

a aerosolových částic se toto virové onemocnění stalo celosvětovým problémem. Ačkoliv velká část nemocných prodělala nemoc s mírným či bezpříznakovým průběhem, existovalo u některých pacientů riziko vzniku těžkého průběhu a následné hospitalizace (2). Mezi závažné příznaky patřila zejména bolest na hrudi, zvýšená dušnost nebo dýchací obtíže, které mohly vést až k hypoxii (3). Hypoxické respirační selhání bylo u těžce nemocných pacientů s covidem-19 časté a bylo také hlavním důvodem hospitalizace s oxygenoterapií či umístění na JIP (jednotka intenzivní péče) (2). Při nedostatečné účinnosti konvenční oxygenoterapie během akutního hypoxického respiračního selhání bylo dále doporučeno přistoupit k vysokoprútokové nosní oxygenaci, neinvazivní přetlakové ventilaci nebo k intubaci (4).

Všechny tyto techniky pro podporu dýchání jsou obecně vysoce účinné léčebné přístupy, jejichž užití vede ve většině případů k záchraně života pacienta. Při jejich aplikaci se obvykle používají vysoké koncentrace kyslíku (od 24,0 % do 80,0 %) (5), a je proto potřeba dodržovat přísná bezpečnostní opatření. V případě nedodržení protokolů stanovených pro práci s medicínským kyslíkem může dojít v nemocničním prostředí k požáru (6). I velmi malé zvýšení hladiny kyslíku ve vzduchu z 21,0 % nad 23,0 % je označováno za nebezpečně vysoké a může mít za následek vznik požáru (7). Navíc koncentrace kyslíku vyšší než 21,0 % vede k rychlejšímu šíření ohně, snižuje minimální zápalnou teplotu, požár bývá intenzivnější, hůř se hasí a hořet mohou i ohnivzdorné materiály (8).

Ke vzniku nehod v nemocničním prostředí spojených s přítomností kyslíkem obohacené atmosféry docházelo i v nepandemických časech (9–11), avšak během pandemie covidu-19 bylo pozorováno dramatické zvýšení počtu (až dvakrát více incidentů než v předchozích letech) požárů a výbuchů, a to zejména na JIP a covid-19 jednotkách (7, 12). Tyto incidenty se zdály být přímým důsledkem nedostatečné připravenosti nemocnic na prudký nárůst používání ventilátorů během kyslíkových terapií u těžce nemocných pacientů s covidem-19. Ve studii (13) se ukázalo, že podíl vydechovaného kyslíku při použití kyslíkové masky dosahoval průměrné hodnoty 46,0 % a při použití kombinace chirurgické roušky a kyslíkové masky dokonce 49,9 %. Během experimentů (8, 14) bylo provedeno měření kyslíku na odděleních hospitalizovaných pacientů s covidem-19, při kterém se ukázalo, že v některých kompartmentech překračovala koncentrace kyslíku bezpečnou úroveň a dosahovala až 25,2 %. Koncentrovaná přítomnost kyslíkových ventilátorů v uzavřeném prostoru s nízkou cirkulací vzduchu spolu s používáním netěsnících ventilů či hadic vedlo k vytvoření prostředí s nebezpečně vysokou úrovní kyslíku. Čistý kyslík reagoval s běžnými materiály jako tuk, mazivo nebo organickými sloučeninami, což vedlo ke vzniku požáru či dokonce exploze, když se kyslík uvolňoval pod vysokým tlakem (7).

Z těchto důvodů je potřeba považovat oddělení, která pracují s medicínským kyslíkem, za potenciálně nebezpečná prostředí a zvýšit povědomí o riziku, které představuje zvýšená koncentrace kyslíku ve vzduchu. Dále je nutné zavést systémová opatření pro minimalizaci vzniku nehod, které mohou vést ke ztrátám na životech či materiálním škodám (7, 14). Mezi tato základní opatření patří zajištění optimálního rozdělení pacientů s oxygenoterapií na jednotlivých pokojích, dostatečné větrání místnosti, zamezení používání rozpouštědel, pravidelná údržba a kontrola systémů dodávajících kyslík a všech elektrických

a elektromechanických zařízení z hlediska opotřebení, průchodnosti a tepelného zatížení (7). Tato opatření jsou však velmi ovlivněna lidským faktorem a při jejich dodržování může docházet k chybám či úplnému selhání. Možným řešením, jak při nedodržení těchto opatření včas detekovat zvýšenou koncentraci kyslíku ve vzduchu a zabránit výše zmíněným nehodám, je použití smart senzoru kontinuálně měřícího tuto hodnotu v reálném čase.

Na začátku pandemie covidu-19 nebyla dle našich informací a na základě provedené rešerše k dispozici komerčně dostupná senzorická síť pro měření koncentrace kyslíku v uzavřených prostorech s přenosem naměřených hodnot do databáze a vizualizací těchto dat pomocí webové aplikace. Proto v tomto článku prezentujeme nový bezdrátový senzor spolu s komplexním měřicím systémem, který měří koncentraci kyslíku online a při překročení bezpečné hodnoty vyše upozornění zdravotnickému personálu. Výhodou senzoru je využitelnost také v jiných odvětvích, kde je vyžadováno kontinuální měření koncentrace kyslíku a sledování naměřených hodnot z dispečerského stanoviště.

Návrh a realizace měřicího systému

V této kapitole je detailně popsáno jak hardwarové, tak softwarové řešení navrženého bezdrátového senzoru pro kontinuální měření koncentrace kyslíku a teploty v nemocnicích. Dále je zde popsána experimentální procedura, která byla provedena za účelem ověření funkčnosti zařízení a popis nasazení senzorů na JIP jednotkách ve Fakultní nemocnici Ostrava.

Měřicí systém

Námi uvedené zařízení je primárně určeno pro měření koncentrace kyslíku v uzavřených prostorech, kde se předpokládá změna koncentrace kyslíku v ovzduší (jedná se zejména o oblast zdravotnictví nebo průmyslu). Sestava se skládá ze dvou hlavních částí, bezdrátového senzoru (uzlu sítě IQMESH) a IQRF komunikační brány (Obr. 1), které spolu komunikují pomocí IoT technologie IQRF® využívající topologii sítě mesh (IQMESH). Data z jednotlivých bezdrátových senzorů jsou skrz tuto síť zasílána na koordinátora sítě. Koordinátor sítě je v tomto

Obr. 1 Ukázka sestavy bezdrátového senzoru a komunikační brány pro kontinuální měření koncentrace kyslíku a teploty v uzavřených prostorech

