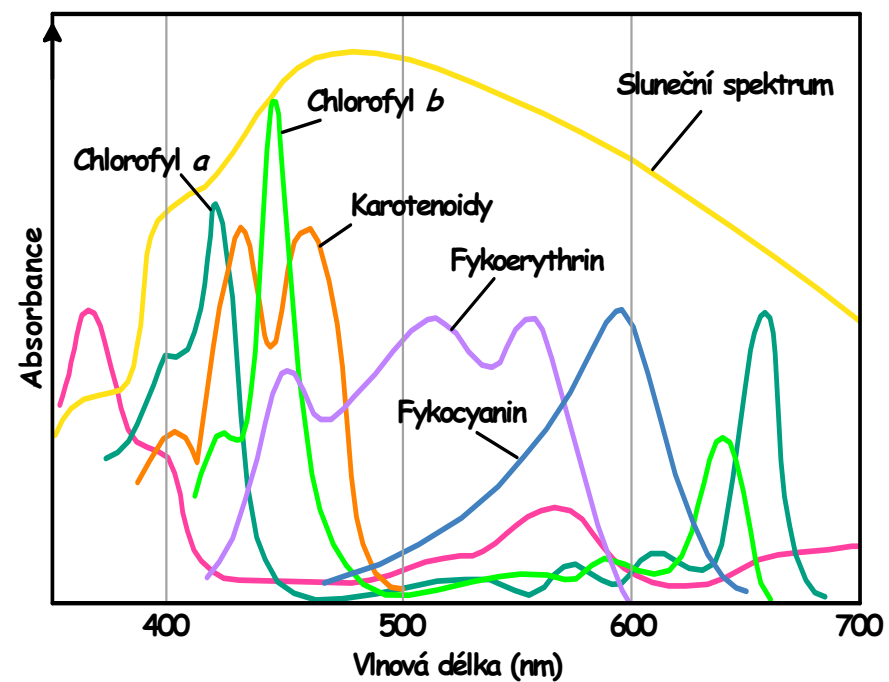
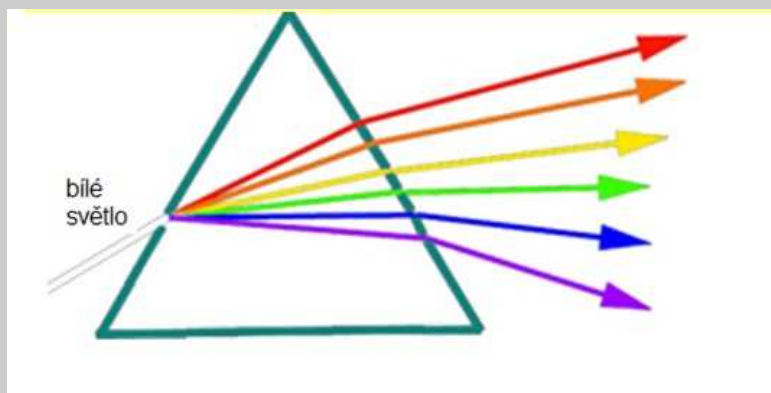
Model reakčního centra



Rostlina je zelená díky chlorofylu.

Ale proč je chlorofyl zelený?

Absorpční spektra různých fotosyntetických pigmentů.



Primární procesy fotosyntézy

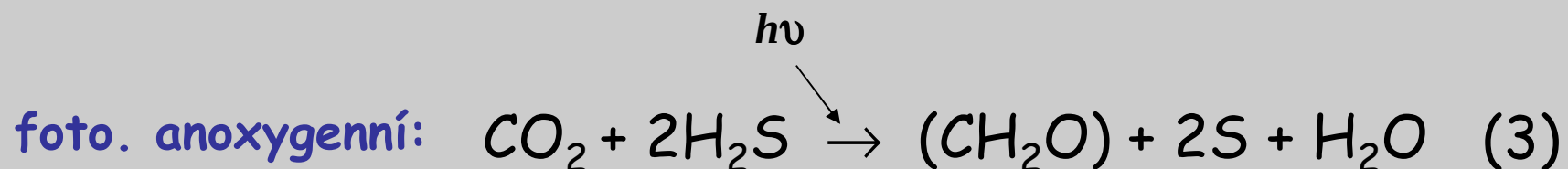
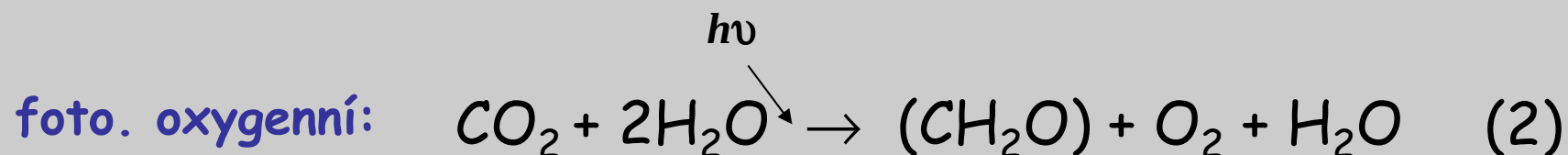
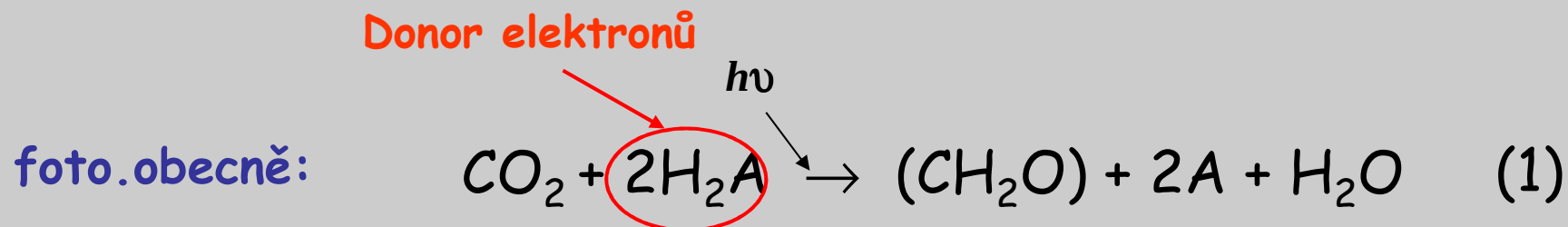
Procesy spojené s absorpcí a přeměnou světelné energie v energii chemickou

