**Anabolismus** – syntetické, asimilační děje

* při anabolismu dochází ke tvorbě složitějších makromolekul z jednodušších
* mají endergonický charakter – je spotřebována energie (zdrojem energie pro tyto reakce je hlavně ATP)
* většina reakcí anabolismu probíhá v cytoplasmě
* po chemické stránce se jedná převážně o redukce

energie ve formě světelného záření se mění do energie chemické vazby při redukci oxidu uhličitého a jeho zabudování do organických látek

**Fotosyntéza** (z [řeckého](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98e%C4%8Dtina) *fós*, *fótos* – „světlo“ a *synthesis* – „shrnutí“, „skládání“) nebo také **fotosyntetická asimilace** je [biochemický proces](http://cs.wikipedia.org/wiki/Biochemick%C3%BD_proces), při kterém se využívá [energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Energie) [světelného záření](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo) k syntéze energeticky bohatých oraganických sloučenin (sacharidů) z jednodouchých anorganických látek – oxidu uhličitého a vody. Uvedený proces probíhající u rostlin v chloroplastech za účasti fotosyntetizujícch barviv(hlavně chlorofylu) lze jednoduše vyjádřit rovnicí.

**Fotosyntetizující organismy**

[Organismy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Organismus), které zajišťují tvorbu energeticky bohatých organických látek pomocí fotosyntézy, se nazývají [autotrofní](http://cs.wikipedia.org/wiki/Autotrofie), respektive fotoautotrofní. Patří mezi ně především [zelené rostliny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zelen%C3%A9_rostliny), některé druhy [baktérií](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bakterie) včetně [sinic](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sinice) (*Cyanobacteria*), mnohé [ruduchy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ruduchy) (*Rhodophyta*), [obrněnky](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obrn%C4%9Bnky) (*Dinophyta*), [skrytěnky](http://cs.wikipedia.org/wiki/Skryt%C4%9Bnky) (*Cryptophyta*), [hnědé řasy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hn%C4%9Bd%C3%A9_%C5%99asy) (*Phaeophyceae*), [krásnoočka](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kr%C3%A1snoo%C4%8Dka) (*Euglenophyta*) a [zelené řasy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zelen%C3%A9_%C5%99asy) (*Chlorophyta*).

Schopnost měnit energii světla na chemickou přináší těmto organismům výhody během [evoluce](http://cs.wikipedia.org/wiki/Evoluce) ve vzájemné konkurenci. Prvotní fotosyntetické systémy zřejmě byly [anoxygenní](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Anoxygenn%C3%AD_fotosynt%C3%A9za&action=edit&redlink=1), tj. neprodukovaly kyslík. Stáří nejstarších fotosyntetizujících mikroorganismů se odhaduje na 3,5 miliardy let.[[2]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-2) Kyslík v zemské [atmosféře](http://cs.wikipedia.org/wiki/Atmosf%C3%A9ra) se objevil až díky oxygenní fotosyntéze. První sinice, které uvolňovaly kyslík štěpením vody, se objevily přibližně před 2 miliardami let.[[3]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-3) Chloroplasty [eukaryotních buněk](http://cs.wikipedia.org/wiki/Eukaryotick%C3%A1_bu%C5%88ka) vznikly pravděpodobně pohlcením buňky sinice, které pak žily uvnitř těchto buněk v [endosymbióze](http://cs.wikipedia.org/wiki/Endosymbi%C3%B3za%22%20%5Co%20%22Endosymbi%C3%B3za) a postupně se z nich staly organely. Podobným způsobem se zřejmě vyvinuly i [mitochondrie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Mitochondrie) u [aerobních](http://cs.wikipedia.org/wiki/Aerobn%C3%AD) mikroorganismů. Tato teorie vzniku organel se nazývá [endosymbiotická](http://cs.wikipedia.org/wiki/Endosymbiotick%C3%A1_teorie) a svědčí pro ni fakt, že chloroplasty mají vlastní kruhovou [DNA](http://cs.wikipedia.org/wiki/DNA), stejně jako sinice.[[4]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-4)

 jediný proces, při němž vzniká v přírodě kyslík

 funguje už cca 2 miliardy let (prahory, vznik sinic)

