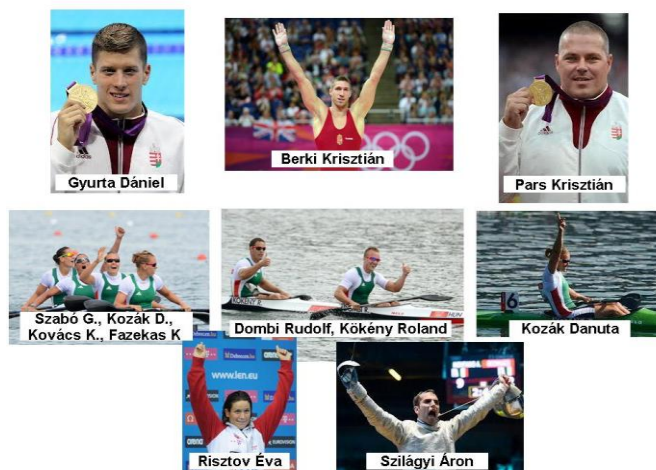


# Textíliák az olimpián

Kutasi Csaba

A XXX. nyári olimpiai játékokat 2012. július 27. és augusztus 12. között bonyolították le Londonban, majd ezt követték a 2012. évi nyári paralimpiai játékok is ugyanitt. Így Nagy-Britannia fővárosa lett az első város, amely 1908 és 1948 után harmadszor is megrendezhette ezt a nagy eseményt. A rangos nemzetközi sporteseményen 205 nemzet több mint tízezer versenyzője 26 sportág 302 versenyszámában mérte össze teljesítményét. A különböző ruházatokat, sportöltözékeket gyártók egy része a világ legnagyobb divatbemutatójának is tartja a játékokat. Az olimpia nemcsak az összetartozással, az extrém teljesítményekkel kapcsolatos, hanem az élsportolókra „márkaköveti” szerep is hárul (ruházatok, sporteszközök stb.).

A magyar sportolók kimagasló eredménnyel szerepeltek, a nemzetek éremtáblázatán az előkelő 9. helyen végeztünk 8 arany-, 4 ezüst- és 5 bronzéremmel (1. ábra).



Magyar aranyérmesek 2012. – Londoni olimpia

1. ábra

A versenyekhez többek között megfelelő kialakítású és felszereltségű helyszínek és sporteszközök szükségesek, ezek szinte mindegyikénél megjelennek a magas műszaki színvonalú (high-tech) műszaki textiltermékek. A különböző versenyszámok során olyan öltözeteket viseltek a sportolók, amelyek egyrészt védtek viselőjüket, másrészt ideális ruházatfiziológiai körülményeket biztosítottak, amelyek elősegítették a magas teljesítmények elérését.

## A forma-, felvonuló- és egyéb ruházatok

A formaruha olyan hivatalos öltözeteket jelent, amelyet különböző fogadások, gyűlések során viselnek a nemzeti csapat tagjai. Ezek visszafogottabb formájú, színű és alapanyagú ruházatok (pl. a magyar résztvevők és kísérők az ünnepségeken, a MOB rendezvényeken öltözt magukra). A kevésbé figyelemfelkeltő jelleggel el kell érni az akár hétköznapi viselhetőséget is. A felvonuló-ruházat tulajdonképpen a megnyitó és záróün-



A magyar csapat a londoni olimpia megnyitó ünnepségén

2. ábra

nepségre készül. Az ötkarikás játékokra, különösen a megnyitó ceremóniájára rendkívüli médiafigyelem összpontosul. Ezért is fontos az elektronikus és nyomtatott médiákban – akár nagy távolságból – közvetített csapat-látványkép figyelemfelhívó jellege mellett a színvonalas nemzeti megjelenés is és az esemény körülményeit figyelembe vevő viselési optimumok biztosítása (2. ábra). Utóbbi érdekében az olyan esztétikus viselet alkalmazása célszerű, amely igazodik a változó időjárási feltételekhez ill. fiziológiai komfortot biztosít a statikus (pl. állás) és dinamikus (pl. menetelés) terhelések során egyaránt. A tervezőknek ezenkívül megszabták a hazai olimpiai hagyományokhoz illeszkedő megfelelést, az egymással és az öltözék-kiegészítőkkal kombinálható darabok prioritását ill. összhangját. A vizuális és kényelmi kritériumokon túl törekedni kellett arra is, hogy a 20-30 napos ott-tartózkodás során az öltözékek könnyen megújítható formában elegánsan álljanak rendelkezésre.

A hazai forma- és felvonuló-ruházat győztes tervezői a klasszikus és modern irányzatok ötvözését ill. a



A magyar olimpiakonok hivatalos- és felvonuló-ruházata

3. ábra



### Olimpikonjaink sportruházatai

4. ábra

magyar jelleg kidomborítását tűzték ki célul (3.ábra). A piros, fekete és fehér szinkombináció került előtérbe (a nemzeti zöld a kendőn jelenik meg, ill. ezt szolgálja a kokárdaszerű kiegészítő), díszítőelemként a nagyírásos kalotaszegi motívumokat alkalmazták. Az öltönyöket (ill. a szülő férfinadrágot) és kosztümöket (pontosabban a blézert és szoknyát) szuper S-120-as finomságú fésült gyapjúfonalból készített fekete szövetből szabták\*). Az ingek és blúzok 100 % pamut összetételű fehér, ún. vasaláskönnyített (pl. folyékony ammóniás kezeléssel kombinált enyhe műgyantás kikészítésű) szövetből készültek. A farmer jellegű dzsekiket 98 % pamut és 2 % elasztán összetételű fehér, a női ruhákat azonos összetételű piros szövetekből állították elő. A póló anyaga viszkózsfonalból készített kötött kelme, az eső ellen védő ruházat kenéssel víztaszítóvá tett poliészter szövet volt.

Az olimpia versenyein, az eredményhirdetések alkalmával és az olimpiai faluban más-más ruházatot öltenek a sportolók. Olimpikonjaink ötven darabot meghaladó általános kollekcióját idén is az Adidas készítette. A három csikos márka termékei 1968 óta képezik a magyar sportolói ruházatot. A nemzeti kollekciót a hagyományos bordó alapszín jellemzi. A nők részére először fejlesztettek ki külön melegítőt (amely azonos színű, de szabásában jelentősen eltér a férfiakétól). Újdonság, hogy a melegítőt a fiatalok által igen kedvelt kapucnival látták el. A londoni olimpia eredményhirdetése alkalmával érmes sportolóinkat ebben a sportruházatban láthattuk. A nyakukba akasztott érem természetesen szövött szalagon függött.

