

BIOLOŠKI VIDIK VNOSA PRVIN

0. Uvod

- Uporaba prvine v organizmu je odvisna od njenega vnosa vanj.
- Snovi iz geološke podlage preko tal in rastlin vstopajo v živali.
- Organizem potrebuje ~ 20 naravnih kemijskih prvin.
- Med evolucijo so se razvili mehanizmi vnosa in uporabe prvin v organizmih, ki so specifični za določene vrste.
- Organizmi so večinoma učinkovito sposobni zavrniti prvine, ki zanje niso esencialne (bistvene) ali celo škodljive.

1. Bistvenost (esencialnost) prvin

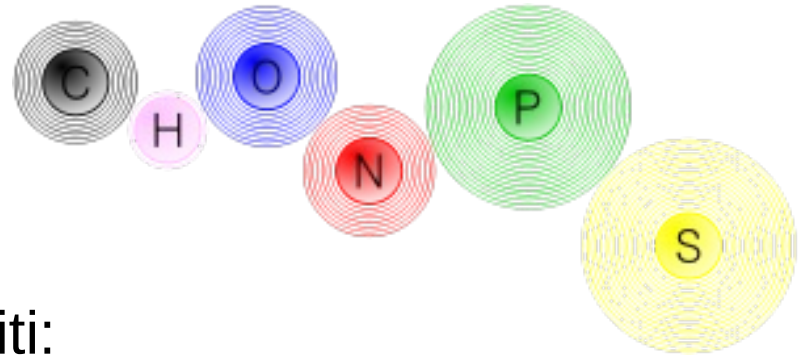
- Položaj prvin v periodnem sistemu določa in pojasnjuje njihovo obnašanje.
- V vseh bioloških sistemih prevladuje 11 prvin, ki so približno stalne.
- Gradijo 99,9% človeškega telesa.

hydrogen 1 H 1.0079																	helium 2 He 4.0026				
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122															boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305															aluminium 13 Al 26.982	silicon 14 Si 28.086	phosphorus 15 P 30.974	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.956	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80				
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.91	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	indium 49 In 114.82	tin 50 Sn 118.71	antimony 51 Sb 121.76	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.90	xenon 54 Xe 131.29				
caesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33	57-70 *	lutetium 71 Lu 174.97	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.95	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.21	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.22	platinum 78 Pt 195.08	gold 79 Au 196.97	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.38	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.98	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]			
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	89-102 * *	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	ununilium 110 Uun [271]	unununium 111 Uuu [272]	ununbium 112 Uub [277]	ununquadium 114 Uuq [289]								

1. Bistvenost (esencialnost) prvin

- Glavne (major) prvine:

- 99%
- H, C, N, O
- Vse so nekovine.

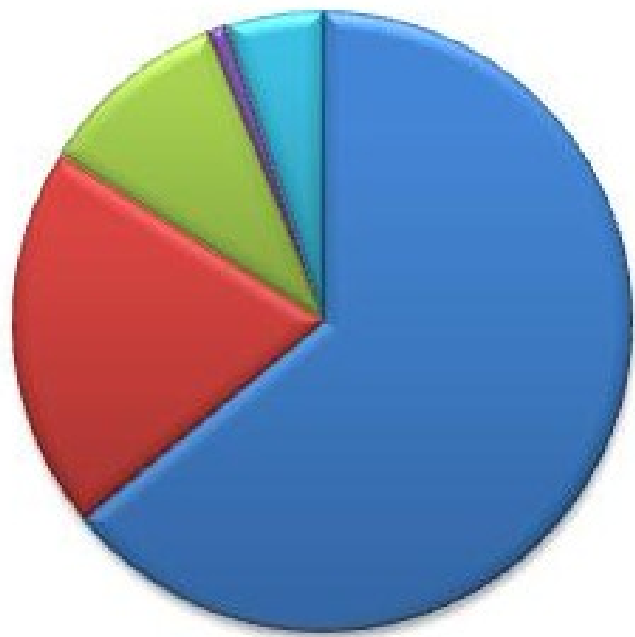


- Stranske (minor) prvine ali elektroliti:

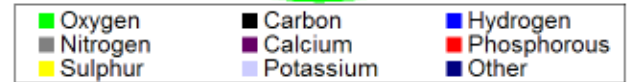
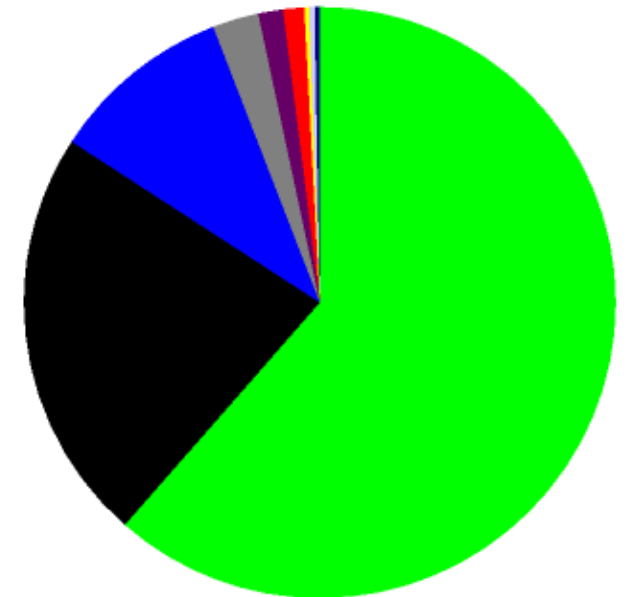
- 0,9%
- Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca
- So kovine in nekovine, s samo enim razpoložljivim oksidacijskim stanjem.

- Sledne prvine:

- <100 mg/kg glede na analitsko kemijo oz. v biologiji tiste, ki so izključene
- 73 do 75 prvin, ki sovpadajo ne glede na analitski in biološki vidik.
- Bistvene sledne prvine so večinoma kovine, z izjemo nekovin Se in I.
- B (bistven zlasti za rastline) in Si sta ne-reducirajoči nekovini.



Chemical composition of the human body by mass



Element Mass (kg)[6]

Oxygen 43

Carbon 16

Hydrogen 7

Nitrogen 1,8

Calcium 1.0

Phosphorus 7.8e-1

Potassium 1.4e-1

Sulfur 0.140

Chlorine 0.095

Sodium 0.100

Magnesium 0.019

Positive health role in mammals

Yes (water, electron acceptor) /No (Reactive Oxygen Species)

Yes (organic compounds are hydrocarbon derivatives)

Yes (e.g. water)

Yes (e.g. DNA and amino acids)

Yes (e.g. Calmodulin and Hydroxylapatite in bones)

Yes (e.g. DNA and phosphorylation)

Yes (e.g. Na⁺/K⁺-ATPase)

Yes (e.g. Cysteine and Methionine)

Yes (e.g. Cl-transporting ATPase)

Yes (e.g. Na⁺/K⁺-ATPase)

Yes (e.g. binding to ATP)

Element	Mass (kg)[6]	Positive health role in mammals
Iron*	0.0042	Yes (e.g. Hemoglobin)
Fluorine	0.0026	<u>Yes/No (topically hardens teeth; toxic in higher amounts)</u>
Zinc	0.0023	Yes (e.g. Zinc finger proteins)
Silicon	0.0010	<u>Yes (probable)</u>
Zirconium	0.000001	No
Strontium	0.00032	No (?)
Rubidium	0.00068	<u>No (?)</u>
Bromine	0.00026	No (?)
Lead	0.00012	No (?) (toxic in higher amounts)
Niobium	0.0000015	No
Lanthanum	8E-07	No
Copper	0.000072	Yes (e.g. copper proteins)
Aluminium	0.000060	No(?) (toxic?)
Cadmium	0.000050	No(?) (toxic in higher amounts)
Boron	0.000018	<u>Yes (probable)</u>
Cerium	0.000040	No
Barium	0.000022	No (toxic?)
Vanadium	1.1e-7	<u>Yes (not confirmed)</u>
Arsenic	0.000007	<u>Yes (not confirmed). Toxic in higher amounts</u>
Tin	0.000020	No(?)
Mercury	0.000006	No (toxic)
Selenium	0.000015	<u>Yes/No (toxic in higher amounts)</u>
Manganese	0.000012	Yes (e.g. Mn-SOD)
Iodine	0.000020	Yes (e.g. Thyroxine)
Nickel	0.000015	Yes(e.g. urease)

Element	Mass (kg)[6]	Positive health role in mammals
Gold	2E-07	No
Molybdenum	0,000005	Yes (e.g. the molybdenum oxotransferases Xanthine oxidase and Sulfite oxidase)
Titanium	0.000020	No
Tellurium	7E-07	No
Antimony	0.000002	No
Lithium	0.000007	Yes (not confirmed). Toxic in high amounts. Useful medically (mood stabilizer).
Chromium	0.000014	Yes (not confirmed)
Caesium	0,000006	No
Cobalt	0.000003	Yes (e.g. vitamin B12)
Silver	0.000002	No (toxic)
Uranium	1E-07	No (toxic)
Beryllium	3.6e-8	No (toxic)
Radium	3E-14	No (toxic)
Indium	4E-07	No
Samarium	5.0e-8	No
Tantalum	2E-07	No
Yttrium	6E-07	No
Germanium	0.000005	No (?)
Gallium	7E-07	No
Scandium	2E-07	No
Thorium	1E-07	No (toxic)
Bismuth	5E-07	No
Thallium	5E-07	No (toxic)
Tungsten	2.0e-8	No

1. Bistvenost (esencialnost) prvin

- Sledna prvina je bistvena, če velja:
 1. prisotna je v vseh zdravih tkivih živih bitij,
 2. njena koncentracija je v različnih živalih približno stalna,
 3. ne glede na vrsto organizma, njena odstranitev iz sistema povzroči ponovljivo eneka fiziološka in strukturna odstopanja,
 4. njeno dodajanje prepreči ali pozdravi te anomalije,
 5. zaradi pomanjkanja nastala odstopanja, vedno spremljajo določene biokemične spremembe,
 6. te spremembe lahko preprečimo ali ozdravimo, če preprečimo ali nadomestimo pomanjkanje te prvine.