 důležitá společenstva: řasy, tropické deštné lesy

**Chloroplast**

* Elipsoid
* Dvě dvojité ochranné membrány
* Vnitřní thylakoidální membrána
* Naskládaná „úplně“ vnitřní membrána tvoří lamely => **thylakoidy**
	+ Dutina thylakoidů je **lumen**
	+ Membrány **thylakoidů**, které se dotýkají => **grana** (sloupec)
	+ 1Chloroplast má 10-100 **Gran**
		- Membrána thylakoidů je nepropustná pro protony
		- Tvořena fosfolipidy, sulfolipidy..
		- Mastné kyseliny v membráně jsou vysoce nenasycené (až 3 dvojné vazby) => membrána je fluidní
		- PSI PSII
		- Cytochromový komplex b6f a ATPsyntázy
* Výplň (kapalná) => **stroma** (obsahuje DNA, RNA, ribozomy, enzymy..)
* Pravděpodobně vznikl endosymbiózou

Fotosyntéza probíhá v [chloroplastech](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chloroplast) [eukaryotních buněk](http://cs.wikipedia.org/wiki/Eukaryota) a v [chromatoforech](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chromatofor) [prokaryot](http://cs.wikipedia.org/wiki/Prokaryota). **Chloroplasty** jsou [plastidy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Plastid) v [cytoplazmě](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cytoplazma) rostlin (především v listech) obsahujících [asimilační](http://cs.wikipedia.org/wiki/Asimilace_%28biologie%29) barviva, ve kterých probíhá fotosyntéza. Mají dvojitou [membránu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Biologick%C3%A1_membr%C3%A1na), obsahují vlastní [DNA](http://cs.wikipedia.org/wiki/DNA) a [ribozomy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ribozom). Obvykle jsou zeleně zbarveny díky [chlorofylu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl). V základní plazmatické hmotě chloroplastů ([stromatu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Stroma%22%20%5Co%20%22Stroma)) jsou malé, okrouhlé, na sebe navrstvené destičky (grana), která tvoří soubor uzavřených dvojitých lamel ([thylakoidů](http://cs.wikipedia.org/wiki/Thylakoid%22%20%5Co%20%22Thylakoid)) obsahujících [*fotosyntetická barviva*](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosyntetick%C3%BD_pigment) (pigmenty).

* Základní pigmenty: [chlorofyly](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl) a [bakteriochlorofyly](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bakteriochlorofyl)
* Doprovodné pigmenty: [karotenoidy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Karotenoidy) ([karoteny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Karoteny) a [xanthofyly](http://cs.wikipedia.org/wiki/Xanthofyly)) a [fykobiliny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fykobiliny)[[5]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-Voet.2C_Voetov.C3.A1_.281995.29-5)

**Pigmenty**

* Karotenoidy chrání fot. Aparát před vysokým ozářením vázány v PSI PSII, ve vnitřní membráně i ve vnější membráně

**Chlorofyl**

* Absorbují fotony v modré a červené oblasti spektra
* V zelené oblasti mají minimální absorpci => jsou **zelené**
* Cyklický tetrapyrol – porfyrin, jádra se značí A,B,C,D nebo I-IV
	+ V centru je Mg
	+ Konjugované dvojné vazby – π elektrony důležité pro absorpci fotonů
	+ Na pyrolovém jádru D je zbytekalkoholu – **fytolu (**$C\_{20}$**)** – hydrofobní a zakotvuje chlorofyl v membráně thylakoidu
* Váže se s proteiny nekovalentně – slouží k tomu histidinové zbytky (imidazolový kruh – pětičlenný heterocykl s dvěma N) v proteinech a Mg v chlorofylu

**Ostatní pigmenty**

* **Karotenoidy**
	+ Absorbují fotony v modré a fialové oblasti, jeví se jako žluté až oranžové
	+ Tetraterpeny ($C\_{40}$), lineární řetězec, konjugované dvojné vazby, na koncích cyklické struktury
	+ Jsou to uhlovodíky
* **Xantofyly**
	+ Kyslíkaté deriváty, O je vázán na koncové cykly
	+ **Xantofylový cyklus –** violaxantin =>anteraxantin=>zeaxantin
	+ **Zeaxantin** má schopnost měnit nadbytek energie na teplo – **disipace energie**