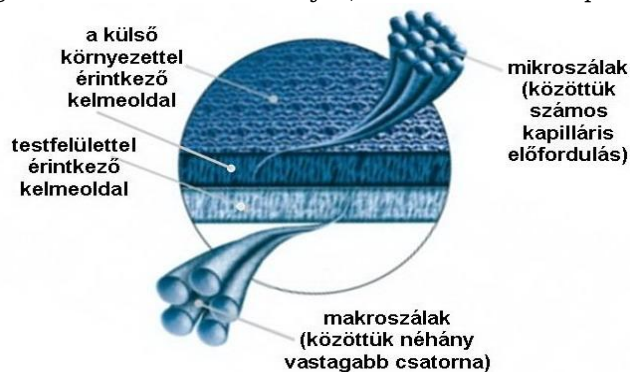
Az olimpiai faluban hordott kollekció színei eltértek a nemzeti sportruházatokétól, a női viseletek narancssárga színűek, a férfiaké világoskékek voltak (4. ábra). A szálláshelyen használatos textíliák (ágyneműk, törölközők, fürdőköpenyek stb.) is az eseményhez illő kül-

söképpel és kiváló funkcionális tulajdonságokkal rendelkeztek.

A versenyzők a különböző sportágakban általában speciális ruházatot viselnek. Az egyes kollekciók darabjai is a legkorszerűbb anyagokból és eljárásokkal készültek, hogy a Londonban várható időjárási körülmények között is hozzásegíthessék olimpikonjainkat a legjobb eredményük eléréséhez.

### A versenyruházatok jellemzői

A testtel érintkező, ruházatzfiziológiailag optimális textíliák nagy része kétrétegű – általában kötött – szerkezetből épülnek fel. A bőrfelülettel kapcsolatban levő belső textílréteg olyan szintetikus szálasanyagból készült – általában terjedelmesített – fonalakból áll, amelyek anyaga kimondottan víztaszító, tehát a szálak finomszerkezetében nincsenek nedvességmegkötésre alkalmas parányi üregek. (Ilyen pl. a polipropilén, a poliészter és számos egyéb hidrofób szintetikus szál.) Ugyanakkor a nagymértékben göndörített szálakból álló nagyrugalmasságú (HE) fonalakban viszont számos kapilláris kap helyet, segítve a folyadékvezetést. A külvilág felé eső kelmerést ezzel szemben kiváló nedvességfelvívó tulajdonságú szálasanyagból alakítják ki (pl. pamut, viszkóz stb.), így ez a testközeli anyagrétegből átszívja az izzadságot. Ilyen felépítésű kelmék azért nyújtanak tökéletes komfortérzetet, mert a bőrrel érintkező textílfelület nem tudja tárolni a folyadékot, viselője nem érzi nedvesnek alsó- ill. sportruházatát. Az optimális kétrétegű textilanyagot főként az ún. integrált kötött kelmék valósítják meg. Legegyszerűbb változatuk az olyan kétszínoldalas kelme, amelynél pl. a használati színoldalt jó nedvszívó képességű pamut- vagy viszkózsfonalak alkotják, fonákoldalát pedig nem vagy alig nedvszívó polipropilén- ill. poliészterfonalból készítik. Jellegzetes a két sorból álló mintaelemmel jellemzett kötött kelme feltartott szemekkel, így a szemek mögött elhelyezkedő ún. feltartott fonalrész is akadályozza a másik szálasanyagú fonal túloldali felszínre jutását. Hasonlóan további kötések is megfelelnek e kritériumoknak, pl. a víztaszító fonalból kialakított plüsskötés esetén megvalósul a teljesen eltérő nedvszívású két kelmeréteg. Fontos tudni, hogy egy polipropilén-pamut összetételű kétrétegű kelméből azonos időegység alatt hússzor több víz távozik, mint a tiszta pamut alapanyagúból. Egyre elterjedtebbek az olyan poliészterkelmek is, amelyek testfelőli rétegét vastagabb makroszálak alkotják, külső oldalát pedig



### Kétrétegű poliészterkelme hatékony izzadságelvezetéssel

5. ábra

\*) Az S-szám a fésültgyapjú-fonalak angol finomsági számozását fejezi ki. Azt jelzi, hogy hány 560 yard (512,1 m) hosszúságú fonalat tartalmazó matring tesz ki 1 fontot (azaz kerekítve 453 grammot). S 120 esetében 1 font tömegű gyapjúfonal  $120 \times 512,1 = 61\,447,68$  m, azaz 1 kg-nyi fonalmennyiség  $135\,646$  m hosszú; ebből adódóan 1 g tömegű fonal  $135,6$  m. Ez megfelel  $N_m = 135,6$  ill.  $T_t = 1000/135,6 = 7,3$  tex fonalfinomságnak.





A kompressziós csíkok alkalmazására példák

6. ábra



Légellenállást csökkentő textíliafelület-módosítás

7. ábra



Az optimális testtartást biztosító felső kialakítása

8. ábra

mikroszálakból készítik. Az utóbbi, rendkívül finom szálak (belőlük 10 000 m-nyi 1 g-nál kisebb tömeget tesz ki) alkotta sűrű szálrendszer közötti számos kapilláris segíti elő a nedvesség átszívást a testfelőli rétegből (5. ábra).

A speciális mesterséges szálasanyagokat tekintve egyes nem szokványos keresztmetszetű profilszálak alkalmasak a hatékony verítékvezetésre. Pl. az ún. Coolmax szálak felületén hosszirányban elhelyezkedő, bemélyedő csatornák segítik az izzadság szétoszlását és hatékony elvezetését. A négycsatornás profilszálakból készült termékek az izzadságelvezetéssel biztosítják a testfelülettel érintkező textilanyag mindenkori szárazságát. Vannak különleges alapanyagú monofil fonalak, ezeket szintetikus fonalakkal összecémozva alkalmazják, amelyek nedvesség hatására hűtőhatással reagálnak (bizonyára a gyors párologtatáshoz szükséges energiatárolás miatt hőelvonással). Szintén a különleges profilú, a felületet megnövelő lapos szálak feldolgozásával érik el a gyors hővezetést, így folyamatosan hűvös tapintás biztosítható. Gyakoriak az olyan ruházatok is, amelyeknél a fokozott hőleadást igénylő testfelületekre speciális hálószerű (áttört kötött kelme változatok) idomok kerülnek.

