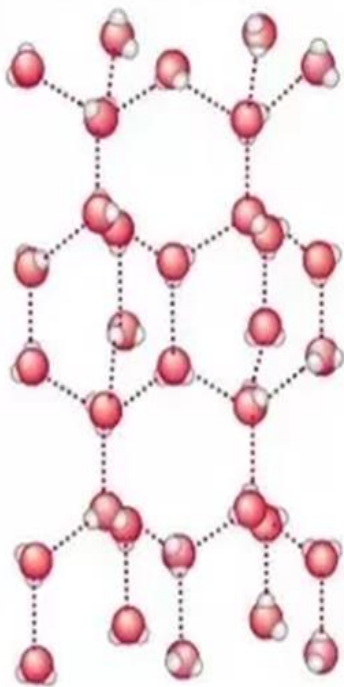


Структура чисте воде

- карактеристика Земље као небеског тела је да обилује водом
- вода није чисто једињење, углавном раствори и суспензије
- вода има веома компликовану, до краја неразјашњену, структуру
- структура самог молекула воде није спорна, она је позната
- “проблем” је што молекули воде у течном стању интерагују
- осим тога, тешко се добија хемијски чиста вода, неопходна за проучавање
- синтетише се у малим количинама у вакууму, када се добије чиста, тешко ју је сачувати чистом јер је...
- ...добар растварач, раствара гасове из ваздуха, материјал судова
- до особина чисте воде долази се екстраполацијом особина лабораторијске максимално чисте воде
- чиста вода- необична супстанца, једина под условима присутним у животној средини у сва три агрегатна стања

- преласци из једног стања у друго условљавају многе промене у животној средини- климатске и површинске
- примери: замрзавање воде, појава ледника, појава гасовите воде која омогућава стално наводњавање копна
- вода у течном стању је „компликована“ због структуре молекула воде
- молекул воде је дипол, може се замислити као тетраедар са О у центру, два атома Н и два е⁻ пара на рогљевима тетраедра
- због асиметричног распореда наелектрисања молекули воде се везују јаком водоничном везом
- због водоничне везе, вода се понаша другачије у односу на друге супстанце сличног састава
- на Т° животне средине- течна, има високу Т_{кључања} и Т_{мржњења}
- Н₂Те, Н₂Се, Н₂С су гасови у нормалним условима
- Те, Се и С су тежи од О, вода би требала да је гас са нижом

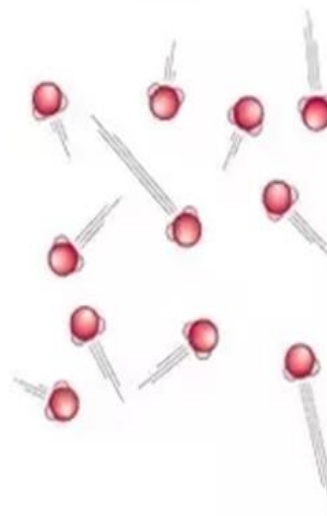
(a) Solid water (ice)



(b) Liquid water



(c) Gaseous water (steam)



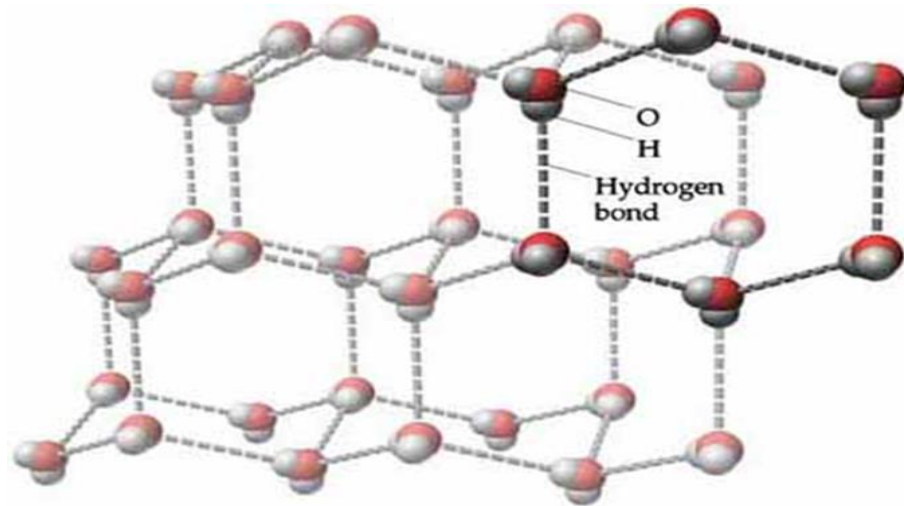
© 2001 Sinauer Associates, Inc.

- вода се понаша идеално само у гасовитом стању
- водена пара се покорава у потпуности законима идеалног гасног стања, молекули на довољно великој раздаљини, нема Н- веза
- за течну воду су карактеристичне велике аномалије, последице везивања појединих молекула Н- везама

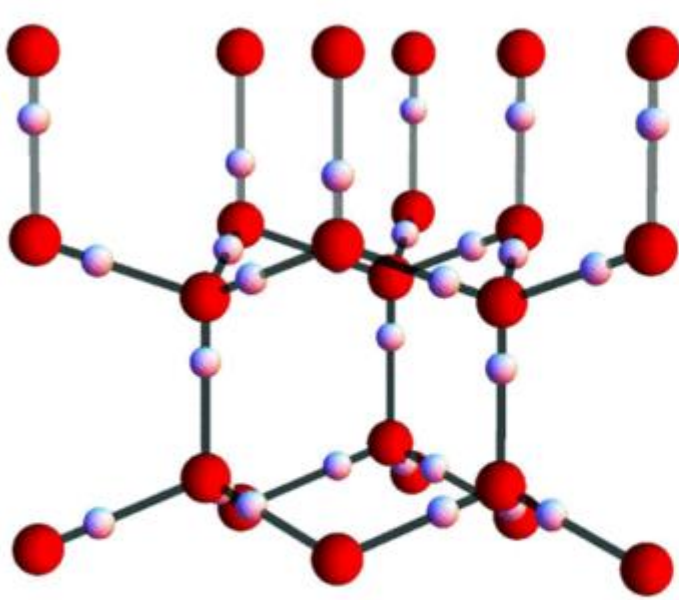
- на чињеници да постоје Н- везе се заснивају теорије о структури течне воде
- две битне теорије- теорија континуума и кластерска теорија
- и једна и друга теорија могу да објасне део особина воде, ниједна не може да објасни све особине воде
- теорија континуума: чиста вода- хомогено тело, сви молекули воде повезани Н- везама у полимер, не постоје слободни молекули воде (мономер), димери...
- по овој теорији сви су молекули повезани, али је трајање једне Н- везе кратко ($< 10^{-8}$ s)
- Н- везе се континуирано раскидају и стварају
- на једном месту се раскидају, на другом стварају
- долази до раскидања и стварања веза са јако великом фреквенцијом
- у сваком тренутку велики број “затворених” и мали број “отворених” Н- веза

