

Zaļo augu CO₂ asimilācija un O₂ OSMOZE gaisā fotosintēzes fizioloģijā līdzīgi kā cilvēkā

Pakāpenisko procesu secība sākas ar ūdens 12H₂O plūsmu no saknēm līdz stomata šūnu membrānu virsmai cauri akvaporīnu kanāliem. Stomata veido ūdenī šķīstošu CO₂ aqua 30,52 reizes mazāk kā CO₂ ↑ gaisā 300 ppm endoerģiski ΔG_r = 8,474 kJ/mol, bet eksotermiskā ΔH_r = -20,1986 kJ/mol līdzsvarā saslapinot oglekļa dioksīdu:

1) CO₂ ↑_{gas} + ΔG_{aqua} ⇌ Q + CO₂ aqua; K_{eq} = [CO₂ aqua] / [CO₂ ↑_{gas}] = 10^{-1.4846} = 0,032764 = 1/30,52: Norma 5.lpp.

[CO₂ aqua + HCO₃⁻] = 0,023 M / 55,3 M = X = 0,0004159 mol daļas; X_{gaiss} = 300/10⁶ = 0,0003; X/X_{gaiss} = 1,3864 daļās,

jo ΔG_{aqua} = ΔG^o_{aqua} + R • T • ln(K_{eq}) = 8,474 + 8,3144 • 298,15 • ln(10^{-1.4846}) = 0 līdzsvarā ir vienāds ar nulli.

Karbo anhidrāze CA H₂O^{/CA/} CO₂ / H₃O⁺ + HCO₃⁻ uzlabo asimilāciju 30,52 + 11,79 reizes plus ar ūdeni producē protona un bikarbonāta koncentrācijas gradientu virzītu eksoerģiski cauri membrānu šķērsojošiem kanāliem

HCO₃⁻ un H⁺: 2H₂O + CO₂ ↑_{gas} ⇌ CO₂ aqua + 2H₂O + Q ←^{CA} → H₃O⁺ + HCO₃⁻ ←^{Membrānas_Kanāli} → H₃O⁺ + HCO₃⁻;

eksotermiski ΔH = -20,1986 kJ/mol; endotermiski ΔH = 9,7576 kJ/mol; atermiski; ΔH = 0 kJ/mol;

kopā eksotermiski ΔH = -10,441 kJ/mol;

endoerģiski ΔG = +8,474 kJ/mol; ; endoerģiski ΔG = +58,36 kJ/mol; eksoerģiski ΔG_r = -10,618 - 4,055 = -14,7 kJ/mol;

ΔG_{HCO3} = RT ln([HCO₃⁻]_{pa labi} / [HCO₃⁻]_{pa kreisi}) = 8,3144 • 298,15 • ln(0,003 / 0,0154) = -4,0549 kJ/mol.....

ΔG_H = RT ln([H₃O⁺]_{pa labi} / [H₃O⁺]_{pa kreisi}) = 8,3144 • 298,15 • ln(10^{-7,36} / 10^{-5,5}) = -10,61682 kJ/mol.....

Pirmais pārvērtību ceļš beidzas ENZĪMU kompleksā Foto sintētiskajā reakcijas centrā (PRC).

Fotosintēzi tilakoīdu šūnās sasniedz eksotermiski ΔH = 6 • -10,441 kJ/mol seši 6H₃O⁺ + 6HCO₃⁻ komponenti.

Otrā procesu secība II) sākas ar 1) (PRC) Foto Sintētisko reakcijas centra ENZĪMU kompleksu produktiem. Fotosintētiskais reakcijas centra dzinēju darbina sarkano un zilo gaismas fotonu absorbētā enerģija akumulējoties glikozē C₆H₁₂O₆ un skābeklī 6O₂ aqua endotermiski ΔH = +2805,27 kJ/mol, ΔG = 3049,55 kJ/mol endoerģiski. Saules radiāciju patērē arī siltuma enerģiju lai iztvaikotu endotermiski skābekli 6O₂ un ūdeni 6H₂O no zaļo augu stomata atvārsnītēm vai no planktona okeāna ūdens virsmas. Substrāti skābeklis 6O₂ un 6H₂O

1) C_{osm} = 1 C₆H₁₂O₆ palielina osmotisko spiedienu ārpus šūnas 12 reizes jo osmolārā: C_{osm} = 6 + 6 = 12 koncentrācija šūnā no C_{osm} = 6 + 6 = 12 samazinās līdz glikozes C₆H₁₂O₆ molekulai C_{osm} = 1 un plūsmas intensitāte cauri akvaporīniem palielinās arī no augu šūnām. Osmotiskais spiediens ir proporcionāls osmolārai koncentrācijai C_{osm} = 12 M divpadsmit 6HCO₃⁻ + 6H₃O⁺ + Q reizes augstāks π = C_{osm} • R • T (kPa).