Előnyösek az olyan kötött szerkezetek, amelyekben belső levegőjáratokat alakítanak ki, a test mozgása

révén hatékony légcsere valósul meg (a belső páratartalmú levegő mintegy kiszivattyúződik, helyére friss levegőt szív be a rendszer). Nemcsak a testtel érintkező dresszekhez, hanem alsóruházatoknál, zokniknál is használik ezeket a kelmeszerkezeteket.

A mezeken és alöltöző dresszekben megjelentek a textilanyag színével egyező, vagy egyéb színű fényes (transzferálással felvitt és kellően korlátozott rugalmasságú) sávok is. Ezek a kompressziós csíkok (6. ábra) hőre lágyuló poliuretánból készülnek, anatómiailag támasztják a kulcsfontosságú izomcsoportokat, elősegítik az energiatárolást (állóképesség növelés, izomvibráció csökkentés). A pólóknál elsősorban a váll- ill. a hátrészen, rövidnadrágnál az ülepfelületen és a combhajlító részekben alkalmaznak ilyeneket.

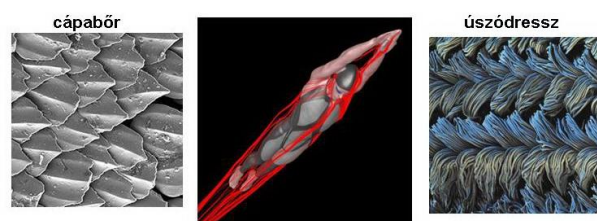
A légellenállás csökkentésére olyan felületű ruházatot fejlesztettek, amely apró gödröcskével rendelkezik (az ötletet a golf labda kialakítása adta). A szélcsatornában történő több ezer órnyi tesztelés bizonyította, hogy az atlétikában elért időeredmények így jobbak (7. ábra)

Az optimális testtartást garantáló felsők többféle nyersanyagú és felületkialakítású idomokból (a legkedvezőbb irányban) szabottan készülnek (8. ábra).

Természetesen a védőruházatok is fontosak az egyes sportágaknál. Pl. a Nemzetközi Vívó Szövetség hatályos szabályai szerint a nemzetközi versenyeken olyan ruházatot kell használni (a szúrás ellen védő betétekkel együtt), amelynek szövete 800 N/cm<sup>2</sup> terhelést bír el sérülés nélkül, a fejdő pedig 1600 N-t bír el cm<sup>2</sup>-enként. Főleg az aromás poliamid (pl. Kevlar) és a szupererős polietilén (pl. Dyneema) szál biztosít erre megfelelő alapanyagot.

## Amit az úszók viselhetnek

Korábban a professzionális versenyzők részére kifejlesztett, az ausztrál sportintézet és az egyik új-zélandi egyetem a NASA mérnökeinek bevonásával kialakított „szuper” öltözékekben szerepeltek az úszók. A még gyorsabb úszást a különleges anyagú és szerkesztésű ill. kidolgozású, overallszerű viselet biztosította. A cápák bőrét tanulmányozva észlelték azt a „V” formájú, hosszirányban rovátkolt pikkelyezettséget (9. ábra), amely minimalizálja az úszó test körüli turbulenciát és



a 2008. évi pekingi olimpián



a 2012-es londoni olimpián

Már nem az úszóruha teszi az embert...

9. ábra

ezzel a közegellenállást. A számítógépes hidrodinamikai elemzésekkel (a felületi sűrűlódás és a közegellenállás csökkentésére) tökéletesítették az alkalmas kelmék szerkezetét és felületét. Közel félezer úszó testének részletes tanulmányozásával (testfelépítés, magasság, izomzati jellemzők) és mintegy száz alapanyag tesztelése után tudták kifejleszteni a versenyzőre öntött, rendkívül könnyű, kis közegellenállású, optimálisan rugalmas, víztaszító tulajdonságú speciális sportruházatot. Egyrészt az úszók izmainak és bőrének rezgéseit mérsékli a különleges termék, másrészt a speciálisan kialakított fűzőszerű derékrész nyújtott segítséget a finisben. Utóbbinak köszönhető, hogy a versenyzők minimális erőfeszítés mellett is optimális testtartásban tudnak maradni a hajrá utolsó métereiben is (a több csípőmozgást igénylő részben sem volt probléma). A jelentős terheléstől fáradó test nem húzta vissza a sportolót a döntő méterek megtételekor. A test nagy részére kiterjedő ruházatnál az áramvonalasságot és ideális vízfekvést tökéletesen megvalósító modellezés (oldalrész-kivitalítás, hónaljhelyzet, a vállal egybeszabott ujjá-kialakítás) tette lehetővé. Hasonlóan hozzájárul a teljesítmény-növeléshez a varrások helyett alkalmazott ultrahangos hegesztés is. Mindezek eredményeként ez az úszóruházat a hagyományos úszódresszekhez képest 5 %-kal kisebb áramlási ellenállást eredményezett. Emlékeztet, hogy M. Phelps a 2008-as pekingi olimpián nyolc aranyérmet szerzett ebben az úszódresszben, ill. további kiváló eredmények sora született. A „technológia doppingként” is aposztrofált – LZR elnevezésű – öltözetet azonban a Nemzetközi Úszósövetség (FINA) felülvizsgálta, miután többek között a 2008 decemberében Horvátországban rendezett rövidpályás úszó EB-n 17 világrekord született ilyen öltözetet viselő úszók körében. 2009 márciusában, Dubai-ban tartott ülésén a FINA meghatározta a fürdőruhák testet fedő határait, korlátozta a sportöltözet által biztosított maximális felhajtóerőt. Behatárolták az úszóruha anyagának legnagyobb vastagságát és az át nem eresztő felületek mértékét is. Az új szabályozás 2010 elejétől lépett hatályba, benne részletesen előírták az úszónadrág/ruha testet maximálisan fedő kiterjedéseit, meghatározták anyagának kritériumait, kikötötték a konstrukció alapvető követelményeit. Eszerint a főanyag maximálisan 1 mm vastag lehet, a kész úszóruházati termék legnagyobb felhajtóereje szintén behatárolt. A nem porózus anyagok felülete maximum 50 %-ot tehet ki. A vétagokat nem fedheti teljesen és helyenként részben sem takarhatja az úszók által viselt ruhadarab. Az úszódresszt úgy kell elkészíteni, hogy a külső stimuláció bármilyen formája (fájdalomcsillapítás, gyógyászati anyagok átadása, elektro-ingerlő hatás stb.) tilos (9. ábra). Természetesen valamennyi új modellt előzetesen jóvá kell hagyatni a FINA-val.