- ова теорија објашњава течење воде, то што се може сипати, што је покретна и што показује релативно мали отпор течењу
- кластерска теорија је нешто старија од теорије континуума
- по овој теорији, део течне воде је у полимерном стању
- молекули повезани Н- везама стварају неправилну мрежасту структуру
- Н- везе су толико јаке да молекули граде агломерате, грудве, пакете
- ови агломерати се називају кластерима
- величина кластера зависи од T° , што је T° нижа, кластер је већи
- на 0°C кластер у просеку садржи 90 молекула воде, на 20°C - 80, на 70°C кластер садржи у просеку 75 молекула воде
- на свакој T° постоје мономери (слободни молекули воде) који се провлаче кроз шупљине кластера, постоје и велики молекули

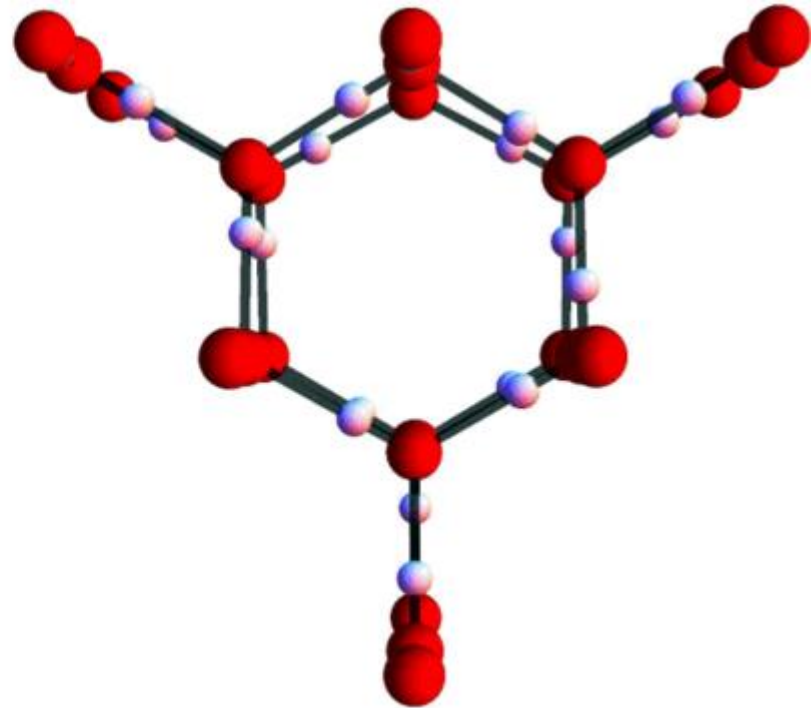
- цео систем је динамичан
- са повећањем T° , смањује се, због енергије система, број молекула у кластеру, смањује се величина кластера
- на 100°C нестају кластери, раскидају се све Н- везе и вода прелази у гасовито стање
- при хлађењу, мало изнад 0°C , почиње уређење једног дела молекула воде у псеудокристаличну структуру, а има и кластера, дакле поред кластера се јавља још једна уређена структура
- на 0°C вода мрзне у облику хексагоналних кристала леда који су врло правилни (лед I структуре)
- сваки О атом је посредством ковалентних и Н- веза повезан са четири водоникова атома, даје тетраедарску структуру



- тетраедри се комбинују попут саћа, стварајући хексагоналне канале
- која ће врста леда настати, зависи од притиска
- ако вода садржи неку супстанцу (неку количину гаса или електролита), њена се структура битно мења
- зато сви водени раствори имају другачије особине од чисте воде



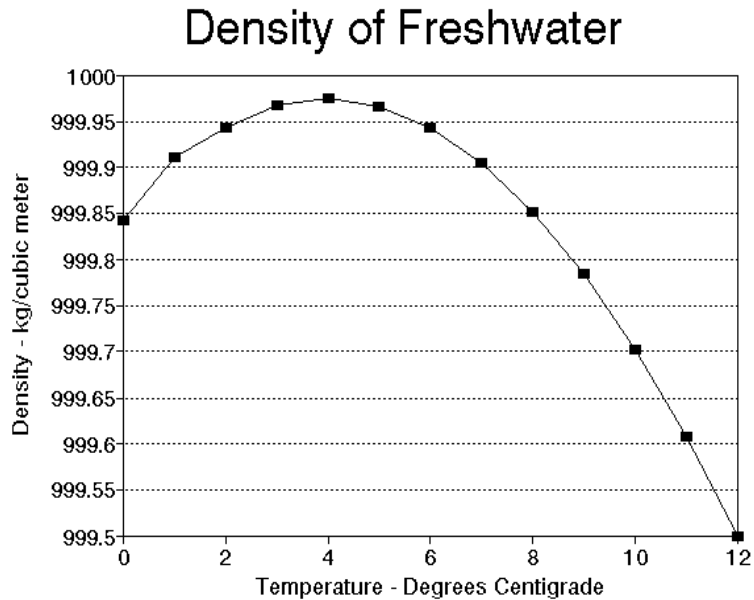
(a)



(b)

Физичке особине чисте воде

- кластерска структура чини воду необичном супстанцом и условљава њене специфичне физичко-хемијске особине
- вода има највећу густину на $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$, а не на $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ када мрзне
- са растом $T\text{ }^{\circ}$ изнад $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ густина воде опада
- са опадањем $T\text{ }^{\circ}$ испод $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ густина воде такође опада
- лед, чврста кристална вода, је лакши од течне воде, плива по њој
- ова чињеница је важна за животну средину, омогућује да се зими, испод леда на воденим телима налази топлија вода у којој живот опстаје
- да је вода најгушћа на $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, водена тела би мрзла зими до дна
- појава да је густина воде највећа на $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ се назива густинском аномалијом воде
- густина свих осталих течности са повећањем температуре опада, од вредности при $T_{\text{топљења}}$, до вредности при $T_{\text{кључања}}$