6O₂ un ūdens 6H₂O plūst arī no šūnas ar divpadsmit reizes lielāku spiedienu pretēji koncentrācijas gradientam:

2) akvaporīnos H₂O + O₂ aqua ←^{Akvaporīni} → O₂ aqua + H₂O ΔG = -6,41 kJ/mol eksoerģiski un atermiski ΔH = 0 kJ/mol:

ΔG_{channel} = RT ln([O₂ aqua]_{pa labi} / [O₂ aqua]_{pa kreisi}) = 8,3144 • 298,15 • ln(1/12) = -6,41 kJ/mol; 12 • -6,41 = -76,96 kJ/mol for 6O₂

3) Iztvaikošana eksoerģiski ΔG = -7,76 kJ/mol un endotermiski ΔH = 55,3 kJ/mol veido gaisā O₂ AIR un tvaikus

H₂O + O₂ aqua + Q ⇌ O₂ AIR ↑ + H₂O AIR ↑; sešas komponentes 6ΔH = 6 • 55,3 = 331,8 kJ/mol 6H₂O un 6O₂ aqua

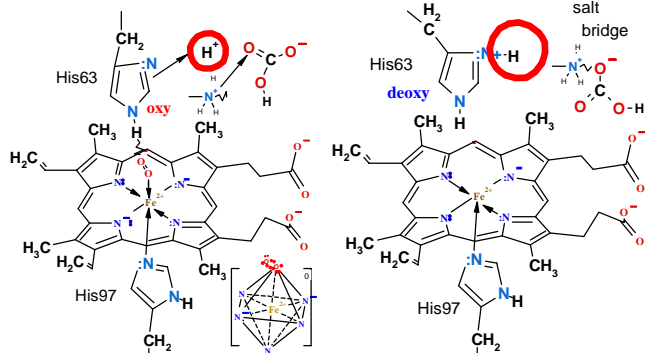
Augiem nepieciešama siltuma pavadīšana, lai iztvaikotu substrati produktos skābeklis O₂ AIR ↑ un ūdens H₂O AIR ↑ tvaiki cauri stomatas atvārsnītēm. Lješatelje princips ar siltuma enerģijas piegādi virza līdzsvaru endotermiskās iztvaikošanas virzienā O₂ AIR ↑ un H₂O ↑ arī no organisma → cauri zaļo augu stomata atvārsnītēm. Atvārsnīšu atvēršanos ietekmē apkārtējās vides temperatūra un mitrums. Iztvaikošanas ātrums palielinās pie lielākām temperatūrām, ja ir pietiekama ūdens piegāde parasti no saknēm. Atvārsnītes aizveras samazinot iztvaikošanas ātrumu augos, Tādā veidā novērš organisma izžūšanu zaudējot ūdeni iztvaikojot.

Līdzīgi cilvēka **O₂ OSMOZEI** un oksidatīva asimilācija ar producēto **CO₂** izelpu **GAISĀ** mehānismu

Pakāpenisko procesu secība sākas ar osmozi cauri akvaporīnu kanāliem atvārsnīšu stomata šūnās.

I) Skābeklis O₂ aqua no gaisa 20.95 tilpuma % **O₂** izšķīst ūdenī un osmozē cauri akvaporīniem iekļūst organismā: $\Delta H = -11,7 \text{ kJ/mol}$ eksotermiski $\text{O}_{2\text{AIR}} + \text{H}_2\text{O} \xleftarrow{\text{Akvaporin}} \text{H}_2\text{O} + \text{O}_{2\text{aqua}} + \text{Q}$ $\Delta G = 16,36 \text{ kJ/mol}$ endoerģiski. $C_{\text{osm}} = 0,305$, alveolārā $C = 0,2 \text{ M}$ $\Delta G_{\text{H}_2\text{O}} = RT \ln([\text{H}_2\text{O}]_{\text{pa la}} / [\text{H}_2\text{O}]_{\text{pa kr}}) = -8,3144 * 298,15 * \ln(0,305/0,2) = -1,046 \text{ kJ/mol}$ eksoerģiski.

Augu **deoksi** leghemoglobin **LHb_T** no ūdens adsorbē ielopotā svaigā gaisa **O₂ aqua** atbrīvojot protonu **H⁺**: **oksiLHb_R**(His63O₂) + **H⁺** $\leftarrow [\text{O}_2] = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ M} \rightarrow$ **deoksi(H⁺His63)LHb_T** + **O₂ aqua**; Izšķīdušā skābekļa koncentrācija $[\text{O}_{2\text{aqua}}] = 9,768 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ un normālā citosola concentration sasniedz $[\text{O}_2] = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. Koncentrācijas gradients abpus membrānai $\Delta G_{\text{O}_2} = RT \ln([\text{O}_2]_{\text{right}} / [\text{O}_2]_{\text{left}}) = -8,3144 * 298,15 * \ln(1,85/9,768) = -4,12 \text{ kJ/mol}$. Summā $\Delta G_r = 16,36 - 1,046 - 4,12 = 11,2 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H = -11,7 \text{ kJ/mol}$.