Persze vannak további innovatív elképzelések is. A számos újabb fejlesztés közül jelentős a pingvinek tollzatának tanulmányozásából eredő változat. Az úszás közben keletkező mikrobuborékok ugyanis csökkentik a tollzat és a víz közötti sűrűlódást. Ennek utánzására nagyon vékony és könnyű kelmét alkalmaznak, amelyet színoldalán víztaszító bevonattal látnak el. Ez a textilszerkezet nem nedvesedik, továbbá nem áramlik ki rajta levegő. (A szokványos fürdőruhaanyagokból kiszabaduló légbuborékok komoly fékezőhatást idéznek elő.) A kifejlesztett kelmek szerkezetéből készült verseny úszónadrágok/ruhák esetében az úszás közben sza-

baddá váló mikroméretű buborékok egyenletes eloszlásban mintegy légpárnát alkotnak a textilfelületen. Ennek eredményeként jelentősen csökken az úszó testet fedő részekben a vízzel való sűrűlódás, egyúttal a kelme belső felülete száraz marad.

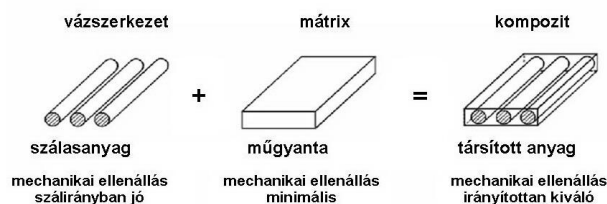
## Sportszerek és eszközök textil erősítésű kompozitokból

A különböző sportágaknál használt rudak, ütők, védősisakok, hajók, evezőlápátok és más sporteszközök (pl. íj, kerékpár, vitorláshajók árbocai és kiegészítő elemei, gerely, labdajátékok kapufái stb.) ma már mind kompozitokból készülnek. A kompozit anyagok sportban hasznos tulajdonságai közül kiemelkedő fontosságú a nagy szívósság, a csekély önsúly, a hosszú élettartam és az anyagában történő színezhetőség.

A kelmékkel erősített kompozitok erősítőanyagai alapvetően a műszaki textíliák közé sorolhatók. A más néven társított anyagokként is említett szerkezeteket két vagy több különböző felépítésű, továbbá makro-, mikro- vagy nanoméreteken elkülönülő, de egymással kölcsönhatásban levő részek építik fel. Az ilyen anyagkombinációkból álló, mesterséges anyagcsalád annyira népszerű, hogy felhasználása ma már kétszerese az acélénak. A befoglaló anyag a mátrix, az erősítő és egyéb alkotóelemek „második fázis” elnevezéssel terjedtek el. Az erősítő vázszerkezet teszi lehetővé, hogy az alapanyaghoz (a csupán a mátrix anyagához) képest kedvezőbb tulajdonságok legyenek elérhetők (10. ábra). A kompozitok előnye egyrészt, hogy a tulajdonságok kombinációjaként újabb képességek hozhatók létre. Másrészt ezek a tulajdonságok egy adott tartományon belül folyamatosan változhatnak (olyan fizikai tulajdonsággal is rendelkezhetnek, melyek külön-külön nem érhetők el). A kompozitoknál kedvező még az alacsony gyártási költség, az anyagok takarékos felhasználása, az újrahasznosíthatóság és nem utolsósorban a megbízhatóság.

Az összetett szerkezet kapcsán fontos utalni az anyagok és szálak paradoxonaira. Egyrészt a szilárd anyagok valós szilárdsága számottevően kisebb az elméletileg számított értéknél. Másrészt az adott anyag szálszerkezetű formátumának szilárdsága többszöröse annak, amit ugyanezen anyag egyéb formájú előfordulásánál tapasztalni lehet (minél kisebb a szálszerű szerkezet keresztmetszete, annál nagyobb a relatív szilárdsága). Továbbá, a szakítóvizsgálat során minél kisebb a befogott hossz, annál nagyobb szakítóerő-értéket mérnek. Végül a kompozit olyan feszültségeknek is ellenáll, amelyek pl. szétszakítanak a gyengébb összetevőt (az erősebb összetevő elméleti erejétől nagyobb erőnek tud ellenállni).

Minden anyag szerkezetében lehetnek olyan hibás



A kompozit elvi felépítése

10. ábra

részek, amelyek az anyag egy tömbből történő kialakítása során keletkeznek, pl. a repedés miatt kialakuló törés a teljes keresztmetszetre vonatkoztatva valószínűbb (pl. a fémeknél is több pászmával érik el a szükséges biztonságot). Lényeges továbbá, hogy minél vékonyabb a szál, annál nagyobb a fajlagos szilárdsága. Együtt a vékonyabb (kisebb keresztmetszetű) anyag hajlékonyabb és jobban kezelhető.

Az egyes szálasanyagok (pl. üveg, kerámia, aramid ill. szénszál stb.), továbbá a különböző egyedi kialakítású textilfelületek alkotják az anyagkombináció vázanyagát. Az alkalmas újszerű polimerszálakat a szál tengely irányában orientálódó, merev (pálcikaszerű) láncmolekulák jellemzik. A kétdimenziós rétegstruktúrára a szénszálnál jelenik meg, a háromdimenziós (izotróp, a tér minden irányában azonos tulajdonságú) felépítés pl. a mesterséges szervesetlen szálnál (pl. szilícium-dioxid alapúak) fordul elő. Különleges megoldások is vannak, pl. poliészter magból és poliamid köpenyrészből felépülő bikomponens szálakat azért alkalmaznak, mert a speciális térbeli laza struktúra kedvez az egyedibb formájú kompozit-termékek előállításának.

A háromdimenziós szövetszerkezetek fontos kompozit erősítő vázszerkezetek. Többek között többrétegű vastag ill. üreges szövött termékek állíthatók elő speciális kettős szövással vagy kötéssel. Az igény szerinti formátumú ún. 3D-s szövetek alakra-szövással is képezhetők. Az akár minden irányban (hossz-, kereszt- és átlós helyzetben egyaránt) közel azonos szilárdságú kelmek szerkezet többek között speciális kötött- ill. háromdimenziós szövött, valamint egyedi felépítésű textilfelületekkel érhető el. Az ún. irányított tulajdonságú kelméket főleg egymásra fektetett párhuzamos fonalseregek összekapcsolásával alakítják ki. A felhasznált

fonalcsoportok általában hossz- és keresztirányban, valamint mindkét átlós irányban helyezkednek el, az összekapcsolást a láncrendszerű kötés kelmeképzésének elve szerint végzik (11. ábra).