Procesy: Fotolýza vody
Cyklický a necyklický transport e^-

Sekundární procesy fotosyntézy

Fixace CO_2 a jeho následná redukce na cukr

Přehled fotosyntézy - souhrnná reakce



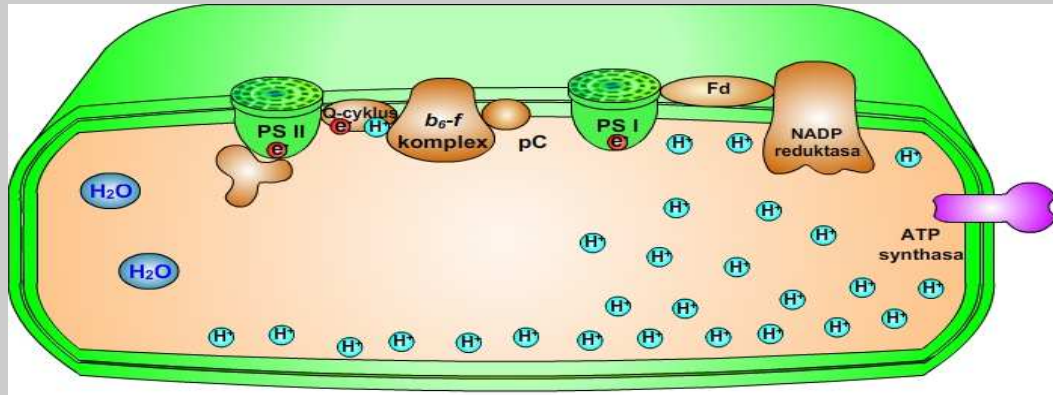
Primární procesy fotosyntézy

Realizovány dvěma fotosystémy, které se vzájemně liší složením pigmentů

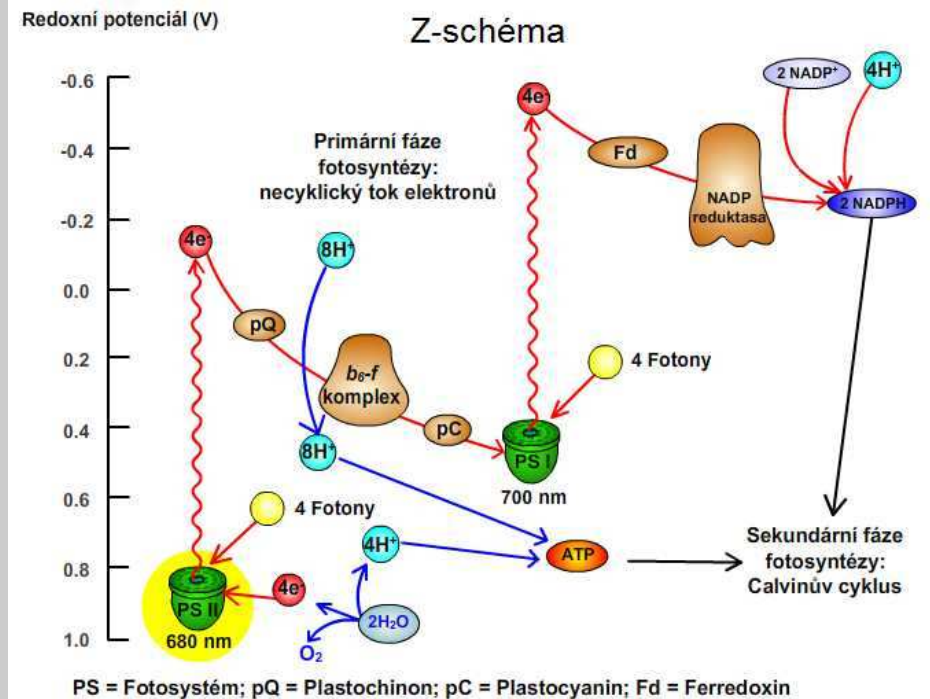
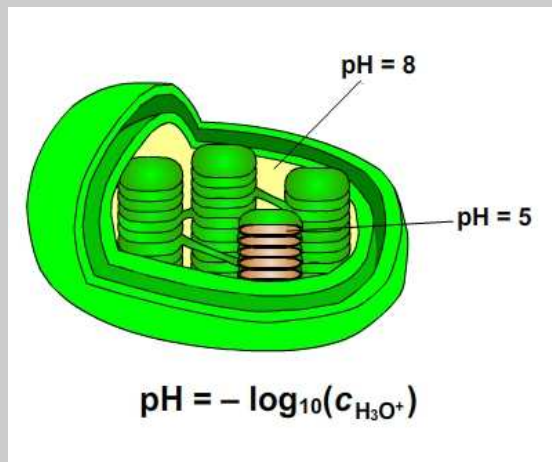
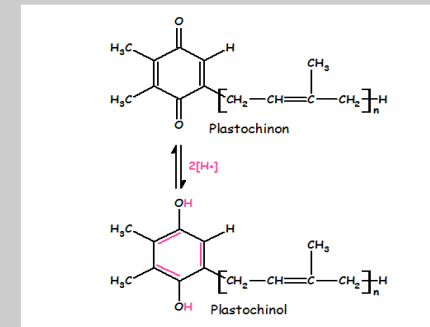
Fotosystém I: absorbuje dlouhovlnějšího záření v červené oblasti **700 nm**, obsahuje karotenoidy, fykobiliny, chlorofyl a, chlorofyl b