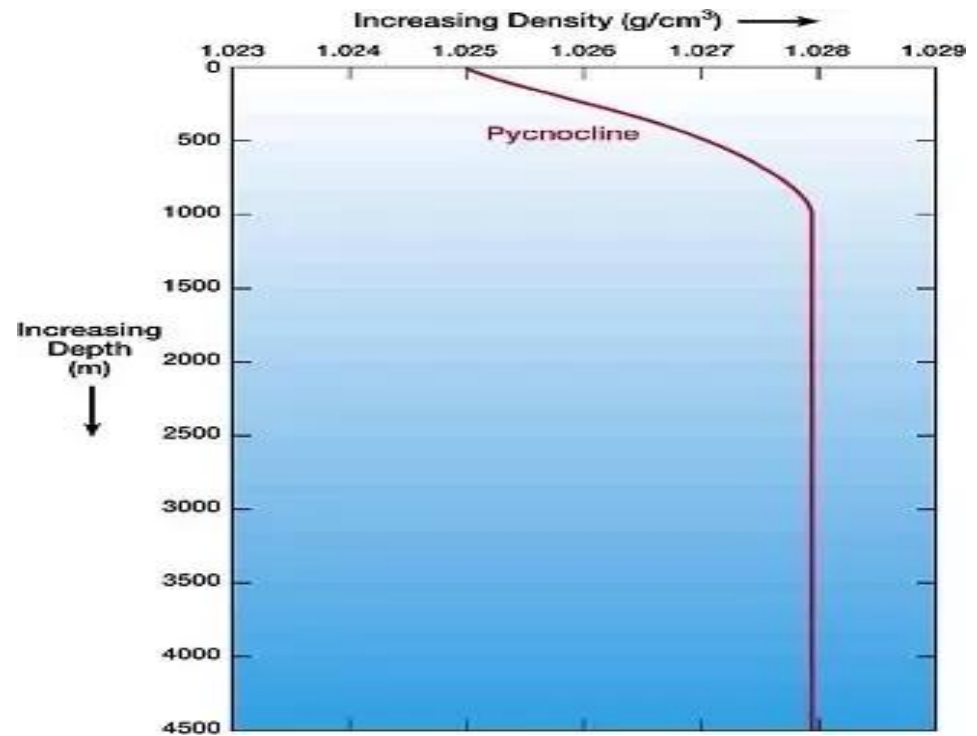
- разлог једноставан, са растом T° сва се тела шире (па опада њихова маса по јединици запремине, тј. густина), са падом T° сва се тела скупљају (па расте њихова маса по јединици запремине, тј. ρ)
- кластерска структура воде објашњава густинску аномалију
- приликом раста T° одигравају се два процеса
- један је уобичајено ширење воде услед раста T° - овај процес доводи до смањења густине са растом T°

- други процес је смањење величине кластера са растом T° - пошто кластери садрже шупљину, смањење њихове просечне величине доводи до смањења празног простора, тј. до раста густине
- дакле два међусобно супротстављена процеса (са становишта њиховог утицаја на густину) теку истовремено са растом T°
- при расту T° од 0°C до $3,98^\circ\text{C}$ други процес је доминантан
- густина воде, стога, при расту T° од 0°C до $3,98^\circ\text{C}$, расте
- након $3,98^\circ\text{C}$ први процес постаје доминантан, густина воде опада
- цео систем може да се посматра и када T° опада од 100°C ка 0°C
- тада се, вода, као и свака друга супстанца, скупља, повећава се ρ
- истовремено расте и величина кластера, што повећава укупну количину простора који је заузет кластерским шупљинама, што смањује ρ

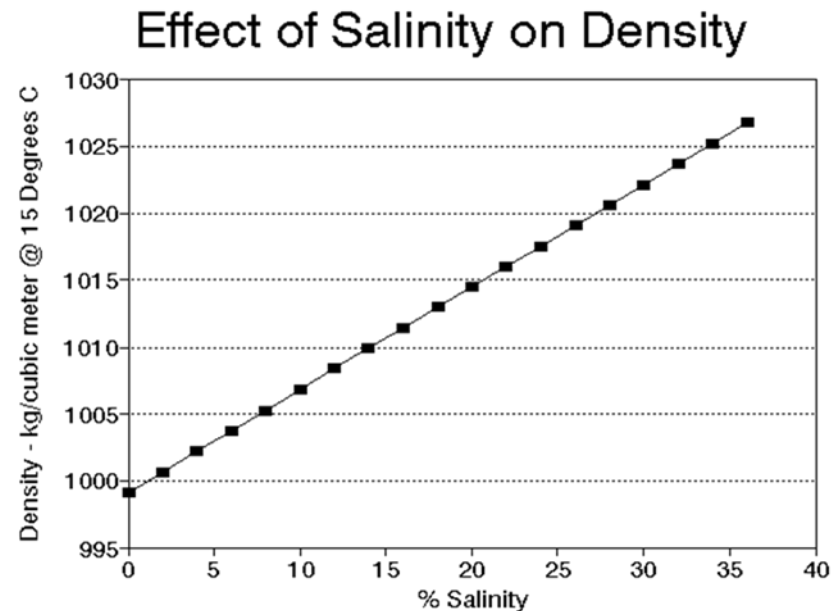
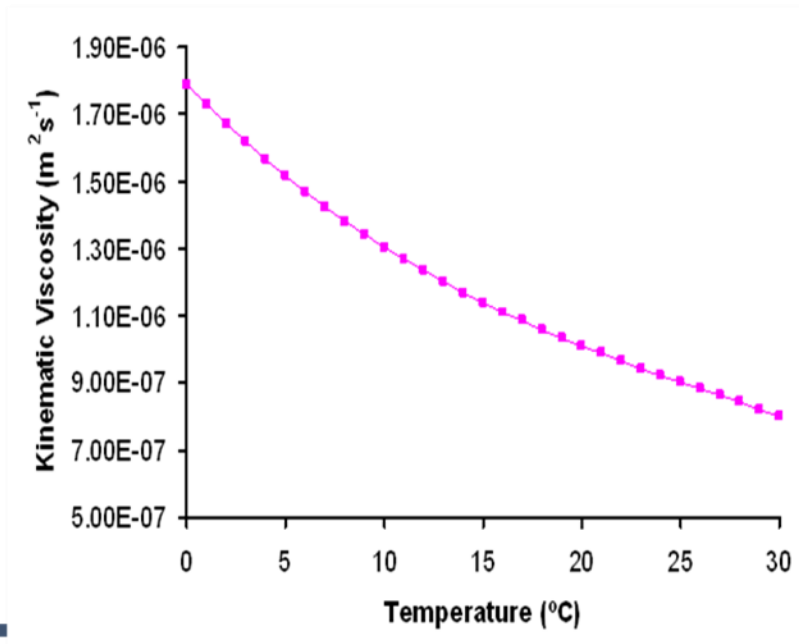
- од $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ преовлађује ефекат скупљања при снижењу T° , што повећава густину
- од $3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ преовлађује ефекат раста кластера, што доводи до смањења густине
- приликом топљења леда, непосредно након $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, уз делове хексагоналне структуре, јављају се и слободни молекули воде, и мање агломерације (димери, тримери...)
- они пливају у простору и заузимају шупљине преостале кристалне структуре леда, тј. доводе до сажимања и раста ρ
- процес траје све док има остатака структуре леда, $\approx 3,98\text{ }^{\circ}\text{C}$
- друга важна особина воде која је проузрокована кластерском структуром је контракција V при мешању са другом течношћу
- због кластерске структуре вода није густо пакована, порозна је, има празан простор
- величина кластера, тиме и порозност, зависи од T°