A monoaxiális kelme-szerkezet keresztirányban képes a fokozottabb terhelések felvételére. Mindkét fő irányban (hossz- és kereszt) közel egyenlő szilárdsági tulajdonságokkal rendelkezik a biaxiális szerkezetű kelme. A multiaxiális tulajdonságú műszaki textilálya mindkét fő irányban ill. mindkét átlós irányban nagyjából azonos ellenállást tanúsít a fellépő igénybevételekkel szemben (12. ábra).

Varrvahurkolt kelmékből is készülnek kompozit vázanyagok. Az összetett szerkezet alaprétege lehet nemszőtt kelme, majd az erre és egymásra fektetett fonálrétegeket a varrvahurkolás elvén egyesítik. A fonatolt termékek (amelyeknél az egymással átlósan kereszteződő fonalak hoznak létre stabil cső- ill. szalagszerű szerkezeteket) belsejébe adagolt fonalakkal speciális triaxiális fonatok hozhatók létre (tervezett anizotróp jellegű struktúrák, alakos kompozit erősítők).

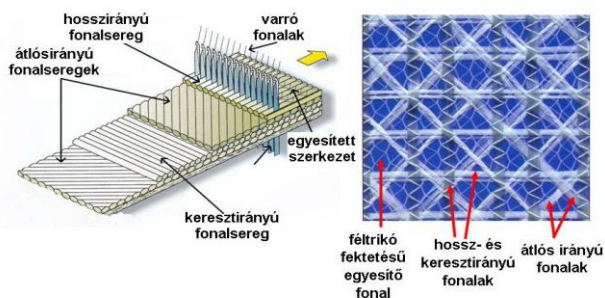
A hajótések gyártása során szövetszerű struktúrát alkalmaznak. Előimpregnált vázszerkezetet valamint aramid méhsejtet használnak a szerkezet kialakításánál, valamint a belső erősítésekhez aramid- és szénszálat. A mátrix anyag többnyire epoxigyanta. Elsősorban kenéssel ill. rétegezéssel történik az összetett szerkezetek, a kompozitok kialakítása. A versenyhajók anyaga ma már kizárólag kompozit. Így a hajó könnyebb, ugyanakkor megfelelően ellenáll a verseny közbeni komoly igénybevételeknek. Az evezőhajók oldalán általában szénszálas villák, ezekben műanyag forgóvillák helyezkednek el. A kenuhajók építését könnyű és szívós kompozitok előállításával végzik. A vázanyagot üvegszál, aromás poliamid (pl. Kevlar) és szénszál alapú kelmékből készítik. Az üvegszálas szerkezetek a repedési problémák miatt szorultak kissé háttérbe. A versenykajakok testeire – amelyeknél a meredek orr- és farrész kialakítás gyakori a sekélyebb kiképzésű közep-résznél – az üvegszálas erősítőanyagok jellemzők, polietilényanta alkalmazásával. Az evezős- ill. kenu- és kajaklapátok részeit (nyél, cső, mandzsetta, bilincs és a toll) általában szénszálas erősítésű műanyag kompozitok alkotják.

A korszerű gerelyek pl. alumínium-szénszál kompozitokból készülnek. Így a gerelytest anyagának és merevségének (amelytől alapvetően függ a rezgéscsillapítás) optimális kiválasztásával a sportoló technikai felkészültségéhez, fizikai képességeihez és az adott időjárási viszonyokhoz tökéletesen igazodó dobóeszköz biztosítható. A kisebb amplitúdójú rezgés és a gyorsabb csillapodás csökkenti a gerely légellenállását, hozzásegít a nagyobb dobási teljesítmény eléréséhez.

A rúdugráshoz használt rudakat megfelelő üveg- ill. szénszálból felépülő speciális kelmékből tekercselik, majd a mátrix anyagát képező műanyaggal átítatják és végül hőkezlik.

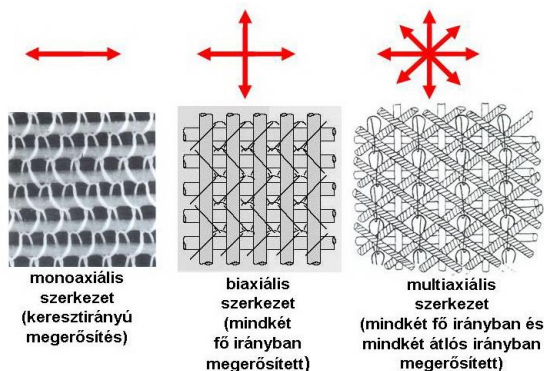
A jobb minőségű íjak középrésze általában alumíniumból, néha magnéziumból készül. Anyaguk több rétegből laminált fa, vagy kompozit (szén- és üvegszállal erősítve). A húzott profilok, íjvesszők, is így készülnek.

A különösen könnyen guruló versenykerék-párok speciális vázát, abroncsát és egyéb szerke-



Multiaxiális kompoziterősítő szerkezet felépítése

11. ábra



Különböző kompoziterősítő textilszerkezetekre példák

12. ábra





Példák a kompozit anyagú sporteszközökre

13. ábra

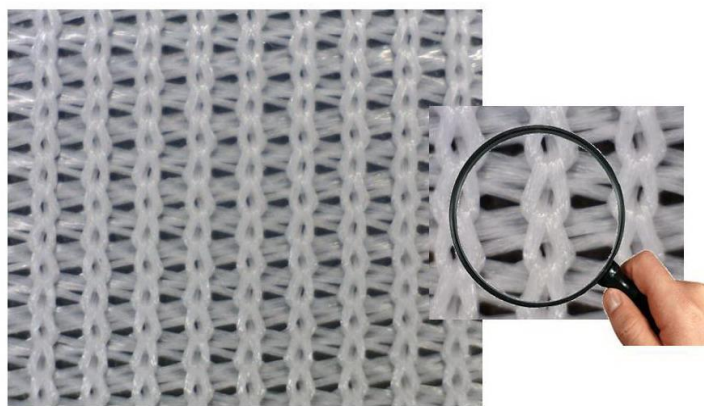
zeti elemeit (váltó, karok stb.) speciális kompozitból készítik (13. ábra).

A különböző további funkcionális sporteszközök, ballisztikai és egyéb védelmi képességet megtestesítő kiegészítők, a nagy szívósságú és aránylag kis fajlagos tömegű műszaki elemek mind kompozitok.

### Egyéb műszaki textíliák az olimpián

A számos fontos kellék közül különös figyelmet érdemelnek a speciális anyagú és felépítésű szőnyegek (torna, birkózás, taekwondo stb.), amelyek váz- ill. töltőanyaga között textilnyersanyagok is találhatók. A különböző rendeltetésű zászlók kelmealapanyagai főként lánchurkolással előállított poliészterkelmékből készülnek (14. ábra).