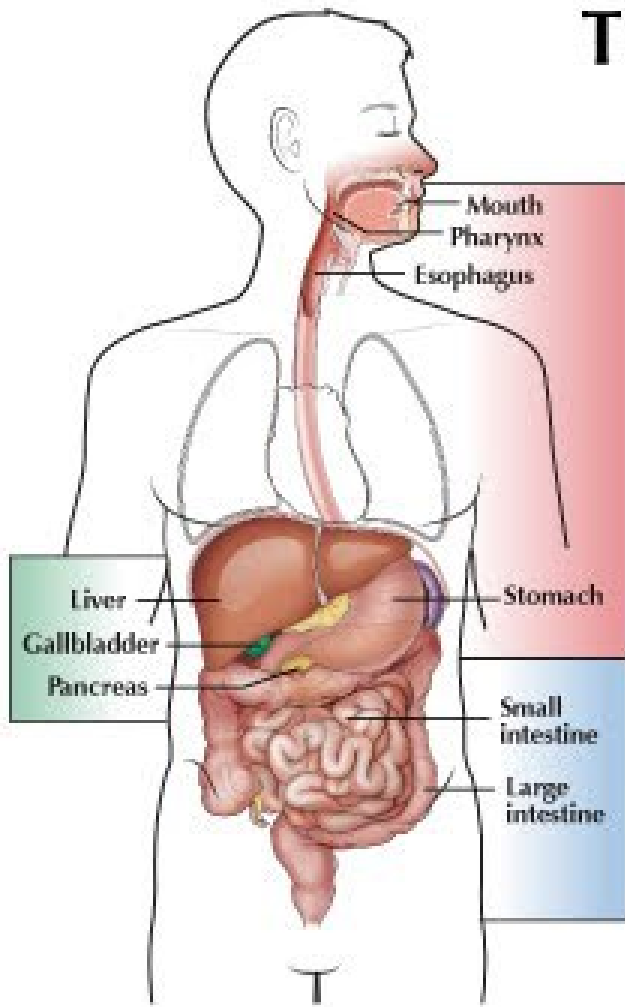
1. Bistvenost (esencialnost) prvin

- V nekaterih primerih je potrebno navedenih 6 kriterijev nekoliko modificirati.
- Tehnično esencialnost lažje dokažemo za prvine, ki so prisotne v višji koncentraciji.
- Z razvojem analitike se širi nabor bistvenih prvin.
- Esencialnost prvin temelji na kemiji zgodnjih beljakovin.
- Večina slednih prvin, bistvenih za živali in rastline, je v prvi vrstici prehodnih (redoks) kovin.
- Cink ni prehodna kovina in ne sodeluje v redoks reakcijah, je pa pomembna Lewisova kislina (akceptor elektronskega para).

2. Splošni vidiki vnosa prvin

- Proces vnosa je odvisen od zapletenosti živega organizma.
- Pri človeku se vnos začne v prebavnem traktu, pretežno v dvanajstniku in prvem delu jejunuma (teščega črevesa).
- Vnešene prvine se preko črevesne sluznice prenesejo do krvnega obtoka, ki jih prenese do jeter, kjer se prvine izločijo in prenesejo v glavni krvni obtok.
- Ta jih prenese do organov, ki jih bodo uporabi in vstopijo v njihove celice.
- Če v celici ne najdejo končnega cilja, se nadaljuje transport preko dodatnih celičnih membran.
 - Celica ali organel ne smeta biti popolnoma odprta ali zaprta proti okolici.
 - Celična notranjost mora biti zavarovana pred toksini, a mora sprejemati presnovke (metabolite) in izločati odpadne snovi.
 - Zapletena membranska struktura uravnava ta prenos.

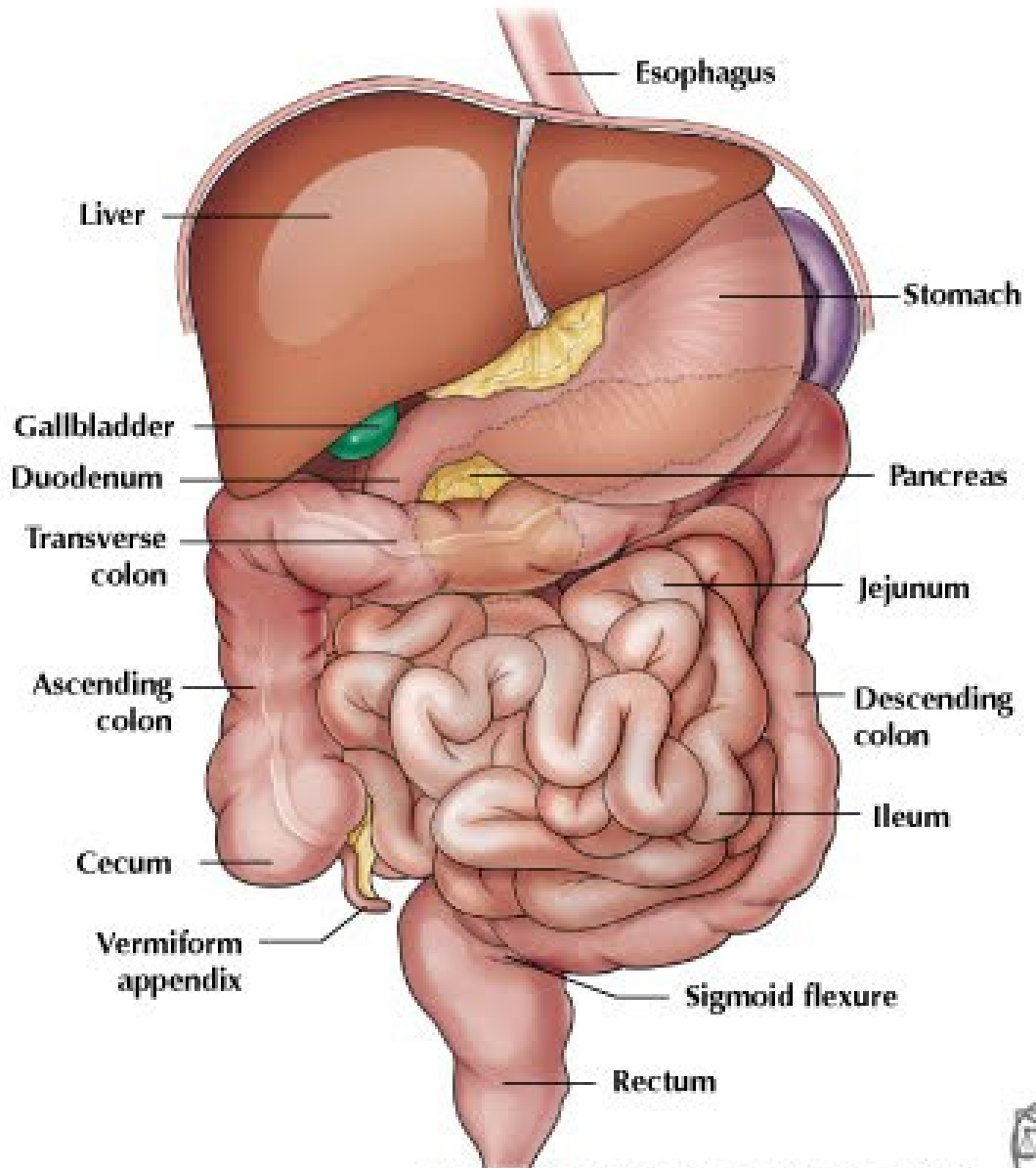
THE GASTROINTESTINAL SYSTEM



Upper GI tract

Lower GI tract

Accessory organs



3. Termodinamika prenosa

- Spomnimo se:
$$\Delta G = RT \ln \frac{C_1}{C_2}$$
- Proces je termodinamično ugoden, kadar je $\Delta G < 0$, torej ko je $C_2 < C_1$.
- Zaradi prenosa snovi C_1 toliko časa narašča, dokler ni $C_2 = C_1$ in je sistem v ravnotežju ter $\Delta G = 0$.
- To ravnotežje je končno stanje, ki se mu približuje prenos skozi membrano.
- Koncentracija snovi na zunanji in notranji strani membrane je takrat enaka.

3. Termodinamika prenosa

- Uravnoveženju se je mogoče izogniti pod tremi pogoji, pomembnimi za obnašanje membran.
 1. Snov lahko vežejo makromolekule, prisotne le na eni strani membrane.
 2. Snov se lahko po prehodu membrane kemično spremeni.
 3. Snov je lahko bolj koncentrirana v celici kot izven nje, a je več snovi v celici vezane na makromolekule ali se lahko spremeni. Ta vezani del ne vstopa v ravnotežno enačbo.
 4. Primer: meritve bodo kazale, da je koncentracija molekularnega kisika v krvni plazmi nižja kot v rdečih krvničkah. A je v rdečih krvničkah vključen tudi del, vezan na hemoglobin. Uravnovežena pa je količina prostega kisika!

3. Termodinamika prenosa

- Razporeditev ionov na obeh straneh membrane pogosto določa električni potencial.
- Negativno nabita notranjost celice privlači katione in izloča anione.
- Sprememba proste energije transporta preko membrane je tako:

$$\Delta G = RT \ln \frac{C_1}{C_2} + ZF\Delta\Psi$$

- Kjer je Z naboj iona, F Faradayeva konstanta in $\Delta\psi$ transmembranski električni potencial.
- Kationi vstopajo v celico z negativnim notranjim nabojem glede na zunanost, ko je Z pozitiven in $\Delta\psi$ negativen.

3. Termodinamika prenosa

- V večini celic je razlika v koncentracijah ionov, na obeh straneh membrane, več kot desetkratna.
- V biologiji je zato aktivni transport proces, ki zahteva največ energije.
- V dejanskih razmerah se tako enačba spremeni v:

$$\Delta G = RT \ln \frac{C_1}{C_2} + \Delta G'$$

- kjer $\Delta G'$ ustreza termodinamično ugodni reakciji.
- Primer takih okoliščin je, ko prenos snovi spremlja hidroliza ATP (adenozin trifosfat).
- Preko membrane zato lahko prihaja do prenosa snovi tudi takrat, ko koncentracijski gradient ni ugoden.