- на 20 °C празан простор обухвата око 16% укупне запремине воде
- у овај празан простор могу да уђу други молекули, а да не дође до видљиве промене запремине
- мешањем воде са другом течношћу могуће је добити смесу чија запремина није једнака аритметичком збиру запремина течности
- мешањем 1 l воде и 1 l етанола добија се смеша чија је $V < 2 l$
- један део молекула етанола заузима простор у кластерима воде
- супстанце које показују контракцију запремине морају да имају мале молекуле, да буду мешљиве са водом, да не граде јаче Н- везе од молекула воде
- вода је практично инкомпресибилна, тј. нестишљива

- и друге течности су тешко стишљиве, али је нестишљивост воде јако изражена чак и на високим притисцима
- вода је једна од ретких течности која се не може сабити дејством веома високог притиска
- истина сабија се екстремно мало, сматра се нестишљивом
- ванредан отпор сабијању је последица кластерске структуре
- да би се вода сабила, потребно је, за разлику од других течности, употребити додатну енергију да би се раскинуле Н- везе одговорне за кластере, тј. морају се уништити кластери
- нестишљивост има велики практичан значај



- омогућава лако преношење цевима, јер вода, без обзира на r има исту V , мерење протока (не мора се водити рачуна о r), употребу хидрауличких система, рад пумпи...
- вискозитет воде јако зависи од T° , драстично пада са растом T°
- при расту T° од 0 до 35 $^\circ\text{C}$, вискозитет се преполови
- вискозитет је заправо унутрашњи отпор течењу
- са растом T° опада отпор течењу воде, она постаје течљивија



- ова особина је важна код припреме воде за флокулацију или цеђење
- вискозитет зависи и од соли, са растом [] соли, пад вискозитета са растом T° постаје и већи
- и драстичан пад вискозитета са растом T° може да се објасни кластерском структуром
- са растом T° разбијају се кластери, вода постаје физички хомогенија и мање вискозна
- вода има висок површински напон, само H_2O_2 има већи
- са растом T° од 0 до 100 $^\circ C$ вредност површинског напона линеарно опада од 81×10^{-3} до $60 \times 10^{-3} N/m$
- екстраполацијом утврђено површински напон воде износи 0 N/m на око 400 $^\circ C$
- површински напон представља отпор формирању капи

| Temperature ($^\circ C$) | Surface tension ($mN m^{-1}$) |
|----------------------------|---------------------------------|
| 10 | 74.01 |
| 15 | 73.26 |
| 20 | 72.53 |
| 25 | 71.78 |
| 30 | 71.03 |

- од површинског напона зависи низ процеса, пре свега формирање капи
- што је површински напон мањи, капи се могу боље распрскавати и разбијати, што је већи и капи су веће
- од површинског напона зависи формирање кишних и других капи, а од величине капи зависе многи процеси
- од величине кишних капи зависи пречишћавање ваздуха
- због високог површинског напона, вода мање тежи формирању мањих агломерата, може да се насипа преко врха чаше, да се пресипа, да тече из чесме без распрскавања
- у технологији сви процеси зависе од површинског напона
- боље је да су капи воде што ситније, јер је онда ефикаснија интеракција воде и гаса
- како је површински напон мањи на вишој T° , топла вода се лакше расипа у капи, капи су ситније, лакше улазе у поре
- то је један од разлога зашто се веш боље пере у топлијој води

- захваљујући великом површинском напону воде, тј. чињеници да прави релативно велике капи, могуће је правити шаторска крила и кишобране који неће бити херметички затворени
- имаће поре које су довољно мале да капи воде не могу да продру
- ако су у води присутне супстанце које мењају површински напон, могуће је добити и мање или веће капи, него са чистом водом
- према дејству на површински напон воде разликујемо површински активне (\downarrow) и неактивне супстанце (\uparrow површински напон)
- површински активне супстанце (тензиди) имају хетерополаран молекула
- један крај молекула је поларан (ОН, COOH, NH₃ група), а други неполаран (обично угљоводонични низ)
- мала количина ових молекула снижава површински напон вода, капљице постају још мање, па нпр. прање постаје боље
- детерџенти садрже површински активне материје

- при доласку у воду, поларни крај молекула ка води, неполарни ка другој фази (ваздуху, неполарној течности итд.)
- у природи су честе површински активне супстанце
- аминокиселине, олигопептиди итд.
- оне се групишу у површинском слоју воденог тела,у њему су обично и неполарне и липофилне супстанце
- због тога је површински слој природних вода потпуно посебан и другачијих особина од остатка воденог тела
- у њему се растварају и гасови из ваздуха, пошто се површински слој граничи са њим
- понекад је количина површински активних супстанци толика да се на површини водених тела ствара пена, поготово при ветру
- воде у којима постоји велика количина површински активних супстанци услед загађења пене и теку знатно брже

- повећавају површински напон воде, али је њихов утицај благ
- електролити су хидрофилни, не сакупљају се у једном слоју, већ дуж целе вертикале воденог тела
- због повећаног површинског напона, концентровани раствори електролита су тешко покретљиви,
- теже се пресипају, теже распрскавају, формирају веће капи
- кластерска структура воде утиче и на њене термичке особине
- вода у чврстом стању (лед) има највећу латентну топлоту топљења
- латентна топлота топљења је количина топлоте потребна јединици масе неке супстанце да пређе из чврстог у течно стање
- ова величине је два пута већа за лед него за гвожђе
- лед је, дакле, стабилан и уређен систем који дуго опстаје
- све ће се отопити пре леда, он на крају

- вода има највећу топлоту испаравања (2258 kJ/kg)
- за ред величине већа него код других течних супстанци
- етанол 838 kJ/kg, етар 376 kJ/kg
- топлота испаравања је количина топлоте потребна да се јединица масе неке супстанце преведе из течног у гасовито стање
- течна фаза воде је стабилна због грађења Н- веза

| Substance | Specific latent heat of fusion J.g ⁻¹ | °C | Specific latent heat of vaporization J.g ⁻¹ | °C |
|---------------|-----------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------|------|
| Water | 334 | 0 | 2258 | 100 |
| Ethanol | 109 | -114 | 838 | 78 |
| Ethanoic acid | 192 | 17 | 395 | 118 |
| Chloroform | 74 | -64 | 254 | 62 |
| Mercury | 11 | -39 | 294 | 357 |
| Sulphur | 54 | 115 | 1406 | 445 |
| Hydrogen | 60 | -259 | 449 | -253 |
| Oxygen | 14 | -219 | 213 | -183 |
| Nitrogen | 25 | -210 | 199 | -196 |

- потребна је велика енергија да течна вода испари, пошто се тешко мења, опире промени, погодна је за живот и његово одржање
- вода испарава споро, друге течности брзо
- вода има највећу специфичну топлоту од свих познатих супстанци
- вода $4180 \text{ J/kg} \times ^\circ\text{K}$, етанол има $2460 \text{ J/kg} \times ^\circ\text{K}$
- специфична топлота је количина енергије коју треба довести јединици масе неке супстанце да би се загрејала за $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ($1 \text{ }^\circ\text{K}$)
- вода се, дакле, од свих супстанци најспорије греје, дуго одржава константну температуру, погодна је за живот
- вода има најмањи коефицијент топлотне проводљивости
- $0,60 \text{ J/m} \times \text{s} \times ^\circ\text{K}$