Fotosystém II: absorbuje kratkovlnější oblast záření **680 nm**, obsahuje xantofyly, karotenoidy, fykobiliny, chlorofyl a, chlorofyl b

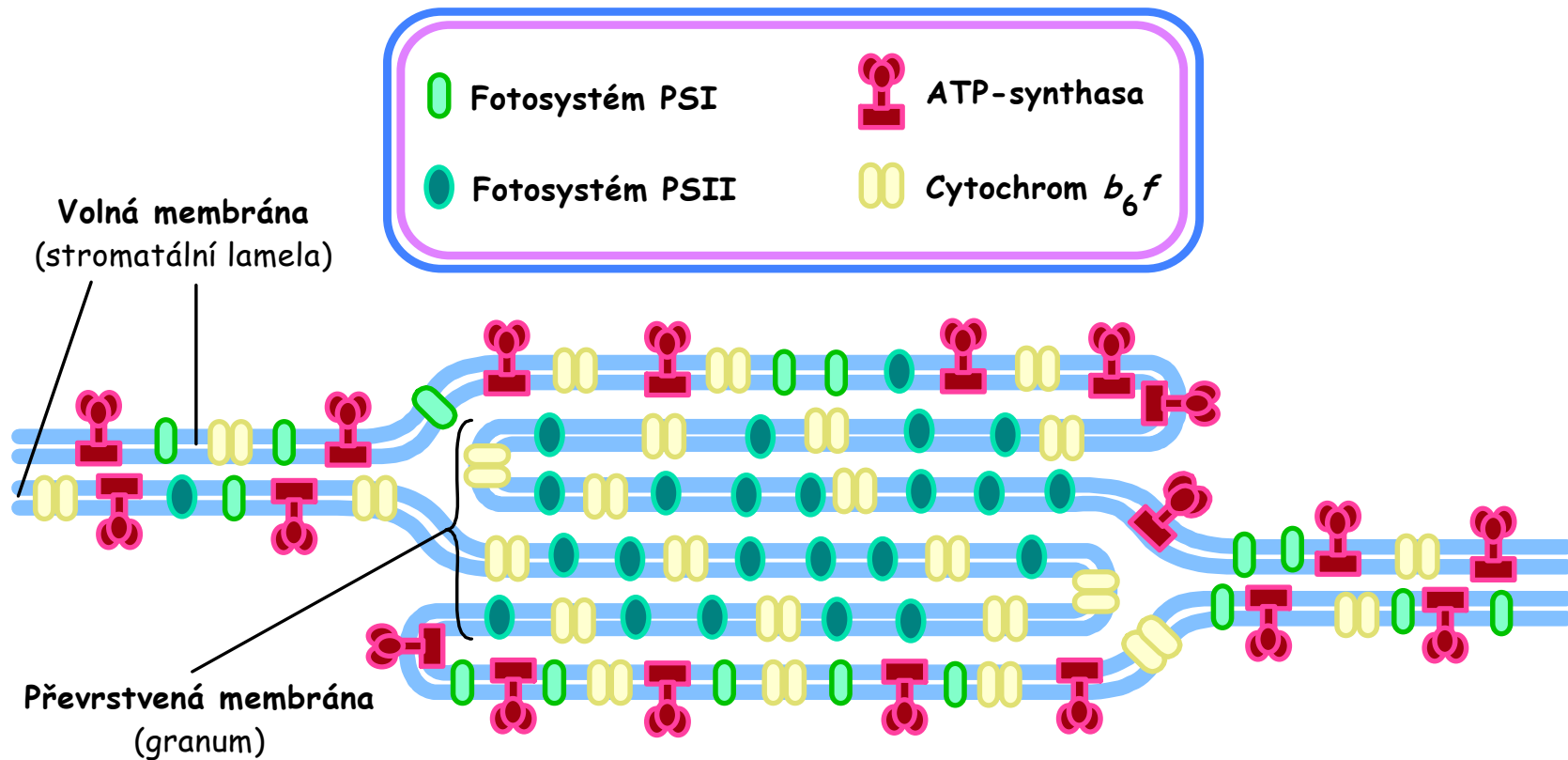
Schéma přenosu elektronů v thylakoidní membráně a Z schéma



Plastochinon (Q) - plastochinol (QH₂)