3. Termodinamika prenosa

- Mehanizmi prenosa snovi skozi membrano:
 - A. Pasivni prenos: Difuzija
 - B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija
 - C. Tri splošne vrste prenosa
 - D. Aktivni prenos: Prenos v nasprotni smeri koncentracijskega gradienta
 - E. Vrste transportnih ATPaz
 - F. Ionske črpalke

A. Pasivni prenos: Difuzija

- Pojavi se zaradi naključnega prhajanja molekul skozi membrano – molekularna difuzija.
- Med pasivnim transportom je na koncu koncentracija snovi na obeh straneh membrane enaka.
- Hitrost transporta skozi membrano J

(mol cm⁻²s⁻¹) je sorazmerna

razliki koncentracij:

$$J = -\frac{KD_1(C_2 - C_1)}{l}$$

- kjer je l debelina membrane, D_1 difuzijski koeficient snovi v membrani in K porazdelitveni koeficient razprševane snovi med maščobo in vodo (razmerje topnosti snovi v maščobi in vodi).

A. Pasivni prenos: Difuzija

- K ima za ione in hidrofilne snovi zelo nizko vrednost.
- Difuzija takih snovi skozi maščobno ovojnico je zato izredno počasna.
- D_1 ni enak difuzijskemu koeficientu D , ki bi ga ista molekula imela v vodni raztopini.
- Odvisen je od velikosti in oblike molekule ter viskoznosti maščobne membrane.
- K , D_1 in točne debeline membrane običajno ne poznamo, zato hitrost opišemo s koeficientom prepustnosti P , ki ga lahko eksperimentalno merimo.
$$J = -P(C_2 - C_1)$$

A. Pasivni prenos: Difuzija

- Izrazimo ga v cm/s:

$$P = \frac{KD_1}{l}$$

- Ioni imajo nizke vrednosti P, ker so njihovi porazdelitveni koeficienti K majhni.

- Iz še nepojasnjenih razlogov biološke membrane niso zelo izrazite bariere za vodo, kar je izredna prednost pri izmenjavi vode z okolico.

TABLE I. Permeability Coefficients from Some Ions and Molecules Through Membranes

P (cm s^{-1})	Membrane Phosphatidylserine	Human Erythrocyte
K^+	$<9 \times 10^{-13}$	2.4×10^{-10}
Na^+	$<1.6 \times 10^{-13}$	10^{-10}
Cl^-	1.5×10^{-11}	1.4×10^{-4a}
Glucose	4×10^{-10}	2×10^{-5a}
Water	5×10^{-3}	5×10^{-3}

^a Facilitated transport. Note that whenever facilitated transport is encountered, the permeability coefficient rises dramatically.

B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija

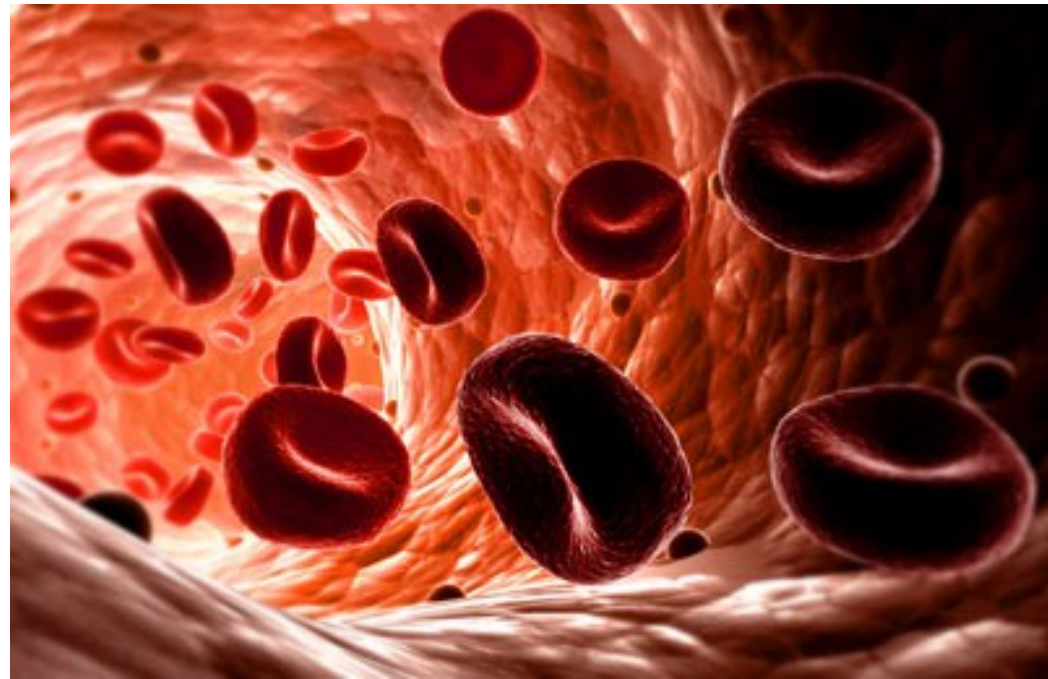
- Funkcionalne in presnovne (metabolične) potrebe celice pogosto zahtevajo prenos, učinkovitejši od pasivne difuzije.
- Premeščanje katabolično proizvedenega CO₂ je povezano z izmenjavo HCO₃⁻ in Cl⁻ iz rdečih krvničk.
- Koeficienti prepustnosti Cl⁻ in HCO₃⁻ v membranah eritrocitov so 10 milijonkrat večji kot v čistih maščobnih membranah!

TABLE I. Permeability Coefficients from Some Ions and Molecules Through Membranes

<i>P</i> (cm s ⁻¹)	Membrane Phosphatidylserine	Human Erythrocyte
K ⁺	$<9 \times 10^{-13}$	2.4×10^{-10}
Na ⁺	$<1.6 \times 10^{-13}$	10^{-10}
Cl ⁻	1.5×10^{-11}	1.4×10^{-4a}
Glucose	4×10^{-10}	2×10^{-5a}
Water	5×10^{-3}	5×10^{-3}

^a Facilitated transport. Note that whenever facilitated transport is encountered, the permeability coefficient rises dramatically.

- Katabolizem je razgradnja presnovnih produktov do enostavnejših molekul. Telo uporablja katabolne procese zlasti za razstrupljanje in pridobivanje energije.
- CO_2 v dihalnih tkivih vstopi v eritrocite, kjer ga ogljikova anhidraza in od cinka odvisni encim, pretvorita v HCO_3^- .
- Ta izstopi iz rdeče krvničke (eritrocite) in vanjo vstopi Cl^- .
- V plazmi se HCO_3^- prenese v pljuča, kjer vstopi v eritrocit, iz katerega izstopi Cl^- .
- V eritrocitu HCO_3^- s pomočjo ogljikove anhidraze preide v CO_2 , zapusti celico in se izdiha.



B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija

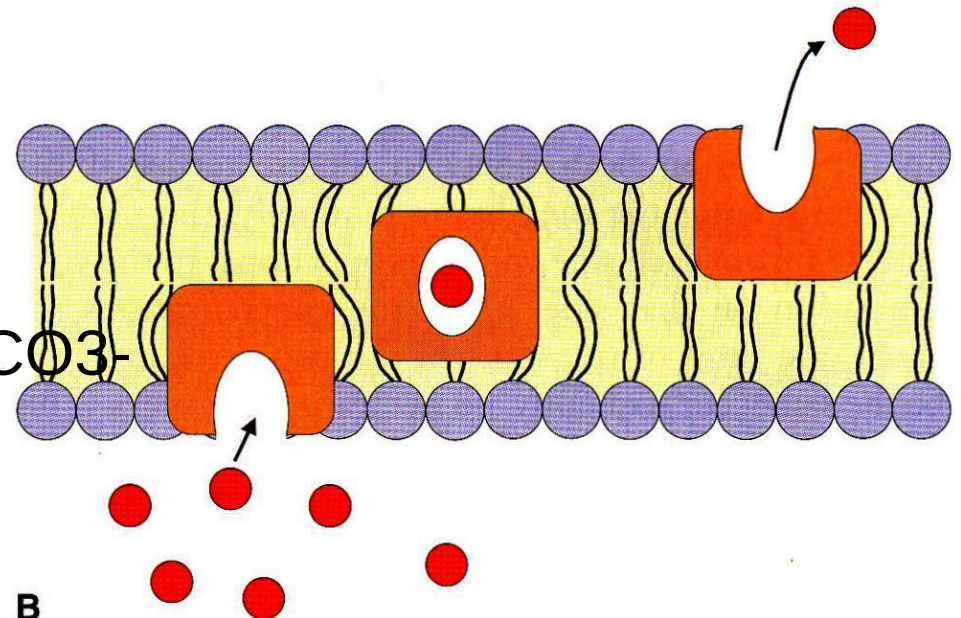
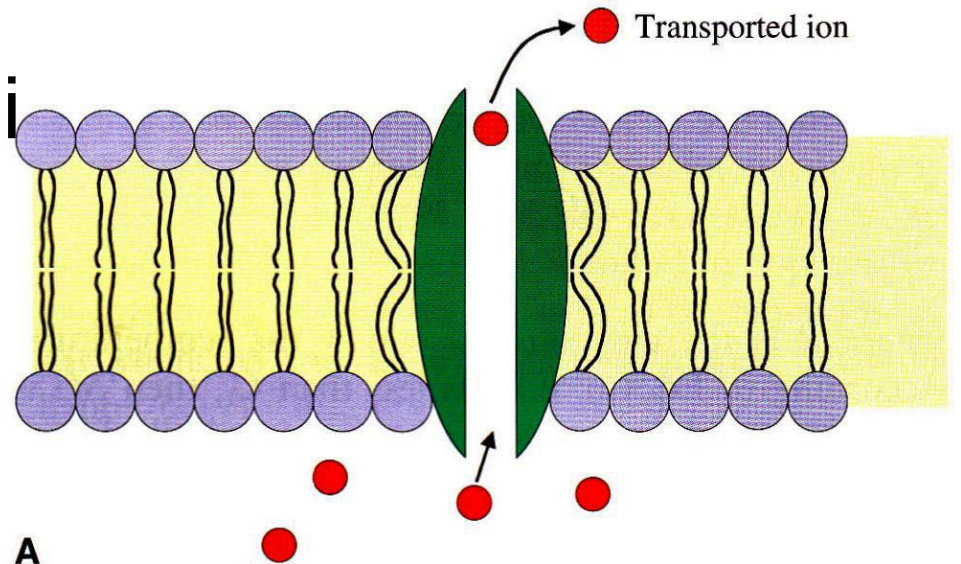
- Poznamo dve osnovni vrsti pospešenega prenosa:

A. Pore iz transmembranskih beljakovin

Tako deluje hitri

prenos Cl^- in HCO_3^-

B. Transmembranske prenašalne molekule _B



B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija

- A. Pri **prenosu s pomočjo por** v membrani sodelujejo npr. beljakovine, ki služijo kot kanal za anione v celični steni.
- Membrano za nekajkrat raztegnejo.
 - Vnos in iznos snovi ($\text{Cl}^- \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$) je uravnotežen, ko ene snovi ni, se ustavi prenos druge.
 - Beljakovina v membrano ne naredi luknje, temveč selektivno prepušča ione v razmerju 1:1.
 - Za prenos O_2 ali CO_2 olajšan prenos ni potreben, saj majhne nepolarne molekule skozi membrano prehajajo dovolj hitro z difuzijo.