Table 1 Specific Heat Capacities of Common Substances

| Substance | Specific heat capacity (J/(kg-°C)) |
|---------------|------------------------------------|
| water | 4.18×10^3 |
| ethyl alcohol | 2.46×10^3 |
| ice | 2.1×10^3 |
| aluminum | 9.2×10^2 |
| glass | 8.4×10^2 |
| iron | 4.5×10^2 |
| copper | 3.8×10^2 |
| silver | 2.4×10^2 |
| lead | 1.3×10^2 |

- коефицијент топлотне проводљивости је количина топлоте (у J) која се пренесе кроз јединицу површине попречног пресека (1 m^2) и слоја дебљине 1 m за време од 1 s , при температурној разлици од једног степена ($1 \text{ }^\circ\text{C}$ или $1 \text{ }^\circ\text{K}$) испред и иза
- ова величина је мерило какав је топлотни изолатор нека супстанца
- вода је убедљиво најбољи изолатор, 70x боља од плуте, 210x боља од азбеста, 330-670x боља од дрвета
- ниска топлотна проводљивост → вода стабилан систем
- кроз воду се тешко проводи топлота, температура се тешко мења
- зато у природним водама постоји температурни градијент
- површински слој најтоплији, ка дну све хладнији и хладнији
- доњи слој може имати температуру од $4 \text{ }^\circ\text{C}$ усред лета
- последица - разноврсни хемијски састав и живи свет по зонама

- ниска топлотна проводљивост доводи до тога да се воде споро загревају и споро хладе, знатно спорије од других материјала
- лети су воде релативно хладне, зими релативно топле
- због ниске топлотне проводљивости вода се користи као грејни флуид (преносилац топлоте) у грејним телима
- висока специфична топлота, ниска топлотна проводљивост и висока топлота испаравања су условљене кластерском структуром
- да би се молекули покренули и превели у више енергетско стање, неопходно је прво уложити енергију за разбијање кластера
- кластерска структура и Н- везе су узрок инертности воде

Изотопски састав воде

- вода температуре 4 °C узета је за стандардну јединицу масе и запремине, односно за еталон густине
- ово се, међутим, не односи на воду која се 100% састоји од $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, већ на добро пречишћену речну воду, која је пречишћена од свега што нису “воде” тј. $^x\text{H}_2^y\text{O}$,
- осим изотопа ^1H и ^{16}O , у природи, додуше у веома малим количинама, постоје и ^2H , ^3H , ^{17}O и ^{18}O
- добро пречишћена речна вода се састоји углавном од $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, али садржи и примесе које имају теже изотопе H и O
- што је више примеса са тежим изотопима, то је густина воде већа
- свака вода која има већу количину примеса воде са тежим изотопима у односу на добро пречишћену речну воду (еталон) ће имати $\rho > 1,0000 \text{ kg/dm}^3$

- свака вода која има мању количину примеса воде са тежим изотопима у односу на добро пречишћену речну воду ће имати $\rho < 1,0000 \text{ kg/dm}^3$
- ове разлике у густини су у природним водама мале, тек на петој, шестој и седмој децимали
- како молекул воде има три атома, а постоје и по три изотопа водоника и кисеоника, могући број различитих молекула воде који ови изотопи могу да направе је $3 \times 3! = 18$
- убедљиво најчешћи од 18 могућих молекула је $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$
- разлог: ^1H и ^{16}O неупоредиво највише у природи у поређењу са другим изотопима
- ^2H само 0,014% у односу на ^1H , ^3H још мање
- све комбинације са ^2H (без обзира на O) се називају тешком водом
- у природи највише $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ и $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$

- све комбинације са ^3H (без обзира на O) се називају супертешком водом
- $\rho < 1$ имају атмосферска вода (снежница, кишница) и вода у живим организмима, имају мање тешких изотопа од чисте речне воде
- како атмосферске воде испаравањем доспевају у атмосферу, логично је да су “лакше” од површинских вода
- лакши молекули, без тешких изотопа, ће лакше испаравати и доћи у атмосферу
- живи организми садрже углавном $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ у већем уделу него у добро пречишћеној речној води
- они показују и отпор према тешким изотопима, живот се заснива на $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ молекулу, свака, па и најмања промена може да буде фатална
- биљке при фотосинтези узимају искључиво $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, не пропуштају теже воде

- $\rho > 1$ имају морска вода и кристализациона вода из минерала, оне имају више тешких изотопа у поређењу са чистом речном ВОДОМ
- морска вода је изложена загревању и испаравању, лакши изотопи лакше одлазе (тако и настају атмосферске воде $\rho < 1$), а тежи остају, зато је густина морске воде већа од чисте речне
- процеси дестилације, хидратације и сл. у природи практично праве сепарацију између различитих изотопа
- тешке воде се добијају синтетичким путем, дуготрајном електролизом обичне воде
- на катоди се издваја $^1\text{H}^+$, ^2H се гомила у заосталој води
- ако електролиза довољно дуго траје и води до веома мале запремине, заостаје готово потпуно чиста $^2\text{H}_2\text{O}$
- при електролизи се разлажу лакше воде, тешке воде се теже разлажу и заостају

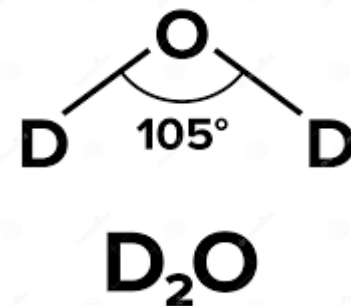
- тешка вода има другачије особине од обичне

воде, $T_{\text{топљења}} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{кључања}} = 101,4 \text{ }^\circ\text{C}$,