**C4 rostliiny**

* v Calvinově cyklu vytváří čtyřuhlíkatou kyselinu namísto tříuhlíkaté (kterou vyrábí C3 rostliny)
* prostorové oddělené karboxylace (vázání oxidu uhličitého), odlišná anatomie listu
* vyšší nároky na množství oxidu uhličitého, slunečního záření a teploty
* nízká fotorespirace (= dýchání při fotosyntéze; čím nižší, tím větší výnos)
* vyšší produkce, nižší rychlost transpirace
* příklady C4 rostlin: kukuřice, proso, třtina

SVĚTELNÁ FÁZE

- příjem energie ze slunečního záření (z fotonu), elektron „vymrštěn“ do orbitalu s vyšší energií – „vibrace“ molekuly

### Světelná fáze

„Světelná fáze“ či „primární děje“ jsou reakce závislé na světle a uskutečňují se v [thylakoidech](http://cs.wikipedia.org/wiki/Thylakoid%22%20%5Co%20%22Thylakoid). Při nich probíhá přeměna světelné energie ([fotonů](http://cs.wikipedia.org/wiki/Foton)) na [chemickou energii](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chemick%C3%A1_energie) (ve formě [NADPH](http://cs.wikipedia.org/wiki/Nikotinamid_adenin_dinukleotid_fosf%C3%A1t) a [ATP](http://cs.wikipedia.org/wiki/Adenosintrifosf%C3%A1t)). Jako vedlejší produkt světelné fáze vzniká [kyslík](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kysl%C3%ADk).

#### Absorpce fotonů

*Excitační stavy* [*chlorofylu*](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl) *a přechod mezi nimi:* Pohlcením modrého světla přejde chlorofyl do druhého excitačního stavu, absorpcí červeného do prvního excitovaného stavu. Energii druhého excitovaného stavu však nedokáže využít a přechází z něj do prvního excitovaného stavu. Jeho energie může být poté vyzářena, ale většina je využita k fotochemickým reakcím.

Tok energie komplexu světlosběrné antény: Excitace (žluté kroužky) vybuzená pohlcením [fotonu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Foton) se přenáší mezi anténními barvivy (světle zelené kroužky), dokud se nedostane do reakčního centra (tmavě zelené kroužky) nebo je [fluorescencí](http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence) vyzářena (méně časté).

Zachycením světla rostlinným [pigmentem](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pigment) začíná vlastní proces fotosyntézy, který spotřebuje energii světelného kvanta a přemění ji na energii [chemické vazby](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chemick%C3%A1_vazba). [Vlnové délky](http://cs.wikipedia.org/wiki/Vlnov%C3%A1_d%C3%A9lka) viditelného světla mají hodnoty v intervalu 380–760 [nm](http://cs.wikipedia.org/wiki/Metr%22%20%5Cl%20%22Nanometr%22%20%5Co%20%22Metr). Fotosyntéza zelených rostlin využívá [světlo](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo) v rozsahu pouze 400–750 nm. Tomuto světlu se říká *fotosynteticky aktivní záření* (ve zkratce FAR nebo PhAR).[[7]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-.C5.A0eb.C3.A1nek_.281983.29_151-152-7) Různá barviva [absorbují](http://cs.wikipedia.org/wiki/Absorpce_sv%C4%9Btla) různou část světelného [spektra](http://cs.wikipedia.org/wiki/Spektrum) – např. [chlorofyly](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl) absorbují nejvíce světlo v modrofialové a červené části spektra. Zelená část spektra se odráží, odtud tedy zelená barva chloroplastů.[[8]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-kincl-8)

Pokud molekula pigmentu absorbuje kvantum světelné energie, dostane se do prvního či do druhého [excitovaného stavu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Excitovan%C3%BD_stav) (přeskok elektronu na vyšší energetickou hladinu). Získané energie se může molekula zbavit více způsoby, v případě fotosyntézy jsou nejdůležitější tyto čtyři:

1. *Vnitřní přeměnou* se přebytečná excitační energie přemění na [kinetickou energii](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kinetick%C3%A1_energie) pohybu molekuly, tedy na teplo. Tento děj je velmi rychlý, trvá méně než 10 [ps](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sekunda%22%20%5Cl%20%22Dal.C5.A1.C3.AD_jednotky%22%20%5Co%20%22Sekunda).[[9]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-Voet.2C_Voetov.C3.A1_.281995.29_661-9) Takto přechází chlorofyl vždy z druhého excitovaného stavu do prvního. Z toho vyplývá, že dokáže využít pouze energii odpovídající prvnímu excitovanému stavu.
2. [*Fluorescencí*](http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence) je bez užitku [vyzářen](http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1%C5%99en%C3%AD) foton s nižší energií než přijatý. Tento pochod je pomalejší než vnitřní přeměna, trvá okolo 10 [ns](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sekunda%22%20%5Cl%20%22Dal.C5.A1.C3.AD_jednotky%22%20%5Co%20%22Sekunda).[[9]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-Voet.2C_Voetov.C3.A1_.281995.29_661-9) Takto způsobené ztráty běžně dosahují 3–6 % pohlcené energie.
3. *Přenos excitační energie* na okolní molekuly je možný díky vzájemnému překrývání molekulových [orbitalů](http://cs.wikipedia.org/wiki/Atomov%C3%BD_orbital). Velká část [fotosyntetických barviv](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosyntetick%C3%BD_pigment) (tzv. *anténní barviva*) slouží pouze k absorpci fotonů a přenosu excitační energie do reakčních center, rozhodujícím akceptorem (příjemcem) je [chlorofyl a](http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl). Účinnost energetického přenosu z různých doplňkových barviv na chlorofyl a se pohybuje v rozmezí 20–100 %: z [karotenů](http://cs.wikipedia.org/wiki/Karoteny) 70–80 %, z [fykoerythrinu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fykoerythrin%22%20%5Co%20%22Fykoerythrin) a [fykocyaninu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fykocyanin) 70–90 %, z chlorofylu a až 100 %.[[7]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-.C5.A0eb.C3.A1nek_.281983.29_151-152-7) Energie se z reakčního centra dále nešíří, protože je zasazen do vhodného prostředí, které snižuje energii jeho prvního excitovaného stavu a excitace je polapena.[[9]](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosynt%C3%A9za#cite_note-Voet.2C_Voetov.C3.A1_.281995.29_661-9)
4. *Fotooxidace* je zapříčiněna vypuzením slaběji vázaného elektronu z molekuly chlorofylu. Vzniká oxidovaná forma chlorofylu (Chl+), která má povahu kationtového volného [radikálu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Radik%C3%A1l). Vysoká energie vyexcitovaného elektronu je využita v následných chemických reakcích.

 absorpce světelné energie

* dva fotosystémy pigmentů v tylakoidech chloroplastů, které fungují jako „pasti“ na fotony světelného záření
* fotosystém I: karoteny → karotenoidy → chlorofyl b → různé druhy chlorofylu a → chlorofyl a1 (l = 700 nm)
* fotosystém II: xantofyly → karotenoidy → chlorofyl b → různé druhy chlorofylu a → chlorofyl a2 ( = 680 nm)

**PSII**

* Jádro (core komplex)
	+ Reakční centrum RCII
		- Hydrofobní proteiny, vážou asi 40 molekul *chlorofylu a* + beta karoten (anténní komplex jádra)
		- Tvořeno proteiny D1 a D2, na ten se vážou dvě molekuly *chlorofylu a* => specifický pár
		- V této pozici má chlorofyl absorpční maximum 680nm => P680 (pigment)
		- Na D1 a D2 jsou vázány 2 Feofytiny, atom Fe, dvě molekuly plastochinonu $Q\_{A }, Q\_{B}$
		- Na straně lumenu je asociován s **OEC**
			* Oxygen evolving komplex
			* Rozkládá vodu a uvolňuje kyslík
			* Je tvořen několika hydrofilními proteiny + kofaktory: 4 Mn, $Ca^{2+}$, $Cl^{-}$ (Mn pomáhají přenášet elektron, Ca a Cl stabilizují komplex)
	+ V jádru vázán cytochrom b559
* LHCII (light harvesting komplex) – periferní světlosběrný komplex = anténní komplex
	+ Tvoří obal jádra
	+ Obsahuje fotosyntetické pigmenty: karotenoidy, chlorofyly (jsou asociované se strukturními proteiny); s pigmenty jsou nekovalentně vázány =>**pigmentproteinové komplexy**
* Prostoupeny membránovými lipidy