B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija

B. Primer s **prenašalno molekulo olajšanega prenosa** je npr. antibiotik valinomycin, ki ima zunanji ovoje s številnimi metilnimi skupinami in je zato hidrofoben.

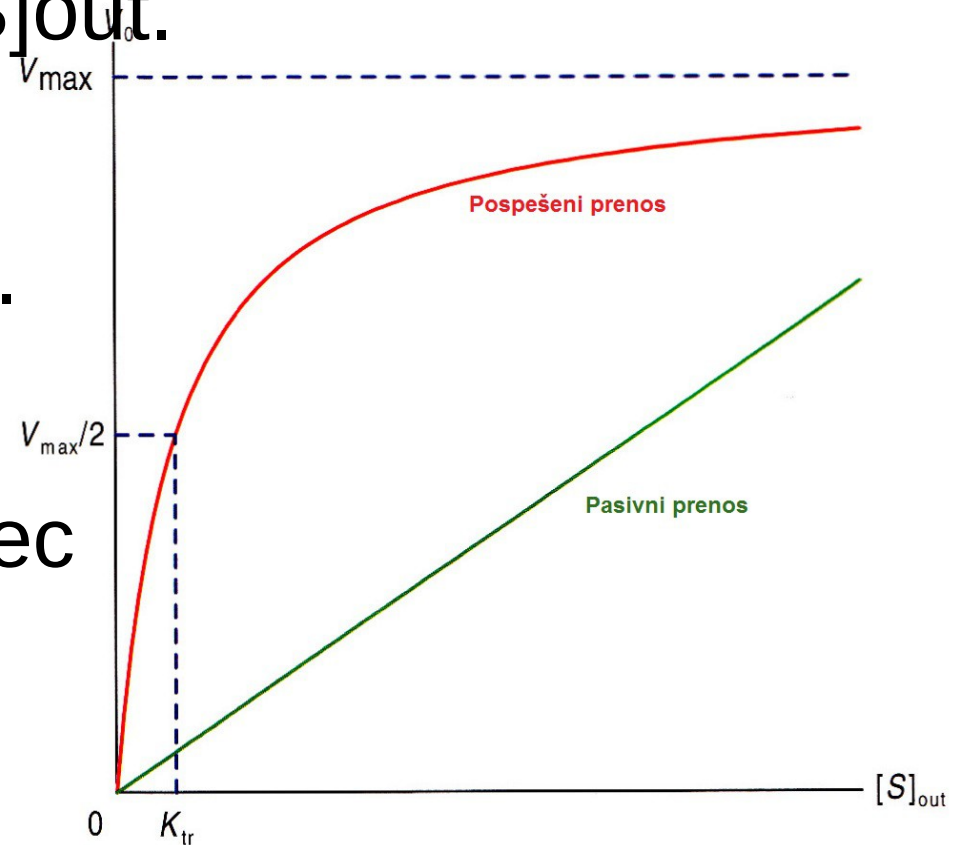
- V notranjosti ima kisikove in dušikove skupine, ki lahko vežejo v kelat le K^+ .
- Zaradi hidrofobne zunanosti, za razliko od samega K^+ , zlahka prehaja skozi membrano.

B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija

- Merljiva razlika med pasivnim in pospešenim transportom je poleg hitrosti prenosa nasičenje, ki je značilnost pospešenega prenosa.
- V membrani je določeno končno število por oz. prenašalcev, ki vsak lahko sočasno prenaša le en ion.
- Nasičenje nastopi, ko so zasedene vse prenašalne zmogljivosti.
- Hitrost prenosa se približa maksimalni, ko je koncentracija substrata visoka.

B. Olajšan prenos: Pospešena difuzija

- V_0 je začetna hitrost prenosa v membrano, pri zunanji koncentraciji $[S]_{out}$.
- V_{max} je najvišja hitrost prenosa snovi.
- K_{tr} je koncentracija snovi, ko je prenašalec pol-nasičen.



- **Pasivni in olajšan prenos sta difuzija in ne zahtevata energije!**

C. Tri splošne vrste prenosa

- Ugotovljeni so trije načini prenosa skozi membrano.
- Odvisni so od števila snovi in smeri njihovega prenosa.

1. Uniportni prenos

- Prenaša se le ena snov
- Glukoza v rdečo krvničko

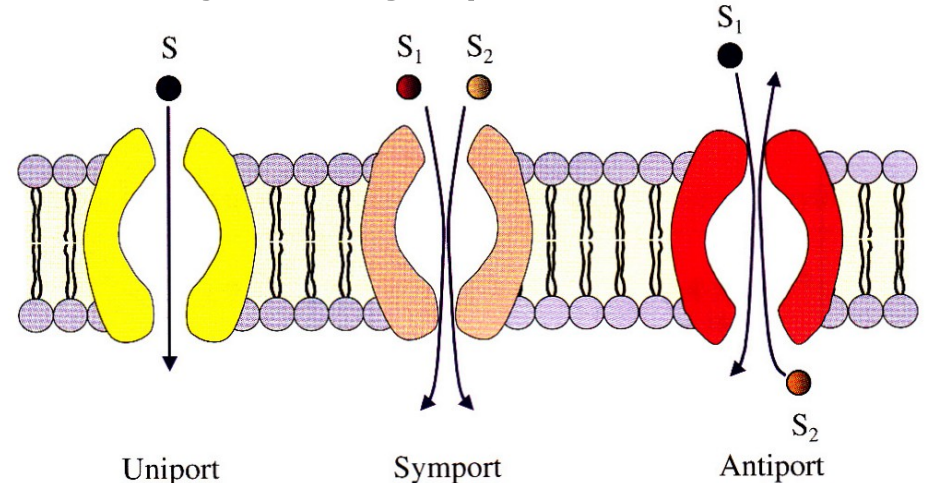
2. Antiportni prenos

- Ena snov se prenaša v, druga sočasno iz

Band 3 ali anionski izmenjevalec 1 beljakovina, kjer se en ion vnaša, drugi iznaša.

3. Simportni prenos

- Sočasen prenos dveh snovi
- Glukoza in nekatere aminokisljine se simportno prenašajo z Na^+ . Izkoristijo gradient, ki ga v plazmi membrane ustvari Na^+ , K^+ -ATPaza.



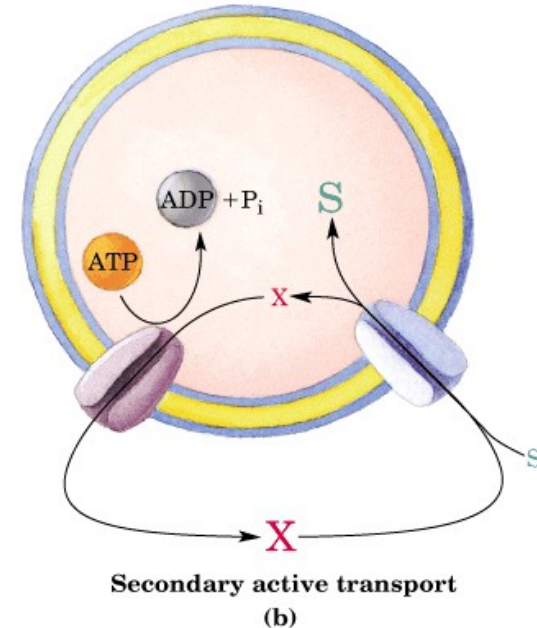
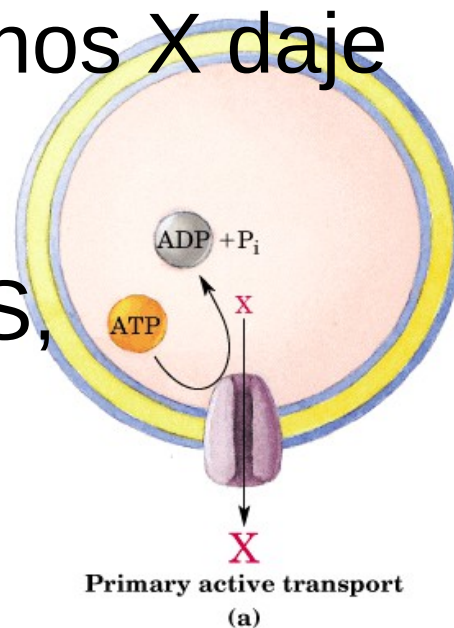
D. Aktivni prenos: Prenos v nasprotni smeri koncentracijskega gradienta

- Prenos, nasproten kemičnemu gradientu je termodinamično neugoden ($\Delta G > 0$), a pogosto nujen (npr. zadrževanje Ca^{2+} v mišicah).
- Poteka lahko le, če je vezan na proces, ki je termodinamično ugoden – absorpcija svetlobe, oksidacija, razpad ATP ali sočasen prenos snovi v smeri njenega kemičnega gradienta.
- Aktivni prenos je lahko primaren ali sekundaren.