Az ilyen szerkezetű kelmék mindkét irányban minimális nyúlásúak, csekély területi sűrűségűek (kb.  $110 \text{ g/m}^2$ ) és a csapadéktól átnedvesedett zászlók gyorsan száradnak. A különböző kémiai mintázások (filmnyomás, digitális textilnyomtatás) kétoldalas kivitelezésére is kedvezőbbek a lánchurkolt zászlóalapanyagok. A nemzeti és reklámzászlókat, a szurkolók buzdító zászlóit is általában fehér és színes lánchurkolt kelmék felhasználásával, valamely kémiai mintázó-eljárással állítják elő. Egyre jobban terjednek a lyukacsos szerkezetű „lock-filé” változatú zászlók kelmék is. Zászlók céljára a szövött poliészter alapanyagok kevésbé használatosak, mert zártabb szerkezettel és nagyobb fajlagos



Gyakori poliészter lánchurkolt zászlókkelme szerkezet

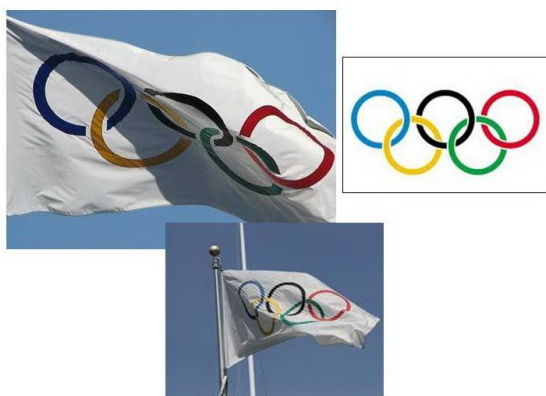
14. ábra

tömeggel rendelkeznek (a nyomatképek kialakulása is kedvezőtlenebb). A legismertebb sportzászló az olimpiai játékok lobogója, amelyet 1913-ban a modern olimpiai eszme elindítója, *Pierre de Coubertin* tervezett. A fehér alapú zászlón az olimpiai jelkép, az egymásba fonódó öt karika (kék, sárga, fekete, zöld és piros) látható. Ez az öt kontinenst jelképezi, amelyeket az olimpiai eszme egyesített (15. ábra).

A vitorlák alapanyagainál a poliamidok után az olyan teljesítményű (ún. harmadik generációs) szálak kerültek előtérbe, amelyek kis nyúlásuk mellett szívósság, jól ellenállnak a hajlító-igénybevételeknek és az UV sugárzást szinte károsodás nélkül elviselik. A speciális poliészter (pl. Vectran), a polietilén-naftalát (Pentex), az aramidok (pl. Kevlar, Twaron, Technora), a nagy molekulatömegű polietilén (pl. Spectra, Dyneema, Certran) és a szénszál kerül itt előtérbe. A szükséges légzárást és a rendkívül stabil kelmeszerkezetet egyenletes fonalak megfelelően sűrű szövésével érik el, majd rugalmas filmréteggel bevonatot alakítanak ki (gyakoriak a többrétegű laminált szerkezetek is). Az optimális textilszerkezetekből egyedi szabással és az idomok speciális egyesítésével és helyi erősítésével állítják elő az adott hajótípusnak megfelelő vitorlákat.

A reklámok, textílalapú információhordozók az olimpiai versenyek kellékei. A kültéri transzparenszek ún. molinókon jelennek meg. Igaz, ez az elnevezés eredetileg egy pamutszövetfajtát jelölt, mai jelentése azonban valamely textílváz, kenéssel ill. rétegezéssel ellátott felületet takar. Ezeknél fontos a vízzel, időjárással (csapadék, fény- és UV-sugárzás) szembeni ellenálló képesség, esetenként az égéskésleltetési tulajdonság. Az általában üvegszál szövetvázalattal ellátott, PVC-vel ill. akrilgyantával „kitöltött” szerkezetű molinókra főleg digitális nyomtatással (a négy színnyomás elvén megvalósuló, parányi színes raszterpontokból kialakuló nyomatképpel) kerül fel a színes ábra ill. felirat. A lakkozás – mint rétegfelvitel – még ellenállóbbá teszi a reklámhordozót. A szélhatásnak kitett felületeknél áteresztőnyílások bevágásával, ill. hálószerű hordozók alkalmazásával lehet biztosítani a fokozott légáramlás károsodásmentes áthatolását. A reklámcélokat is szolgáló árnyékolástechnikai textíliák, így a napernyők, sátorterek, ponyvák, takarók formájában rendszeresen előfordulnak a versenyeken.

A textílépítészet is jelen van az olimpián. Főként a bevonatos szerkezetek kerülnek előtérbe, amelyből



Az olimpiai zászló

15. ábra



Kosárlabda Aréna (Basketball Arena),  
mint időszaki textilmembrán burkolatú építmény

16. ábra



Láncrendszerű kötőgépen készült háló

17. ábra

héjszerkezetű építményeket készítenek. A vázszerkezetet poliészter- vagy üvegszálból képzett speciális szövet alkotja, ezekre PVC, teflon, vagy akrilgyanta bevonat kerül. Az ilyen kompozitok előállításánál meghatározó szempont a kiváló, öregedéssel szembeni ellenálló képesség. Az ibolyántúli (UV) ill. az infravörös (IR) sugárzást visszaverő, csapadékot tűrő héjszerkezeteknél a szennytasztás is lényeges tulajdonság. Fontos szerephez jutnak itt az öntisztuló textíliák, ami optimális nano bevonattal érhető el. A 100 nm-nél kisebb átmérőjű nanorészecskéket mélyen beágyazzák a hordozó mátrixba, a különleges kötőanyag biztosítja a bevonat tartósságát a textília felületén. Az egyedi réteg hatásaként a vízcsepp mindössze 2–3 %-a érintkezik a textilanyaggal. Az ilyen képességű épületburkolatok, árnyékolók, vitorlák, zászlók öntisztulóvá válnak. A megoldás a természet ihlette öntisztító képességre (lótusz-effektus) vezethető vissza: a felületre jellemző „nanorücskösség” miatt a szennyeződések nem képesen tartósan kötődni.