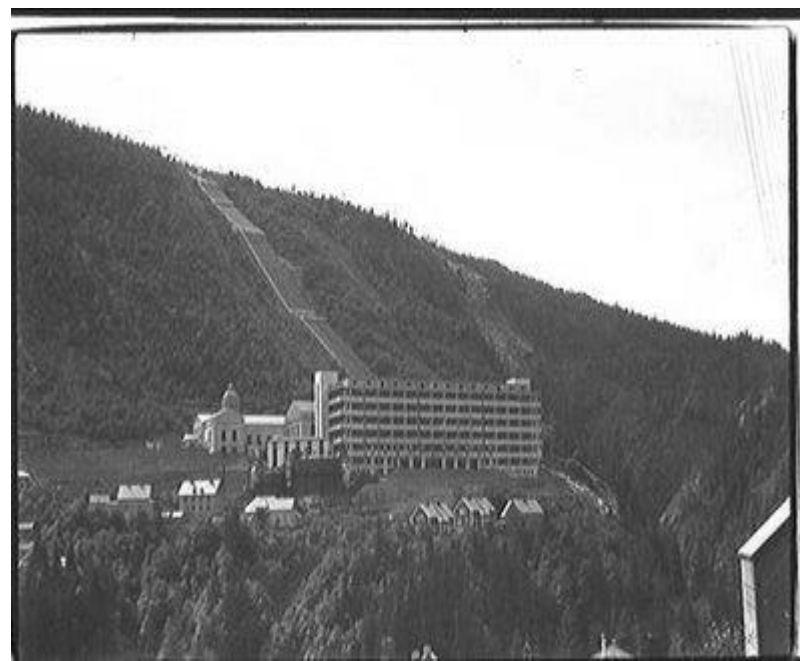
$\rho = 1,1 \text{ kg/dm}^3$

- отровна је за живи свет, ниједан биохемијски, метаболички процес који се заснива на води не функционише са тешком водом

- разлог- нешто различита тродимензионална геометрија молекула $^2\text{H}_2\text{O}$



dreamstime.com



Карактеристике воде у природи

- воде су у природи врло распрострањене
- Земља је изузетак у односу на друга небеска тела, на њој много воде, на другим телима само трагови
- молекул воде постоји у целој васиони, али не у битној []
- на Месецу трагови, али се не зна да ли те трагове донели људи, на Марсу суви лед помешан са обичним, у реповима комета (Халејеве, нпр.) и метеорита вода у траговима
- сматрано је да је вода на Земљи створена различитим хемијским реакцијама, али се данас верује да је постојала и у праатмосфери
- током развоја Земље се везивала за различите супстанце, а касније ослобађала- била је привремено везана и зато се и задржала
- вулкански гасови и данас садрже пару, дакле и данас се налази у везаном стању и ослобађа се

- у унутрашњости Земље откривена млада (јувенилна) вода
- ова вода је тек настала хемијским и физичким процесима
- није била укључена у циклус воде у природи
- геолози су утврдили да су океани постојали још у раним геолошким добима
- било их је мање (у мањој количини) и другом облику
- током мезозоика формирана количина воде која је данас у океанима
- вода је главни флуид на Земљи, прожима целокупну животну средину, све сфере (атмо-, лито-, био-, хидро-), полазна је средина за сва жива бића
- сва биохемија се заснива на води, све животне активности се одвијају уз учешће воде
- телесне и међућелијске течности засноване на води
- у атмосфери се вода налази у сва три агрегатна стања

- град, снег, киша, магла, влага, пара
- од географске ширине зависи облик, у поларним крајевима у чврстом, у тропским у гасовитом и течном стању
- литосфера садржи извесну количину воде- подземна вода
- према пореклу разликујемо подземну воду која примарно потиче од падавина, регенерисану вода која потиче од метаморфозе минерала и јувенилну воду
- тешко се утврђује право порекло вода
- подземне воде се деле и на приступачне и неприступачне
- испод неке дубине у литосфери воде нема
- површинске воде (хидросфера у ужем смислу) разликују се према агрегатном стању у коме се налазе
- у чврстом стању (снег, лед, ледници) и течном стању (океани, мора, језера, реке, баре)
- постоје и други критеријуми, разликују се стајаће и текуће, слатке и слане, копнене и морске...



- постоје различити подаци везани за расподеле појединих врста вода на Земљи, али се, они, у принципу слажу
- атмосфера (0,001%), вода у земљишту (0,005%), подземна вода (0,6%), реке (0,0001%), слатководна језера (0,009%), слановодна језера (0,008%), океани (97,3%), поларни лед и ледници на планинама (2,1%)
- на Земљи, као што се види, највише има слане воде
- тешко дефинисати количину подземне воде, то највише утиче на разлике у проценама удела
- важна, велика количина воде у ледницима и планинском леду
- највећа количина воде $\approx 99\%$ неупотребљива (океани, подземне, лед)
- слане воде неупотребљиве без прераде, десалинизација скупа
- слатке воде захтевају мању прераду, степен прераде зависи од загађености

- људи зависе од танког слоја земљишта и воде у њему, река и језера, а баш се те воде највише и загађују
- сем дубинске подземне воде и дубљих слојева леда, друге воде загађене
- узроци загађења природни (пустињске олује, вулканске ерупције, шумски пожари, поленов прах) и антропогени
- атмосферска вода потиче из кружног тока воде у природи
- настаје, практично, дестилацијом, тј. испаравањем и кондензовањем
- када настане и јесте најчистија
- у њој се, међутим, након настанка растварају гасови и суспендовани материјали, вода се кондензује око честица, које су такође нечистоће
- без обзира, остаје најчистија вода у природи
- може да буде пуно растворених супстанци, али у врло малим []
- током падања, кишница прима супстанце из атмосфере

- њен састав се мења, на површини Земље састав је резуланта атмосфере кроз коју је прошла
- једна кишна кап масе око 50 mg која пада са висине од 1 km, испере око 16 L ваздуха, све што је у том ваздуху се испира
- атмосферска вода је чиста онолико колико је чиста атмосфера
- најзначајнији гасови у ваздуху су N_2 , O_2 , Ar, и CO_2
- у зависности од растворљивости одређена количина ових гасова се раствори у води, N_2 , O_2 , Ar се растварају, CO_2 и реагује $CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$ (равнотежа се стално помера у десно)
- зато је CO_2 и најраспрострањенији гас у кишници
- последица ове реакције је да су атмосферске воде слабо киселе (до pH 5,6)
- загађивачи драстично мењају киселост вода, иде и испод pH 5,6
- главни састојци кишнице, у просеку, су сулфати, хлориди, нитрати, јони натријума, калцијума, калијума, и амонијума

- кишница може да садржи и природна (аминокиселине, терпеноиди) и антропогена (пестициди) органска једињења
- може да садржи и тешке метале, нарочито Pb и Hg (лакше испарљиви), али и Zn и Cd
- када кишница стигне до земљишта, интерагује → састав јој се мења
- креће се вертикално кроз седимент док не наиђе на препреку (стену, глину...)
- ту се зауставља и формира резервоар подземне воде
- састав подземне воде потпуно је различит од кишнице
- земљишта имају различит састав, кишница пролази и спира различите компонентне, нешто из кишнице земљиште и сорбује
- зато све подземне воде имају различит састав и међусобно и поредећи се са кишницом из које настају

- ипак, код свих подземних вода, најраспрострањенији анјон је бикарбонат, а сулфати, хлориди, нитрати и фосфати су у два реда нижој концентрацији
- ретко подземна вода има више сулфата него свих других анјона заједно, ако пролази кроз слој богат сулфатима
- највише катјона калцијума, нешто мање магнезијума, онда долазе натријум, калијум и гвожђе, мангана знатно мање
- у подземним водама врло мало органске супстанце, оне се кроз земљиште или везују, или их микроби разграђују
- ретко, али могуће је да ако је земљиште богато хуминским супстанцама, а не постоји добро сорбовање, оне буду у води
- догађа се чак и да буду у високој []
- подземне воде садрже и гасове, поготово оне које су растварале јер су на њих наилазиле
- неке имају кисеоник (неколико mg/L), неке их уопште немају