**Cytochromový komplex b6f**

* **Cytochrom** je označení pro [bílkoviny](http://cs.wikipedia.org/wiki/B%C3%ADlkovina) vázané na [membrány](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bun%C4%9B%C4%8Dn%C3%A1_membr%C3%A1na) a obsahující ve své [molekule](http://cs.wikipedia.org/wiki/Molekula) [hemové](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hem) [skupiny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Funk%C4%8Dn%C3%AD_skupina), které zajišťují přenos [elektronů](http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektron) tak, že se navázané [ionty](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ion) [železa](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezo) střídavě [redukují](http://cs.wikipedia.org/wiki/Redukce_%28chemie%29) a [oxidují](http://cs.wikipedia.org/wiki/Oxidace) z Fe2+ na Fe3+ a zpátky
* Tvořen: elektronové přenašeče: cytochrom $b\_{6}$ (typu b s dvěma hemy), cytochrom f (typu c), Rieskeho protein se strukturou Fe-S
* Vazebná místa pro Plastochinony: $Q\_{p}$ pro redukovaný plastochinon (leží v membránové vrstvě přilehlé k lumenu), $Q\_{n}$ pro oxidovaný plastochinon (v membráně u stromatu)

**PSI**

* Jádro (core komplex)
	+ Reakční centrum RC
		- 50 až 100 molekul *chlorofylu a* a Beta karoten + proteiny reakčního centra => anténní komplex jádra;
		- Karoteny mají funkci především ochrannou a strukturní
		- Tvořeno: Heterodimer hydrofobních proteinů psaA a PsaB, na stromatální straně má hydrofilní podjednotky PsaC a PsaD a na straně lumenu hydrofilní podjednotka PsaF. V jádru jsou ještě další podjednotky
		- Na PsaA a PsaB se váže dimer *chlorofylu a* = specifický pár
			* V tomto postavení má *chlorofyl a* absorpční maximum 700nm => P700
		- První akceptor elektronu: *chlorofyl a* ($A\_{0}$)
		- Přenašeče: Fylochinon ($A\_{1}$) = vitamin K1, centrum Fe-S
		- Další dvě Fe-S centra má podjednotka PsaC
		- PsaD interaguje s mobilním ferredoxinem
		- PsaF interaguje s plastocyaninem (donor elektronu P700)
* **LHCI** (light harvesting complex) – periferní světlosběrný komplex = anténní komplex
	+ Tvoří obal jádra
	+ Obsahuje fotosyntetické pigmenty: karotenoidy, chlorofyly (jsou asociované se strukturními proteiny); s pigmenty jsou nekovalentně vázány =>**pigmentproteinové komplexy**
* Prostoupeny membránovými lipidy

**ATPsyntáza**

* 9 různých podjednotek
* Dvě hlavní části: $CF\_{0}$ a $CF\_{1}$
	+ $CF\_{0}$ je integrální membránový protein, slouží jako **kanál** pro protony
		- Podjednotky I,II,III,IV
	+ $CF\_{1}$- katalytická část, hydrofilní hlava – vykukuje do stromatu
		- Podjednotky alfa, beta, gama, delta, epsilon
	+ Tři vazebná místa pro nukleotid – 3 konformační stavy
	+ Open Loose Tight

**Mobilní molekuly**

* **Plastochinon PQ** – přenašeč elektronu v membráně thylakoidu, je silně hydrofobní a proto je držena v membráně
	+ $PQH\_{2}$ **– semiplastochinol** – když probehne oxidace na obou atomech kyslíku
* **Plastocyanin PC –** malý hydrofobní protein, obsahuje dva atomy Cu, přenáší jeden elektron
	+ Oxidovaný se váže k cytochromovému komplexu (na straně lumenu)
	+ Redukovaný se váže k PSI
* **Ferredoxin** – malé proteiny, obsahují jedno nebo dvě Fe-S centra, přenášejí elektron