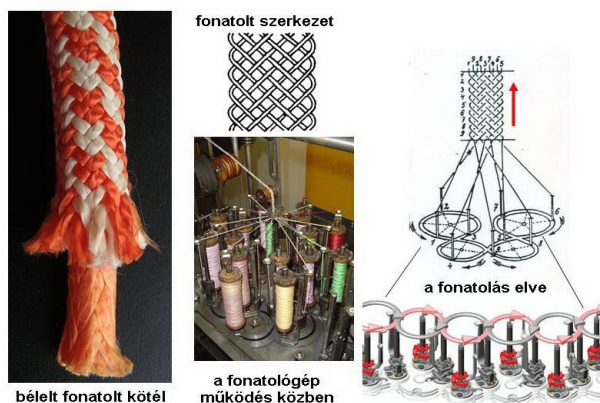
A 2012. évi londoni olimpiai játékok egyik legnagyobb időszaki jellegű építménye a Kosárlabda Aréna volt, amit a versenyek után szétszedtek és más építkezéseknél használnak fel. Ezzel az újkori olimpiák egyik legégetőbb építészeti-gazdasági problémája, az utóhasznosítás is megoldódik. (A pekingi olimpia után például az összességükben 500 millió m<sup>2</sup>-nyi létesítményekből 100 millió m<sup>2</sup> üresen áll és ma még hasonlóan kihasználatlan az olimpiai stadion – a híres „Madárfészek” – mint hírlík, üzletközpont lesz valamikor. A Londonban létesített csarnokhoz a közel 1000 tonna össztömegű horganyzott acélszerkezet felállítása 2010 márciusában kezdődött és 15 hónap alatt készült el. A könnyűszerkezetes elemeket előre legyártották és szerkezetkészén szállították a helyszínre (az összeszerelés a száraz technológia következtében az időjárási körülményektől független). A nagy fesztávú szegmensíves tartókkal lezárt épület 35 méter magas, 115 méteres hosszával pedig nagyobb, mint egy futballpálya. A filigrán, rácsos acélszerkezetet 20 000 m<sup>2</sup>-nyi újrahazsnosítható, fehér PVC membránnal burkolták be (amely vázerősítővel kombinált műszaki textília), íves paneleket használva. Az oldalfalak plasztikus formálása érdekes árnyékhatásokat hozott létre a felületeken. A játékok alatt a külső burok óriási vetítővászonként is használható volt, továbbá innovatív díszvilágítást kapott. Az Arénában – amelyben a kosárlabdán kívül a kézilabda középdöntők és döntők is zajlottak – 12 000 ülőhely volt, az ülések narancs és

feke színei a kosárlabdára utalnak. A csarnok gyorsan változtatható belső térrel rendelkezik, a speciális profilok segítségével tizenegynéhány óra alatt cserélhetők voltak a pályák (16. ábra). Ezen kívül számos további textilépítészeti csarnokot használtak még az olimpiai helyszíneken.

A különböző labdajátékok kapuin, gyűrűin és térfélelválasztóin fontos szerepet töltenek be a különböző hálók, egyes dobószámoknál védőfunkciót is ellátnak. A láncrendszerű kötővel készült hálók legnagyobb előnye, hogy csomómentesek. Így nem akadnak össze (nem kuszálódnak), kezelésük könnyebb (mozgatásuk, felszerelésük egyszerűbb), nem sértik a velük érintkező tárgyakat, anyagokat. A szerkezetkialakítás szilárd, akár a nagy nyílásméretű hálónál sem következik be deformáció, a nyílások mérete és alakzata változatlan marad (17. ábra). A sportpályákon használatos hálókat gyakran raschel-gépeken készítik. A láncfonalakat – akárcsak a szövésnél – lánchengerre feltekercselve alkalmazzák, egyes konstrukcióknál különálló csévékről vezetik be azokat. A hálógyártásban felhasznált fonalak általában poliészter, polietilén, polipropilén anyagúak. A gépen működő létrák (fonalfekető sínek) száma azonos a lánchengerek számával. A láncfonalakat a létrákon elhelyezett lyuktűk (fonalvezetők) fektetik a tűkre, a kötésmódnak megfelelően. A raschel-gépek jellemzője az egyenes és közel függőleges elrendezésű tűágy(ak), valamint az, hogy a szemeknek a tű horgán történő átbuktatása a tű mögött elhelyezkedő bordáslemez oromzatán történik. A létrejött kelmefelület kihúzását függőlegesen végzik (a bordáslemez mögött, vagy – két tűágyas gépeken – a bordáslemezek között).

A kötelek is több versenyszámnál funkcionális, ill. védelmi kellékek. Ezek fonalak összesodrásával, esetleg fonatolásával készült erős, általában vastag termékek. Készülhetnek akár acélsodronyból, de főleg szálanyagokból, ezen belül elsősorban hánccsrostokból, szintetikus szálakból. A köteleket általánosságban nagy húzóerő felvételére készítik és alapvetően mozgásra vagy nagy erők folyamatos statikus kifejtésére használják. A kötelekben általában az elemi szálak vékonyak, ezért hajlítómerevségük jóval kisebb, mint az ugyanolyan keresztmetszetű (és ezért azonos húzószilárdságú) tömör hengeres rúd. A sodrott (vert) kötelek szerkezete túlnyomórészt egyforma felépítésű. Pl. a növényi szálanyagból vert kötelek készítésében há-





A fonatolt kötél felépítése és előállítás

18. ábra

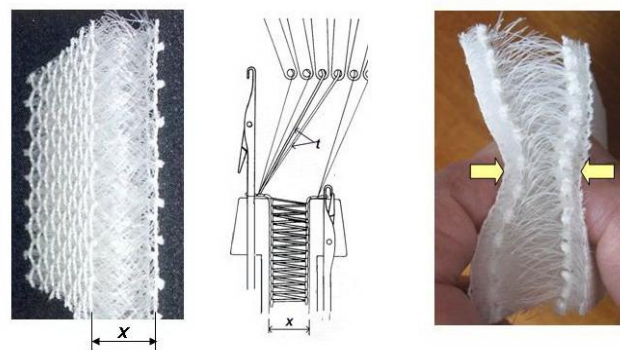
rom fázis különül el: először a textiltechnológiában ismert fonással fonalakat készítenek, azután legalább három fonalat összesodornak (ezt a kötélgyártó iparban pászmának nevezik), végül több (legalább három) pászma összesodrásából alakítják ki a kötelet (az egyes fázisoknál a sodrás iránya általában ellentétes). A kötelek másik része fonatolással készül. Ezekben a fonalak ill. a belőlük alkotott pászmák nincsenek megcsavarva, csak egymást kerülgetve fonódnak össze. Ilyen köteleket főleg olyan helyen használnak, ahol fontos, hogy terhelés alatt a kötél ne legyen hajlamos a forgásra (18. ábra).