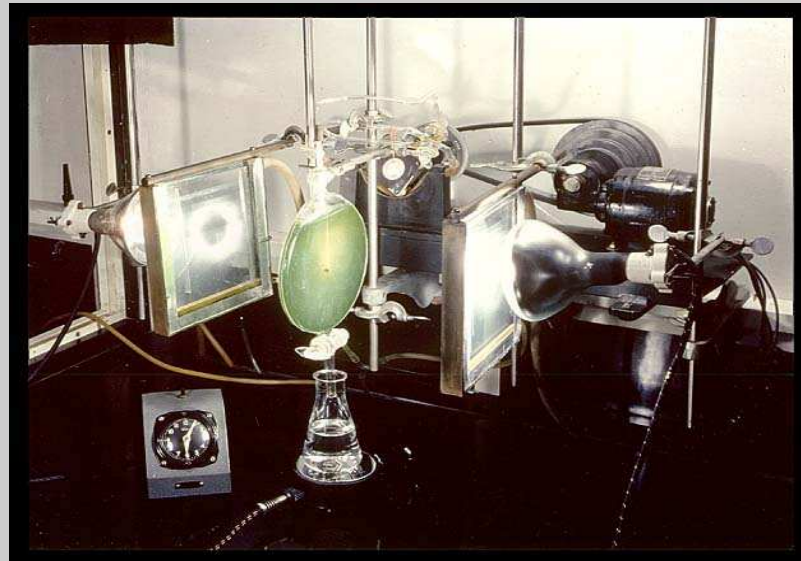
Lokalizace systémů PSII, PSI, cytochromu b_6f a ATP-synthasy na thylakoidech



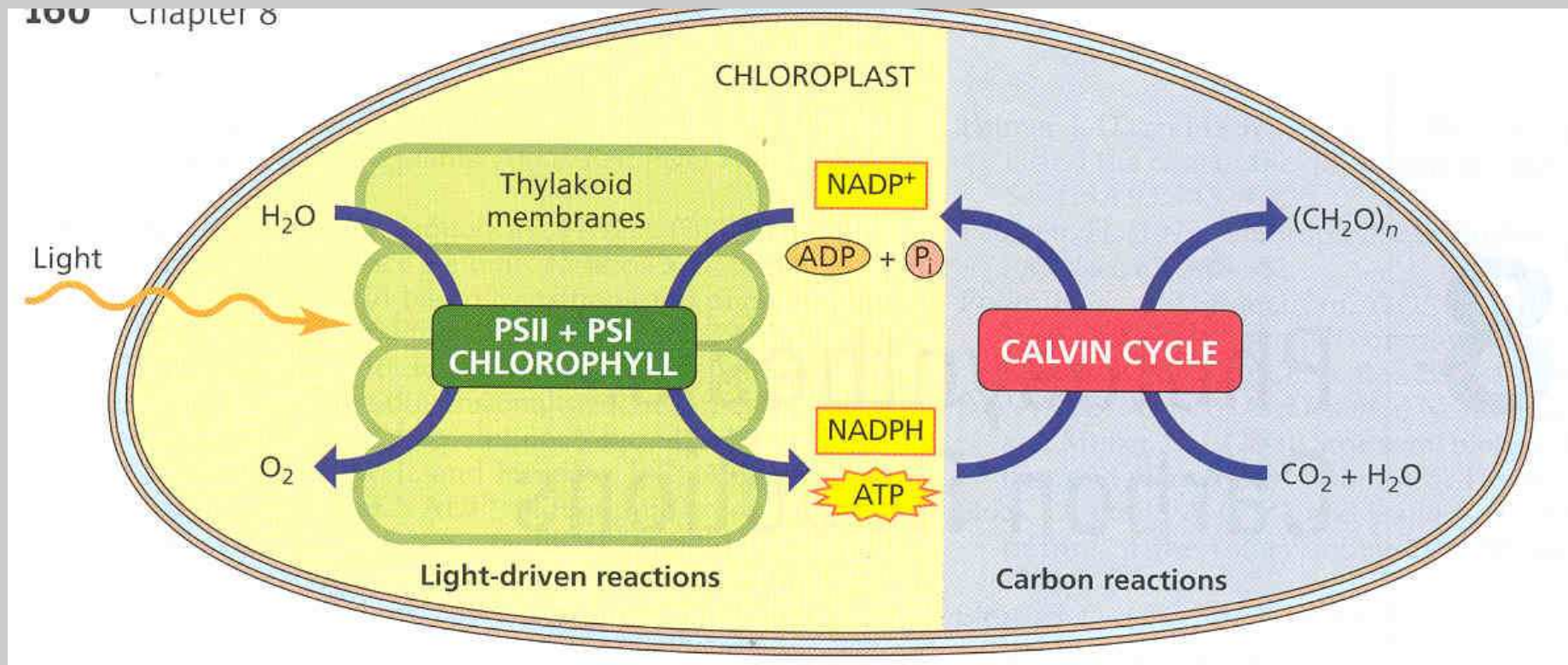
Z-schéma světelné fáze fotosyntézy

- Elektrony mohou dosáhnout na ferredoxin-NADP+ reduktasu (FNR), která katalyzuje redukci NADP+.
- Oxidace vody a tok elektronů přes Q cyklus generuje transmembránový protonový gradient s vyšší koncentrací protonů na straně thylakoidní dutiny (lumen - uvnitř). Energie gradientu se uplatňuje při tvorbě ATP.
- Různé prosthetické skupiny fotosyntetického aparátu rostlin mohou být seřazeny podle redukčního potenciálu v diagramu zvaném **Z-schéma**.
- Elektrony uvolněné z P680 po absorpci fotonů jsou nahrazovány elektrony z fotolýzy vody. Každý elektron prochází řetězcem přenašečů do hotovosti plastochinonových molekul. Vytvořený redukovaný plastochinol redukuje cytochrom b_6f komplex, za současného transportu protonů do thylakoidů. Cytochrom b_6f přenáší elektrony na plastocyanin (PC) a ten regeneruje fotooxidovaný P700 v PSI. Elektrony emitované z PSI redukují přes řetězec přenašečů NADP+ na NADPH. Necyklický proces. V cyklickém procesu se elektrony vrací zpět na cytochrom b_6f a přitom se přenášejí další protony do thylakoidu.