Otrā **II)** procesu secība sākas ar karbo anhidrāzes **AC** līdzsvaru novirzot pa labi un palielinot oksidatīvajā fosforilēšanā producēto **CO₂ aqua** un saistot protonus **H⁺** **deoksi(H⁺His63)LHb_T** stabilizē $\text{pH} = 7,36$ koncentrāciju **H₃O⁺**, kurus no jauna veido karbo anhidrāze **CA**.

II) Q_{aqua} + CO₂ aqua + 2H₂O $\xleftarrow{\text{CA}} \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- \xleftarrow{\text{Membrane}} \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Q}_{\text{gas}} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow_{\text{gas}} + \text{H}_2\text{O}$ endotermiski $\Delta H_r = +9,59 \text{ kJ/mol}$; athermic $\Delta H_r = 0 \text{ J/mol}$ eksotermiski $\Delta H_r = -9,76 \text{ kJ/mol}$; endotermiski $\Delta H_r = +20,29 \text{ kJ/mol}$; gradients $\Delta G_{\text{HCO}_3^-} = -RT \ln([\text{HCO}_3^-]_{\text{right}} / [\text{HCO}_3^-]_{\text{left}}) = -8,3144 * 298,15 * \ln(0,0154/0,0338919) = -1,9554 \text{ kJ/mol}$. gradients $\Delta G_{\text{H}_3\text{O}^+} = -RT \ln([\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{right}} / [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{left}}) = -8,3144 * 298,15 * \ln(10^{-5,5} / 0,02754) = -22,49 \text{ kJ/mol}$.

Summa $\Delta G_r = \Delta G_{\text{HCO}_3^-} + \Delta G_{\text{H}_3\text{O}^+} = -1,9554 + -22,49 = -24,44 \text{ kJ/mol}$ endoerģiski $\Delta G_r = 58,36 \text{ kJ/mol}$; eksoerģiski $\Delta G_r = -22,44 \text{ kJ/mol}$; eksoerģiski $\Delta G_r = -58,205 \text{ kJ/mol}$; $\Delta G_r = -8,538912 \text{ kJ/mol}$ eksoerģiski. Summa sekvencē **endotermiska** $\Delta H_r = +9,5876 + 0 - 9,76 + 20,291 = +20,1 \text{ kJ/mol}$ un brīvās enerģijas izmaiņa **eksoerģiska** $\Delta G_r = +58,36 - 22,44 - 58,205 - 8,538912 = -30,82 \text{ kJ/mol}$ spontāns-patvaļīgs process.

ENZĪMS karbo anhidrāze (**CA**) no **CO₂ aqua** ūdenī izveido skābes/bāzes līdzsvaru:

CO₂ aqua + 2H₂O $\xleftarrow{\text{CA}} \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$ lielums $K = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_{2\text{aqua}}] / [\text{H}_2\text{O}]^2 = 2,901 \cdot 10^{-11}$ konstante, bet konstantā ūdens koncentrācija $[\text{H}_2\text{O}] = 55,3 \text{ M}$ ir $K_{\text{eq}} = K \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2 = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_{2\text{aqua}}] = 10^{-7,0512}$ līdzsvara konstantē veido tās eksponenti $\text{p}K_{\text{eq}} = -\log(K_{\text{eq}}) = 7,0512$. Vājā skābe **CO₂ aqua** un tās sāls ir visur esoša bufera sistēma dzīvajos organismos. Atklājas atraktora $\text{pH} = 7,36$ loma oksidatīvās fosforilēšanas gala produktam **CO₂ aqua** **HOMEOSTĀZĒ 7,36 = pH = pK + log([\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_{2\text{aqua}}]) = 7,0512 + log(2,0263/1)** sasniegt $\text{pH} = 7,36 \pm 0,01$ vērtību atbilstoši Henderson Haselbalha vienādojumam ar sārma rezervi 2,0263.

CA līdzsvara endotermiskumu $\Delta H_r = +9,59 \text{ kJ/mol}$ un endoerģiskumu $\Delta G_r = +58,19 \text{ kJ/mol}$ kompensē eksotermiskās un eksoerģiskās oksidatīvā fosforilēšanas un beta oksidēšanas reakcijas producējot enerģiju novirzot **II)** pakāpenisko procesu secība līdzsvaru pa labi sasniedzot **stomata** sūkļveida mezofilo šūnu virsmu un iztvaikojot oglekļa dioksīdu **CO₂ ↑_{gas}**.

Bikarbonāta **HCO₃⁻** un protoni **H⁺** cauri transporta ENZĪMU kanāliem šķērso membrānu $\Delta H = 0 \text{ kJ/mol}$ atermiskā un eksoerģiskā $\Delta G = -0,245 \text{ kJ/mol}$ procesā veidojot ogļskābi **H₂CO₃**, jo nav karbo anhidrāzes **CA** un $\text{pH} = 5,5$: **H₃O⁺ + HCO₃⁻** $\xleftarrow{\text{Membrane}} \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Q}$.