D. Aktivni prenos: Prenos v nasprotni smeri koncentracijskega gradienta

- Pri primarnem aktivnem transportu lahko snov potuje v nasprotni smeri gradienta zaradi energije, sproščene s hidrolizo ATP.
- Pri sekundarnem aktivnem transportu, gradient iona X (pogosto Na^+) zagotavlja primarni aktivni transport. Prenos X daje

energijo za sočasen prenos druge snovi S, v smeri nasprotni njenemu gradientu.

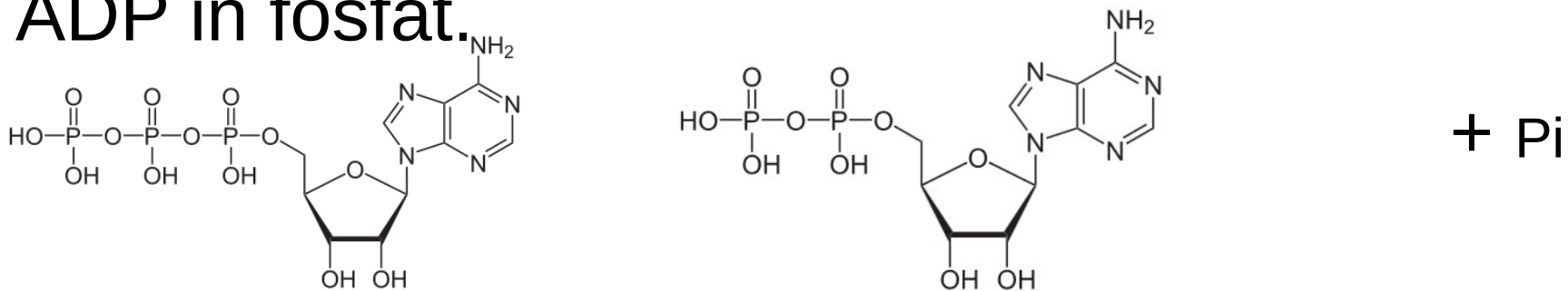


D. Aktivni prenos: Prenos v nasprotni smeri koncentracijskega gradienta

- Za iznos Ca^{2+} iz celice je potrebno 9,1 kJ energije.
- Koliko energije je potrebno za premik enega iona je odvisno od elektrokemičnega potenciala ali vsote kemičnih in električnih gradientov.
- Večina celic vzdržuje več kot 10x razliko med koncentracijami ionov v plazmi ali znotrajceličnimi membranami.
- Za večino celic in tkiv je aktivni prenos glavni porabnik energije.

E. Vrste transportnih ATPaz

- ATPaza je encim, ki katalizira hidrolizo APT-ja v ADP in fosfat.



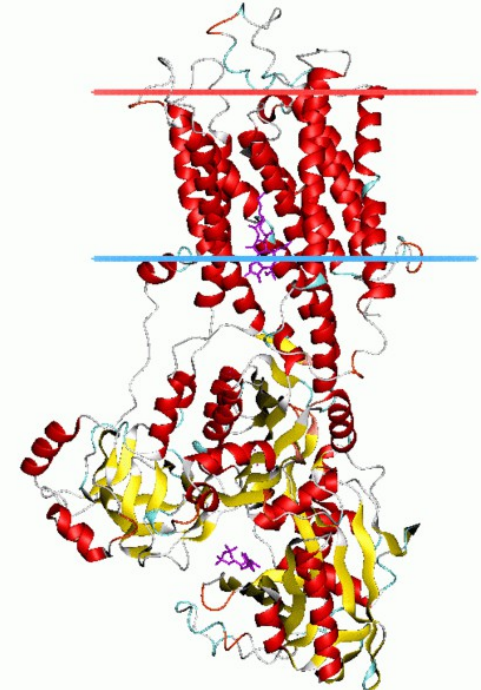
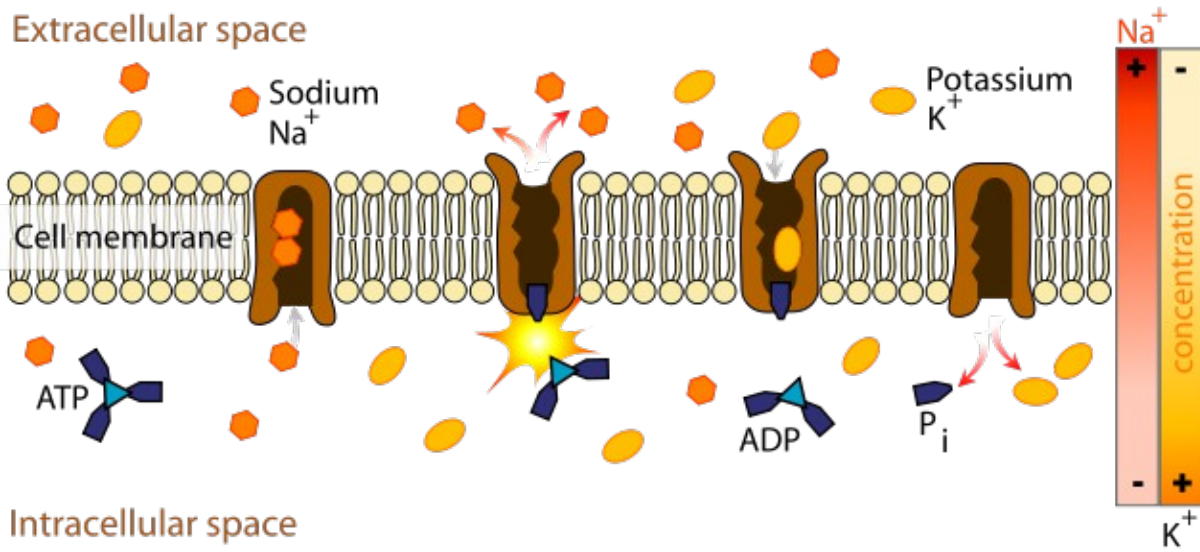
- Štirje poznani tipi ATPaze so
 - P tip,
 - V tip,
 - F tip in
 - multipli prenašalci
 - zadnji ne sodeluje pri prenosu prvin

TABLE II. Four Classes of ATPases

<i>P-type ATPases</i>	<i>Organism or Tissue</i>	<i>Type of Membrane</i>
Na ⁺ , K ⁺	Animal tissues	Plasma
H ⁺ , K ⁺	Acid-secreting (parietal) cells of mammals	Plasma
H ⁺	Fungi (<i>Neurospora</i>)	Plasma
H ⁺	Higher plants	Plasma
Ca ²⁺	Animal tissues	Plasma
Ca ²⁺	Myocytes of animals	Sarcoplasmic reticulum (ER)
Cd ²⁺ , Hg ²⁺ , Cu ²⁺	Bacteria	Plasma
<i>V-type ATPases</i>		
H ⁺	Animals	Lysosomal, endosomal, secretory vesicles
H ⁺	Higher plants	Vacuolar
H ⁺	Fungi	Vacuolar
<i>F-type ATPases</i>		
H ⁺	Eukaryotes	Inner mitochondrial
H ⁺	Higher plants	Thylakoid
H ⁺	Prokaryotes	Plasma

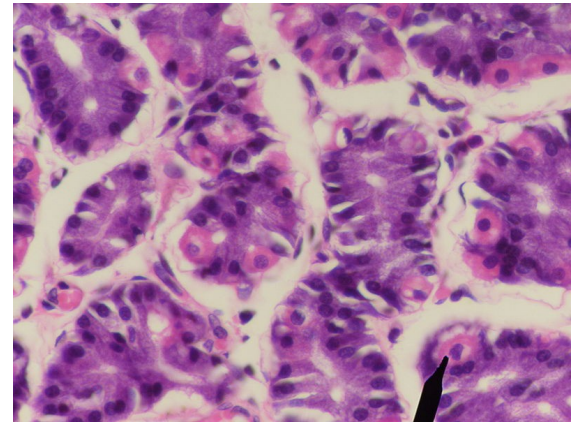
P-tip ATPaze

- P-tip ATPaze so najbolj vsestranski prenašalci.
- Prenašajo katione in se v transportnem ciklu reverzibilno fosforilirajo z ATP.
- Vsi so sestavljene beljakovine.
- Na^+ , K^+ -ATPaza je antiporter za Na^+ in K^+
 Ca^{2+} -ATPaza uniporter za Ca^{2+} .



P-tip ATPaze

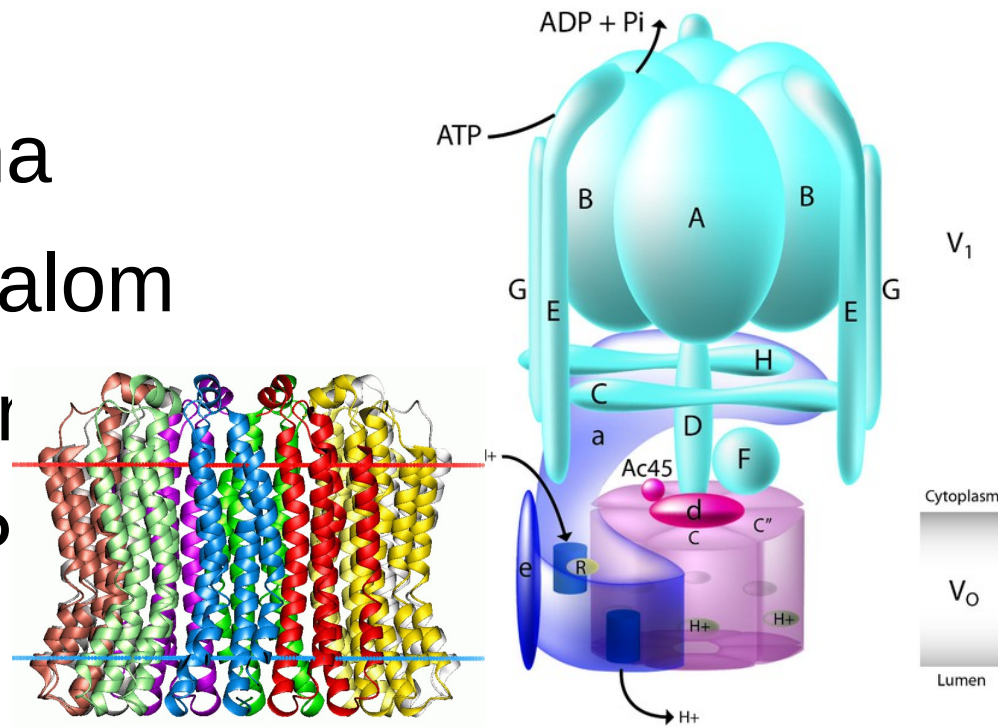
- Preko plazemske membrane v acidogenih celicah želodca sesalcev črpajo H^+ in K^+ ter skrbijo za nastanek solne kisline.
 - Solna kislina povzroči odvitje beljakovin, s čemer pripomore k njihovi lažji razgradnji in deluje baktericidno.