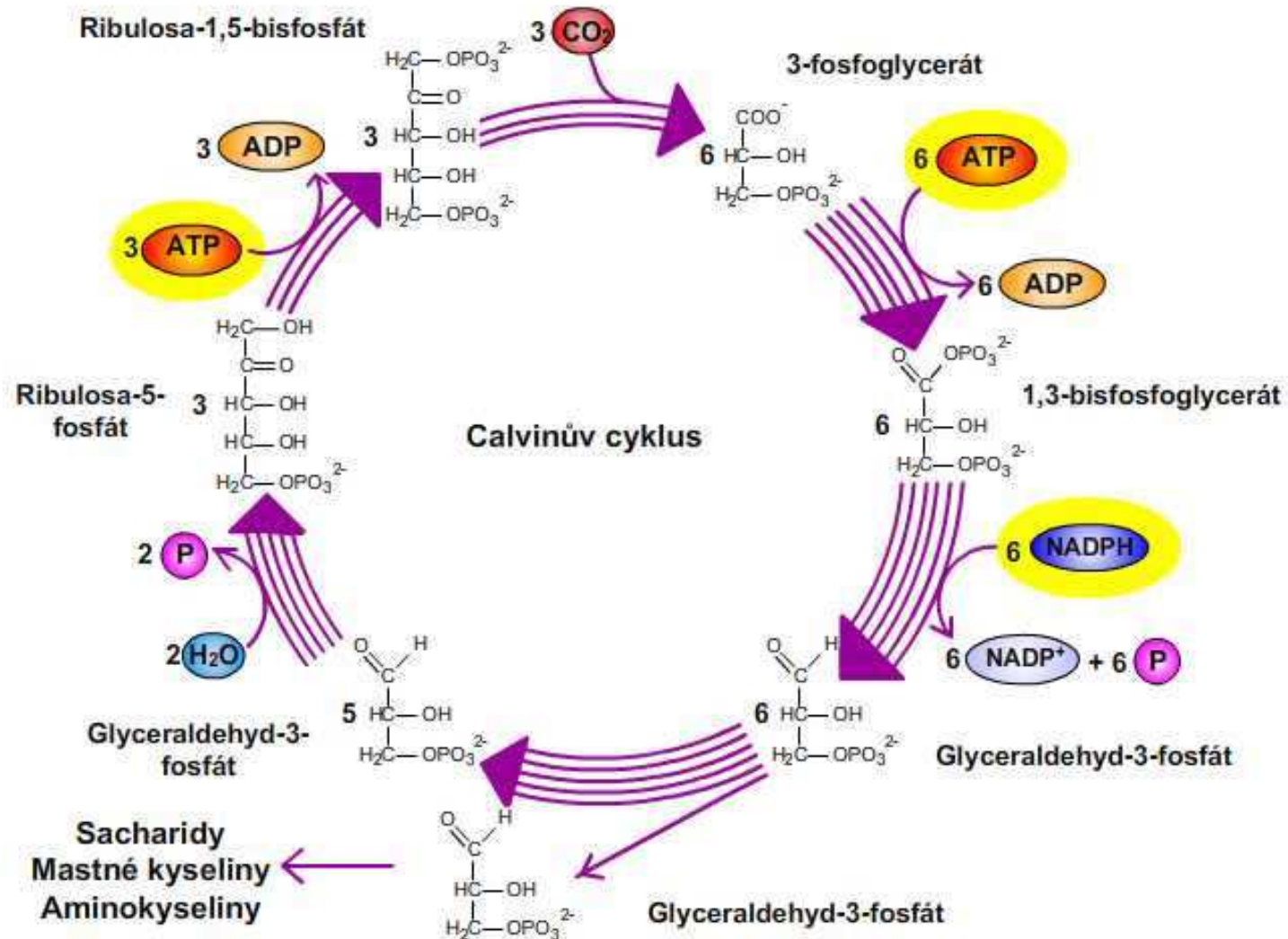
Calvin-Bensonův cyklus (cyklus PRC)



Fotosyntetické procesy v chloroplastech - souhrn



Sekundární fáze fotosyntézy

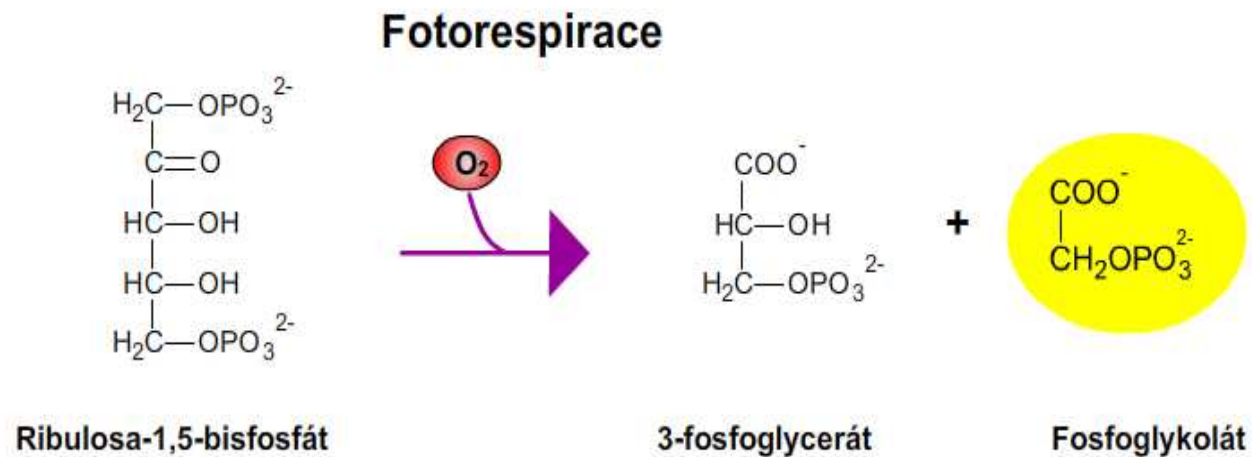


Biosyntéza sacharidů:

- Celková stechiometrie Calvin-Bensonova cyklu:
- $3 \text{ CO}_2 + 9 \text{ ATP} + 6 \text{ NADPH} \rightarrow \text{GAP} + 9 \text{ ADP} + 8 \text{ Pi} + 6 \text{ NADP}^+$
- Vytvořený **GAP** může být využit k řadě biosyntéz, buď vně nebo uvnitř chloroplastu. Může být převeden na **fruktosa-6-fosfát** dalším postupem cyklu a poté na **glukosa-1-fosfát (G1P)** (fosfoglukosaisomerasa a fosfoglukosamutasa).
- G1P je prekurzor všech dalších sacharidů rostlin.
- Hlavní složka škrobu, α -amylosa, je syntetizována v stromatu chloroplastu jako dočasná skladovatelná forma glukosy.
- **α -Amylosa** je také syntetizována jako dlouhodobá skladovatelná forma v jiných částech rostlin jako jsou listy, semena a kořeny.
- **Celulosa** tvořena dlouhými řetězci $\beta(1 \rightarrow 4)$ -vázanými glukosovými jednotkami je hlavním polysacharidem rostlin. Je syntetizována z UDP-glukos v rostlinné plasmové membráně a vylučována do extracelulárního prostoru.

Fotorespirace

CO_2 soutěží s O_2 o vazbu na Rubisco
(Karboxylace nebo Oxygenace)

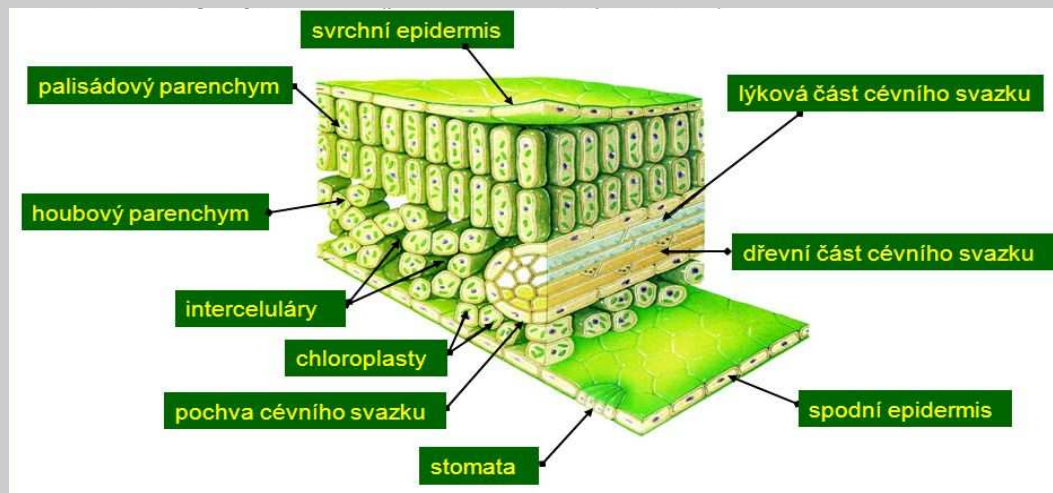


Fotorespirace je devastující
proces jehož výsledkem je
neužitečná spotřeba světlem
vytvořeného NADPH a ATP !!!