Stomata sūkļveida mezofilo šūnu virsmā (ārpus organisma) ogļskābe sadalās **H₂CO₃** par **CO₂ ↑_{gas}** un ūdeni endotermiskā $\Delta H_r = +20,29 \text{ kJ/mol}$ un eksoerģiskā $\Delta G_r = -8,54 \text{ kJ/mol}$ reakcijā: **H₂CO₃ + Q** $\rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow_{\text{gas}}$, jo $\text{pH} = 5,5$. Siltuma pievadīšana novirza līdzsvaru pa labi atbilstoši Lešateljē principam. Augu **stomata** sūkļveida mezofilo šūnu virsma lokalizējas atvārsnīšu iekšpusē un izvietotas siltumu uztverošās lapu audos vērstus uz saules starojumu tā kā sildīšana veicina **CO₂ ↑_{gas}** izelpu. Tā saglabājot organismā konstantu $\text{pH} = 7,36 \pm 0,01$. Ja klimats kļūst siltāks, tad gāzu apmaiņa dabā kļūst intensīvāka.

Adsorbēts skābeklis **O₂ aqua** uz leghemoglobīna atbrīvo protonu **H⁺**, kurš palielina **stomata** sūkļveida mezofilo šūnu virsmas skābumu. **Stomata** sūkļveida mezofilo šūnu virsmai ir specifiska uzbūve: superplāns $0,6 \text{ nm}$ **ūdens** slānis. Virsma $S = 950 \text{ nm} \times 950 \text{ nm} = 0,9 \text{ μm}^2$ sastāda tilpumu $0,5415 \cdot 10^{-3} \text{ μm}^3 = 0,5415 \cdot 10^{-18} \text{ L}$ litros. Vienam protonam **H⁺** šķērsojot membrānu cauri kanālam sasniedzot virsmu rada skābumu plānajā **ūdens** slāņā tilpumā $\text{pH} = 5,5$. Tas izraisa strauju ogļskābes **H₂CO₃** sadalīšanos izdalot **CO₂ ↑_{gas}** uzturot augstāku koncentrāciju, kura veicina fotosintēzes pakāpenisko sekvenci nobīda glikozes **C₆H₁₂O₆** un skābekļa **O₂** producēšanai. Tur klāt, epitēlija šūnu virsmas $\text{pH} = 5,5$ vērtībai ir anti-bakteriālas tā pat anti-septiskas īpašības un aizsargā pret infekciju. Karbonizēts minerālūdenim ir anti-bakteriālas un anti-septiskas īpašības.

O₂, CO₂ vielmaiņa, karbo anhidrāze, **atspole deoksi-oksi** legHEMOGLOBĪNS,

LegHEMOGLOBĪNA kontrolēta skābekļa koncentrācijas [O_{2aqua}]=6·10⁻⁵ M un pH=7,36 stabilitāte

Brensteda skābes/bāzes CA un hemoglobīna **atspoles** enzīmu **O₂, CO_{2aqua}/HCO₃⁻+H⁺** mehānisms

Enzīma **karbo anhidrāzes (CA)** veidots skābes/bāzes līdzsvars **2H₂O^{-CA}·CO₂/HCO₃⁻+H₃O⁺**

Cilvēka organismā ir **Atspoles** bufera sistēmas, kas stabilizē **pH** un darbojas uzturot šaurā intervālā konstantu

pH = 7.36^{+0,02}_{-0,01} ar atļautām niecīgām izmaiņām par spīti faktam, ka organisms producē lielu daudzumu

metaboliska [CO₂Krebsa]=0,0275 M. CA izveidotie skābes produktu daudzumi ir [H₃O⁺]=[HCO₃⁻]=0,0275 M kompensēti bufera šķīdumā ar **atspoles** hemoglobīnu piesaistot protonu **H⁺** desorbēta skābekļa O_{2aqua}Asins vietā.

Tā tad desorbējot skābekli aizstāj protons **H⁺** un bikarbonāts **HCO₃⁻** no Krebsa cikla producētā CO_{2aqua}:

Hydrogen karbonāta bufera sistēma karboanhidrāzes līdzsvarā uztur vāju skābi CO_{2aqua} un bikarbonāta, hydrogen karbonāta jonus cilvēka organismā daudzumos

[HCO₃⁻]=0.0154 M, [CO_{2aqua}]=0.0076 M, atbilstot 56,23 mL

(50-60 mL) atbrīvotam tilpuma CO₂ no 100 mL asiņu

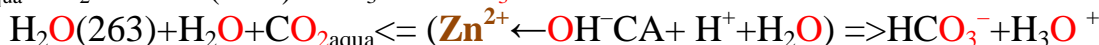
kā **sārma rezerves** 2,036 / 1 klīniskais vērtējums.