- Bakterije jo uporabljajo za iznos toksičnih kovin kot so Cu^{2+} , Cd^{2+} in Hg^{2+} .

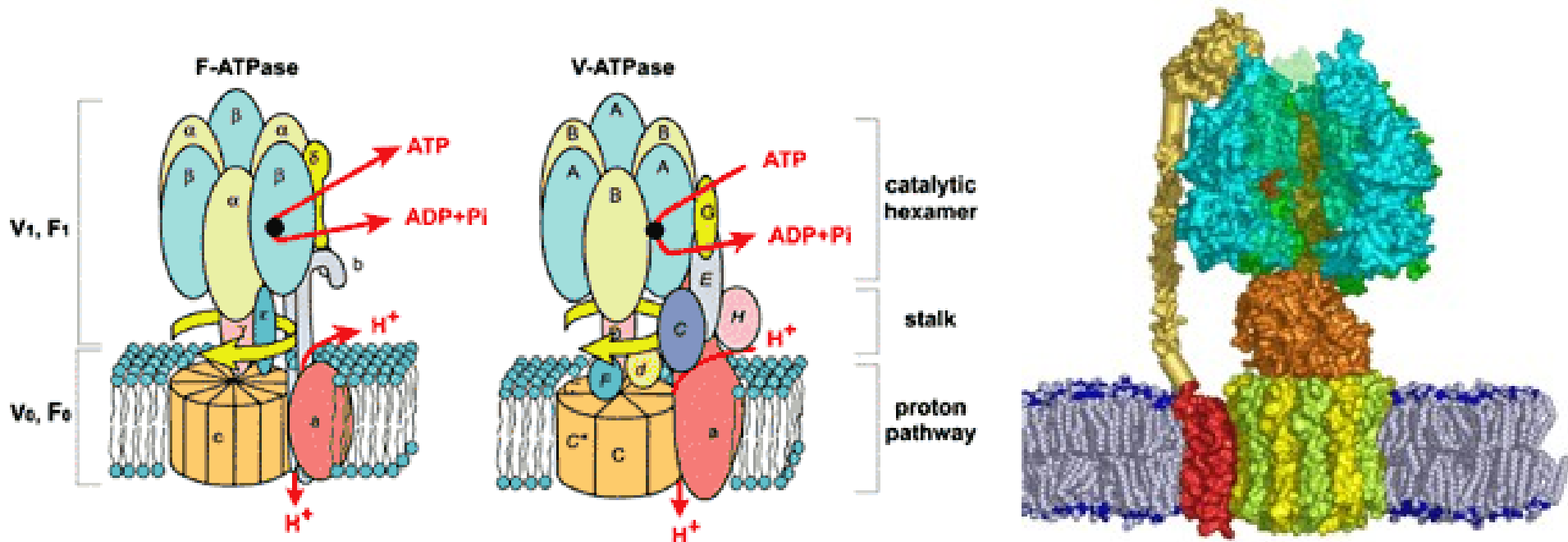
V-tip ATPaze

- V-tip ATPaze delujejo kot protonske črpalke.
- V vakuolah (vrsta celičnega organela) gliv in višjih rastlin vzdržuje pH med 3 in 6.
- Enako vlogo zakisanja ima v lizosomih, endosomih, Golgijevem aparatu in sekrecijskem veziklu živalskih celic.
- Sestavlja jih sestavljena transmembrana s kanalom za protone in periferni delom za vezavo ATP delovanje ATPaze.



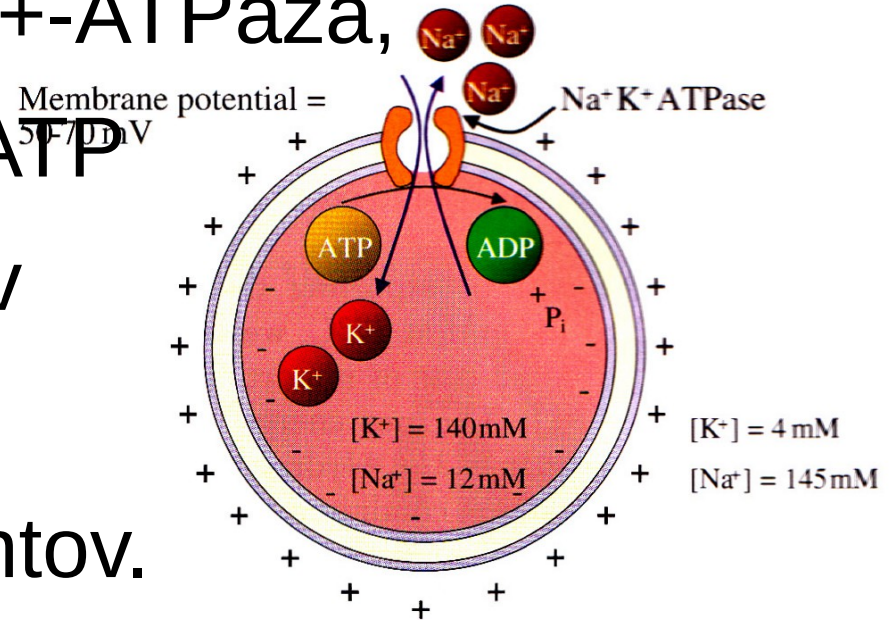
F-tip ATPaze

- F-tip ATPaza je dejavnik vezave energije.
- Katalizira prenos protonov navzgor in navzdol.
- Prenos navzgor poganja hidroliza ATP, prenos navzdol pa sintezo ATP.



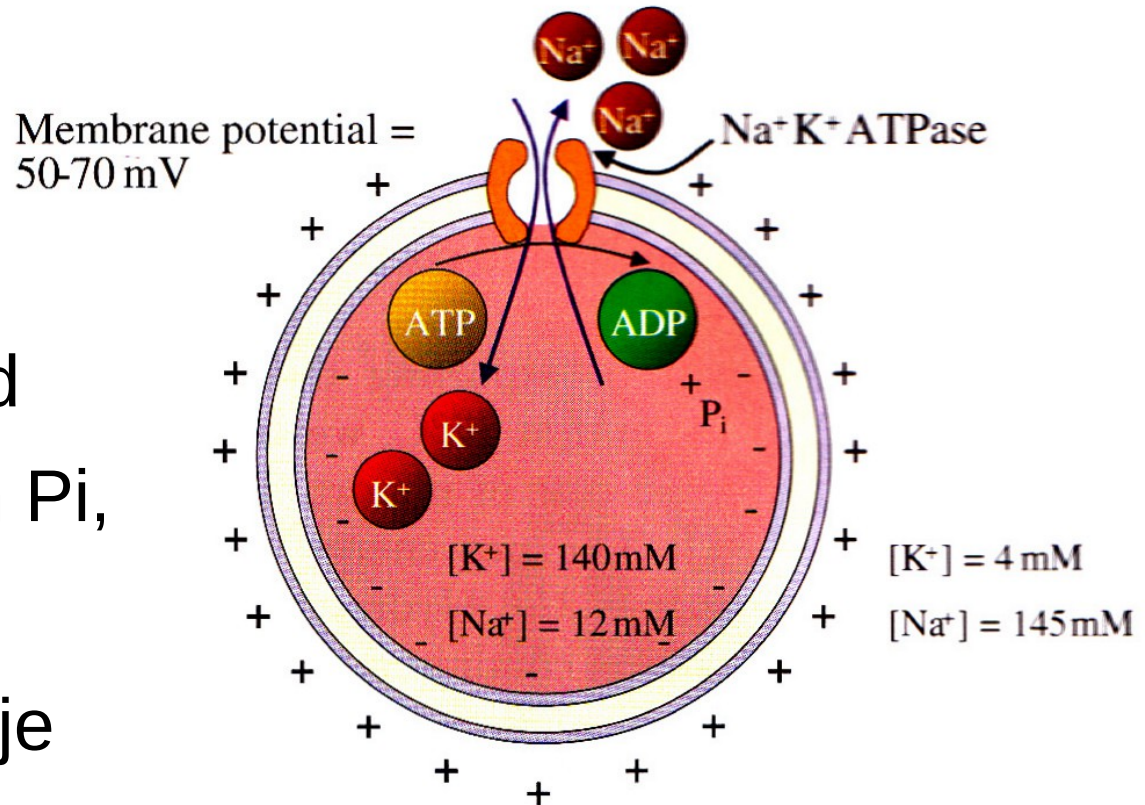
F. Ionske črpalke

- $\text{Na}^+\text{-K}^+$ črpalka v živalskih celicah vzdržuje koncentracijski gradient Na^+ na notranji in zunanji strani celice na 12 in 145 mM.
- Sočasno ohranja koncentracijo K^+ v celici na 140 mM in zunaj nje na 4mM.
- Gonilo črpalke je $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPaza}$, s sočasnim razpadom ATP in gibanjem Na^+ in K^+ v obrati smeri njunih elektrokemičnih gradientov.