**Přenos elektronu fotosyntetickým aparátem**

* Karotenoidy absorbovanou energii přenesou na chlorofyly (z modré a fialové oblasti spektra)
* Chlorofyly absorbují ze dvou oblastí spektra – modré+fialové a v červené
	+ Dva typy excitovaných stavů – modrý má vyšší E
* Energie se mezi pigmenty přenáší **Indukční resonancí** (Försterův přenos energie)
	+ Potřeba minimální vzdálenosti molekul, správná prostorová orientace
	+ To zajišťuje anténní komplexy a jádra fotosystémů
	+ Energie se přenáší až s 95% účinností
* Směrem k reakčnímu centru množství energie potřebné k excitaci pigmentu postupně klesá **(vlnová délka absorpčního maxima stoupá)** => na periferii LHC je více *chlorofylu b*, v reakčním centru je *chlorofyl a*, ten je excitovaný nižší energií. => zajištění **jednosměrného přenosu** energie do RC
* V RC se mění energie záření na energii redoxních reakcí
* V RC: *chlorofyl a* se excituje –> uvolní elektron –> *chlorofyl a* se oxiduje, první elektronový akceptor se redukuje
* Oxidovaný *chlorofyl a* přijme elektron od příslušného donoru a může se dále excitovat

**Necyklický přenos elektronu:**

* Z PSII je přenášen elektron Plastochinonem (PQ) na cytochromový komplex, pak Plastocyaninem (PC) na PSI.
* Energie ze všech pigmentů PSII je přenesena do RCII, předána jedné molekule *chlorofylu a* => excitace => *chlorofyl* $a^{\*}$(změní se redoxní potenciál – stane se negativním: z +1,1V na -0,6V) => elektron přejde na molekulu **feofytinu**(má vyšší afinitu k $e^{-}$ než molekula chlorofylu) => oddělení náboje = předání elektronu z *chlorofylu a* (donor)na Feofytin(akceptor) => *chlorofyl a* se oxiduje na *chlorofyl* $a^{+}$, feofytin se redukuje na $feofytin^{-}$
	+ Energie elektromagnetického záření se mění na fotochemickou, dojde k uvolnění elektronu, poté je to energie oxidačně redukčních reakcí
	+ Chlorofyl a + hv –> chlorofyl $a^{\*}$ (excitace)
	+ Chlorofyl $a^{\*}$ + feofytin –> chlorofyl $a^{+}$ + $feofytin^{-}$ (fotochemická reakce)
* Elektron putuje:
	+ Feofytin => Fe => Plastochinon $Q\_{A}$, ta je vázaná na D2 (má klednější redoxní potenciál než feofytin), $Q\_{A}$ se redukuje na $Q\_{A}^{ -}$ –> elektron je transportován na $Q\_{B}$(vázaný na D1) –> redukovaný semichinon $Q\_{B}^{ - }$, ten přijme další elektron od feofytinu – vznik $Q\_{B}^{ 2-}$, poté přijme ještě 2 $H^{+}$ ze stromatu – plastochinol $PQH\_{2}$ => uvolní se do membrány (je slabě vázán), na jeho vazbné místo naskočí další molekula PQ které jsou v přebytku a mají vyšší afinitu k vaz.místu (vytěsní $PQH\_{2}$) => putuje k **cytochromovému komplexu** $b\_{6}f$=> váže se na místo $Q\_{p}$ (na thylakoidální straně membrány), jeden elektron => **Rieskeho protein** => **cytochrom f** => **plastocyanin PC**
	+ druhý elektron redukuje cytochrom $b\_{l}$ (Low potential) na $b\_{h}$ (High potential) => elektron z cyt.$b\_{h}$ redukuje PQ na semichinon $PQ^{-}$ => elektron z dalšího $PQH\_{2}$ to redukuje na $PQ^{2-}$=> +2 protony ze stromatu => $PQH\_{2}$=> ta se uvolní, vazebné místo $Q\_{n}$ obsadí další molekula PQ => $PQH\_{2}$ se naváže na $Q\_{p}$ , protony jsou uvolněny do lumenu. Celý proces se opakuje. **=> Q cyklus**
* Plastocyanin je donorem elektronu pro PSI (přenáší elektron z cytochrom.komplexu na PSI)
* Podobně jako v PSII, energie z pigmentů v LHCI je přenesena do RCI => excitace *chlorofylu a* ze specifického páru (P700) => uvolní se elektron =>akceptorová molekula *chlorofylu a* ($A\_{0}$); oxidovaný chlorofyl přijme elektron z plastocyaninu => *Chlorofyl a* přejde do základního stavu
* Redukovaný *chlorofyl a* $A\_{0}^{ -}$ => předá elektron do RCI => akceptor $A\_{1}$ Fylochinon (vitamin K1) => elektron na $F\_{X}$ (Fe-S, PsaC a další podjednotky $F\_{A}$, $F\_{B}$) => elektron se v membráně posune z oblasti blízko lumenu do oblasti blíže stromatu => z centra $F\_{B}$ => **ferredoxin** (mobilní molekula) => uvolnění do stromatu (v redukovaném stavu)