Oglekļa dioksīds rodas, oksidējoties ogļhidrātiem, taukiem un olbaltumvielām. Hidrogēnkarbonāts rodas oglekļa dioksīda hidratācijas

2H₂O rezultātā CA enzīma **Zn²⁺** jona koordinētajā aktīvajā centrā. Šis

centrs atrodas fermenta karboanhidrāzes CA **Zn²⁺** jona koordinācijas

kabatā: CO_{2aqua}+2H₂O \rightleftharpoons CA(**Zn²⁺**) \rightleftharpoons H₃O⁺+HCO₃⁻

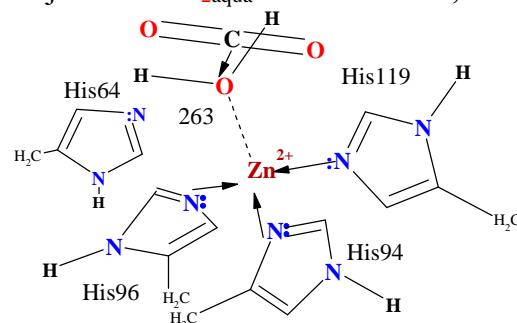


H⁺+LHb_R(His63O₂)+ HCO₃⁻ \rightleftharpoons O_{2aqua}+**LHb(H⁺His63)**...sāls tiltiņš...HCO₃⁻ stabilizē koncentrāciju [O₂]=6·10⁻⁵ M.

Deoksi leghemoglobīns **LHb(H⁺His63)** satver protonu **H⁺** pie histidīna atlikuma un HCO₃⁻ veido **deoksi** formu

LHb_T(H⁺His63)...sāls tiltiņš...HCO₃⁻ (**T**-saspringts). **Stomata** atvārsnītēs **atspole** adsorbē skābekli **oksi**

leghemoglobīnā **LHb_R(His63O₂)** (**R**-relaksēts) atbrīvojot protonu **H⁺** un bikarbonātu HCO₃⁻.

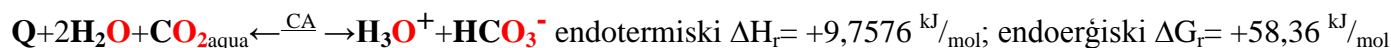


II) Q_{aqua}+CO_{2aqua}+2H₂O $\xleftarrow{\text{CA}}$ H₃O⁺+HCO₃⁻ $\xleftarrow{\text{Membrane}}$ H₃O⁺+HCO₃⁻ \leftrightarrow H₂O+H₂CO₃+Q_{gas} \leftrightarrow H₂O+CO₂↑_{gas}+H₂O

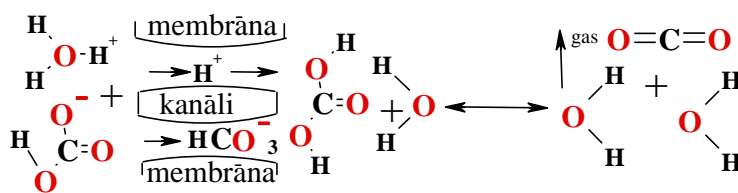
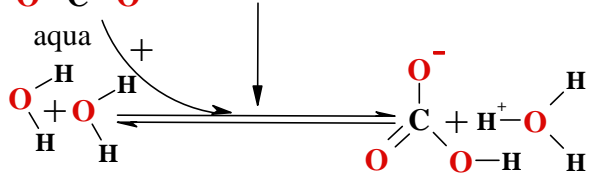
CO_{2aqua} vielmaiņā patērējot O₂ ar ENZĪMU karbo anhidrāze (CA) pārvērš par HCO₃⁻ un H₃O⁺ stabilizē pH=7.36±0,01 ar **sārma rezervi** 2.036/1=[HCO₃⁻]/[CO₂].

1) **Pirmā** reakcija ar ENZĪMU karbo anhidrāzi (CA) pārvērš metabolisko CO_{2aqua} par bikarbonāta anjonu.

Oksidēšanās produkti CO_{2aqua}, 2H₂O koncentrācija, pH=7,36 virza endotermisko un endoerģisko reakciju:



O=C=O karbo anhidrāze



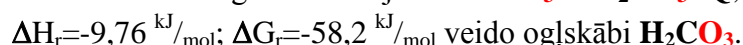
2) **Otrā** procesā atermiski $\Delta H = 0 \text{ kJ/mol}$ H₃O⁺+HCO₃⁻ $\xleftarrow{\text{Membrane}}$ H₃O⁺+HCO₃⁻+ ΔG ; $\Delta G = -24,44 \text{ kJ/mol}$ eksoerģiski ar

koncentrācijas gradientu $\Delta G_{\text{HCO}_3^-} = RT \ln([\text{HCO}_3^-]_{\text{pa labi}} / [\text{HCO}_3^-]_{\text{pa kreisi}}) = RT \ln((0,0154 / 0,0338919)) = -1,9554 \text{ kJ/mol}$;

un $\Delta G_{\text{H}} = RT \ln([\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{pa labi}} / [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{pa kreisi}}) = RT \ln((10^{-5,5} / 0,02754)) = -22,5 \text{ kJ/mol}$, kur R=8,3144, T=298 K.

Transport ENZĪMi katalizē bikarbonāta HCO₃⁻ un protonu H⁺ plūsmu cauri kanāliem šķērsojot membrānas.