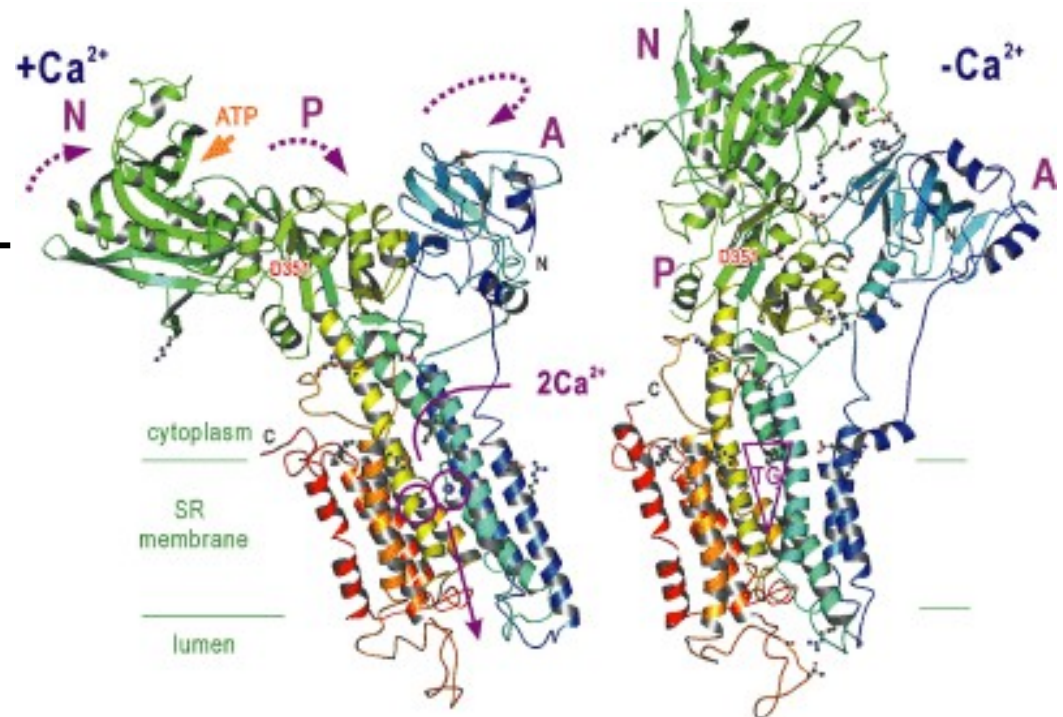
F. Ionske črpalke

- Črpalka prenese v celico dva K^+ in iz nje tri Na^+ , na račun razpada ene molekule ATP v ADP in prosti fosforjev ion (P_i).
- Je P-tip ATPaza.
- V večini celic je koncentracija ATP mnogo višja od koncentracij ADP in P_i , zato je dovolj razpoložljive energije za prenos.



F. Ionske črpalke

- Koncentracija Ca^{2+} v citosolu celic je bistveno nižja kot zunaj nje in v celici kot celoti.
- Nizka koncentracija Ca^{2+} je nujna zato, da se ne veže z anorganskimi fosfati v relativno netopne kalcijeve fosfate.
- Vzdrževanje nizke koncentracije Ca^{2+} citosolu zagotavlja Ca^{2+} -črpalka, ki je P-tip ATPaza.



4. Vnos in uravnavanje železa

- Železo je življenjskega pomena za vse žive organizme, ker je bistveno v veliko presnovnih procesih.
 - Prenos kisika
 - Sinteza DNK
 - Prenos elektronov
- V naravi je obilno, a večinoma v netopnem Fe^{3+} hidroksidu $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- Organizmi morajo zato raztopiti Fe^{3+} , da ga lahko uporabijo.
- Obstaja več načinov (npr. siderofori).

4. Vnos in uravnavanje železa

- Regulacija vnosa železa iz hrane se dogaja v črevesju.
- Železo vstopi v enterocite (epitelne celice) tankega črevesa iz hrane in krvne plazme.

- Enterociti nastanejo v

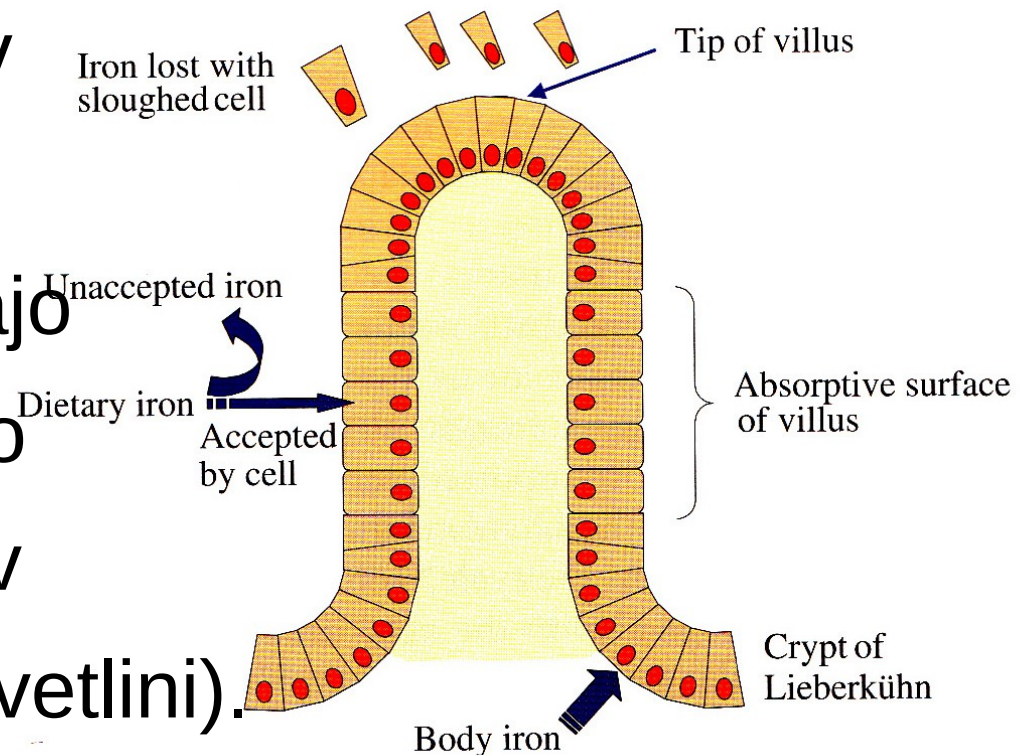
Lieberkühnovi kripti

(žleza) in se premikajo

proti vrhu vilusa in po

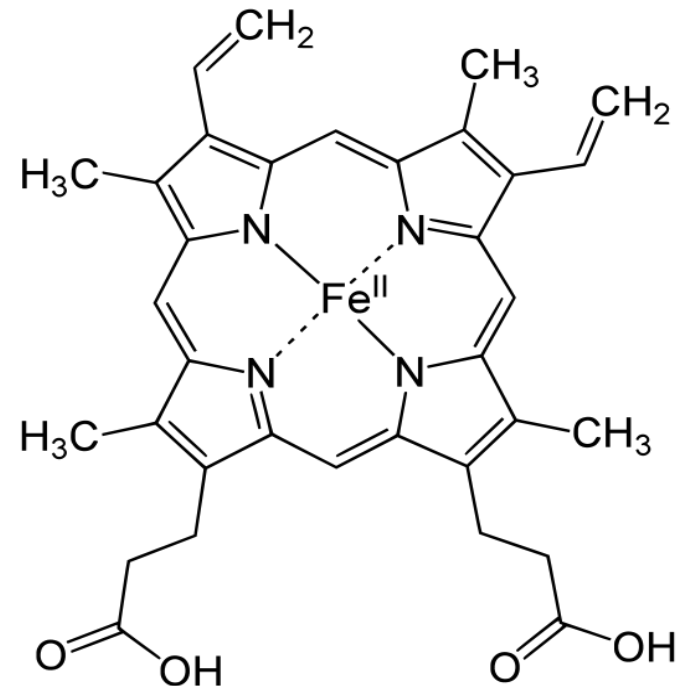
2 – 3 dneh odmrejo v

črevesnem lumnu (svetlini).