- немају, ако је потрошен на разградњу органске супстанце
- додатни услов је да га нема је да нема контакта са свежом водом
- ако нема кисеоника, могу да се појаве NH_3 , CH_4 , H_2S
- површинске воде настају из подземних вода извирањем
- зато и површинске воде међусобно имају различит састав
- не постоје две реке са истим саставом
- састав речне воде резултат састава подземне воде и притока
- након извирања састав се мења, разлог притоке и интеракција са обалом и дном
- састав речне воде се мења и због микробиолошке активности
- реке имају повољан однос запремине и површине
- резултат: релативно добар контакт и размена материја са ваздухом
- током течења реке, горњи слој је бржи, река се “љушти”

- стално нови слој у контакту са ваздухом, из воде излазе, захваљујући аерацији, NH_3 , CH_4 , H_2S , улазе O_2 , CO_2 , N_2
- код језера неповољан однос површина/запремина
- језера су слабо аерисана, осетљивија на загађивање од река
- настају акумулацијом воде, она може да одлази рекама, али равнотежа може да се одржава и само испаравањем
- постоје проточна и непроточна језера, екохемијски јако различита
- нека језера се снабдевају водом из подземља, битно другачија у односу на она која се снабдевају из река
- подземне воде нису биле у контакту са ваздухом
- језерска вода се од речне највише разликује по садржају органске супстанце
- састав и речне и језерске воде се мења и падавинама
- реке реагују, при јаким падавинама се састав разблажује, а долази и до промене хемијског састава

- V воде у реци је често занемарљива у односу на V падавина
- у сушним периодима долази до концентровања састава речне воде
- главни јони, у принципу, исти као и код подземних вода
- односи анјона и катјона су, међутим, различити у различитим рекама
- реке имају знатно више органског материјала у поређењу са подземним водама (10-40 mg/L)
- у речној води постоје и аутохтоне хуминске супстанце, настале у самим рекама
- код речних вода, због разноврсног састава, могуће велике варијације рН вредности (6,5-8,5)
- речне воде су пуферски систем, али не онолико јак колико морске
- морске слане воде су најраспрострањеније на Земљи
- постоје, уз мора, и слана језера са великим садржајем соли

- у слане воде се могу сврстати и неке подземне, минералне, воде
- морска вода је права слана вода, садржи 2,8% NaCl, 0,7% осталих соли, дакле 3,5% соли укупно
- у слатким водама, максималан садржај соли је 1 g/L, тј. 0,1%
- 35 x већа концентрација у морским водама
- већина слатких вода садржи до 0,4 g/L соли
- главни анјон у морској води хлорид, главни катјон натријум
- следе, по распрострањености, сулфати и магнезијум
- затим јодиди, бромиди, борати, калцијум, калијум и остали
- у морској води се могу наћи практично сви природни елементи у практично свим оксидационим стањима, али у траговима
- катјони у морским водама потичу углавном из Земљине коре, анјони од производа вулканских активности
- садржај органске супстанце у морским водама је прилично константан (око 15 mg/L)

- то је растворена органска супстанца
- садржај гасова такође константан
- због присуства соли, гасови мање растворљиви него у слаткој води
- рН вредност мора константна, 8,1-8,2, никада испод 8,0
- морска вода алкална, важно за животну средину, апсорбује киселе гасове из атмосфере
- доминација катјона јаких база условљава алкалност, а висок садржај соли и висок пуферски капацитет
- [] соли мања у приобаљу, ту је могуће закишељавање морске воде
- морска вода, дакле, веома константног састава, што је битно за живот у њима
- унутрашња мора (Јадранско) су под јаким утицајем копна, и другачијег су састава од отворених мора (Средоземно), а ова од океана, океани прилично сличног састава

- састав морске воде се мења са дубином
- у површинском слоју се одвија фотосинтеза
- након неке дубине фотосинтезе нема, нема производње кисеоника, али се потрошња наставља
- са повећањем дубине опада концентрација кисеоника
- на великим дубинама средина може да буде анаеробна, редукциона
- ту вода може да садржи NH_3 , H_2S
- на дну мора се таложе супстанце чији је производ растворљивости прекорачен- углавном их доносе реке
- састав морске воде константан, ради се о огромном резервоару, ствараном милионима година, где су устаљени процеси стварања и разарања

Хемодинамика кишнице

- кишна кап представља сложен хемијски систем
- садржи различите растворене и суспендоване супстанце, обично у екстремно ниским концентрацијама
- у ваздуху се кишна кап мења, са њене површине испаравају молекули воде
- истовремено, због спајања кишних капи, долази до пораста запремине
- на земљиште или биљке падају капи чија је величина резултат ова два међусобно супротстављена дејства
- заједно са молекулима воде, из кишних капи нестају и друге супстанце, на пример гасови → састав и запремина капи се стално мењају
- када кишна кап падне на лист неке биљке, прво долази до интеракције са материјалом биљке

- долази до размене материја, биљке из капи узимају неке супстанце важне за физиологију, а вода раствара супстанце са површине
- пошто биљка врши фотосинтезу, капљица преузима O_2 или CO_2 са површине листа, у зависности од доба дана
- кап и на листу стално мења свој састав
- када оваква кап воде падне са биљке на земљиште, она има потпуно другачији састав од оног који је био пре интеракције са биљком
- долази до интеракције са земљиштем, врло сложеним системом који се састоји од органских и неорганских састојака
- у земљишту, такође, има и различитих гасова који су последица трансформација, хемијских реакција, биолошке активности или су преузети из ваздуха
- у сложен систем попут земљишта улази кишна кап, релативно једноставног састава

- кишна кап дифундује кроз земљиште, долази до интеракција са различитим компонентама земљишта
- земљиште се понаша као велика хроматографска колона, вода покретна, земљиште стационарна фаза
- долази до адсорпције, апсорпције, десорпције, супстанце се раздвајају у односу на афинитет према води и фракцијама земљишта
- долази до хемијског раслојавања земљишта
- овај процес је нарочито интензиван у време када има падавина, али се одвија стално, влага понире, под дејством силе теже, и када падавина нема
- вода раствара у земљишту све што може, онолико колико може
- дешава се физичко растварање (вода “преузима” из земљишта материје)
- закључак: током свог пута вода се обогаћује тешким металима

- дешава се и хемијско растварање, јер вода није чиста, садржи различите супстанце које растварају састојке земљишта