3) **Trešā** eksotermiskā and eksoerģiskā reakcija H⁺+HCO₃⁻→H₂CO₃+Q;



4) **Ceturrtā** reakcija **stomata** sūkļveida mezofilo šūnu virsmā (ārpus organisma) sadala ogļskābi H₂CO₃ par gāzi

CO₂↑_{gas} **endotermiskā**: H₂CO₃ + Q(gas)→H₂O + CO₂↑_{gas} reakcijā $\Delta H_r = +20,291 \text{ kJ/mol}$; bet eksoerģiski

$\Delta G_r = -8,539 \text{ kJ/mol}$. Summā endotermiski $\Delta H = 20,1 \text{ kJ/mol}$ un eksoerģiski $\Delta G = -30,82 \text{ kJ/mol}$;

Adsorbētais skābeklis O_{2aqua} leghemoglobīnā atbrīvo protonu **H⁺**, kurš palielina **stomata** sūkļveida

mezofilo šūnu virsmas skābumu. S virsmai ir specifiska uzbūve: superplāns 0.6 nm **ūdens** slānis. Virsma 0.9 μm²

S=950 nm x 950 nm sastāda tilpumu 0.5415·10⁻³ μm³ = 0.5415·10⁻¹⁸ L litros. Skābums sasniedz pH=5.5, ja viens

protons šķērsojot membrānas kanālu sasniedz virsmu un tas izraisa ogļskābes H₂CO₃ sadalīšanos iztvaikojot

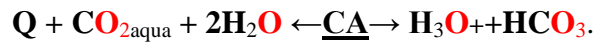
CO₂↑ gas atmosfērā.

Skābeklis [$O_{2\text{aqua}}$]= $6 \cdot 10^{-5}$ M *mitochondrijā* patērējas oksidēšanā. $O_{2\text{aqua}}$ patēriņš izraisa O_2 desorbciju:

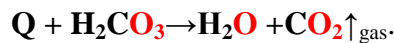


Skābeklis cauri akvaporīniem šķērso mitochondrijā membrānu. Koncentrācija samazinās [$O_{2\text{aqua}}$]= $6 \cdot 10^{-5}$ M. Each desorbed oxygen adsorbs one proton to distal histidine H^{His63} in LegHemoglobin ($H^{\text{His63}})LHb_T$ un saista ar sāls tiltiņu HCO_3^- . Tā kā samazinās metaboliskā produkta $CO_{2\text{aqua}}$ paskābināšanās efekts uzturot pH=7.36 nemainīgu.

2) $CO_{2\text{aqua}}$, metabolisma produkts rodas *mitochondrijās* reagē ar ūdeni, veidojot **karbo anhidrāzes** vadītu **endotermisku** līdzsvaru:



ENZĪMS karbo anhidrāze (CA) novirza līdzsvaru ar siltuma pievadīšanu, lielu ūdens [H_2O] koncentrāciju 55.3 M, mazu hidroksionija jonu koncentrāciju [H_3O^+]= $10^{-7.36}$ M un konstantes lielumu $pK_a=7.0512$ reakciju bikarbonāta anjonu virzienā atbilstoši Lješateljē principam, novēršot oglekļa dioksīda akumulēšanos. Ogļskābes konstante $pK=6.11$ palielina vides skābumu desmit kārt. Radot burbuļošanas briesmas:



ENZĪMS karbo anhidrāze (CA) ir iztrūkstošs ārpus organisma, jo ieslēgts šūnās ar membranām.

Augu Hendersona Haselbalha pH izteiksme **homeostāzē**

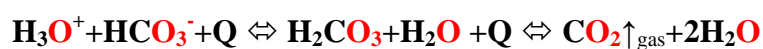
Kad šīs bufera sistēmas noslogo ar skābo metabolisko produktu $CO_{2\text{aqua}}$, tad vairāk un vairāk veidojas bufera sistēmas skābie produkti. Šī iemesla dēļ skābes formas jātransportē ārā no organisma.

Viegli iedomāties, ka leghemoglobīnu nevar izvadīt no organisma. Tā dēļ vienīgā bufera sistēma, kura ir noderīga skābes formu daudzuma regulēšanai izelpojot $CO_2 \uparrow_{\text{gas}}$. Tas stabilizē **pH=7.36** augos ar metabolisma gala produkta $CO_2 \uparrow_{\text{gas}}$ samazina paskābināšanās problēmu organismā. Augos jāuztur atraktors **7.36**. Karbo anhidrāzes trūkuma reakcija ir nenozīmīgi lēna: $CO_{2\text{aqua}} + 2H_2O \text{ lēna} \rightarrow H_3O^+ + HCO_3^-$ un novirza uz ātrāku atgriezenisku ogļskābes veidošanās reakciju:



Reakcija, kurā paredzama $CO_2 \uparrow_{\text{gas}}$ akumulēšana, ja pH=5,5, jo ogļskābes $pK=6.11$ vērtība ir par vienu kārtu skābāka kā karbo anhidrāze CA $pK=7.0512$.