Az üreges – ún. 3D-s – kelmék vastagságukban könnyen összenyomhatók, majd a terhelés megszűnése után rugalmasan visszaalakulnak eredeti méretükre (19. ábra). Szerkezetükre az egymástól viszonylag távol elhelyezkedő, két függetlenül képzett kelmefelületet jellemző, közöttük a kelmerétegekre nagyjából merőlegesen álló, aránylag merev monofilament szakaszok végzik a rétegek összekapcsolását. Ebben a szerkezetben a monofilamentek – amelyek itt rugóként viselkednek – egymástól megfelelő távolságra tartják a két kelmeréteget, így közöttük üreg marad. Főleg két tűágyas raschel-gépeken állítják elő az üreges kötött kelméket. A két tűágy távolsága tág határok között állítható, a kelme vastagsága néhány mm-től 6 cm-ig változtatható. Üreges kelméket egyébként szövőgépeken is lehet gyártani.

A 3D-s szerkezetek felhasználása a sportban főleg a sportcipőknél, ill. a különböző rugalmas alátámasztást igénylő eszközöknél (pl. ülések, szőnyegek stb.) jelentős.

A helyenként alkalmazott műfű is műszaki textil. Olyan, a megfelelő hordozóba jól beágyazott, lencsealakzatú keresztmetszetű polietilén monofil szálakból készül, amely a természetes fűhöz nemcsak megjelenésében, hanem jellegében is megfelelően hasonlít (pl. terhelés után a szálak függőleges helyzete könnyen regenerálódik).

A fényvezető üvegszálak rendszerek optikai kábelek formájában szerepelnek. A meghatározó, funkcionális főszerepet betöltő mag és köpeny felépítésű üvegér mellett textilanyagok képezik az üvegszálak védelmét ellátó védőköpenyeket is. A telekommunikáció során a korábbi rézvezetőjű, csavart érpáras kábelek helyett ezek szállítják a legkülönbözőbb fontos információkat.

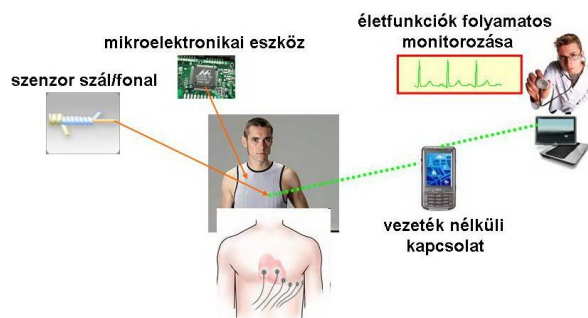


Az üreges (3D-s) kötöttkelme szerkezete

19. ábra

## A felkészülés, edzés textiles kellékei

A versenyekre való felkészülést a „technikai doping” segítheti. Az intelligens (negyedik generációs) szálanyagok és speciális kialakítású összetett textil-szerkezetek erre is alkalmasak. Ezek közös jellemzője, hogy a kisebb mértékű környezeti változásokra is markáns tulajdonság-módosulással reagálnak, így célirányos információk befogására és közvetítésre alkalmasak. Pl. az alakemlékező kötött felsőrész viselőjének teljesítményét kontrollálni lehet, hogy az előírt edzési gyakorlatot maradéktalanul végrehajtotta-e. Elemezhető az ilyen ruházat segítségével a mozgáselemek kivitelezése, szabályossága is. Az egyes végtagokra helyezett innovatív textiltermékekkel ellenőrizhető a helyes mozgás. A labdajátékok játékosainak edzése során például kontrollálható a kéz ill. láb pozíciója, a testrészek (könyök, csukló, ujjak; térd, boka, lábfej) mozgása, mérhető a labda gyorsulása (az optimális technika szerinti mozgólatsorról hangjelzéssel tájékoztatja a sportolót). E különleges cikkek kelméit piezoelektromos fóliával bevont szálak építik fel (a szálanyagra ható igénybevétel változással együtt az elektromos feszültség is módosul, az így regisztrált jelek adnak lehetőséget a testmozgások kiértékelésére). A piezoelektromos fólia ill. a különleges fémbevonatú szálból felépülő alapelme olyan alkalmazási területek széles körét nyitja meg, amellyel az életfunkciók folyamatos monitorozása (pulzusszámlálás, szívritmus nyomon követése, légzésintenzitás, vérnyomásmérés stb.) megoldható vezeték nélkül. A nanokristályos piezokerámiás részecskék felvite-



Példa a felkészülést segítő smart ruházatra

20. ábra



lével is olyan textiliák készíthetők, amelyekkel pl. az életfunkciók folyamatosan figyelemmel kísérhetők.

Az intelligens (smart) ruházatban integrált mikroelektronikai eszközt helyeznek el (20. ábra). Továbbá ebben egy megfelelő érzékelő (szenzor elem) van, pl. különleges, többretegű fémbevonattal ellátott szál, amelynek minimális hosszváltozása is a villamos ellenállásnak jelentős változását idézi elő. A beépített speciális mikroszenzorok adatait elektromágneses hullámok formájában továbbítják és egy számítógéppel dolgozzák fel. Az életfunkciók különböző részleteiről küldhetnek így információt az edzőnek vagy az orvos teamnek.

A relaxálódás fokozására, a közérzet javítására a ruházatot számítógép-vezérelt vibrációs párnaelemekkel látják el (programozott masszírozó hatás). A monoton edzésekhez elterjedően vannak az olyan, szórakoztató-elektronikával ellátott termékek (pl. ruházat beépített MP3 lejátszóval) is, amelyeknél e különleges terméket viselő személyt az optimális pulzusszám-

hoz mindenkor igazodó ütemű zenével szórakoztatja a komputeres rendszer (a szív működési tényparaméterek ismeretében történik beavatkozás a ritmus szaporázására, vagy éppen mérséklésére). Természetesen a különböző terhelő-igénybevételek is fokozhatók célirányosan kialakított öltözékekkel, amellyel az állóképesség növelhető.

### Felhasznált irodalom

- [1] XXX. Nyári olimpiai játékok, London, 2012 – Magyar olimpiai csapat - a Magyar Olimpiai Bizottság kiadványa, 2012.
- [2] Barna Judit: Az olimpiai formaruha – Magyar Textiltechnika 2012/2+3
- [3] A magyar textil- és ruhaipar kutatás-fejlesztési és innovációs stratégiája – Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület – Budapest, 2009.
- [4] Sportruházatokat és kapcsolatos műszaki textiliákat gyártók termékismertetői, prospektusai