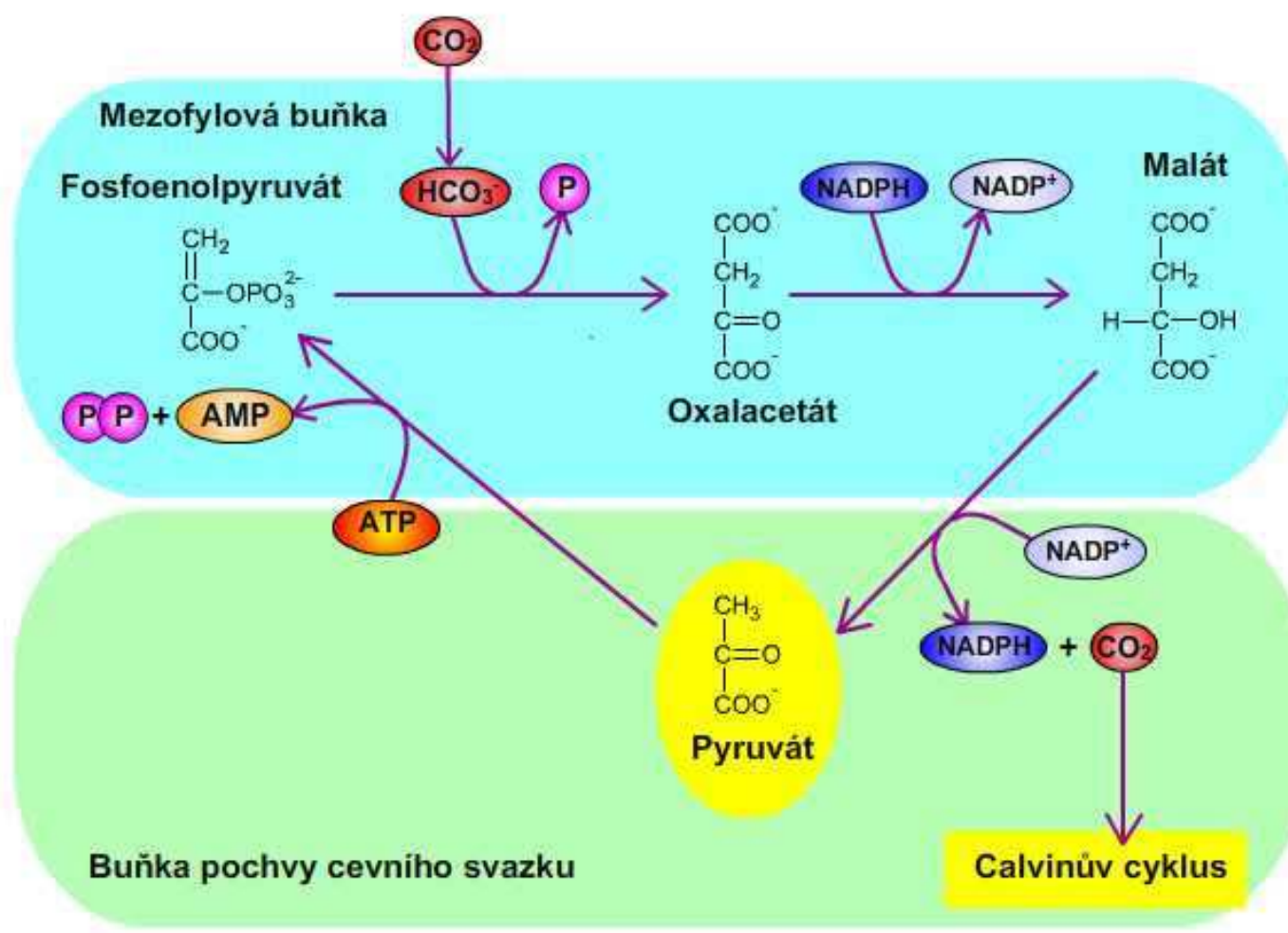
CO_2 koncentrační
mechanismy
rostlin C_4

Rostliny C_4 koncentrují na povrchu listu CO_2 .

- Řada rostlin se evolučně přizpůsobila kolísání koncentrace O_2 a CO_2 tak, že koncentrují ve fotosyntetických buňkách CO_2 a zabraňují fotorespiraci. Např. cukrovka, cukrová třtina, kukuřice a mnoho plevelných rostlin. Typické pro tropické oblasti.
- List má charakteristickou anatomii - pod vrstvou buněk tzv. mesofylu jsou soustředěny pochvy cévních svazků. V mesofylových buňkách není ribulosabifosfátkarboxylasa !!



Fotorespirace a C4 rostliny

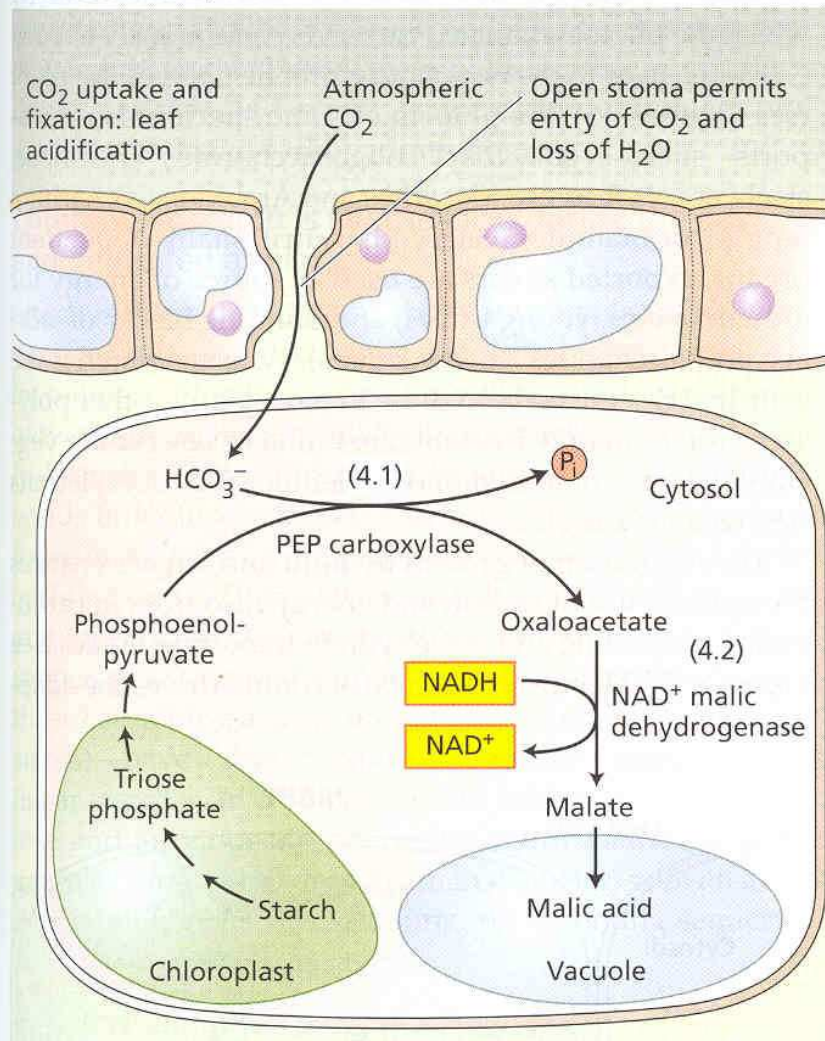


Cyklus C_4 - M. Hatch a R. Slack (1960)