Karbo anhidrāze ātri veic $CO_{2\text{aqua}}$ pārvēršanu par bikarbonāta anjonu HCO_3^- **ūdens** vidē un veido skābes-bāzes **endotermisku** līdzsvaru: $Q + CO_{2\text{aqua}} + 2H_2O \xleftarrow{CA} H_3O^+ + HCO_3^-$ producējot reakcijas labā pusē produktus $H_3O^+ + HCO_3^-$. **Q endotermiskums** pieprasa siltuma piegādi. Saules radiācijas siltums Q un, H^+ , HCO_3^- koncentrācijas no katra $CO_{2\text{aqua}}$ veido vienu H_3O^+ un HCO_3^- novirzot līdzsvaru pa labi.

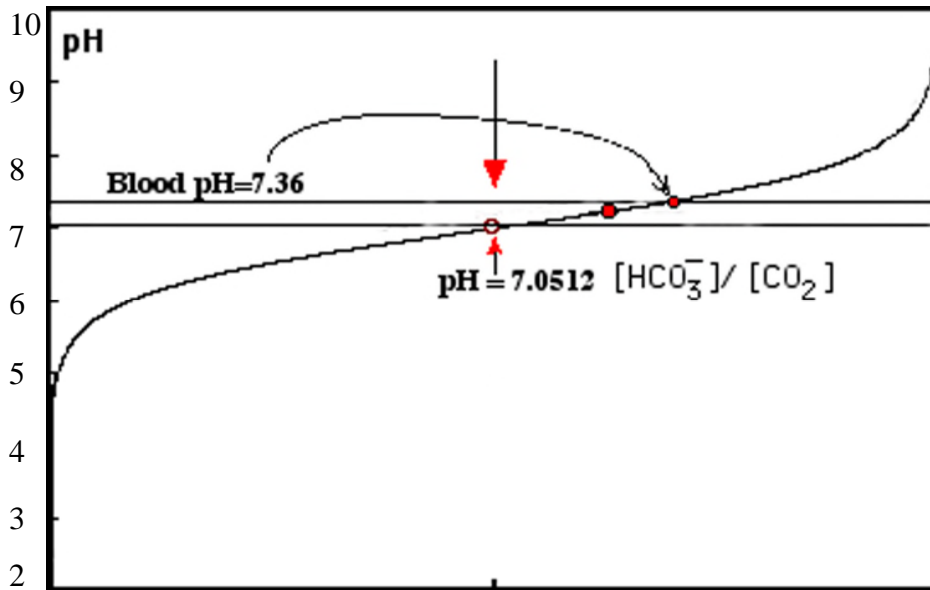


Karbo anhidrāzes līdzsvara konstante $pK=7.0512$ samazina koncentrāciju skābes formai CO_2 **ūdenī** H_2O (novēršot ogļskābes H_2CO_3 veidošanos kura ir desmitkārt skābāka $pK=6.11$) novirzot hidrogen karbonātu HCO_3^- un ūdeņraža jonus H^+ bufera šķīduma **pH** veidošanai.

Hendersona-Haselbalha homeostāze: $7.36 = \text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_{2\text{aqua}}]} = 7.0512 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_{2\text{aqua}}]}$;

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_{2\text{aqua}}]} = 10^{(\text{pH}-\text{pK})} = 10^{(7.36-7.0512)} = 10^{0.3088} = \frac{2.0263}{1} \text{ attiecību } [\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] \text{ aproksimējot par } 2/1.$$

Medicīnas literatūrā $\text{CO}_{2\text{aqua}}$ daudzums ir dots, bet tā kā mola $\text{CO}_{2\text{aqua}}$ rada molu $\text{H}_2\text{O}^{\text{CA}}/\text{CO}_{2\text{aqua}}$, tas ir vienāds $[\text{HCO}_3^-]=[\text{CO}_2]$.