**Cyklický přenos elektronu**

Elektron se vrací na cytochromový komplex $b\_{6}f$, projde Q cyklem a vrací se (nese ho plastocyanin) na specifický pár chlorofylu v RCI. Není to úplně do detailů probádané.

Zpět k přenosu elektronu

* **Ferredoxin**  je silné redukční činidlo, ve stromatu redukuje NADP+
* **FNR** – ferredoxin-NADP+reduktáza => NADPH$ $ + $H^{+}$
	+ Jsou potřeba dva elektrony a jeden protom
	+ NADPH je velmi důležité v sekundární fázi fotosyntézy
	+ Vzniká pouze při necyklickém přenosu elektronu
* Ferredoxin také poskytuje elektrony pro redukci nitritového aniontu $NO\_{2}^{ -}$ na kation amonný; pro redukci síranového aniontu.

**Zpět k vodě a OEC (PSII)**

* Oxidovaný chlorofyl a v RCII musí přijmout jeden elektron aby se dostal do základního stavu=> **fotolýza vody** v **OEC**
	+ Elektrony z  [H](http://cs.wikipedia.org/wiki/Vod%C3%ADk)2[O](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kysl%C3%ADk) se dočasně vážou => **kumulace náboje**, díky **manganovému klastru** (4 atomy Mn stabilizovány díky proteinům OEC, Ca2+ a Cl-)
	+ Elektrony jsou transportovány přes zbytek **tyrozinu** (na proteinu D1) na chlorofyl a v RCII
	+ Manganový klastr reaguje s dvěma molekulami vody (odebere 4e a 2 $H^{+}$) => $O\_{2}$ + $2H^{+}$ to se uvolní do lumenu
	+ Díky kumulaci je zabráněno vzniku kyslíkových radikálů
	+ $H^{+}$ zůstavají v lumenu

**Syntéza ATP**

* Přip.: membrána thylakoidu je nepropustná pro protony
* Při rozkladu vody a při transportu elektronu plastochinonem se vytvoří rozdíl v koncentraci protonů => rozdíl pH => rozdíl náboje => vznik gradientu a náboje na membráně => vytvoření potenciální protonmotorické síly => využito k syntéze ATP z ADP a Pi (Phosphate inorganic – anion kyseliny fosforečné)
* **Fotofosforylace**, katalyzovaná **ATPsyntázou:**
* Dvě hlavní části: $CF\_{0}$ a $CF\_{1}$
	+ $CF\_{0}$ je integrální membránový protein, slouží jako **kanál** pro protony
		- Podjednotky I,II,III,IV
	+ $CF\_{1}$- katalytická část, hydrofilní hlava – vykukuje do stromatu
	+ Tři vazebná místa pro nukleotid – 3 konformační stavy
	+ Open Loose Tight
	+ **O => L => T => O => …**
	+ **O**  - naváže se ADP a Pi
	+ **L** – ADP a Pi volně vázány
	+ **T** – nukleotid je pevně vázán => **ATP**
	+ **O** – ATP se uvolní (do stromatu)
	+ Konformační změny jsou způsobeny podjednotkou gama – rotuje (díky proudu protonů)
* Ve stromatu vodíky tvoří s OH- vodu