- честица CaCO_3 бива еродирана, са њене се површине скида $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ које се, као растворан, налази у облику јона
- јони из земљишта, дакле, одлазе у воду, мења се њен састав, повећава се концентрација соли, губи CO_2 , расте $[\text{Ca}^{2+}]$ и $[\text{HCO}_3^-]$
- мењају се особине воде, а и агресивност, јер нестаје H_2CO_3
- када би H_2CO_3 нестала потпуно, вода би изгубила сву агресивност и уопште не би растварала карбонате
- то се веома ретко дешава, зато што у проласку кроз слојеве органских супстанци вода увек и прима CO_2 , агресивност се надокнађује
- када из хумусних вода пређе у глинене слојеве, она готово увек садржи H_2CO_3 , а агресивност губи у тзв. “мртвим слојевима”

- вода ступа и у компликоване реакције са силикатима земљишта
- тако, на пример, доводи до распадања фелдспата или фелдспатних стена



- ова реакција је универзална за све контакте воде и земљишта, а карактеристична је подједнако и за Ca- и за Na- и за K- силикате
- једна глинаста супстанца се трансформише у другу глинасту супстанцу, вода обогаћује јонима и настаје нова прашкаста супстанца
- настале прашкасте супстанце, SiO_2 , односно H_4SiO_4 , су слаби јонски измењивачи, адсорбују различите органске супстанце
- каолинит је изузетно значајан, јак адсорбенс, неопходан земљишту
- адсорбује различите органске и неорганске супстанце, јонски је измењивач

- вода која пада са листа носи са собом разне органске молекуле биљке растворне у води (пентозе, хексозе и друге)
- они су добра храна за микроорганизме, па се их ови разграђују
- кишна кап садржи довољно O_2 за аеробну разградњу органских супстанци
- тај се O_2 троши од стране микроорганизама, а вода се обогаћује CO_2
- у води су присутне и водорастворне фулво киселине
- јак су комплексирајући агенс, могу да координационо везују, комплексирају различите катјоне
- због њиховог присуства је вода у стању да комплексира јоне метала, тј. да практично разлаже једињења Fe, Mn, тешких метала
- састав са протоком времена или дубином није константан, са водом путује све што је у њој растворно
- теку процеси адсорпције Na, K, Ca, Mg на силикатима и нерастворном делу хуминских супстанци

- тече и адсорпција органских супстанци на оксидима Fe и Al, зато она не подлеже или подлеже веома спорој трансформацији
- истовремено теку и јоноизмењивачки процеси (силикати су јонски измењивачи) и процеси десорпције
- бивша кишница, сада земљишна вода, путује кроз седимент, све док не наиђе на физичку препреку (стену или компактну непропусну глину) - тада се зауставља се њено кретање формира резервоар подземне воде...

Циклус воде у природи

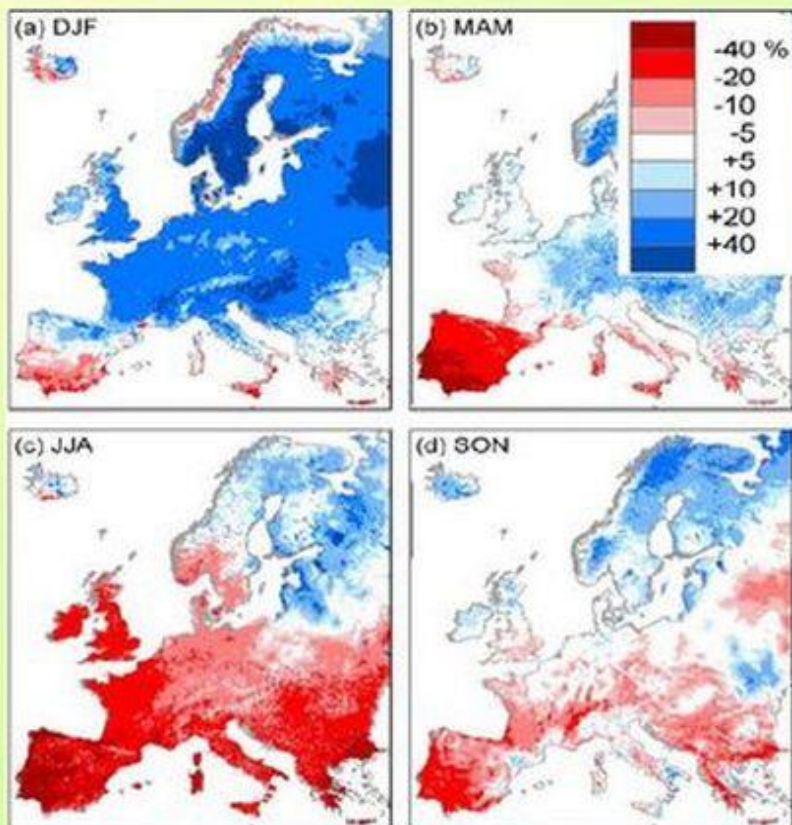
- циклус воде у природи је важан, јер је део хемодинамике не само воде, већ и свих загађивача који су у води растворни
- постоји и без утицаја човека, али се и све антропогене супстанце укључују у њега
- има велики економски значај, у свим се земљама света праве биланси о дотоку и отицању воде
- глобални природни биланс дотока и отицања јесте нула, постоји равнотежа глобалног карактера, нарушавање → катастрофа
- постоје регионални поремећаји који могу бити краткотрајни и дуготрајни, негде више воде дотиче, негде више воде отиче
- Сунце је покретачка снага циклуса воде, енергија Сунца шаље воду у атмосферу
- атмосфера → биосфера и хидросфера → литосфера
- атмосферске падавине (киша, снег) преузимају гасове и чврсте честице из атмосфере (растварају се или бивају суспендоване)



PROMENE KLIME U EVROPI ...

Promena,
u % normale 1961-1990,
sezonskih količina
padavina u Evropi
do kraja veka

- (a) zima (DJF)
- (b) proleće (MAM)
- (c) leto (JJA)
- (d) jesen (SON)



Izvor:

Rutger Dankers, Roland Hiederer; "Extreme
Temperatures and Precipitation in Europe: Analysis
of a High-Resolution Climate Change Scenario",
JRC Scientific and Technical Report, EC, 2008

- кроз атмосферски стуб падавине стижу до површине Земље
- у земљишту се ствара нова врста воде, ако та вода мигрира, претвара се у воде различитог састава са различитим карактеристикама
- ако се подземна вода пробије до површине земљишта, она извире и формира се површинска вода
- спајањем извора површинске воде настају водена тела мање или веће површине, слатка или слана, текућа или стајаћа
- површинска вода, али и вода из земљишта и из биосфере, интерагује са ваздухом, испарава и поново долази у атмосферу, где може да се кондензује и формира атмосферске падавине
- све сфере су у међусобној вези преко воде, она кроз све сфере пролази
- овај пролазак није само физички, долази и до хемијских трансформација у различитим сферама

- те трансформације су основни узрок загађивања воде, ако је нека сфера загађена, долази до прелаза загађења из сфере у воду