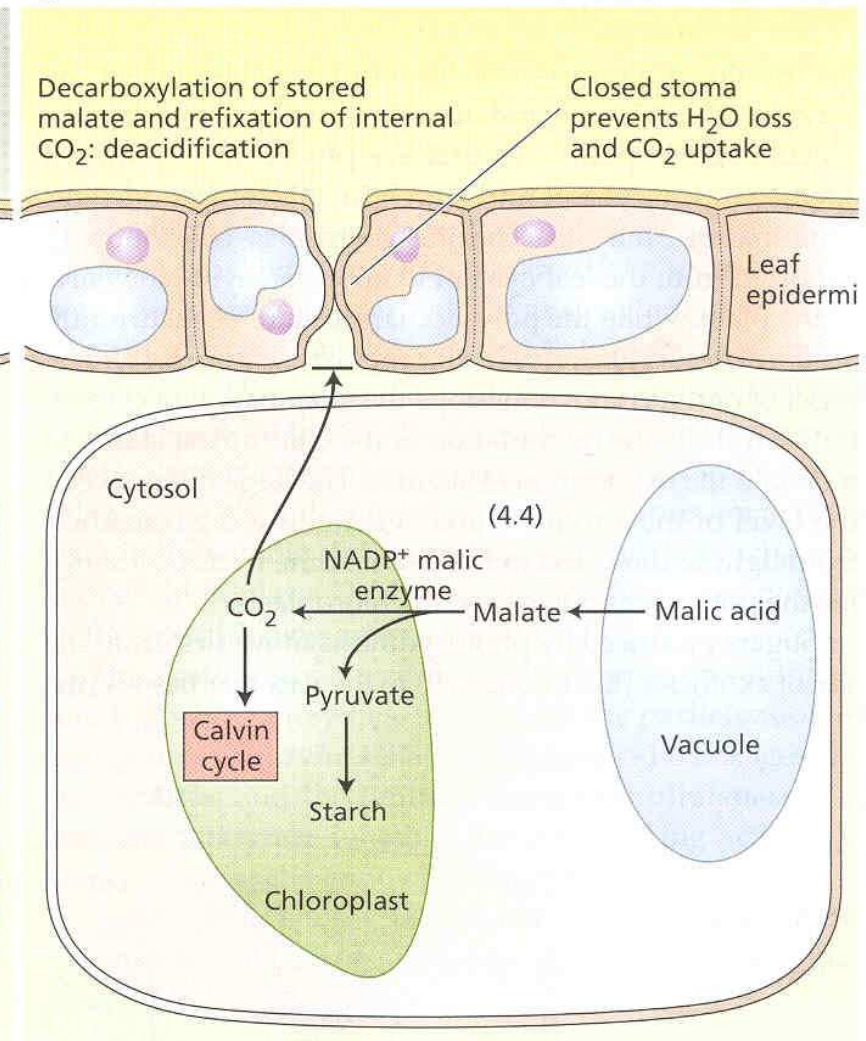
- V mesofylu reaguje vstupující CO_2 ve formě HCO_3^- s fosfoenolpyruvátem za tvorby oxaloacetátu (čtyři uhlíky, proto C_4). Oxaloacetát je redukován NADPH na malát, který je transportován do buněk cévních svazků, kde je oxidativně dekarboxylován na CO_2 , pyruvát a NADPH. Takto koncentrovaný CO_2 vstupuje do Calvinova cyklu.
- Pyruvát je transportován zpět do mesofylu, kde je fosforylován za katalýzy **pyruvát-fosfátdikinasy** za tvorby fosfoeneolpyruvátu. Při aktivaci přechází ATP na AMP + PP_i . PP_i je posléze hydrolyzován všudepřítomnou pyrofosfatasou na $2 \times P_i$.
- Oxid uhličitý je koncentrován v buňkách cévních svazků na úkor spotřeby 2 ATP / CO_2 .
- Fotosyntéza C_4 rostlin spotřebovává celkem 5 ATP na rozdíl od C_3 rostlin, které spotřebují 3 ATP.

Rostliny CAM

Dark: Stomata opened



Light: Stomata closed



CAM rostliny jako varianta rostlin C_4 .

- Dráha byl poprvé popsána u tučnolistých rostlin a odtud název **CAM** - **crassulacean acid metabolism**.
- U CAM rostlin je časově oddělen záchyt CO_2 a Calvin-Bensonův cyklus.
- CAM rostliny otevírají stomata (póry v listech) v noci a zachycují CO_2 drahou C_4 ve formě malátu.
- Pro zachycení CO_2 je nutné velké množství fosfoenolpyruvátu. To se získává štěpením škrobu a glykolýzou.
- Během dne je malát štěpen za tvorby CO_2 vstupujícího do Calvin - Bensonova cyklu a pyruvátu použitého na resyntézu škrobu.
- Celý tento proces je veden také z důvodu zabránění ztrátě vody !!!
- Stejnou drahou probíhá fotosyntéza u sukulentů.

Proč musely zahynout tyto ryby?



Rubisco odčerpalo veškerou zásobu hydrogenuhličitanu (pufr), čímž se zvýšilo pH vody nad 8,4. Při této hodnotě amoniak přijímá proton a mění se na amonný kation. Ten je toxický.