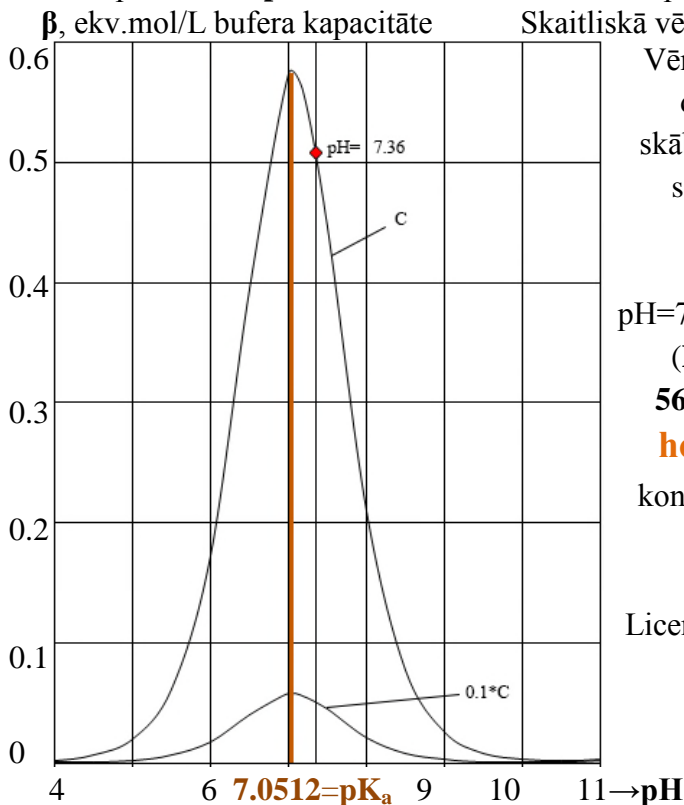


Bufera viduspunkts ir pārliekuma punkts grafikā \circ ar pH vērtību: $\text{pH}=\text{pK}_a=7.0512$, jo $[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_{2\text{aqua}}]=1$ ir viens tā kā bufera komponentu koncentrācijas ir vienādas $[\text{HCO}_3^-]=[\text{CO}_{2\text{aqua}}]$ tā pat kā bikarbonāta sāls HCO_3^- koncentrācija ir vienādā Brensteda vājas skābes $\text{CO}_{2\text{aqua}}$ koncentrācijai $[\text{CO}_{2\text{aqua}}]$. Sārma rezerve pie $7.36=\text{pH}$ ir fizioloģiska **norma** , ja attiecība ir

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_{2\text{aqua}}]} = \frac{2.0263}{1}.$$

HCO_3^- 0% 50% 100% sāls – bufera sistēmas bāze
 $\text{CO}_{2\text{aqua}} + 2\text{H}_2\text{O}$ 100% 50% 0% vājas skābes bufera komponente

Kopš H^+ koncentrācija pieaug kādu iemeslu dēļ, karbo anhidrāzes līdzsvars nobīdās pa kreisi un CO_2 transportējas ārā kā H^+ ar HCO_3^- izelpojot cauri *stomata* sūkļveida mezofilo šūnu virsmai un skābes koncentrācija $[\text{H}^+]$ pamazinās. Ja H^+ koncentrācija samazinās, karbo anhidrāzes līdzsvars nobīdās pa labi un HCO_3^- pārkuma daudzums cauri *stomata* šūnu virsmai transportējas ārā. Bikarbonāta kanāli *stomata* sūkļveida mezofilo šūnu virsmā ir atvērti cirkulācijai pie lielām vērtībām $\text{pH}>7.36$ no iekšpuses citosolā, bet ārpusē atvērtas pie zemām $\text{pH}<7.36$ vērtībām citosolā izelpojot CO_2 .



β , ekv.mol/L bufera kapacitāte Skaitliskā vērtība **7.0512** ir desmitkārt bāziskāka par ogļskābi $\text{pK}=6.11$, Vērtība $\text{pK}=7.0512$ veido karbo anhidrāzes līdzsvara konstanti draudzīgu atraktoram $\text{pH}=7.36$. Metabolisma produkts CO_2 skābe organismam ir jābuferē ar sārma rezervi. Tā pēc attiecība starp HCO_3^- un $\text{CO}_{2\text{aqua}}$ koncentrācijām ir 2/1 un pH vērtība fizioloģiskam atraktoram ir **7.36**.

Sārma rezerve $2.036/1=[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_{2\text{aqua}}]$ atraktoram $\text{pH}=7.36$ tiek kontrolēta pievienojot H_2SO_4 augu sulas paraugam (H_2SO_4 reaģē ar HCO_3^- un $\text{CO}_{2\text{aqua}}$, atbrīvojot gāzi CO_2). Ja **56.23** mL gāzes CO_2 rodas no **100** mL sulas, **sārma rezerve** ir **homeostāzs norma** un kopējais **sārmas rezerves** daudzums koncentrācija $0.023\text{M} = [\text{HCO}_3^-]+[\text{CO}_{2\text{aqua}}]$ ir **homeostāzes**

normā kā summa no $[\text{HCO}_3^-]=0.0154\text{M}$ un $[\text{CO}_{2\text{aqua}}]=0.0076\text{M}$.

Licenzēta instrukcija **sārma rezervei** organismā pievieno H_2SO_4 100 mL paraugam. Tā kā H_2SO_4 reaģē ar HCO_3^- un $\text{CO}_{2\text{aqua}}$, izdalās gāze CO_2 .

Ja **50-60** mL gāzes CO_2 izdalās no **100** mL parauga **homeostāzē sārma rezerve** ir **normā**.

<i>Viela</i>	ΔH_r° , kJ/mol	ΔS_r° , J/mol/K	ΔG_r° , kJ/mol
H₃O⁺	-285.81	-3.854	-213,275
HCO₃⁻	-689.93	98.324	-586,94
H₂O	-285.85	69.9565	-237,191
CO₂↑_{gas}	-393.509	213.74	-394,359
CO₂_{aqua}	-413.7976	117.5704	-385,98
O₂↑_{gas}	0	205,04	0
O₂_{aqua}	-11.715	110.876	16,4
H₂CO₃	-699,65	187.00	-623,17