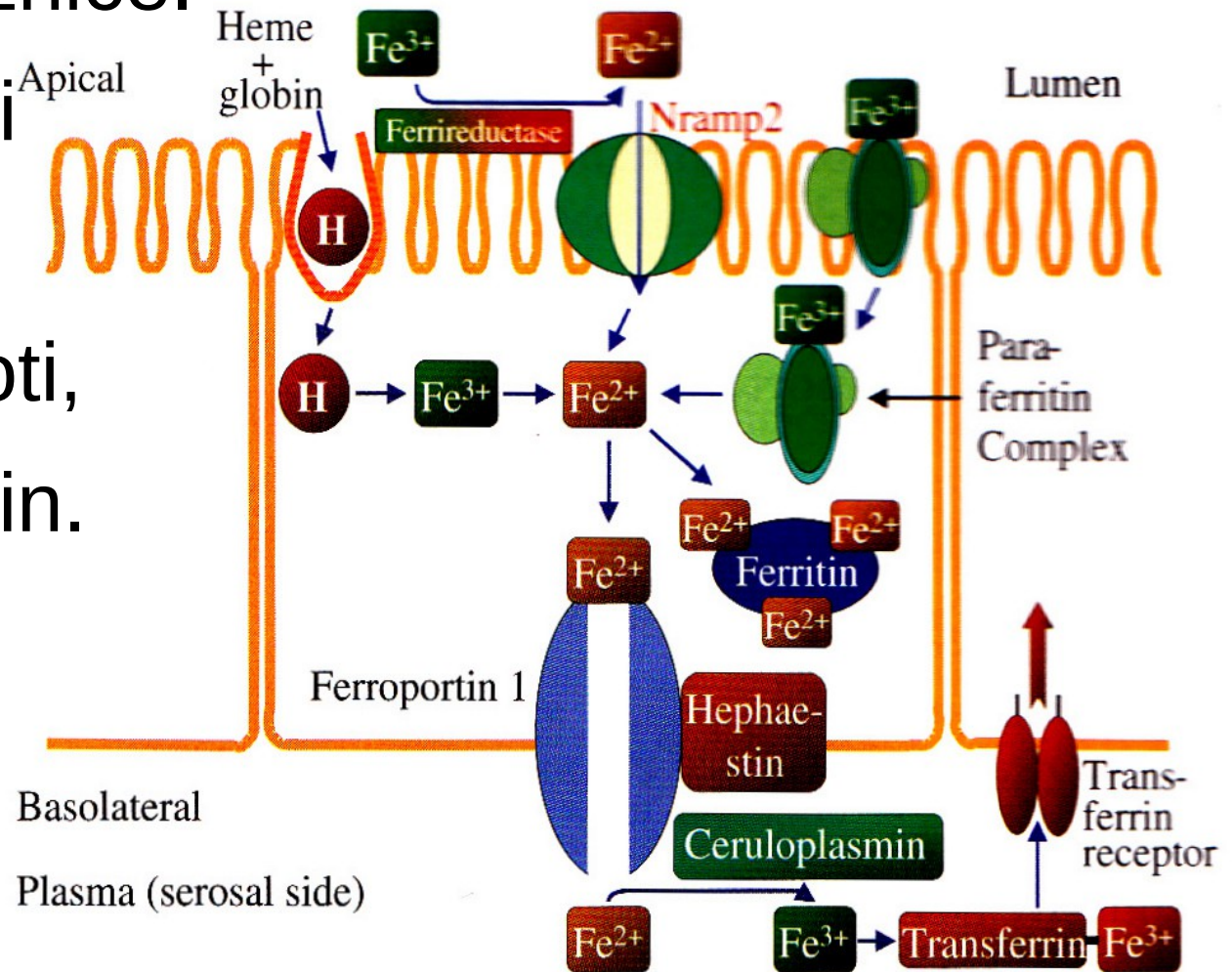
4. Vnos in uravnavanje železa

- V črevesni svetlini je železo v obliki Fe^{2+} in Fe^{3+} soli.
- Ker Fe^{3+} postane netopen pri $\text{pH} > 3$, ga morajo amino kisline in sladkorji reducirati ali kelirati, da se lahko učinkovito absorbira.
- Večina Fe^{2+} ostane topnega tudi pri $\text{pH} 7$, zato je sorbcija za fero soli učinkovitejša kot za feri soli.
- V prehrani je anorgansko železo večinoma Fe^{3+} - v večini razvitih dežel ga je takega , pa ga je v hemu.



4. Vnos in uravnavanje železa

- Redukcijo železa uravnava ferireduktaza črevesne sluznice.
- Obstajajo tudi druge, manj učinkovite poti, npr. paraferitin.

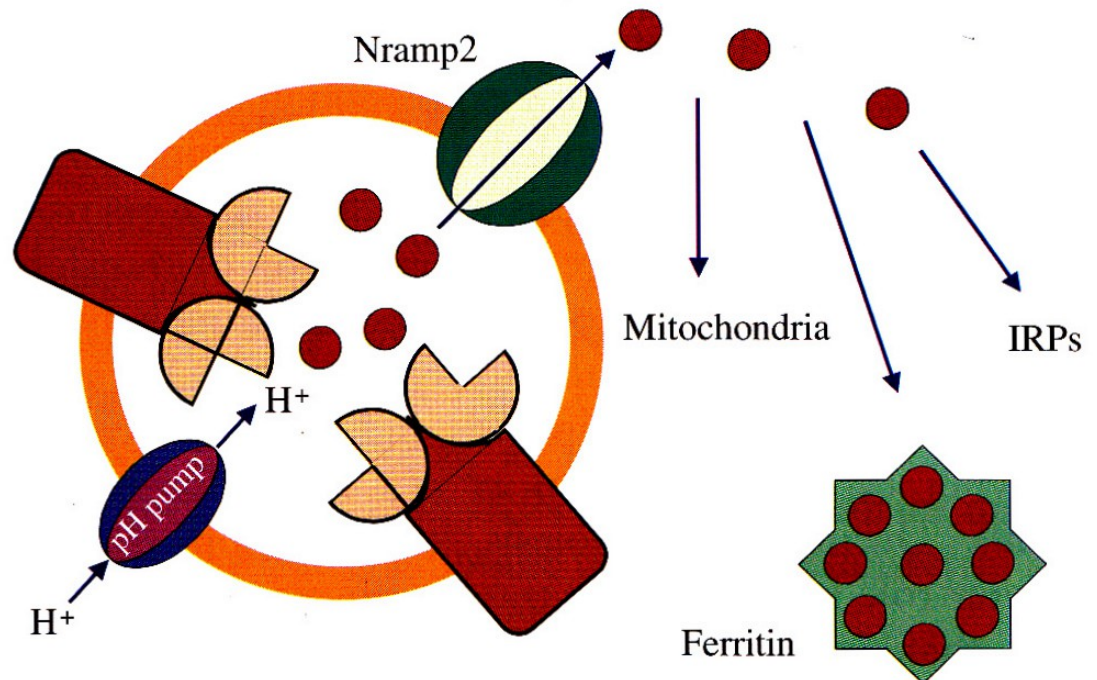


4. Vnos in uravnavanje železa

- A. Vnosi železa, ki ni vezano v hem
- B. Uvoznik železa: Nramp2
- C. Vnos hem železa
- D. Vnos s posredovanjem paraferitina
- E. Izvoznik železa:

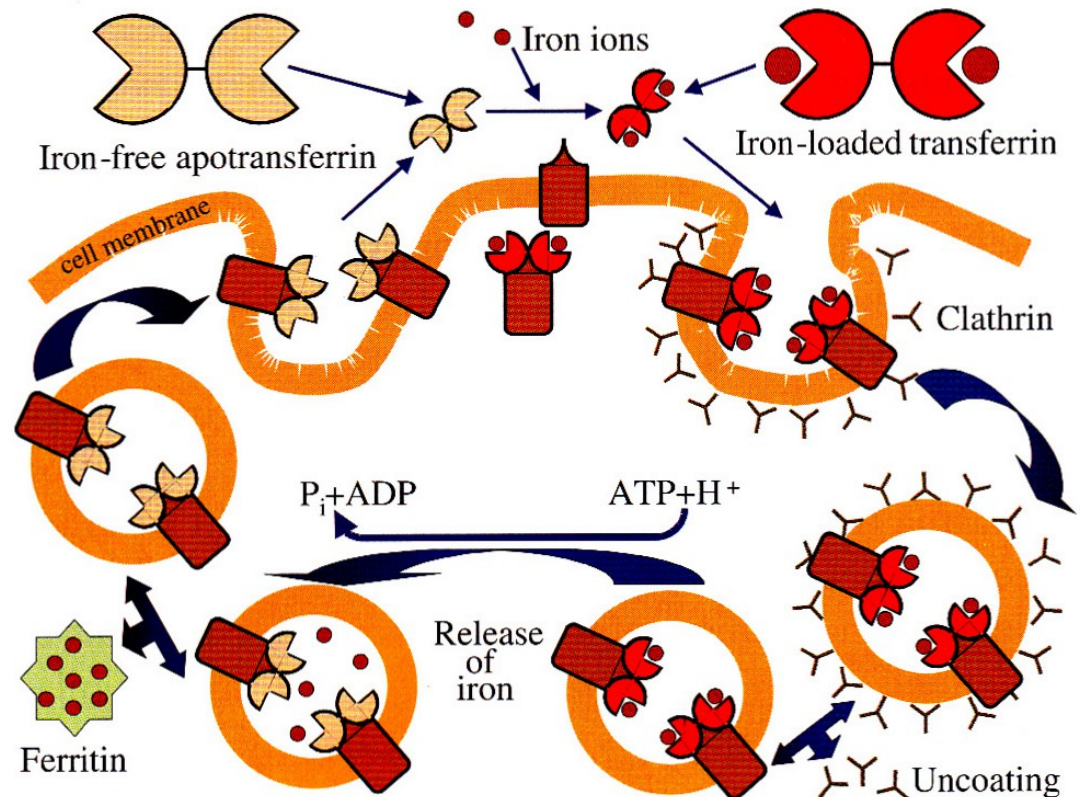
Ferroportin 1

- K. Regulacija absorbcije prehranskega železa



4. Vnos in uravnavanje železa

- G. Vnos s posredovanjem transferinskega receptorja
- I. Transferin – beljakovina za vezavo in prenos železa
- J. Kontrola presnove železa
- K. Beljakovine za uravnavanje železa in koordinacijo homeostaze železa.



4. Vnos in uravnavanje cinka

- Homeostaza je fiziološki proces, ki omogoča, da se fiziološki procesi in telesna zgradba organizma kljub večjim spremembam v okolici bistveno ne spreminjajo.
- K homeostazi cinka prispeva v različnih okoliščinah več fizioloških procesov.
- Osrednji je prebavni sistem, zlasti tanko črevo, jetra in slinavka.
- Za uravnavanje je pomemben proces absorpcije eksogenega in prebavno izločanje endogenega cinka.

4. Vnos in uravnavanje cinka

- Evolucijsko so celice razvile učinkovite sisteme vnosa Zn^{2+} , ki omogočajo njegovo kopičenje tudi, če ga je malo.
- Zn^{2+} preko lipidnih membran vstopi s pomočjo beljakovin z integralnim membranskim prenosom.
- V evkariotski celici se nato del cinka prenese v organele, kjer sodeluje v različnih od cinka odvisnih encimih in procesih v organelih.
- Tudi ta tok cinka omogočajo beljakovine v membranah organelov.

4. Vnos in uravnavanje cinka

- Cink se lahko v določenih delih celice uskladišči, kadar ga je na razpolago veliko in se porabi takrat, ko ga primanjkuje.
- Tudi za ta prenos so potrebni transporterji.
- Skupine prenašalcev in regulatorjev cinka so različne v rastlinah in živalih.

5. Vnos in zavračanje bakra

- Prenos in celična presnova bakra je odvisna od vrste membranskih beljakovin in manjših topnih peptidov, ki sestavljajo sistem vzdrževanja njegove homeostaze.
- Encim CuZnSOD (superoksid dismutaza) v citoplazmi katalizira razpad superoksidnega aniona na vodikov peroksid.
- Mehanizem deluje, ko je dotok bakra prevelik ter pri normalni bakrovi presnovi.